



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

OBRÁBĚNÍ HŘÍDELE PRO HYBRIDNÍ POHON AUTOMOBILU

MACHINING OF SHAFT FOR HYBRID CAR DRIVE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karel Göth

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Karel Osička, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Karel Göth
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Karel Osička, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

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:

Obrábění hřídele pro hybridní pohon automobilu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V hybridních pohonech automobilů je součinnost elektronických součástí s mechanickými. Výsledná spolehlivost a užítkovost závisí proto mimo jiné i na přesnosti výroby strojírenských náležitostí.

Cíle bakalářské práce:

- Charakteristika součásti
- O hybridních pohonech
- Definování podmínek technologie
- Zpracování TPV dokumentace
- Vyhodnocení

Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Úvaly: ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.

MÁDL, Jan et al. Jakost obráběných povrchů. 1. vyd. Ústí nad Labem: UJEP, 2003. 180 s. ISBN 80-7044-639-4.

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

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. 1. vyd. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-72-4283-1.

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. p. 651. ISBN 0-19-514206-3.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-214-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou hřídele pro pohon hybridního automobilu. Celý proces je znázorněn pomocí výrobního postupu, který má za úkol provést pracovníka od prvního úkonu až po poslední. Práce je též zaměřena na problematiku hybridních vozidel, a to především na podstatu hybridního motoru a jejich typů.

Klíčová slova

Hřídel, obrobek, obrábění, výrobní postup, pohonná jednotka, hybridní automobil

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the production of a shaft for driving a hybrid motor. The whole proces is illustrated by a production process, which has the task of executing the worker from the first task to the last. The work is also focused on the issue of hybrid vehicles, especially the nature of the hybrid engine and their types.

Key words

Shaft, work piece, machining, production process, power unit, hybrid car

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

GÖTH, Karel. Obrábění hřídele pro hybridní pohon automobilu [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/129495>.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Karel Osíčka.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Obrábění hřídele pro hybridní pohon automobilu vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

19.05.2021

Datum

Karel Göth

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Karlu Osičkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

Obsah

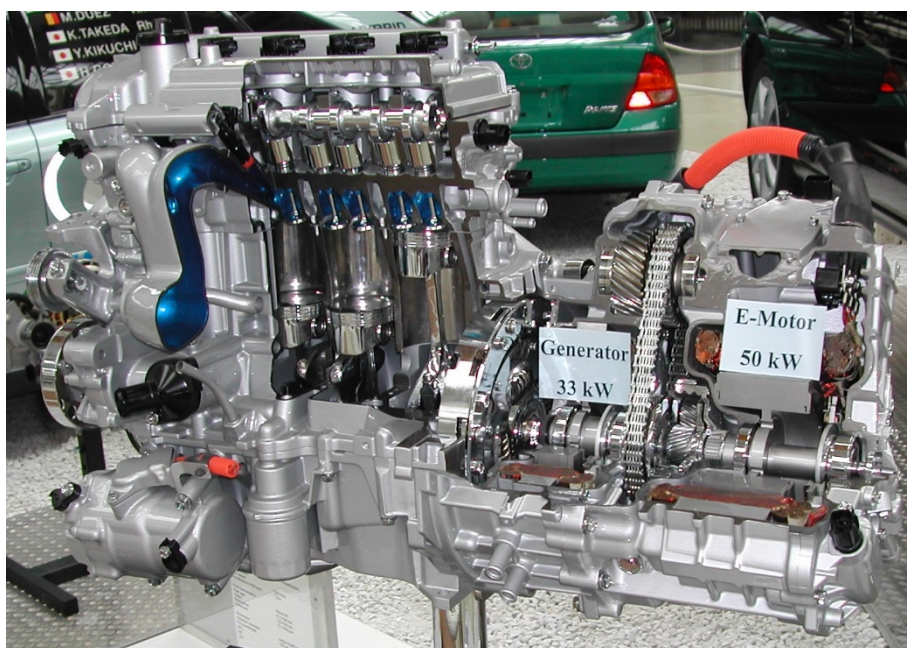
ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
ÚVOD.....	9
1 Hybridní pohon	11
1.1 O hybridním pohonu	11
1.2 Rozdělení hybridních pohonů podle toku výkonu.....	12
1.3 Dělení hybridních pohonů podle stupně hybridizace	16
2 Hřídel	17
2.1 Dělení hřídelí	17
3 Obrábění.....	20
3.1 Základní pojmy	20
4 Řezání	22
4.1 Pila pro proces dělení.....	22
5 Soustružení.....	24
5.1 Soustruhy pro proces obrábění	24
5.2 CLX 450	24
5.3 CTX 210	25
5.4. Nástroje pro soustružení	26
6 Frézování	30
6.1 Frézka pro obráběcí proces	30
6.2 Fréza pro drážky	30
7 Vrtání	31
7.1 Vrtačka pro obráběcí proces	31
7.2 Středící vrták.....	31
8 Chemicko-tepelné a tepelné zpracování	32
8.1 Pec pro chemicko-tepelné a tepelné zpracování.....	32
8.2 Cementace.....	33
8.3 Cementace součásti.....	33
8.4 Kalení.....	34
8.5 Popouštění.....	34
9 Broušení.....	35
9.1 Bruska pro obráběcí proces.....	35
10 Výroba prototypu.....	36

10.1 Volba materiálu.....	36
10.2 Přidavky na opracování polotovaru	36
10.3 Příprava CNC programu	37
10.4 Výroba vzorku	38
11 Vyhodnocení.....	40
ZÁVĚR	41
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	42
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	45
SEZNAM PŘÍLOH.....	46

ÚVOD

Stále rostoucí požadavky na snížení emisí u konvenčních automobilů se spalovacím motorem způsobují potřebu použití nových ekologických alternativ. Touto alternativou by se měl stát elektrický pohon. Nedostatečný postup ve vývoji kapacity a nabíjení baterií má však za následek omezené využití aut s elektrickým pohonem na trhu, což je způsobeno hlavně nezájmem běžného spotřebitele o elektromobil. Dané obtíže vedou mnohé výrobce automobilů k hledání dalších možností, jak snížit emise, ale zachovat výhody spalovacího motoru, především s ohledem na dojezd a rychlost tankování. Možnou alternativou se tak stává hybridní automobil. Jedná se o spojení dvou rozdílných pohonných jednotek s cílem získání lepších vlastností než při použití jedné pohonné jednotky. V našem případě jde o kombinaci jednotky elektrické a spalovací.

Hlavním cílem této práce je výroba prototypu hřídele použitelné pro hybridní automobil. Hřídel je vyráběna podle výkresu v Příloze 1, a to pomocí výrobního postupu, ve kterém jsou obsaženy všechny kroky potřebné k jejímu dokončení, tedy dělení materiálu, soustružení, vrtání, frézování, chemicko-tepelné a tepelné zpracování, regulace středících důlků a broušení. Během vytváření pracovního postupu lze volit z velkého množství alternativ s ohledem na jejich výhody a nevýhody.



Obr. 0.1 Ukázka rozdělaného hybridního motoru [22].

Zvolená hřídel se nachází uvnitř motoru a je jednou ze dvou předlokových hřídelí sloužících ke spojení pohonné části a diferenciálu. Rozdělaný motor je vidět na obr. 0.1 Ukázka rozdělaného hybridního motoru.

Vzhledem k předpokladu výroby pouhého prototypu je důležité zajistit výrobu v umožněných podmínkách při zachování co nejmenší finanční a časové náročnosti v rámci projektu. Ukázku modelu součásti je na obrázku 0.2 Model vyráběné hřídele v programu Autodesk Inventor.

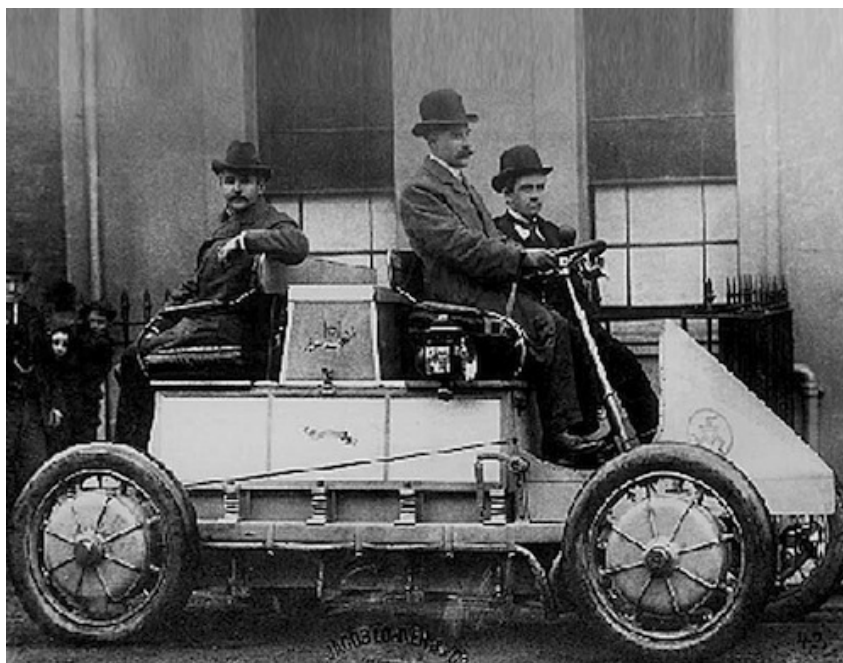


Obr. 0.2 Model vyráběné hřídele v programu Autodesk Inventor.

Během výroby obrobku hřídele je dominantní soustružení, vzhledem ke komplikovanosti výrobního postupu je však třeba využít též řezání, vrtání, frézování a broušení. Nutné je také přihlídnout k podmínkám, ve kterých se bude součást provozovat. V tomto případě je kladen důraz na zajištění co nejmenšího opotřebení součásti, proto je třeba do výrobního procesu zařadit tepelné zpracování. Specificky se jedná o cementaci a kalení.

1 HYBRIDNÍ POHON

Prvním auto s hybridní pohonem bylo vyrobeno firmou Lohne-Werke a zkonstruováno Ferdinandem Porschem. Vozidlo můžeme vidět na dobové fotografii na obrázku 1.1 Hybridní automobil Ferdinanda Porsche. Toto vozidlo bylo ve své první čistě elektrické podobě představeno na pařížské výstavě v roce 1900. Později bylo auto upraveno na hybridní pohon, a to přidáním spalovacího motoru. Těchto aut se vyrobilo kolem 300 kusů a byla používána i jako závodní stroje [2].



Obr. 1.1 Hybridní automobil Ferdinanda Porsche [21].

O první komerční prodej se pokusil Viktor Wouk v 70. letech minulého století v Americe. Tento pokus však neuspěl a prvním úspěšným sériově vyráběným autem se stala Toyota Prius v roce 1997 [4].

1.1 O hybridním pohonu

Pojem hybridní pohon označuje pohon, který se skládá ze dvou a více odlišných typů pohonných jednotek v jednom motoru, proto je potřeba dbát na jejich kombinaci, a to s ohledem na využitelnost, možnosti spojení a výslednou účinnost dané sestavy. Z tohoto důvodu se nejčastěji uplatňuje spojení spalovacího motoru a elektromotoru s akumulátorem. V současné době se také provádí vývoj na variantách se spojením spalovacího motoru a setrvačnicku. Lze zmínit také kombinaci plynové turbíny s generátorem, akumulátorem a elektromotorem nebo lidskou sílu ve spojení s elektromotorem [5].

