

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH TECHNOLOGIE SOUČÁSTI "KRYT VSTŘIKOVAČE" V PODMÍNKÁCH MALÉ STROJÍRENSKÉ FIRMY

COMPONENT TECHNOLOGY DESIGN "KRYT VSTŘIKOVAČE" IN CONDITION OF A SMALL
FIRM

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. PETR HAMPL

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

ING. MILAN KALIVODA

BRNO 2012

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2011/12

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Petr Hampl

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

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 diplomové práce:

Návrh technologie součásti "kryt vstříkovače" v podmínkách malé strojírenské firmy

v anglickém jazyce:

Component technology design "injector cover" in condition of a small firm

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Představení technologického zázemí firmy (strojový park, nástroje, výroba). Rozbor stávající technologie. Návrh nové varianty technologie. Ekonomické vyhodnocení v aktuálních podmínkách firmy. Doložení TPV dokumentace pro aktuální a rozšířenou výhledovou produkci firmy.

Cíle diplomové práce:

Podchycení technologických problémů s návazností na návrh nové technologie. Znalost vypracování TPV dokumentace v podmínkách firmy. Ekonomické posouzení situace.

Seznam odborné literatury:


1. CIHLÁŘOVÁ, Petra, Michael Lars George HILL and Miroslav PÍŠKA. Fundamentals of CNC Machining. [online]. Dostupné na World Wide Web: <<http://cnc.fme.vutbr.cz>>.
2. KOCMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. Technologie obrábění. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2001. 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
3. ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. 1. vyd. Praha: Technická literatura BEN, 2007. 128 s. ISBN 978-80-7300-207-7.
4. AB SANDVIK COROMANT - SANDVIK CZ s. r. o. Příručka obrábění - Kniha pro praktiky. Přel. Miroslav Kudela. 1. vyd. Praha: Scientia s. r. o., 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cutting - A Practical Handbook. ISBN 91-972299-4-6.
5. HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. 1. vyd. Praha: MM publishing s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
6. KOCMAN, Karel. Speciální technologie obrábění. 3. vyd. Brno: VUT v Brně, Akademické nakladatelství CERM, 2004. 230 s. ISBN 80-214-2562-8.
7. FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. 1. vyd. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Kalivoda


Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2011/12.

V Brně, dne 24.11.2010





prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Zpracování kompletní výrobní technologické dokumentace, potřebné k výrobě součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ pro firmu BM SERVICE (dříve známé jako ČKD Hradec Králové), včetně časového plánu výroby jednotlivých dílů (dílů které po svaření a opracování vytvoří požadovanou součást) a kalkulace výrobních nákladů. Řešení výrobního procesu je provedeno ve dvou variantách (aktuální a výhledová studie), pro stroje, které jsou vybrány ze stávajícího strojového parku (příloha č. 1) s ohledem na jejich technický stav a ze strojů nově navržených. Zhodnocení je provedeno pro firemní podmínky zavedení do výroby.

Klíčová slova

soustružení, svařování, CNC soustruh, univerzální stroj, soustružnický nůž, výroba, svařování, BM SERVICE

ABSTRACT

Processing completely producing technological documentation for production part "INJECTOR COVER" for firm BM SERVICE (formerly ČKD Hradec Králové), including time schedule production of parts (parts which past welding and machining create demanded component part) and calculation production costs. Solving production process is conceived in two variation (actual and forecast study) for machines which are sorted from existing machinery and from now proposed machines. Estimation is designed for firm conditions introducing to the production with view for qualifications of workers, convention in firm and equipment.

Key words

turning, welding, CNC machine, universal machine, turning tool, manufacturing, welding, BM SERVICE

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HAMPL, Petr. *Návrh technologie součásti "kryt vstřikovače" v podmínkách malé strojírenské firmy. Magisterská práce.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 81 s., 21 příloh. Vedoucí magisterské práce Ing. Milan Kalivoda.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem magisterskou práci na téma **Návrh technologie součásti „kryt vstřikovače“ v podmínkách malé strojírenské firmy** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 10. 5. 2012

.....
Bc. Petr Hampl

Poděkování

Děkuji tímto panu Ing. Milanu Kalivodovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

Poděkování také patří celé mé rodině, za vytvoření podmínek vhodných ke studiu a zpracovávání této práce.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod.....	9
1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY.....	10
2 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY.....	12
2.1 Studie počtu vyráběných kusů.....	12
2.1.1 Použité technologie pro variantu AS1.....	12
2.1.2 Použité technologie pro variantu VS2.....	12
2.2 Rozbory polotovarů.....	13
2.2.1 Rozdělení ocelí.....	13
2.2.2 Popis vybraných ocelí.....	15
2.2.3 Vlastnosti materiálů obrobků.....	19
2.2.4 Použité materiály pro výrobu jednotlivých dílů.....	22
2.2.5 Výpočty velikostí výchozích polotovarů.....	23
2.2.6 Výpočet spotřeby materiálu.....	24
2.2.7 Výpočet hmotnosti součásti „KRYT VSTRÍKOVACĚ“.....	29
2.2.8 Koeficient využití materiálu.....	30
2.3 Návrh technologického postupu.....	35
2.3.1 Vybrané výrobní stroje ze stávajícího strojového parku.....	35
2.3.2 Vybrané výrobní stroje pro modernizaci strojového parku.....	36
2.3.3 Vybrané výrobní nástroje.....	36
2.3.4 Technologické postupy pro jednotlivé součásti.....	37
2.3.5 Výrobní návodka pro operaci 0010 součásti KRYT VSTRÍKOVACĚ.....	38
2.3.6 Schematické znázornění úběru třísek.....	38
3 ZHODNOCENÍ.....	39
3.1 Ekonomický propočet pro jednotlivé série.....	39
3.1.1 Počet strojů pro AS1 při výrobě dílu součásti „DNO“.....	39
3.1.2 Počet strojů pro AS1 při výrobě dílu součásti „TRUBKA“.....	40
3.1.3 Počet strojů pro AS1 při výrobě dílu součásti „PŘÍRUBA“.....	41
3.1.4 Počet strojů pro AS1 při výrobě součásti „KRYT-SVAŘENEC“.....	42
3.1.5 Počet strojů pro AS1 při výrobě součásti „KRYT VSTRÍKOVACĚ“.....	44
3.1.6 Počet strojů pro VS2 při výrobě dílu součásti „DNO“.....	45
3.1.7 Počet strojů pro VS2 při výrobě dílu součásti „TRUBKA“.....	46
3.1.8 Počet strojů pro VS2 při výrobě dílu součásti „PŘÍRUBA“.....	47
3.1.9 Počet strojů pro VS2 při výrobě součásti „KRYT-SVAŘENEC“.....	49
3.1.10 Počet strojů pro VS2 při výrobě součásti „KRYT VSTRÍKOVACĚ“.....	50
3.2 Náklady na mzdy zaměstnanců.....	53
3.3 Ekonomické zhodnocení - náklady na výrobu.....	53
3.3.1 Náklady na materiál.....	53
3.3.2 Náklady ze ztrát.....	55
3.3.3 Celkové náklady na výrobu.....	56
4 ZAVEDENÍ DO VÝROBY.....	62
4.1 Zavedení do výroby dílu součásti „DNO“.....	62
4.2 Zavedení do výroby dílu součásti „TRUBKA“.....	63

4.3 Zavedení do výroby dílu součásti „PŘÍRUBA“	65
4.4 Zavedení do výroby součásti „KRYT-SVAŘENEC“	67
4.5 Zavedení do výroby součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“	69
Závěr	73
Seznam použitých zdrojů	75
Seznam použitých zkratk a symbolů.....	79
Seznam příloh	81

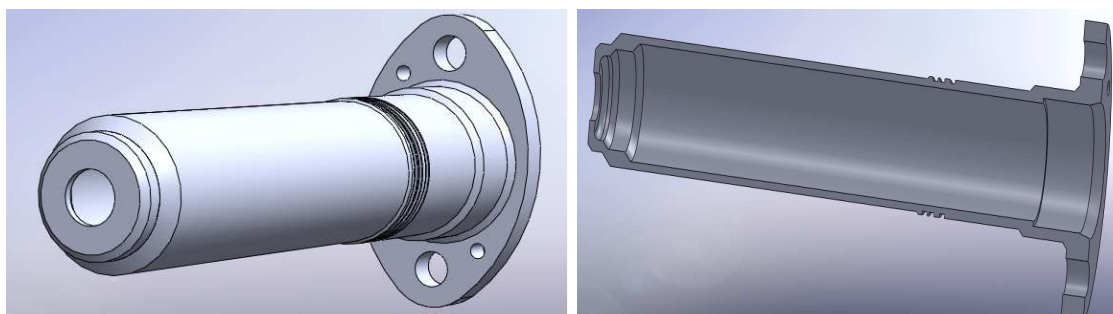
ÚVOD

Vyráběná součást byla vybrána z osmi možných zakázek (příloha č. 19) jako nejvhodnější pro zpracování do diplomové práce. Jednotlivé varianty byly zpracovány v CAD systému SolidWorks, aby v případě potřeby mohli sloužit pro další práci, popř. pro rychlou úpravu tvaru s návazností na vytvoření výrobního výkresu. Při výběru bylo uvažováno takto:

Díl	Rozhodování
č. 1	Vyrábí se pouze soustružením. Jde o kombinaci zápchů a obrábění válcové plochy. Pro magisterskou práci je z důvodu jednoduchosti nevhodná.
č. 2	Vyrábí se sice soustružením, frézováním a vrtáním (zastoupení technologií je tedy bohaté) ovšem složitost tvaru součásti je velmi nízká a tedy nevhodná.
č. 3	Vyrábí se sice soustružením, frézováním a vrtáním (zastoupení technologií je tedy také bohaté). Složitost tvaru součásti je nepatrně vyšší než dosavadní možnosti (proto patřila do užšího výběru).
č. 4	Vyrábí se soustružením, frézováním a vrtáním (zastoupení technologií je tedy bohaté). Složitost tvaru je však nízká. Pro magisterskou práci je z tohoto důvodu nevhodná.
č. 5	Součást se vyrábí opět soustružením, frézováním a vrtáním (zastoupení technologií je tedy bohaté). Bohužel je složitost tvaru součásti nízká a pro magisterskou práci je z tohoto důvodu nevhodná.
č. 6	Součást se vyrábí také soustružením, frézováním a vrtáním (zastoupení technologií je tedy bohaté). Složitost tvaru součásti je nepatrně vyšší než dosavadní možnosti (proto patřila do užšího výběru)
č. 7	Součást se vyrábí také soustružením, frézováním a vrtáním (zastoupení technologií je tedy bohaté). Složitost tvaru součásti je nepatrně vyšší než většina možností (proto patřila do užšího výběru)
č. 8	Součást se vyrábí soustružením, vrtáním, chemickou úpravou povrchu (tvrdochromování), svařováním. Zastoupení technologií je tedy nejbohatší ze všech variant, navíc je tvarová složitost rovněž nejvyšší. Z těchto důvodů byla právě tato součást vybrána pro téma magisterské práce.

Jedná se o součást s názvem „KRYT VSTŘIKOVAČE“ (obr. č. 1), která se používá do hlavy válce lokomotiv. První lokomotiva „vyjela“ z firmy BM SERVICE (dříve známé jako ČKD Hradec Králové) v roce 1946. V té době se mimo lokomotiv firma zabývala výrobou tramvají. V dnešní době se již soustředí na menší zakázky, v podobě rotačních součástí a kontejnerů.

Cílem práce je vytvořit kompletní dokumentaci potřebnou pro výrobu dané součásti s ekonomickým propočtem.



Obr. 1 Model součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“

1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY

a) Historie

30. a 40. léta minulého století

30. léta 20. století byla pro nový koncern ČKD obdobím růstu. Ve Vysočanech byla soustředěna elektrotechnická výroba včetně parních turbín a čerpadel, v Libni výroba lokomotiv, kompresorů a naftových motorů, silničních strojů a automobilů. V Karlíně - bývalé Daňkovce - probíhala především výroba parních kotlů. [1]

Ve třicátých letech se ČKD podílela na mnoha projektech včetně rozvoje železnic a získala významné zakázky, zejména v dodávkách velkých investičních celků. Sortiment výrobků koncernu ČKD se stále zvětšoval. Rozvíjela se výroba automobilů značky Praga oceňovaných na tuzemských i zahraničních výstavách. Rychlý pokrok zaznamenala i výroba naftových motorů. ČKD se podstatnou měrou podílela na vytvoření moderní napájecí sítě pro pražskou tramvajovou dopravu, dále na elektrifikaci ČSR a Podkarpatské Rusi. Prostřednictvím společnosti Elektro-Praga s. r. o. začala ČKD dodávat také pračky, vysavače, chladničky, plynoměry, hodiny, kreslicí stroje a další různorodý sortiment. Další významnou součástí výrobního programu ČKD se ve 30. letech stává výroba zbrojní - výroba prototypů tanků, vojenských letadel a motorů. [1]

Během okupace byla převážná část kapacit převedena na dodávky pro německou armádu. [1]