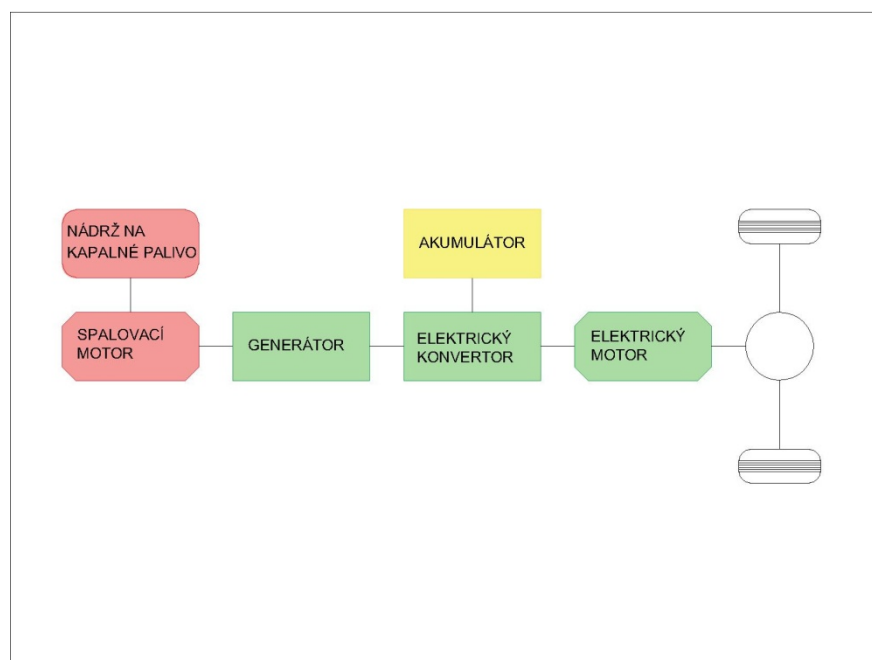
Důvodem těchto kombinací je zajištění vyšší šetrnosti vozidla k životnímu prostředí, zlepšení vlastností vozidla, jako je například rozjezd nebo navýšení výkonu za pomoci elektrického pohonu. Dále je jejich účelem větší konvenčnost pro uživatele vozu, než které by se mu dostalo u čistě elektricky poháněného automobilu, což se může projevit například delším dojezdem [5].

1.2 Rozdělení hybridních pohonů podle toku výkonu

Podle toku výkonu lze rozlišit tři druhy uspořádání:

Sériový hybridní pohon

Hlavním znakem sériového uspořádání je umístění všech pohonných jednotek v jedné řadě za sebou. Tento typ řazení je vidět na obrázku 1.2 Nákres schématu sériového hybridního pohonu. Při využití sériového uspořádání může být ve voze použit jeden i více elektromotorů. Součástí motoru je také generátor, jenž má při provozu dvě úlohy: nabíjení baterií a dodávání energie elektrickému motoru. V případě, že jsou baterie nabitě, je během rozjezdu a v klidovém stavu využíván pouze elektromotor. Spalovací pohon je v provozu jen tehdy, když je potřeba větší výkon, k čemuž dochází například při předjíždění. U sériového řazení není potřeba využití převodovky. Další důležitou součástí je akumulátor kinetické energie v podobě setrvačnicku nebo superkondenzátoru. Tento systém se používá například u lokomotiv [1].



Obr. 1.2 Nákres schématu sériového hybridního pohonu.

Sériový hybridní pohon můžeme nalézt například u aut typu Opel Ampera nebo Chevrolet Volt [6].

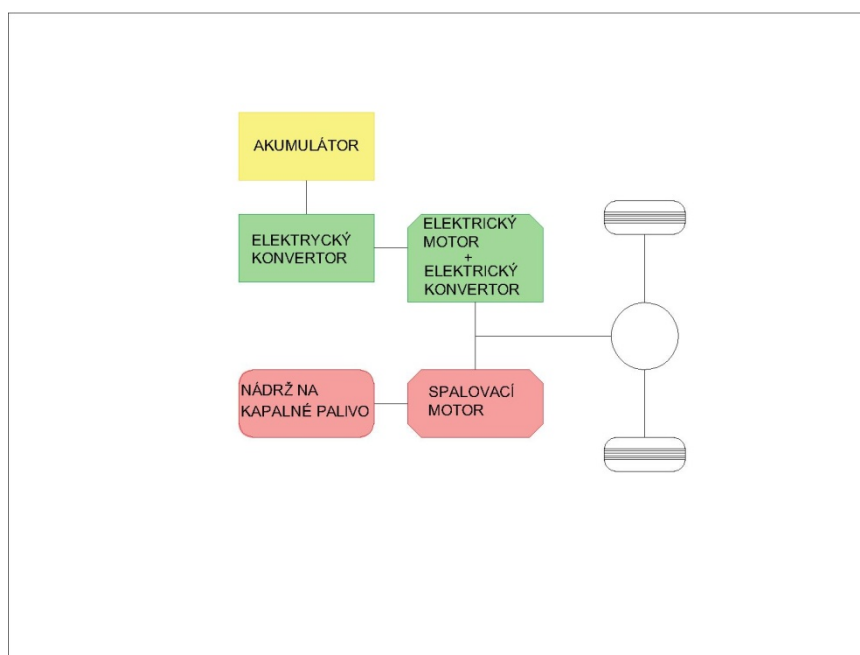
Tabulka 1.1 Výhody a nevýhody sériového pohonu [1,6].

Výhody	Nevýhody
Sériový hybrid se obejde bez převodovky, ale také bez diferenciálu nebo hnací hřídele, pokud jsou elektromotory namontovány na náběžích kol.	Ve vyšších rychlostech a na delších cestách klesá efektivita motoru. V takovém případě je vhodnější použití paralelního řazení.
Spalovací jednotka sériového hybridního pohonu může pracovat ve velmi malé oblasti otáček, což umožňuje návrh motoru, který pracuje v optimálním rozsahu s největší účinností. Motor tak nebude činný při nevhodných režimech, jako je například volnoběh.	Nepřítomnost součástí, jako je převodovka, spojka, diferenciál a hnací hřídel, má za následek pokles účinnosti.
Je zde možnost nahradit spalovací jednotku jinou variantou, jako je například lineární motor nebo plynová turbína.	Má vyšší pořizovací cenu oproti vozidlu s konvenčním spalovacím motorem.
Vůz se sériovým hybridním pohonem je velmi účinný při krátkých přerušovaných jízdách v městské oblasti.	

Paralelní hybridní pohon

Hlavní rozdílem mezi sériovým a paralelním pohonem je, že spalovací jednotka může přímo pohánět vozidlo. Toho je docíleno použitím mechanické převodovky a redukčním převodem. Elektromotor pohání kola přes již zmíněný redukční převod. Paralelní řazení je možné vidět na obrázku 1.3 Nákres schématu paralelního hybridního pohonu. Jedná se o často využívaný způsob pohonů hybridů. U paralelního zapojení tvoří generátor a elektromotor jednu součástku, která je často umístěna mezi spalovacím motorem a převodovkou [1].

Paralelní hybrid může pracovat v několika režimech. Nejčastější režim je, když většinu výkonu dodává spalovací jednotka, zatímco elektromotor pracuje jen při akceleraci. Existuje také možnost, kdy je jedna pohonná jednotka vyřazena. V takovém případě nečinná jednotka stále rotuje nebo je odpojena přes převodovku. Dále je zde režim dobíjení akumulátoru a rekapitulace brzdné energie [6].



Obr. 1.3 Nákres schématu paralelního hybridního pohonu.

Paralelní hybridní pohon lze najít například u vozů Honda IMA, BMW 1 Setive ActiveHybrid [6].

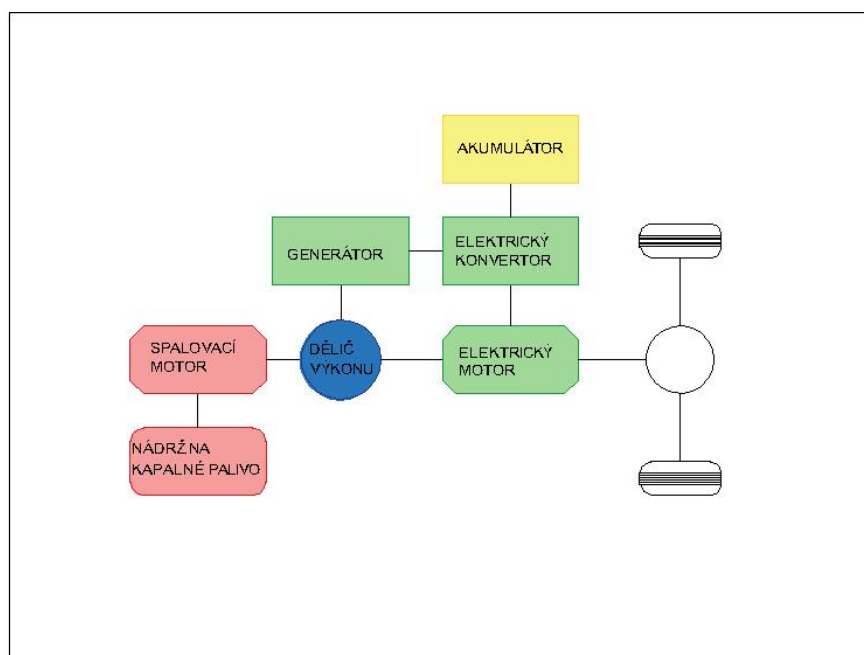
Tabulka 1.2 Výhody a nevýhody paralelního pohonu [6].

Výhody	Nevýhody
Paralelní uspořádání umožňuje dosáhnout větší rychlosti a efektivity při jízdě na větší vzdálenosti.	Vzhledem k tomu, že je spalovací motor hlavním zdrojem energie, musí pracovat v běžném režimu otáček.
Při nízkých momentech umožňuje spalovací jednotka dobíjení baterií za použití nadbytečné energie.	Tato koncepce hybridu se u nových modelů objevuje zřídka, protože nedosahuje požadovaných emisních standardů.
Taktéž je zde menší požadavek na profesionalitu servisu, který je na úrovni běžných spalovacích vozidel.	
Tím, že je elektromotor a generátor jedna součást, se docílí jednoduchosti pohonu.	

Kombinovaný hybridní pohon

Jak již název napovídá, jedná se o spojení jak paralelního, tak sériového uspořádání. Kvůli této kombinaci je již zmíněné uspořádání z hlediska technologického nejnáročnější na provedení. Nejvíce se však blíží představě hybridního pohonu. Kombinované řazení je vidět na obrázku 1.4 Nákres schématu kombinovaného hybridního pohonu. Hybridy s touto koncepcí jsou vybaveny děličem výkonu, který umožňuje to, že hnací nápravu může pohánět jak spalovací motor, tak elektromotor nebo oba dohromady. To, v jakém

množství jednotlivá pohonná jednotka ovlivní pohon, určuje rychlost, akcelerace a brzdění [6].



Obr. 1.4 Nákres schématu kombinovaného hybridního pohonu.

Kombinovaný hybridní pohon nacházíme například u vozů Toyota HSD, Ford Mondeo HEV, Lexus CT200h, Lexus RX400h [6].

Tabulka 1.3 Výhody a nevýhody kombinovaného hybridního pohonu [6].

Výhody	Nevýhody
Motor má nižší spotřebu paliva.	Automobil s touto koncepcí má vyšší pořizovací cenu než v případě předchozích dvou uspořádání.
Kombinovaný pohon má přístup k velkému množství jízdních režimů.	Jsou kladeny velké nároky na konstrukční řešení systému.
Spalovací jednotka nemusí mít tak vysoký výkon, jako je tomu potřeba u spalovacího motoru u běžných aut, což umožňuje větší pozornost na účinnost motoru.	Je zde požadavek na výrobu speciální převodovky, která umožní efektivní přepínání mezi jednotlivými pohonnými jednotkami a jejich kombinací.
Je zde také varianta čistě elektrického módu pohonu.	
Pohonné jednotky jsou na sobě vzájemně nezávislé a umožňují vyšší akceleraci.	

1.3 Dělení hybridních pohonů podle stupně hybridizace

Podle stupně hybridizace jsou hybridní pohony děleny na:

Full Hybrid (Plný hybrid)

Koncepce Full Hybrid umožňuje využít výhod obou pohonných jednotek a jejich kombinací. Většinou se jedná o kombinaci spalovacího motoru a elektromotoru. Alternativním názvem může být také Strong Hybrid (Silný hybrid). Využití Full Hybridu je například u vozidla Toyota HSD [2].

Mild Hybrid (Mírný hybrid)

Další názvy tohoto konceptu jsou Medium Hybrid (Střední hybrid) nebo Motor Assist Hybrid (Hybrid s asistencí motoru). U Mild Hybridu slouží elektromotor pouze jako přídavný pohon ke spalovacímu motoru, což se může projevit zejména při rozjezdu a vyšších rychlostech vozidla. Je zde také možnost EV módu, kdy je auto poháněno pouze elektromotorem. V porovnání s Full Hybridem je však dost omezený. Může mít dvě varianty, buď se sériovým, nebo paralelním konceptem. Využití Mild Hybridu je například u vozidla Honda IMA [6].