ČKD v období 1945 až 1990

První lokomotiva vyrobená v ČKD po skončení války, 1946 [1]

Po odstranění válečných škod (při spojeneckém náletu v březnu 1945 bylo poškozeno cca 70 % budov a 50 % strojního vybavení) a po znárodnění v roce 1945 začalo ožívání výroby. V průběhu 45-leté éry socialistického Československa docházelo k množství organizačních změn, začleňování a vyčleňování společností, jejich slučování a následnému rozdělování. Tradiční obory ČKD však zůstaly zachovány a orientace na export do bývalého Sovětského svazu a do rozvojových zemí znamenala růst objemů výroby a společností ČKD. [1]

V tomto období zaměstnávaly společnosti ČKD až 50 000 zaměstnanců. Mezi hlavní komodity patřily lokomotivy, tramvaje a další, dodávané o objemech stovek až tisíců kusů ročně do celého světa. [1]

Druhá světová válka a období komunismu

Za druhé světové války je společnost přejmenována na BÖHMISCH-MÄHRISCHE MASCHINENFABRIK AG a vyrábí hlavně zbraně, např. tanky, nebo stíhače tanků. Při americkém náletu 25. března 1945 byl podnik těžce poškozen. [2]

Po válce je podnik obnoven a rychle znárodněn. Firma vyrábí, mimo jiné, elektrické stroje, polovodičové usměrňovače, velké průmyslové kompresory, jeřáby a další zdvihadla a mnoho jiných strojírenských výrobků. Mezi nejdůležitější a nejznámější výrobky firmy ČKD vždy patřila výroba motorových lokomotiv a tramvajů. [2]

Devadesátá léta

V devadesátých letech 20. století procházejí společnosti ČKD složitým privatizačním procesem. Původní státní podnik ČKD Praha, kombinát byl v roce 1990 transformován na státem vlastněnou akciovou společnost ČKD Praha, a. s. s 18-ti dceřinými společnostmi. V roce 1994 prodává stát majoritní podíl společnosti INPRO. Následně dochází u části společností ke snížení objemu výroby a některé společnosti ukončují svoji činnost. [2]

Vznik ČKD GROUP

Od roku 1998 vstupuje na trh akciová společnost 11FITE s cílem obnovit zvuk značky ČKD a vybudovat skupinu produktově a finančně silných společností se stabilním postavením na trhu s výraznou exportní orientací. [2]

Léta 2004 až 2006 jsou pro ČKD obdobím stabilizace a postupného zvyšování výroby a prodeje s návratem na tradiční trhy. V roce 2004 vzniká SKUPINA ČKD PRAHA skládající se ze společností ČKD PRAHA DIZ, a. s., ČKD NOVÉ ENERGO, a. s., ČKD ELEKTROTECHNIKA, a. s., POLOVODIČE, a. s., ETT ENERGETIKA, a. s. [2]

V srpnu 2006 se ke skupině ČKD PRAHA připojila společnost **Pacovské strojírný, a. s.** [2]

V květnu 2007 vzniká **ČKD GROUP, a. s.**, jako manažerská firma řídící inženýrsko-výrobní společnosti: **ČKD PRAHA DIZ, a. s.**; **ČKD NOVÉ ENERGO, a. s.**; **ČKD ELEKTROTECHNIKA, a. s.** a **POLOVODIČE, a. s.** Celé toto uskupení vystupuje od této doby jako **ČKD GROUP.** [2]

Firma ČKD Hradec Králové a její současná situace

Firma ČKD byla ještě před pár lety perspektivní a velká firma, která byla specializována na výrobu motorů a velkých zakázek. O zákazníky neměla nouze a mohla si dokonce vybírat kterou zakázku přijme a kterou ne. Příchodem krize se však situace rapidně změnila, zákazníci přestávali motory objednávat a firma začala strádat. Vedení firmy rozhodlo změnit svou výrobní specializaci na menší zakázky (většinou v podobě rotačních součástí) a to až do doby, než se situace na trhu uklidní a budou opět moci začít s výrobou motorů. Bohužel však tento krok znamenal mohutné propouštění kvalifikovaných pracovníků z důvodu rapidního poklesu zisku. Z původního počtu 136 zaměstnanců nyní ve firmě pracuje jen necelá polovina z nich. Další změnou, která firmu postihla je nové logo a název společnosti, který je nyní BM SERVICE s. r. o.

b) Stávající strojový park firmy

Seznam strojů je uveden v příloze č. 1. Z tohoto seznamu strojů bylo vycházeno při návrhu technologie výroby a přihlíženo také na technický stav daných strojů a schopnostem pracovníků obsluhovat vybraný stroj.

c) Nástrojové vybavení

Firma spolupracuje se společností Pramet, od které nakupuje veškeré potřebné obráběcí nástroje (soustružnické nože, frézovací hlavy, frézy, vrtáky). Brousicí a řezací kotouče firma nedávno začala nakupovat u Ostravské společnosti JIMI-Brusivo, s. r. o.