Micro Hybrid

Vozidlo s Micro Hybridním pohonem nelze zcela úplně nazývat hybridem. Důvodem je, že elektrická energie je využita pouze funkcí stop-start s možností pro rekapitulaci energie. Funkce stop-start funguje tím způsobem, že v případě zastavení silničního vozidla v provozu, motor přestane pracovat a k opětovnému rozjezdu není použit startér, nýbrž reverzibilní alternátor za pomoci řemene pohonu příslušenství. Během nečinnosti motoru je také zajišťován chod příslušenství vozu, jako je například klimatizace. Používání vozidla s Micro Hybridním pohonem by mělo mít za následek snížení emisí vozidla, obzvláště v městském provozu. Využití Micro Hybridu je například u vozidla BMW řady 1 [6].

Plug-in Hybrid (Zapojovací hybrid)

Tento systém umožňuje u Mild a Full Hybridu nabíjení trakčního akumulátoru ze sítě 230 V nebo 380 V. Vozidla s Plug-in systémem mají většinou baterie lithium-ion. Díky tomu jsou také schopna při pohonu elektřinou ujet větší vzdálenost než běžné hybridy. Využití Full Hybridu je například u vozidla Kia Optima plug-in Hybrid [6].

2 HŘÍDEL

Jedná se o část stroje, která slouží k přesunu otáčivého pohybu a mechanické práce z jedné části stroje na druhou. Příkladem může být přesun kroutícího momentu z hnací hřídele připojené k motoru do převodovky a následně na hnanou hřídel do stroje. Aby hřídel mohla splňovat svůj účel, musí se jednat o strojní součást podlouhlého rotačního tvaru, ke které jsou připojeny další součásti umožňující jeho funkci. Takto se například používají ložiska, která spojují hřídel se strojem a zajišťují rotaci [7].

2.1 Dělení hřídelí

Hřídele můžeme dělit na mnoho skupin. Různé takovéto skupiny lze vidět v tab. 3.1 Rozdělení hřídelí. Specificky je tato kapitola věnována rozdělení hřídelí na přímé, zalomené a ohebné.

Tabulka 2.1 Rozdělení hřídelů [23].

Skupina	Rozdělení
Tvar po délce	Přímé
	Zalomené
	Ohebné
Tvaru průřezu	Kruhový plný průřez
	Mezikruhový průřez
Namáhání	Ohybem
	Krutem
	Ohybem a krutem
Uložení (Množství opor)	Statically určité
	Neurčité
Směru osy	Horizontální
	Vertikální
	Šikmé
Toku energie	Vstupní
	Výstupní
	Vložené
	Spojovací
Frekvence kritických otáček	Řešení pro tuhé uložení
	Řešení pro pružné uložení

Hřídele přímé

Jsou velmi často používané při stavbě strojů. Během provozu jsou takovéto hřídele namáhané na krut a ohyb. Z konstrukčního hlediska mohou být přímé hřídele hladké, odstupňované nebo drážkované. Odstupňování hřídelí se provádí kvůli nerovnosti rozložení namáhání na hřídeli. Například místo s nejmenším namáháním je na koncích hřídele, kde je taktéž má hřídel nejtenčí průměr [23].



Obr. 2.1 Drážkovaná hřídel [16].

U drážkovaných přímých hřídelí jsou na obvodu vyvedeny podélné drážky. Ty plní funkci per a slouží k uložení buď posuvných, nebo neposuvných kol. Ukázka drážkování je na obr. 2.1 Drážkovaná hřídel. Drážky na hřídeli jsou využity tehdy, když je potřeba přenést velký krouticí moment. Ten může být proměnlivý a v krajních případech i rázový [7].

Hřídele zalomené

Ukázku zalomeného hřídele je na obrázku 2.2 Kliková hřídel. Zalomené hřídele se běžně používají pro víceválcové pístové stroje. Typickým příkladem takového stroje je spalovací motor. Zalomené hřídele se vyrábí dvěma způsoby. První možností je výroba hřídele z jednoho kusu. Polotovar je v takovém případě vyráběn buď kováním, nebo odlitím. Druhou možností je výroba hřídele z více kusů [23].



Obr. 2.2 Kliková hřídel [3].

Hřídele ohebné

Jsou také nazývány flexibilní hřídele. Ohebné hřídele jsou využívány tam, kde je během probíhající práce otáčení potřeba měnit směr natočení hnané hřídele vzhledem k hnací. Ohebné hřídele jsou použitelné pouze pro zatížení s krutem. Aby byla docílena potřebná ohebnost, je hřídel zhotovena z drátu, který je navinut do více vrstev, a to tak, že každá následující vrstva je vinuta v opačném směru proti té předchozí. Příklad brusky vybavené ohebnou hřídelí je vidět na obr. 2.3 Ruční bruska s ohebnou hřídelí [7].



Obr. 2.3 Ruční bruska s ohebnou hřídelí [24].

3 OBRÁBĚNÍ

Obrábění je technologický proces, při kterém je od polotovaru postupně oddělován materiál za pomoci řezného nástroje. Proces probíhá do té doby, než obrobek dosáhne požadovaného rozměru a tvaru za předpokladu co největší hospodárnosti. Příklad způsobu obrábění lze vidět na obrázku 3.1 Ukázka frézování. Důležité je během obrábění dodržet přesnost rozměrů a jakost obrobeneho povrchu [8].



Obr. 3.1 Ukázka frézování [26].

3.1 Základní pojmy

Obrobek

Je název používaný pro materiál, který je částečně nebo plně obrobeneý. Hlavními vlastnostmi, které se při procesu obrábění mění, jsou tvar, rozměry a drsnost povrchu obrobku [25].

Řezný nástroj

Řezný nástroj je aktivní prvek obrábění, zpravidla je tvořen břitem a upínací částí neboli stopkou. K oddělování materiálu dochází při kontaktu mezi břitem a obrobkem. Příklady nástrojů pro obrábění lze vidět na obrázku 3.2 Různé nástroje používané pro CNC obrábění [25].



Obr. 3.2 Různé nástroje používané pro CNC obrábění [27].

Obrabitelnost

Je souhrnný vliv chemického složení a fyzikálních vlastností materiálu na průběh obrábění. Obrabitelnost může mít také vliv na kvalitu povrchu po obrábění [28].

Nástrojové materiály

Jedná se o materiály používané pro břity řezných nástrojů. Vlastnosti, kterým je nutné věnovat pozornost, jsou: pevnost, tvrdost, odolnost proti otěru, houževnatost a teplotní odolnost [8].

Opotřebení břitu nástroje

K opotřebení řezné části nástroje dochází otěrem stykových ploch, plastickou deformací povrchových vrstev břitu a křehkým lomem. Tyto vlivy způsobí změnu geometrie břitu a následné zhoršení podmínek pro obrábění [8].

4 ŘEZÁNÍ

Řezání je nejpoužívanější metodou pro dělení polotovaru. Takovéto polotovary jsou typicky ve tvaru dlouhé pásoviny nebo různorodých profilových tyčí. K odběru materiálu dochází za pomoci vícebřitvého nástroje v podobě pásu nebo kotouče. K řezání materiálu se běžně používají rámové, kotoučové a pásové pily. Mezi zvláštní metody strojového řezání lze zařadit řezání kyslíkovým plamenem, plazmovým hořákem, laserovým a vodním paprskem [8].

4.1 Pila pro proces dělení

Jak již bylo zmíněno, nabízí se řada možností, jakým způsobem dělit materiál. Výsledný polotovar je dále obráběn a tepelně zpracováván, proto není vhodné dělit materiál pomocí kyslíkového plamene nebo plazmového hořáku, a to z důvodu tepelného ovlivnění místa řezu. Vzhledem k nedostatečně vybavenému pracovišti nelze uplatnit ani dělení vodním paprskem a laserem. Vhodné je proto použít kotoučovou, pásovou nebo rámovou pilu.

Vzhledem k výrobě pouhého prototypu byla použita metoda dělení pomocí rámové pily. Výhodou této metody je její dostupnost a nízká cena, mezi nevýhody patří delší doba trvání řezu, horší kvalita a přesnost řezu.

Stoj použitý v procesu byla rámová pila PRH-250 A od výrobce Privatex. Pila je na obrázku 4.1 Rámová pila PRH-250 A.



Obr. 4.1 Rámová pila PRH-250 A.

Technické parametry

- maximální průměr obrobku při kolmém dělení: 250 mm,
- rozměry stroje při provozu: 1100x845x1430 mm,
- hmotnost stroje 435 kg,
- výkon motoru: 1500 W,
- otáčky motoru: 1410 min⁻¹.

5 SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je obráběcí proces, při kterém zpravidla dochází k obrábění vnějších i vnitřních rotačních ploch za použití jednobřitého nástroje. Během obrábění obrobek koná hlavní pohyb (rotace) a vedlejší pohyb koná pevně uložený nástroj (příčný a podélný posuv) [8].

5.1 Soustruhy pro proces obrábění

Při volbě soustruhu je nejdůležitější rozhodnutí mezi ručně a počítačově ovládaným strojem neboli CNC strojem. V případě použití počítačem ovládaného stroje jsou k dispozici soustružnická centra, která umožní tvorbu drážek pro pera na hřídeli bez potřeby použití dalšího stroje, v našem případě frézky. Z tohoto důvodu je zvoleno použití CNC stroje.

Prvním strojem použitým při procesu obrábění bylo CNC soustružnické centrum firmy DMG MORI s označením CLX 450, které lze vidět na obrázku 5.1 DMG MORI CLX 450. Dalším strojem, bylo soustružnické centrum CTX 210 od společnosti GILDEMEISTER, obrázek 5.2 GILDEMEISTER CTX 210.

5.2 CLX 450



Obr. 5.1 Soustružnické centrum DMG MORI CLX 450.

Technické parametry

- maximální průměr pro soustružení: 400 mm,
- maximální délka obrobku s koníkem, kterou je možné obrábět: 800 mm,
- největší rozměr sklíčidla: 315 mm,
- nejvyšší možné otáčky motoru vřetena: 4000 ot/min,
- maximální průměr tyčoviny: 80 mm,
- maximální výkon pohonu: 17 000 W,
- počet nástrojů, který může být upnutý v hlavici: 12,
- hmotnost: 6300 kg.

CLX 450 je jedním ze soustružnických center CLX. Do této řady dále patří stroje CLX 350, CLX 550, CLX 750. Hlavním rozdílem mezi jednotlivými stroji je velikost řezného prostoru. CLX 450 je zevnitř vybaven revolverovým zásobníkem VDI 40 se dvanácti poháněnými nástrojovými stanicemi, pojížděcím koníkem, lineárními vodícími prvky, dynamickým pohonem vřetene (0-4000 ot/min) a litinovým ložem pro maximální stabilitu stroje. Zvenčí je stroj vybaven 19“ DMG MORI SLIMline multidotykovým ovládacím panelem, který umožňuje snadné a intuitivní ovládání stroje a práci s programem. CLX 450 může využívat dva ovládací programy od firem Siemens nebo Fanuc [12].

5.3 CTX 210



Obr. 5.2 Soustružnické centrum GILDEMEISTER CTX 210.

Technické parametry

- maximální průměr pro soustružení: 160 mm,
- maximální délka obrobku, kterou je možné obrábět: 800 mm,
- největší rozměr sklíčidla: 315 mm,
- nejvyšší možné otáčky motoru vřetena: 6000 1/min,
- maximální průměr tyčoviny: 45 mm,
- výkon pohonu: 37/25 kW,
- počet nástrojů, které mohou být upnuty v hlavici: 12,
- hmotnost: 4000 kg.

Jedná se o soustružnické centrum CTX 210 od firmy GILDEMEISTER, jež je zevnitř vybaveno revolverem se dvanácti poháněnými nástrojovými stanicemi, pojížděcím koníkem a lineárními vodícími prvky.