2 NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY

Návrh technologie výroby je vyhotoven ve dvou studiích (aktuální AS1 a výhledové VS2). Z důvodu úspory materiálu je součást svařena ze 3 navržených dílů (příloha č. 2 až 4), které se budou po svaření dále obrábět až do požadovaného tvaru.

Jedná se o díly znázorněné na výkresech:

- 1) TRUBKA (Dm 01-04-2011)
- 2) DNO (Dm 02-04-2011)
- 3) PŘÍRUBA (Dm 03-04-2011)

Jednotlivé díly byly navrženy tak, aby byla nutnost obrábění (po svaření) co nejmenší. Při jejich návrhu bylo také přihlédnuto k technologii výroby podobné součásti, která byla již odzkoušena.

Pro výrobu dílu součásti „**TRUBKA**“ bylo navrženo z důvodu úspory materiálu a zrychlení výroby použití trubky o \varnothing 60 mm a síle stěny 10 mm. Při využití tohoto materiálu bude nutnost obrábění přídavku minimální (výrazně se tak sníží pracnost a tedy i výsledná cena).

Díra v přední části součásti „Kryt vstřikovače“ má proměnlivý průměr (od menšího k většímu), z tohoto důvodu není materiál využitý pro díl součásti „**TRUBKA**“ na tuto část vhodný. Bylo tedy nutné vytvořit tento díl („**DNO**“) a to z tyčového materiálu o \varnothing 55 mm.

S ohledem na tvar dílu součásti „**PŘÍRUBA**“ není vhodná výroba z tyčového materiálu (odpad by byl zbytečně velký). Zde bylo výhodnější využít pálicí stroj a vypálit z pásu plechu přesný tvar. Sníží se tak výrazně pracnost a zvýší vyrobiteľnosť.

Svařením těchto dílů (dle výkresu v příloze č. 5) vznikne tvar podobný tvaru požadovanému a nutnost obrábění bude tedy už jen minimální.

Výsledný tvar součásti je znázorněn v příloze č. 6 (výkres součásti „**KRYT VSTŘIKOVAČE**“ Dm 00-00-2011). Pro zvýšení korozní odolnosti, otěruvzdornosti a tvrdosti bylo požadováno využití metody tvrdého chromování pro přední část součásti (viz výkres).

2.1 Studie počtu vyráběných kusů

- a) Aktuální studie = 10 ks.rok⁻¹ (dále jen AS1)
- b) Výhledová studie = 100 ks.rok⁻¹ (dále jen VS2)

2.1.1 Použité technologie pro variantu AS1

1. dělení materiálu; 2. soustružení; 3. vrtání; 4. broušení; 5. svařování

2.1.2 Použité technologie pro variantu VS2

1. dělení materiálu; 2. soustružení; 3. vrtání; 4. broušení; 5. svařování

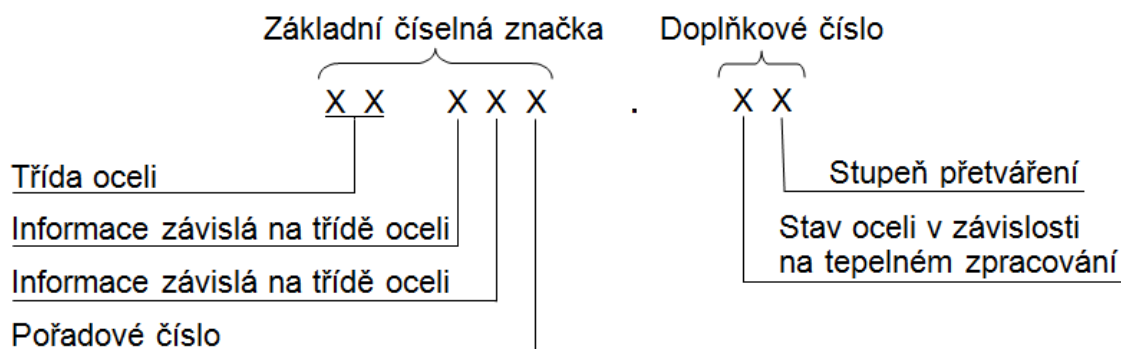
Při uvažování VS2 lze již spekulovat o aplikaci CNC strojů pro výrobu. Použití této techniky obecně umožní rychlejší a levnější výrobu při použití menšího počtu obráběcích strojů.