5.4. Nástroje pro soustružení**Pro hrubování**

Jako soustružnický nůž pro hrubování je použit nástroj a destička od firmy ISCAR, přičemž nástroj je vnější držák s označením MWLNL 2525M-08W a destička WNMG 080408-PP IC3028. Nůž je zkompletovaný na obrázku 5.3 Soustružnický nůž pro hrubování upnutý v držáku.



Obr. 5.3 Soustružnický nůž pro hrubování upnutý v držáku.

Oboustranná trigon destička s pozitivním úhlem čela WNMG 080408-PP IC3028 je vhodná pro obrábění ocelí, nerezových ocelí a super slitin [14].

Tab 5.1 Řezné podmínky pro destičku WNMG 080408-PP IC3028

Označení	Hodnota
v_c	50-150 m.min ⁻¹
f	0,14-0,30 mm
a_p	1,00-4,00 mm

Pro dokončování

Jako soustružnický nůž pro dokončování je použit nástroj a destička od firmy ISCAR, přičemž nástroj je vnější nožový držák s úhlem nastavení 93° s označením SVJCL 2525M-16 a destička VCMT 160404-SM IC807. Nůž je zkompletovaný na obrázku 5.4 Soustružnický nůž pro dokončování.



Obr. 5.4 Soustružnický nůž pro dokončování.

35° kosočtvercová VBD s úhlem hřbetu 7° VCMT 160404-SM IC807 je vhodná pro obrábění ocelí, austenitických nerez ocelí, litin, vysokoteplotních slitin a tvrdých ocelí. VBD je tvořena houževnatým submikronovým substrátem a TiAlN PVD povlakem [14].

Tab 5.2 Řezné podmínky pro destičku VCMT 160404-SM IC807

Označení	Hodnota
v_c	200-300 m.min ⁻¹
f	0,05-0,25 mm
a_p	0,50-2,50 mm

Pro F drážku

Z důvodu tvaru drážky F je potřeba do výrobního procesu zařadit nový dokončovací nástroj, který umožní zajetí břitové destičky do vnitřku drážky. K tomuto účelu poslouží nástroj značky Sandvik s označením SVHBL 2525M 16 a jako VBD již využitá destička VCMT 160404-SM IC807 od firmy Iscar. Nástroj je zkompletovaný na obrázku 5.5 Soustružnický nůž pro dokončování drážky F.



Obr. 5.5 Soustružnický nůž pro dokončování drážky F.

Tab 5.3 Řezné podmínky pro destičku VCMT 160404-SM IC807

Označení	Hodnota
v_c	200-300 m.min ⁻¹
f	0,05-0,25 mm
a_p	0,50-2,50 mm

Upichovací nůž

Jako upichovací nůž pro drážku (pod pojistné kroužky) je využit nástroj s držákem pro pětibřité destičky PCHL 25-24 a destička PENTA 24N104J000 IC908, celý je zkompletovaný na obrázku 5.6 Upichovací soustružnický nůž. Jak nástroj, tak destička jsou od firmy Iscar.



Obr. 5.6 Upichovací soustružnický nůž.

Destička je vhodná pro upichování a přesné zápichy. Jedná se o ekonomicky řešenou pětibřitou destičku vhodnou pro oceli, nerez oceli, litiny, vysokoteplotní slitiny a tvrdé oceli. Destička je tvořena jednozrným substrátem s TiAl(N) PVD povlakem, který zajišťuje vysokou odolnost proti oxidaci a opotřebení [14].

Tab 5.4 Řezné podmínky pro destičku PENTA 24N104J000 IC908

Označení	Hodnota
v_c	70-180 m.min ⁻¹
f	0,04-0,16 mm

6 FRÉZOVÁNÍ

Jedná se o metodu třískového obrábění, kdy hlavní pohyb je rotační pohyb nástroje a vedlejší pohyb koná obrobek. Nástroje pro frézování jsou vícebřité, a proto je vhodné, aby během obrábění bylo v záběru více ostří. Frézují se většinou rovinné nebo tvarové plochy. Z technologického hlediska lze frézování dělit na čelní (osa nástroje je kolmo k opracovávané ploše) a vřetovkové (osa nástroje je rovnoběžná k opracovávané ploše). Oba procesy mohou být jak sousledné, tak nesousledné [8].

6.1 Frézka pro obráběcí proces

Vzhledem k dosavadnímu používání soustružnických center, která umožňují frézování drážek, není třeba do obráběcího procesu přidávat další stroj. Z důvodu malé velikosti obrobku nelze použít CLX 450 (hrozí kolize mezi koníkem a nožovou hlavou), proto je využit CTX 210.

6.2 Fréza pro drážky

Jako drážkovací fréza byla zvolena 10 220505 HSS Co5, která je vidět na obrázku 6.1 Fréza pro drážku. Jedná se o vřetovkovou čelní frézu o průměru 10 mm s průměrem upínacího prvku také 10 mm.



Obr. 6.1 Fréza pro drážku.

Nástroj 10 220505 HSS Co5 je vhodný pro obrábění automatových a konstrukčních ocelí do 600 MPa, konstrukční a lité oceli do 850 MPa, nástrojové oceli nízkolegované do 1100 MPa, litiny do 240 HB, slitiny Cr-Ni, Cu-Zn a Cu-Sn.

7 VRTÁNÍ

Vrtání je proces, při kterém dochází k odstraňování materiálu na vnitřních rotačních plochách. Hlavní i vedlejší řezný pohyb provádí zpravidla nástroj. Nástroje pro vrtání se nazývají vrtáky [8].

7.1 Vrtačka pro obráběcí proces

V našem případě je vrtání provedeno na stroji Soustružnické centrum CLX 450. Pro podložení koníků a upnutí během broušení je potřeba vyvrtat středící důlky na obou stranách obrobku. K tomu je využit středící vrták upnutý v pinole koníku.

7.2 Středící vrták

Vrták HSS A bez povlaku od firmy HOLEX lze vidět na obrázku 7.1 Středící vrták HSS A bez povlaku. Jedná se o středící vrták opatřený spirálovou drážkou zhotovený broušením z plného materiálu.



Obr. 7.1 Středící vrták HSS A bez povlaku

Tento středící vrták je vhodný na plasty, slitiny hliníku, oceli a slitiny Cu-Zn.

8 CHEMICKO-TEPELNÉ A TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Chemicko-tepelným zpracováním se označuje proces, během kterého je povrch oceli nasycován uhlíkem. Cílem tohoto procesu je snaha o dosažení rozdílných vlastností jádra a povrchu součásti. Výhodné vlastnosti lze získat buď nasycením samotné vrstvy, nebo následným tepelným zpracováním [13].

Tepelné zpracování je proces, během kterého v oceli dochází k fázovým a strukturním přeměnám, a to v tuhém stavu. Cílem tohoto procesu je snaha o dosažení požadovaných mechanických, technologických a jiných výhodných vlastností slitin železa [13].

8.1 Pec pro chemicko-tepelné a tepelné zpracování

Pro cementaci je použita komorová kalicí pec PK 55/12 od firmy LAC, která je vidět na obrázku 8.1 Komorová kalicí pec PK 55/12. Jedná se o pec vhodnou jak pro cementaci, tak kalení a žihání. Pec je vybavena vytápěním ze tří stran a SiC deskami pro mechanickou odolnost.



Obr. 8.1 Komorová kalicí pec PK 55/12 [16]

Technické parametry

- maximální teplota uvnitř komory: 1280 °C,
- objem komory: 55 l,
- vnější rozměry: 1350x1450x1750,
- vnitřní rozměry: 400x250x550,
- hmotnost: 450 kg,
- příkon: 13 000 W,
- maximální nosnost dna komory: 150 kg.

8.2 Cementace

Tepelná úpravu hřídele je započata cementací, což je varianta chemicko-tepelného zpracování, kdy se povrch oceli difúzně nasycuje uhlíkem, čehož je dosaženo tím, že se materiál zahřeje nad transformační teplotu po stanovenou dobu v kontrolované nauhličující atmosféře. Jedná se o metodu používanou pro nízkouhlíkové oceli. Způsoby, jak cementovat ocel jsou [13]:

Cementování v prášku

Jedná se o metodu, která používá k nasycování povrchu směs dřevného uhlí a uhlíčitanu barnatého. Proces probíhá v uzavřené nádobě, která je zahřátá na teplotu cementace. Nositelem uhlíku je CO uvolněné uvnitř nádoby [29].

Cementace v tavenině

K cementaci je použita tavenina tvořená směsí chloridů a kyanidů. Přenašečem uhlíku je v tomto případě skupina CN. Metoda se dnes už nepoužívá z důvodu jedovatosti kyanidu [29].

Cementace v plynném prostředí

Při této metodě se používají dva typy aktivních atmosfér, a to endoatmosféra nebo rozložený metanol. Cementace probíhá za atmosférického tlaku. Velkou výhodou procesu je možnost snižovat, nebo naopak zvyšovat uhlíkový potenciál v atmosféře [30].

Vakuová cementace

Při vakuovém cementování se používá uhlovodík. Proces probíhá za sníženého tlaku a vyšší teploty než u cementace v plynném prostředí [29].

8.3 Cementace součástí

Z důvodu omezeného vybavení lze z výše uvedených metod použít pouze cementování v prášku. Tato metoda se v moderní době již moc nepoužívá. Důvodem je doba trvání procesu a množnost vzniku nerovnoměrné cementační vrstvy. Je však vybrána s ohledem na nízkou cenu a jednoduchost procesu.

Při cementaci je použit cementační granulát Durferrit 6 (jemně karbonizovaný), který je spolu s obrobkem zahřát na teplotu cementace 900 °C a na této teplotě udržován po dobu 6 hodin.

8.4 Kalení

Kalení je proces používaný k dosažení nerovnovážného stavu oceli, čehož je docíleno zahřáním oceli na kalící teplotu. Poté následuje prudké ochlazení, čímž je proces ukončen a výsledkem je upravení mechanických a fyzikálních vlastností. Podle převažující nově vzniklé struktury v oceli se kalení dělí na martenzitické a bainitické [13].

Proces kalení následuje po cementování. Nejprve dochází ke zchladnutí obrobku na vzduchu, poté je dvojitě kalen. Součást je znovu zahřátá uvnitř pece na vyšší teplotu na jádro 870 °C a následně ochlazena v oleji. Poté je proces ohřevu zopakován, tentokrát s nižší teplotou na vrstvu 810 °C a opět dochází ke zchlazení v oleji. Tento proces kalení by měl zajistit tvrdost povrchu obrobku a houževnatost jádra.

8.5 Popouštění

Popouštěním se rozumí proces ohřátí oceli na popouštěcí teplotu a následné ochlazení vhodnou rychlostí. Cílem popouštění je zajištění snížení pnutí v oceli. Popouštění se využívá většinou ihned po kalení. Nastávající změny ve struktuře oceli jsou závislé na složení materiálu oceli, teplotě a doby popouštění. Popouštění se všeobecně dělí na popouštění při nízkých a vyšších teplotách [13].

Proces popouštění probíhá při teplotě 200 °C s výdrží na dané teplotě po dobu 2 hodin. Po ukončení popouštění v peci PK 55/12 je součást pomalu ochlazena na vzduchu. Popouštění by mělo zajistit pokles vnitřního pnutí uvnitř obrobku.

9 BROUŠENÍ

Jedná se o dokončovací metodu obrábění. Vhodná je pro rovinné, válcové a tvarové plochy (vnitřní i vnější). Nástrojem pro broušení je brusný kotouč, jenž je tvořen zrný velmi tvrdých materiálů, které jsou spojeny pojivem. K úběru materiálu dochází za pomoci zrn, z nichž každé má jinou geometrii a po otupení je vyráženo z povrchu nástroje [8].

9.1 Bruska pro obráběcí proces

K broušení je použita bruska s označením TOS Hostivař 2UD/1000, která je na obrázku 9.1 Bruska TOS Hostivař 2UD/1000. Jedná se o brusku s upnutím mezi hroty a broušením rotačních ploch za pomoci brusného kotouče.



Obr. 9.1 Bruska TOS Hostivař 2UD/1000.

9.2 Technické parametry

- maximální průměr obrobku: 290 mm,
- maximální délka obrobku: 1000 mm,
- rozměry brusného kotouče: 350x50 mm,
- maximální hmotnost obrobku mezi hroty: 30 kg,
- rozměry: 1520x2390, 3340, 4290 mm,
- hmotnost stroje se standardním příslušenstvím: 2000, 2250, 2500 kg.

10 VÝROBA PROTOTYPU

10.1 Volba materiálu

Podle tabulky Vlastnosti a použití vybraných materiálů, začínající na str. 232 v [18], je zvolena ocel třídy 14 220 podle ČSN 41 4220 (staré označení). Dále je tato ocel označována jako 16MnCr5 podle EN 100084-94.

Tab 10.1 Chemické složení dle ČSN pro ocel 16MnCr5 v % (zbytkové množství do 100% bude tvořit Fe) [19].

Prvek	C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	Al	P	S
	0,14-0,19	1,10-140	0,17-0,37	0,80-1,10	-	-	-	max 0,035	max 0,035

Jedná se mangan-chromovou ocel vhodnou k cementování. Je dobře obrábitelná jak po žhání naměkko, tak za studena. Je dobře svařitelná a použitelná jako materiál pro hřídele, ozubená kola, vačkové hřídele, zdviháky ventilů, pístní čepy a zubové spojky.(19)

Tab 10.2 Tepelné zpracování ocele 16MnCr5 [19]

Způsob	Teplota v [°C]	Postup	
Normalizační žhání	880-920	Ochlazování na vzduchu	
Cementování	v plynu	900-930	Ochlazování na vzduchu nebo v ochlazovací jednotce
	v prášku	860-900	Ochlazování na vzduchu nebo v cementační krabici
	v solné lázni	890-910	Ochlazování na vzduchu
Žhání naměkko	680-720	Ochlazování v peci	
Kalení	810-840	Ochlazování v oleji nebo v lázni 150-200 °C	
Popouštění	150-200	Ochlazování na vzduchu	

10.2 Přídavky na opracování polotovaru

Vzhledem k využití procesu obrábění dané součásti je nutno zvolit vhodné přídavky. Jelikož je finálním výrobkem hřídel, bude se jednat nejspíše o tyč kruhového průřezu.

Přídavek na čelo obrobku

Velikost přídavků na čele obrobku po řezání na rámové pile je závislá na pevnosti řezného materiálu a průměru kulatiny. Podle tab. 3 na str. 15 v [17] lze určit velikost přídavku na čelo. Velikost přídavku je $p_1 = 2 \text{ mm}$.

Přídavek pro opracování povrchu

Při volbě přídavků u rotační součásti, která se skládá z jedné a více rotačních ploch, je nutno vycházet z největšího průměru na vyráběné součásti. V našem případě je to průměr $d_s = 45 \text{ mm}$.

Výpočet přídavku na průměr je spočítán podle vztahu (10.1) [17]:

$$p = \frac{5 \cdot d_s}{100} + 2 = \frac{5 \cdot 45}{100} + 2 = 4,25 \text{ mm} \quad (10.1)$$

Výpočet průměru polotovaru je spočítán podle vztahu (10.2) [17]:

$$D_p = d_s + p = 45 + 4,25 = 49,25 \text{ mm} \quad (10.2)$$

Po zaokrouhlení na nejbližší větší normalizovaný průměr válcované oceli dle ČSN 42 6510 vychází, že průměr polotovaru je **$D_p = 50 \text{ mm}$**

Přídavek pro dělení materiálu

Vzhledem k využití rámcové pily PRH-250 A s rozměry pilového pásu 400x32x2 mm je velikost přídavku pro dělení materiálu **$u = 3 \text{ mm}$** .

Rozměry polotovaru

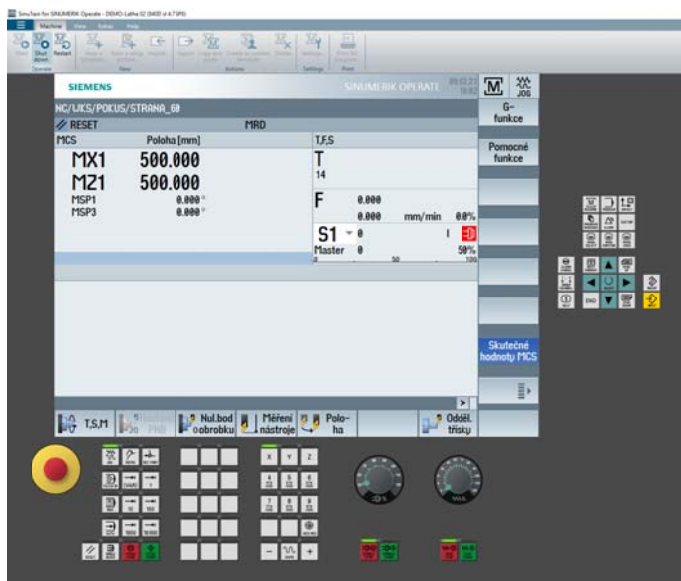
Výpočet délky polotovaru je spočítán podle vztahu (10.3) [17]:

$$L_p = l_s + u + p_l = 195 + 3 + 2 = 200 \text{ mm} \quad (10.3)$$

Zvolený materiál podle ČSN 42 6510: KR 50h11 ČSN 42 6510.12 - 16MnCr5

10.3 Příprava CNC programu

Stroje CLX 450 a CTX 210 využívají řídicího systému SIEMENS od stejnojmenné společnosti. Program pro obrábění byl předem připraven pomocí aplikace SinuTrain. Jedná se o výukový program umožňující psaní a simulování obráběcích procesů mimo prostor stroje. Program je ve zkušební verzi ke stažení zde [20]. Vypracované programy lze nalézt v Přílohách 2, 3, 4. Ukázka z programu SinuTrain je na obrázku 10.1 Virtuální prostor stroje v programu Sinutrainu.



Obr. 10.1 Virtuální prostor stroje v programu Sinutrainu.

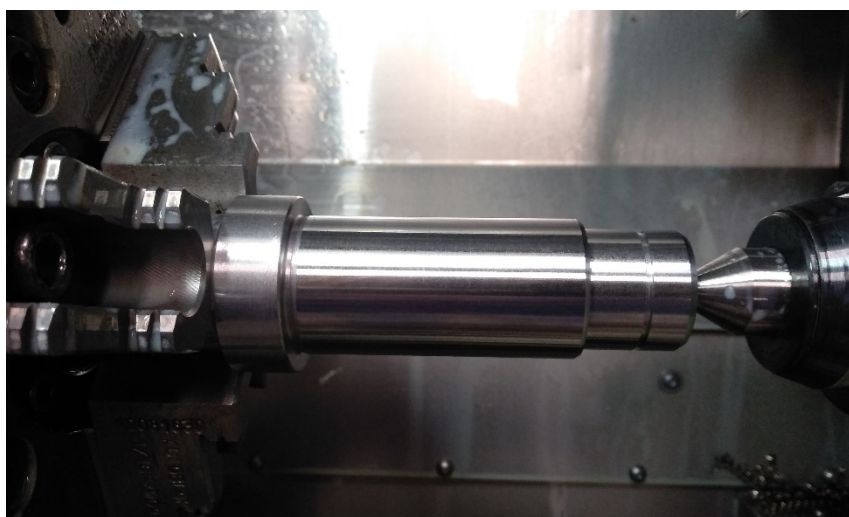
10.4 Výroba vzorku

Na základě vytvořeného výrobního postupu a NC programu pro obrábění byla zrealizována výroba prototypu. Na obrázku 10.2 Obrobek po soustružení první strany je vidět hřídel po procesu soustružení po dokončení první strany na stroji CLX 450.



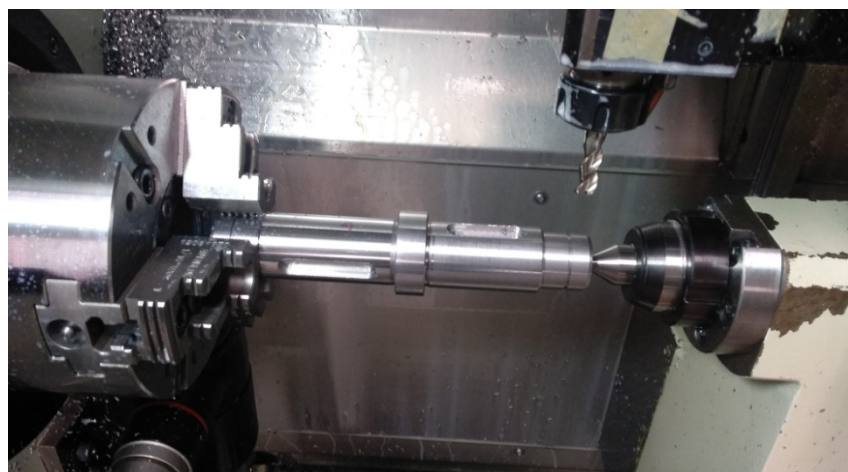
Obr. 10.2 Obrobek po soustružení první strany.

Hřídel po dokončení druhé strany na stroji CTX 210 lze vidět na obr. 10.3 Obrobek po soustružení druhé strany. Rozdíl změny vzhledu hřídele je způsobený změnou stroje a použitím dvou rozdílných kusů toho samého nástroje.



Obr. 10.3 Obrobek po soustružení druhé strany.

Hřídel po dokončení drážek na stroji CTX 210 je na obr. 10.6 Obrobek po frézování drážek pro pero.



Obr. 10.6 Obrobek po frézování drážek pro pero

11 VYHODNOCENÍ

Cílem bakalářské práce je vytvoření pracovního postupu pro výrobu hřídele a to za předpokladu výroby jednoho kusu. Vzhledem k tomuto faktu, byl pracovní postup vytvořen co nejjednodušší, aby byla možnost výroby kusu v konkrétních podmínkách. Specificky se jedná a zvolené metody a stroje. V případě sériové výroby jsou některé ze zvolených metod nedostačující a je potřeba jejich náhrady. Jedná se o tyto metody:

První změnou je v tomto případě metoda dělení. Ve výrobním postupu je použita metoda dělení rámovou pilou a zvolená pila je PRH-250 A. V případě výroby je tato metoda nevyhovující a to z důvodu: doby trvání řezu, horší kvality řezu a výsledného povrch v místě řezu. Proto je potřeba zvolit jinou metodu dělení pásovou pilou.

Ve výrobním postupu jsou použity dvě soustružnická centra DMG MORI CLX 450 a GILDEMEISTER CTX 210. V reálném provozu by však použití obou strojů bylo neefektivní. Vzhledem k tomu, že je stroj CLX 450 navržen na obrábění rozměrově větších kusů než CTX 210, je doporučeno jeho vyřazení z výrobního postupu. Toto rozhodnutí je opodstatněno velikostí samotného obrobku, který je rozměrově menší a proto vhodnější udělat na stroji GILDEMEISTER CTX 210.

K cementování součásti byla vybrána metoda cementování v prášku, která je vhodná z důvodu jednoduchosti a dostupnosti metody. Ve výrobě by avšak byla nedostačující a to hlavně kvůli možnosti vzniku nerovnosti cementační vrstvy. Z uvedených možností jsou v takovémto případě vhodné metody cementace v atmosféře nebo ve vakuu.

ZÁVĚR

Nedostatečný pokrok ve vývoji elektrických pohonů má za následek vznik prodlevy v přechodu mezi auty na fosilní paliva a auty poháněnými elektřinou. Existence této prodlevy, však nijak nesnižuje tlak na zvýšení ekologičnosti automobilů. Z tohoto důvodu se mnohé firmy snaží najít alternativní pohon, který by mohl toto mezidobí vyplnit. K příkladům takových alternativ patří vozy pohaněné vodíkem, hybridní pohony a nové efektivnější spalovací motory. Tato bakalářská práce se zabývá právě hybridními pohony, které na rozdíl od elektrických pohonů stále disponují součástkami typickými pro spalovací motory. Příklady takovýchto součástí jsou válce, hřídele a ventily. Právě potřeba výroby těchto součástí je důvodem této práce. V našem případě byla vyráběná hřídel pro hybridní pohon automobilu. Závěry plynoucí z výroby součásti jsou shrnuty v následujících bodech:

1. Jednotlivé metody pro obrobění hřídele byly zvoleny vhodně a umožnily nám výrobu dle výkresové dokumentace.
2. Vyrobený vzorek splňoval požadované funkční rozměry a kvalitu povrchu podle výkresové dokumentace.
3. Vyrobený hřídel byl otestován a odpovídá požadavkům uvedených ve výkresové dokumentaci a je tudíž funkční. Vzhledem k tomu, že se jedná o součást pro pohon automobilu, bylo by vhodné provést modifikace, jako je například odlehčení součásti. Takovéto změny by však nesměly ovlivnit funkčnost součásti.
4. Použité rezné nástroje k obrábění byly funkční a umožnily opracování součásti podle výkresové dokumentace a je doporučeno jejich použití v případě další výroby.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HROMÁDKO, Jan. *Speciální spalovací motory a alternativní pohony: komplexní přehled problematiky pro všechny typy technických automobilních škol*. Praha: Grada, 2012, 158 s. : obr. (některé barev.), tabulky, grafy. ISBN 978-80-247-4455-1.
- [2] FRYBERT, Jan, Ján LACKO, Petr MUDRÁK, Jan SLANINA a Martin TRAUTMAN. *Alternativní pohony*. Brno: Integrovaná střední škola automobilní, 2015, 125 stran : ilustrace (převážně barevné). ISBN 978-80-260-7548-6.
- [3] CRANKSHAFT. *Flickr* [online]. Solomon: Abilene Machine, 2012 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/93118882@N03/8469163528>
- [4] Hybridní motory. Jak to všechno začalo? *Talentika* [online]. Praha: Talentica, 2017 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://www.talentica.cz/hybridni-motory-vsechno-zacalo/>
- [5] VLK, František. *Alternativní pohony motorových vozidel*. Brno: Prof.Ing.František Vlk,DrSc., nakladatelství a vydavatelství, 2004, 234 stran : černobílé ilustrace. ISBN 80-239-1602-5.
- [6] DUSIL, Tomáš. Není hybrid jako hybrid. Čím se jednotlivé systémy liší? *AUTO.CZ* [online]. Praha: AUTO.CZ, 2016 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/neni-hybrid-jako-hybrid-cim-se-jednotlive-systemy-lisi-100314>
- [7] KONVIČNÁ, Iveta. *Hřídele* [online]. Kyjov: Národní ústav pro vzdělávání, školské poradenské zařízení a zařízení pro další vzdělávání pedagogických pracovníků, 2013 [cit. 2021-02-27]. ISSN 1802-4785. Dostupné z: http://www.sossoukyjov.cz/data/file/Strojnictvi/VY_32_INOVACE_5c/VY_32_INOVACE_5c12.pdf
- [8] HLUCHÝ, Miroslav a Václav HANĚK. *Strojírenská technologie 2. 2. díl, Korozní základy obrábění, výrobní postupy*. 2. upravené vydání. Praha: Scientia, spol. s r.o., pedagogické nakladatelství, 2001, 176 stran: ilustrace. ISBN 80-7183-245-6.
- [9] ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3. 1. díl, Metody, stroje a nástroje pro obrábění*. Praha: Scientia, 2005, 256 stran: ilustrace. ISBN 80-7183-337-1.
- [10] Wear of Aluminum-Boron Carbide Composite.jpg. *Wikimedia Commons* [online]. Estonian: Piyush Gera, 2017 [cit. 2021-03-05]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=64673517>
- [11] *Portál řidiče - Děláme řidiče spokojenější: Co je mild-hybrid a na jakém principu funguje?* [online]. Pardubice: Jakub Mokříš, 2020 [cit. 2021-01-16]. Dostupné z:
- [12] Univerzální CNC soustružnický stroj pro širokou škálu možností výroby CLX 450 CLX 450. *DOCPLAYER* [online]. Winterthur: DMG MORI, 2017 [cit. 2021-03-03]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/35793717-Univerzalni-cnc-soustruznickyy-stroj-pro-sirokou-skalu-moznosti-vyroby-clx-450-clx-450.html>
- [13] PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II. 2., opr. a rozš. vyd.* Brno: CERM, 2002, 392 s. : il. ; 25 cm. ISBN 80-7204-248-3.

- [14] *Iscar Member IMC Grup* [online]. 2021: ISCAR, 2021 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/index.aspx/countryid/1>
- [15] *Strojirenstvi.cz.: CNC Fórum* [online]. Teplice: b3nd3r, 2013 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://forum.strojirenstvi.cz/viewtopic.php?t=10458>
- [16] *Spidertrax 40 Splined 300M Billet Series 30 Outer Stub Shafts (Pair)*. *Flickr* [online]. Loveland: Spidertrax, 2015 [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.flickr.com/photos/53322960@N00/22620608924>
- [17] VYMER, Jiří a Zdeněk KUKLA. *Technologická cvičení: Výrobní postupy pro 3. ročník*. Praha: Nakladatelství techn. lit., 1990. ISBN 80-030-0238-9.
- [18] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [19] ČSN 14 220 / 1.7131 / 16MnCr5. *JKZ Bučovice, a.s.* [online]. Bučovice: JKZ Bučovice [cit. 2021-03-07]. Dostupné z: <https://www.jkz.cz/cs/produkty/konstrukcni-oceli/csn-14-220-17131-16mncr5/>
- [20] *CNC practical knowledge for production, job shop and production planning*. *SIEMENS* [online]. Germany: SIEMENS [cit. 2021-03-09]. Dostupné z: <https://new.siemens.com/global/en/markets/machinebuilding/machine-tools/cnc4you.html>
- [21] *Lohner Porsche*. *Wikimedia Commons* [online]. England, 1902 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lohner_Porsche.jpg
- [22] *Hsd-schnitt*. *Wikimedia Commons* [online]. Speyer: Benutzer Munsche, 2006 [cit. 2021-03-12]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hsd-schnitt.jpg>
- [23] HAVLÍK, Jiří a Tadeáš SZLACHTA. *Základy strojnictví I*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0477-8.
- [24] *Flex shaft machine*. *Wikimedia Commons* [online]. Brazil: Mauro Cateb, 2010 [cit. 2021-03-13]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=17189497>
- [25] ADAMEC, Antonín a Martin KRBEČ. *Teorie obrábění*. *ELUC* [online]. Mohelnice: ELUC, 2015 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1182>
- [26] *Milling*. *Pixabay* [online]. Deutschland: gefrorene_wand, 2016 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/photos/fr%C3%A9zov%C3%A1n%C3%AD-obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD-pr%C5%AFmysl-fr%C3%A9zka-1151344/>
- [27] *Drill*. *Pixabay* [online]. Germany: blickpixel, 2014 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://pixabay.com/cs/photos/vrta%C4%8Dka-fr%C3%A9zov%C3%A1n%C3%AD-fr%C3%A9zka-vrt%C3%A1n%C3%AD-444484/>
- [28] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- [29] DAŘOUREK, Karel. *Vybrané technologie povrchových úprav*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2007. ISBN 978-80-7372-168-8.

- [30] *Cementace* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/194/mod_resource/content/2/cementace.pdf
- [31] *CEMENTAČNÍ PRÁŠKY* [online]. Brno: azprokal [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://azprokal.cz/cs/prehled-sortimentu/chemicke-pripravky/cementacni-prasky/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

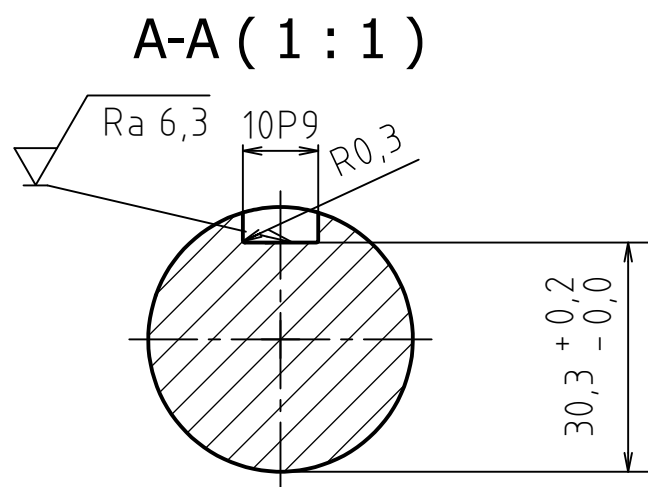
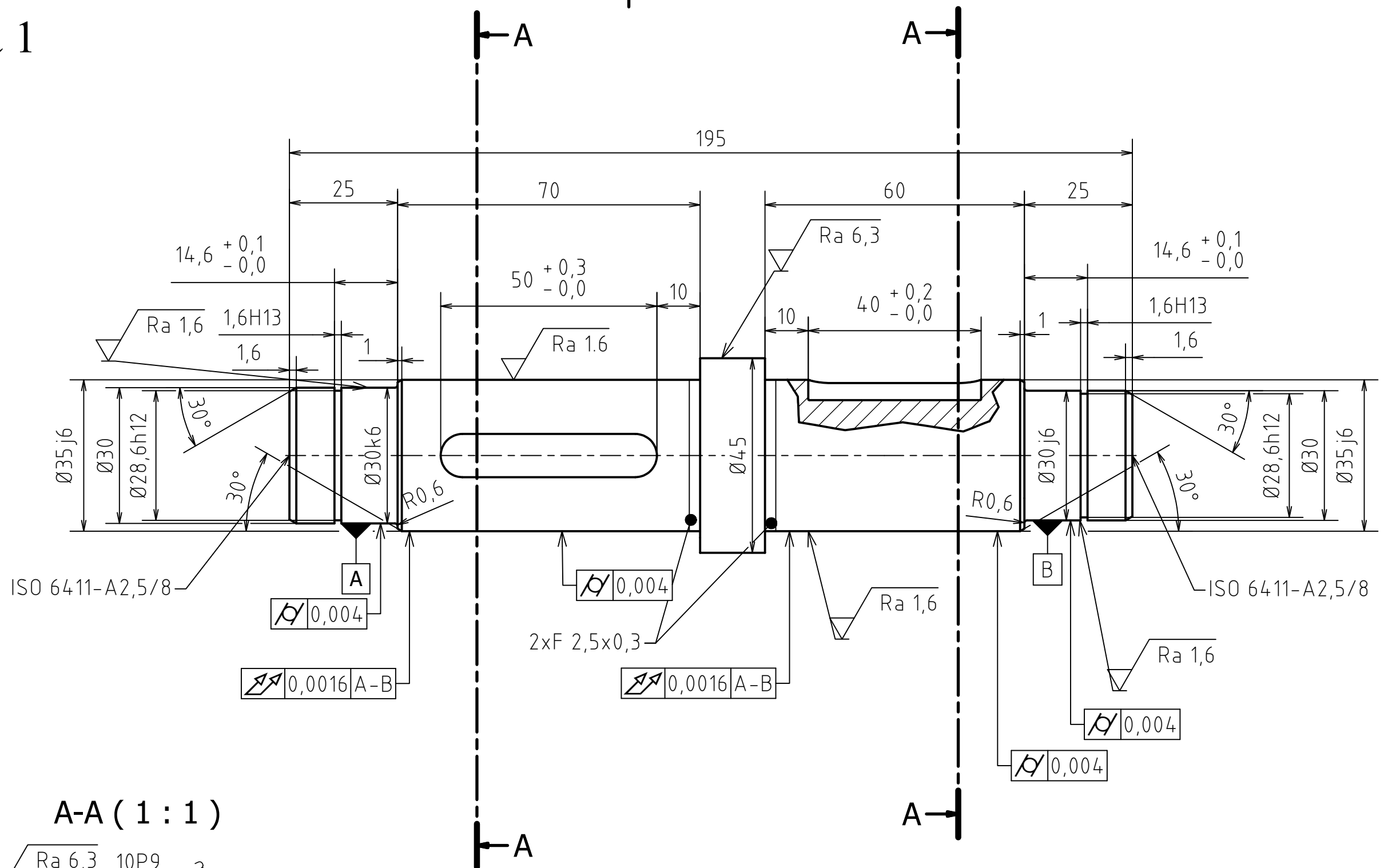
Zkratka	Popis
CNC	Computer Numerical Control (Počítačem řízený obráběcí stroj)
HSS	High Speed Steel (Rychlořezná ocel)
VBD	Vyměnitelná břitová destička

Symbol	Jednotka	Popis
D_p	[mm]	Průměr polotovaru
L_p	[mm]	Délky polotovaru
d_s	[mm]	Největší průměr na vyráběné součásti
l_s	[mm]	Největší délka vyráběné součásti
p_t	[mm]	Přídavek na čele obrobku
p	[mm]	Přídavek na průměr
u	[mm]	Přídavek pro dělení materiálu

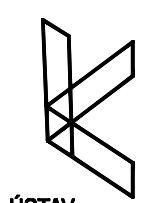
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výkres hřídele
Příloha 2	CNC program pro drážky
Příloha 3	CNC program pro první stranu
Příloha 4	CNC program pro druhou stranu
Příloha 5	Výrobní postup

Příloha 1





CEMENTOVAT 0,6-0,8 mm, KALIT NA 60 HRC

Drsnost povrchu \sqrt{R} Ra 3,2	Hrany $\begin{matrix} \swarrow +0,3 \\ \searrow +0,3 \end{matrix}$	Měřítka 1:1	Přesnost ISO 2768-mH Promítání $\begin{matrix} \square \\ \oplus \end{matrix}$
Materiál 16MnCr5	Polotovár KR 50h11 ČSN 426510.12	Hmotnost 0,18 kg	Sestava Chráněno podle ISO 16016
 ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ	Druh dokumentu VÝKRES SOUČÁSTI	HŘÍDEL Číslo dokumentu 1-3B/15-1/1	
	Kreslil KAREL GÖTH		
	Schválil		
Datum vydání 12.05.2021			



DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_DRAZKY_MPF

P	Hlavička programu	G54 Válec
	Pos. počát.	G54
	Psát	ne
	Sur.obrobek	Válec
	XA	60.000
	ZA	0.000
	ZI	-240.000 abs
	ZB	-210.000 abs
	Návrat	jednoduchý
	XRA	75.000 abs
	ZRA	2.000 abs
	Bod výměny nástroje	MCS
	XT	500.000
	ZT	500.000
	S1	2000 ot/min
	SC	1.000
	Směr obrábění	sousledné
	Kontura	KONTURA
	Oddělování třísky	T=FINISHING_T35 A F=0.1/ot. U=200m podélné
	Zadání	kompletní
	T	FINISHING_T35 A D 1
	F	0.100 mm/ot.
	V	200.000 m/min
	Obrábění	▽▽▽
		podélné
		vnější ←
	Přídavek	ne



DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_DRAZKY_MPF

Podříznutí	ne
Omezení	ne
 Oddělování třísky	T=FINISHING_T35 A F=0.2/ot. U=150m podélné
Zadání	kompletní
T	FINISHING_T35 A D 1
F	0.200 mm/ot.
U	150.000 m/min
Obrábění	▽▽▽
	podélné
	vnější ←
Přídavek	ne
Podříznutí	ano
Omezení	ne
 Podélná drážka	T=FRÉZA F=50/min U=70m Y0=0 Z0=-55 X0=35 X1=15.2
Zadání	kompletní
T	FRÉZA D 1
F	50.000 mm/min
U	70.000 m/min
	Plášť
	vnější
Obrábění	▽
	Jednotl. pozice
Y0	0.000
Z0	-55.000
X0	35.000
W	10.000
L	40.100
α0	90.000 °
X1	30.400 abs
DYZ	0.500 mm

DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_DRAZKY_MPF

DX	0.500	
UYZ	0.100	
UX	0.100	
Zajiždění		kolmo
FX	0.100 mm/zub	
 Podélná drážka	▽	 T=FRÉZA F=50/min U=70m Y0=90 Z0=-135 X0=35 X1=15.2
Zadání		kompletní
T	FRÉZA	D 1
F	50.000 mm/min	
V	70.000 m/min	
	Plášť	vnější
Obrábění		▽
	Jednotl. pozice	
Y0	90.000	
Z0	-135.000	
X0	35.000	
W	10.000	
L	50.150	
$\alpha 0$	90.000 °	
X1	30.400 abs	
DYZ	0.500 mm	
DX	0.500	
UYZ	0.100	
UX	0.100	
Zajiždění		kolmo
FX	0.100 mm/zub	
END	Konec programu	
	Opakování	ne

```

E_LAB_A_KONTURA: ;#SM Z: 8
;#7_DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G18 G90 DIAM90;*GP*
G0 Z0 X0 ;*GP*
G1 X28.452 ;*GP*
Z-1.6 X30.3 ;*GP*
Z-25 ;*GP*
X34.03 ;*GP*
Z-26 X35.185 ;*GP*
Z-84 ;*GP*
Z-84.373 X34.985 RND=.2 ;*GP*
Z-85.13 RND=.2 ;*GP*
Z-85 X36.836 ;*GP*
X45 ;*GP*
Z-100 ;*GP*

```



DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_DRAZKY_MPF

```
X36.651 ; *GP*
Z-99.87 X34.8 RND=.2 ; *GP*
Z-100.627 RND=.2 ; *GP*
Z-101 X35 ; *GP*
Z-169 ; *GP*
Z-170 X34.03 ; *GP*
X30 ; *GP*
Z-193.4 ; *GP*
Z-205 X60 ; *GP*
; CON, V64, 2, 0.0000, 8, 8, MST: 3, 2, AX: Z, X, K, I, TRANS: 0; *GP*; *RO*; *HD*
; S, EX: 0, EY: 0, ASE: 90; *GP*; *RO*; *HD*
; R, RROUND: 0; *GP*; *RO*; *HD*
; LU, EY: 28.452; *GP*; *RO*; *HD*
; LA, EX: -1.6, ASE: 150; *GP*; *RO*; *HD*
; LL, EX: -25; *GP*; *RO*; *HD*
; LU, EY: 34.03; *GP*; *RO*; *HD*
; LA, EX: -26, ASE: 150; *GP*; *RO*; *HD*
; LL, EX: -85; *GP*; *RO*; *HD*
; AB, FRM: 1, IDX: 1; *GP*; *RO*; *HD*
; LU, EY: 45; *GP*; *RO*; *HD*
; LL, EX: -100; *GP*; *RO*; *HD*
; LD, EY: 35; *GP*; *RO*; *HD*
; AB, FRM: 1, IDX: 1; *GP*; *RO*; *HD*
; LL, EX: -169; *GP*; *RO*; *HD*
; LA, EX: -170, EY: 34.03; *GP*; *RO*; *HD*
; LD, EY: 30; *GP*; *RO*; *HD*
; LL, EX: -193.4; *GP*; *RO*; *HD*
; LA, EX: -205, EY: 60; *GP*; *RO*; *HD*
; #End contour definition end - Don't change!; *GP*; *RO*; *HD*
E_LAB_E_KONTURA:
```







DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_STRANA_60_MPF

P	Hlavička programu	G54 Válec	
	Pos. počát.	G54	
	Psát	ne	
	Sur.obrobek	Válec	
	XA	60.000	
	ZA	0.000	
	ZI	-195.000 abs	
	ZB	-105.000 abs	
	Návrat	jednoduchý	
	XRA	64.000 abs	
	ZRA	2.000 abs	
	Bod výměny nástroje	MCS	
	XT	500.000	
	ZT	500.000	
	S1	2000 ot/min	
	SC	1.000	
	Směr obrábění	sousledné	
	Kontura	UNEJSI	
	Oddělování třísky	T=ROUGHING_T80 A F=0.23/ot. U=180m podélné	
	Zadání	kompletní	
	T	ROUGHING_T80 A	D 1
	F	0.230 mm/ot.	
	V	180.000 m/min	
	Obrábění	▼	
		podélné	
		vnější	←
	D	2.000	↑ ↙ ←
	UX	0.400	
	UZ	0.100	
	DI	0.000	
	BL	Válec	
	XD	60.000 abs	
	ZD	0.000 abs	

DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_STRANA_60_MPF

Podříznutí	ne
Omezení	ne
 Oddělování třísky	T=FINISHING_T35 A F=0.1/ot. U=200m podélné
Zadání	kompletní
T	FINISHING_T35 A D 1
F	0.100 mm/ot.
U	200.000 m/min
Obrábění	▽▽▽
	podélné
	vnější ←
Přídavek	ne
Podříznutí	ne
Omezení	ne
 Zápich	T=PLUNGE_CUTTER_3 A F=0.1/ot. U=80m X0=30.3 Z0=-10.35
T	PLUNGE_CUTTER_3 A D 1
F	0.100 mm/ot.
U	80.000 m/min
Obrábění	▽+▽▽▽
Pozice	 
X0	30.300
Z0	-10.350
B1	1.670
T1	28.500 abs
D	1.000
UX	0.100
UZ	0.050
N	1
 Kontura	ZAPICH_F
 Oddělování třísky	T=FINISHING_T35 A F=0.8/ot. U=100m podélné

DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_STRANA_60_MPF

Zadání	kompletní
T	FINISHING_T35 A D 1
F	0.800 mm/ot.
V	100.000 m/min
Obrábění	▽▽▽
	podélné
	vnější ←
Přídavek	ne
Podříznutí	ano
Omezení	ne
END Konec programu	
Opakování	ne

```

E_LAB_A_VNEJSI: ;#SM Z: 4
;#7_DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G18 G90 DIAM90;*GP*
G0 Z0 X28.452;*GP*
G1 Z-1.6 X30.3;*GP*
Z-24.9;*GP*
X34.03;*GP*
Z-26 X35.3;*GP*
Z-84.9;*GP*
X45 CHR=.5;*GP*
Z-103;*GP*
X60;*GP*
;CON,V64,2,0.0000,8,8,MST:3,2,AX:Z,X,K,I,TRANS:0;*GP*;*RO*;*HD*
;S,EX:0,EY:28.452,ASE:90;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,EX:-1.6,EY:30.3;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-24.9;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,ASE:90;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,EX:-26,EY:35.3,ASE:150;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-84.9;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:45;*GP*;*RO*;*HD*
;F,LFASE:.5;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-103;*GP*;*RO*;*HD*

```



DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_STRANA_60_MPF

```
; LU, EY: 60; *GP*; *RO*; *HD*
; #End contour definition end - Don't change!; *GP*; *RO*; *HD*
E_LAB_E_VNEJSI:
E_LAB_A_ZAPICH_F: ; #SM Z: 8
; #7_DlgK contour definition begin - Don't change!; *GP*; *RO*; *HD*
G18 G90 DIAM90; *GP*
G0 Z-77 X35.3 ; *GP*
G1 Z-78.12 X34.7 ; *GP*
Z-85.2 RND=.8 ; *GP*
Z-84.828 X40 ; *GP*
; CON, V64, 2, 0.0000, 1, 1, MST: 3, 2, AX: Z, X, K, I, TRANS: 0; *GP*; *RO*; *HD*
; S, EX: -77, EY: 35.3, ASE: 90; *GP*; *RO*; *HD*
; LA, EY: 34.7, ASE: 195; *GP*; *RO*; *HD*
; LL, EX: -85.2; *GP*; *RO*; *HD*
; R, RROUND: .8; *GP*; *RO*; *HD*
; LA, EY: 40, ASE: 82; *GP*; *RO*; *HD*
; #End contour definition end - Don't change!; *GP*; *RO*; *HD*
E_LAB_E_ZAPICH_F:
```


DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_STRANA_70_MPF

P	Hlavička programu		G54 Válec
	Pos. počát.		G54
	Psát		ne
	Sur.obrobek		Válec
	XA	60.000	
	ZA	0.000	
	ZI	-195.000	abs
	ZB	-120.000	abs
	Návrat		jednoduchý
	XRA	75.000	abs
	ZRA	2.000	abs
	Bod výměny nástroje		MCS
	XT	500.000	
	ZT	500.000	
	S1	2000	ot/min
	SC	0.500	
	Směr obrábění		sousledné
	Kontura		UNEJSI
	Oddělování třísky		T=ROUGHING_T80 A F=0.23/ot. U=180m podélné
	Zadání		kompletní
	T	ROUGHING_T80 A	D 1
	F	0.230	mm/ot.
	V	180.000	m/min
	Obrábění		▽
		podélné	
		vnější	←
	D	2.000	↑ ↙ ←
	UX	0.400	
	UZ	0.100	
	DI	0.000	
	BL	Válec	
	XD	60.000	abs
	ZD	0.000	abs

DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_STRANA_70_MPF

Podříznutí	ne
Omezení	ne
Oddělování třísky	T=FINISHING_T35 A F=0.1/ot. U=200m podélné
Zadání	kompletní
T	FINISHING_T35 A D 1
F	0.100 mm/ot.
V	200.000 m/min
Obrábění	▽▽▽
	podélné
	vnější ←
Přídavek	ne
Podříznutí	ne
Omezení	ne
Zápich	T=PLUNGE_CUTTER_3 A F=0.1/ot. U=80m X0=30.3 Z0=-10.35
T	PLUNGE_CUTTER_3 A D 1
F	0.100 mm/ot.
V	80.000 m/min
Obrábění	▽+▽▽▽
Pozice	
X0	30.300
Z0	-10.350
B1	1.670
T1	28.500 abs
D	1.000
UX	0.100
UZ	0.050
N	1
Kontura	ZAPICH_F
Oddělování třísky	T=FINISHING_T35 A F=0.8/ot. U=100m podélné

DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_STRANA_70_MPF

Zadání	kompletní
T	FINISHING_T35 A D 1
F	0.800 mm/ot.
V	100.000 m/min
Obrábění	▽▽▽
	podélné
	vnější ←
Přídavek	ne
Podříznutí	ano
Omezení	ne
END Konec programu	
Opakování	ne

```

E_LAB_A_VNEJSI: ;#SM Z: 8
;#7_DlgK contour definition begin - Don't change!;*GP*;*RO*;*HD*
G18 G90 DIAM90;*GP*
G0 Z0 X28.452;*GP*
G1 Z-1.6 X30.3;*GP*
Z-24.9;*GP*
X34.03;*GP*
Z-26 X35.3;*GP*
Z-94.9;*GP*
X45 CHR=.5;*GP*
Z-113;*GP*
X60;*GP*
;CON,V64,2,0.0000,7,7,MST:3,2,AX:Z,X,K,I,TRANS:0;*GP*;*RO*;*HD*
;S,EX:0,EY:28.452,ASE:90;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,EX:-1.6,EY:30.3;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-24.9;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,ASE:90;*GP*;*RO*;*HD*
;LA,EX:-26,EY:35.3,ASE:150;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-94.9;*GP*;*RO*;*HD*
;LU,EY:45;*GP*;*RO*;*HD*
;F,LFASE:.5;*GP*;*RO*;*HD*
;LL,EX:-113;*GP*;*RO*;*HD*

```

DEMO-Lathe 02

/_N_UKS_DIR/_N_POKUS_UPD/_N_STRANA_70_MPF

```
; LU, EY: 60; *GP*; *RO*; *HD*
; #End contour definition end - Don't change!; *GP*; *RO*; *HD*
E_LAB_E_VNEJSI:
E_LAB_A_ZAPICH_F: ;#SM Z: 12
; #7_DlgK contour definition begin - Don't change!; *GP*; *RO*; *HD*
G18 G90 DIAM90; *GP*
G0 Z-87 X35.3 ; *GP*
G1 Z-88.12 X34.7 ; *GP*
Z-95.2 RND=.8 ; *GP*
Z-94.828 X40 ; *GP*
; CON, V64, 2, 0.0000, 2, 2, MST: 3, 2, AX: Z, X, K, I, TRANS: 0; *GP*; *RO*; *HD*
; S, EX: -87, EY: 35.3, ASE: 90; *GP*; *RO*; *HD*
; LA, EY: 34.7, ASE: 195; *GP*; *RO*; *HD*
; LL, EX: -95.2; *GP*; *RO*; *HD*
; R, RROUND: .8; *GP*; *RO*; *HD*
; LA, EY: 40, ASE: 82; *GP*; *RO*; *HD*
; #End contour definition end - Don't change!; *GP*; *RO*; *HD*
E_LAB_E_ZAPICH_F:
```

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP			Název celku :	Název skupiny :	Název součást ky :	HŘÍDEL	Číslo výkresu součásti :	1-3B/15- 1/1	Datum vydání postupu :	13.02.20 21
Dne : 13.02.2021		Vyhotovil : Karel Göth		Kontroloval :		Polotovary: $l_{OD} = 200 \text{ mm}$			HT :		Číslo listu : 1	
Číslo op. pořadov é :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :						
						v_c [m/min]	n	a_c	l	up.ks.	Třída:	t_{AS} [min/ks]
Orientač ní:	Třídící číslo :					f	a_p	i	bsl.st	Kč	t_{AC} [min/ks]	t_{BC} [min]
01/01	Rámová pila PRH-250A 05961	Sklad	Upnutí za obvod Řezat Ø 60 na delku 205	Pilový list Posuvné měřítko		- 25 -	- - -	- 0,8/0,8 -	0/1 60/1 -			
02/02	Obráběcí centrum CLX 450 44211	Obrobná	Upnutí za obvod Soustružit čelo Ø 60 na delku 201 Soustružit čelo Ø 60 na delku 200 Vrtat středící důlek	Nástroj-MWLNL 2525M-08W, Destička-WNMG 080408-PP IC3028 Nástroj-SVJCL 2525M-16 Destička-VCMT 160404-SM IC807 Vrták- HSS A		- 150 200 30	- 796/0,23 1062/0,1 3821/0,1	- 1/1 1/1 -	0/1 25/2 25/1 4/1			
03/03	Obráběcí centrum CLX 450 44211	Obrobná	Otočit a upnout za obvod Soustružit čelo Ø 60 na delku 201 Soustružit čelo Ø 60 na delku 200 Vrtat středící důlek	Nástroj-MWLNL 2525M-08W, Destička-WNMG 080408-PP IC3028 Nástroj-SVJCL 2525M-16 Destička-VCMT 160404-SM IC807 Vrták- HSS A		- 150 200 30	- 796/0,23 1062/0,1 3821/0,1	- 1/1 1/1 -	0/1 25/2 25/1 4/1			
04/04	Obráběcí centrum CLX 450 44211	Obrobná	Upnout za obvod Podepřít koníkem Soustružit Ø 45 na Ø 60 v délce 105 Soustružit Ø 36 na Ø 45 v délce 85 Soustružit Ø 31 na Ø 36 v délce 25 Soustružit na hotovo Ø 45 na Ø 35 s přídávkem pro obroušení 0,4 Zkosit hranu 0,5 x 45°	Nástroj-MWLNL 2525M-08W, Destička-WNMG 080408-PP IC3028 Nástroj-MWLNL 2525M-08W, Destička-WNMG 080408-PP IC3028 Nástroj-MWLNL 2525M-08W, Destička-WNMG 080408-PP IC3028 Nástroj-SVJCL 2525M-16 Destička-VCMT 160404-SM IC807 Nástroj-SVJCL 2525M-16 Destička-VCMT 160404-SM IC807		- - 180 180 180 200 200	- - 955/0,23 1273/0,23 1591/0,23 1414/0,1 1414/0,23	- - 2/2 2/2 2/2 0,4/0,4 0,5/0,5	0/1 0/1 105/7 85/5 25/3 145/1 0,5/1			

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP			Název celku : Název skupiny :	Název součástky :	HŘÍDEL	Číslo výkresu součásti :	1-3B/15- 1/1	Datum vydání postupu :	13.02.20 21	
Dne : 13.02.2021		Vyhotovil : Karel Göth		Kontroloval :	Polotovary: $l_{OD} = 200$ mm		HT :		Číslo listu : 2			
Číslo op. pořadové :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílňa :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :						
						v_c [m/min]	n	a_c	l	up.ks.	Třída:	t_{AS} [min/ks]
Orientační :	Třídící číslo :					f	a_p	i	bsl.st	Kč	t_{AC} [min/ks]	t_{BC} [min]
04/04	Obráběcí centrum CLX 450 44211	Obrobná	Zkosit hranu 1,6 x 30°	Nástroj-SVJCL 2525M-16 Destička-VCMT 160404-SM IC807		200	1819/0,23	1/1	1,6/1			
			Soustružit drážku pro pojistný kroužek 30 ČSN 02 2930	Nástroj-PCHL 25-24, Destička-PENTA 24N104J000 IC908		80	849/0,1	1/1	0,7/1			
			Soustružit zápich F 2,5x0,3	Nástroj-SVHBL 2525M 16, Destička-VCMT 160404-SM IC807 Posuvné měřítko		100	909/0,8	1/1	3/1			
05/05	Obráběcí centrum CTX 210 44211	Obrobná	Otočit a upnout za obvod			-	-	-	0/1			
			Podepřít koníkem			-	-	-	0/1			
			Soustružit Ø 45 na Ø 60 v délce 95	Nástroj-MWLNL 2525M-08W, Destička-WNMG 080408-PP IC3028		180	955/0,23	2/2	95/7			
			Soustružit Ø 36 na Ø 45 v délce 95	Nástroj-MWLNL 2525M-08W, Destička-WNMG 080408-PP IC3028		180	1273/0,23	2/2	95/5			
			Soustružit Ø 31 na Ø 36 v délce 25	Nástroj-MWLNL 2525M-08W, Destička-WNMG 080408-PP IC3028		180	1591/0,23	2/2	25/3			
			Soustružit na hotovo Ø 45 na Ø 35 s přídavkem pro obroušení 0,4	Nástroj-SVJCL 2525M-16 Destička-VCMT 160404-SM IC807		200	1414/0,1	0,4/0,4	135/1			
			Zkosit hranu 0,5 x 45°	Nástroj-SVJCL 2525M-16 Destička-VCMT 160404-SM IC807		200	1414/0,23	0,5/0,5	0,5/1			
			Zkosit hranu 1,6 x 30°	Nástroj-SVJCL 2525M-16 Destička-VCMT 160404-SM IC807		200	1819/0,23	1/1	1,6/1			
Soustružit drážku pro pojistný kroužek 30 ČSN 02 2930	Nástroj-PCHL 25-24, Destička-PENTA 24N104J000 IC908		80	849/0,1	1/1	0,7/1						
Soustružit zápich F 2,5x0,3	Nástroj-SVHBL 2525M 16, Destička-VCMT 160404-SM IC807 Posuvné měřítko		100	909/0,8	1/1	3/1						

VUT FSI ÚST BRNO		VÝROBNÍ POSTUP			Název celku :	Název skupiny :	Název součást ky :	HŘÍDEL	Číslo výkresu součásti :	1-3B/15- 1/1	Datum vydání postupu :	13.02.20 21
Dne : 13.02.2021		Vyhotoval : Karel Göth		Kontroloval :	Polotovar: l _{oD} = 200 mm			HT :		Číslo listu : 3		
Číslo op. pořadov é :	Název, označení stroje, zařízení, pracoviště :	Dílna :	Popis práce v operaci :	Výrobní nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky :	Materiál nástroje :	Výrobní podmínky :						
						v _c [m/min]	n	a _c	l	up.ks.	Třída:	t _{AS} [min/ks]
Orientač	Třídící číslo :					f	a _p	i	bsl.st	Kč	t _{AC} [min/ks]	t _{BC} [min]
06/06	Obráběcí centrum CLX 450 44211	Obrobná	Upnout za obvod Podepřit koníkem Frézovat drážku pro pero délka 50 Otočit o 90° Frézovat drážku pro pero délka 40	10 220505 HSS Co5 10 220505 HSS Co5 Posuvné měřítko		- - 20 -	- - 637/0,022 -	- - 1 -	0/1 0/1 - -			
07/07	Pracoviště 9863	Měrové Středisko	Měřit délku 195 Měřit délku 25 Měřit délku 70 Měřit délku 25 Měřit délku 60 Měřit délku drážky pro pero 50 Měřit délku drážky pro pero 40 Měřit delku drážky pro pojistný kroužek 1,6H13 Měřit delku drážky pro pojistný kroužek 1,6H13	Výškoměr Posuvné měřítko Posuvné měřítko Posuvné měřítko Posuvné měřítko Posuvné měřítko Posuvné měřítko Koncové měřky Koncové měřky		- - - - - - - -	- - - - - - - -	0/1 0/1 0/1 0/1 0/1 0/1 0/1 0/1				
08/08	Kalici pec PK 55/12 01842	Tepelné zpracování	Cementovat do hloubky 0,6 až 0,8 Kalit na jádro Kalit na vrstvu Popustit			- - - -	- - - -	- - - -	- - - -			
09/09	Pracoviště 9421	Úprava obrobků	Regulovat středící důlky			-	-	-	0/1			