2.2 Rozbory polotovarů

Nejprve proveden obecný rozbor ocelí s následnou návazností na využitě materiály pro výrobu.

2.2.1 Rozdělení ocelí

Oceli ke tváření se označují číselně (obr. 2.1), toto označení se skládá ze základní číselné značky a doplňkového čísla odděleného tečkou. [3]



Obr. 2.1 Schéma číselného označení [3]

Základní číselná značka je **pětimístné číslo**, označující základní materiál.

První číslice v základní značce je 1 a označuje tvářenou ocel.

Druhá číslice ve spojení s první označuje třídu oceli, tab. 2.1.

Třetí a čtvrtá číslice mají různý význam podle třídy oceli.

Doplňkové číslo má jednu nebo dvě doplňkové číslice, jejich význam je uveden níže. [3]

Tab. 2.1 Rozdělení ocelí [3]

třída oceli	oceli podle		charakteristika ocelí	
	použití	stupně legování		
10	kon- strukční	nelegované	předepsané hodnoty mech. vlastností, chemické složení není předepsáno	
11			předepsané hodnoty mech. vlastností a obsah C, S, P i dalších prvků	
12			předepsaný obsah C, Mn, Si, P (popř. P+S) i dalších prvků	
13		lego- vané	nízkolegované	legovací prvky: Mn, Si, Mn-Si, Mn-V
14				legovací prvky: Cr, Cr-Al, Cr-Mn, C-Si, Cr-Mn-Si
15				legovací prvky: Mo, Mn-Mo, Cr-Mo, Cr-V, Cr-W, Mn-Cr-V, Cr-Mo-V, Cr-Si-Mo-V, Cr-Mo-V-W
16				nízko a středně legované
17	středně a vysoko legované	legovací prvky: Cr, Ni, Cr-Ni, Cr-Mo, Cr-V, Cr-Al, Cr-Ni-Mo, Cr-Ni-Ti, Cr-Mo-V, Mn-Cr-Ni, Mn-Cr-Ti, Mn-Cr-V, Cr-Ni-Mo-V, Cr-Ni-Mo-W, atd.		
19	nástro- jové	nelegované	Předepsaný obsah C, Mn, Si, P, S	
		legované (nízko, středně, vysoko)	legovací prvky: Cr, V, Cr - Ni, Cr - Mo, Cr - Si, Cr - V, Cr - W, Cr - Al, Cr - Ni - W, Cr - Si - V, Cr - Mo - V, Cr - V - W, Cr - Ni - Mo - V, atd.	

Rozdělení nelegovaných ocelí uvedeno v tab. 2.2

Tab. 2.2 Rozdělení nelegovaných ocelí [3]

ocel	Obsah C [%]
nízkouhlíková	do 0,25
středněuhlíková	od 0,25 do 0,60
vysokouhlíková	nad 0,60

Význam třetí a čtvrté číslice v základní číselné značce ocelí:

Třída 10

Dvojčíslí dané třetí a čtvrtou číslicí v číselné značce oceli vyjadřuje u konstrukčních ocelí nejmenší pevnost v tahu v 10 MPa s těmito výjimkami:

- oceli obchodní jakosti: třetí a čtvrtá číslice je 0 (např. 10 000, 10 004)
- betonářské oceli: dvojčíslí udává nejmenší mez kluzu v 10 MPa [3]

Třída 11

Dvojčíslí dané třetí a čtvrtou číslicí v číselné značce oceli vyjadřuje u konstrukčních ocelí nejmenší pevnost v tahu v 10 MPa s výjimkou automatových ocelí, kde třetí číslice - 1 - označuje ocel obzvlášť vhodnou k obrábění a čtvrtá číslice charakterizuje střední obsah uhlíku v desetínách procenta, zaokrouhlený na nejbližší celé číslo. Je-li střední obsah uhlíku menší než 0,1 %, používá se číslice 0. [3]

Třída 12-16

U ocelí třídy 12 je třetí číslice v číselné značce oceli většinou 0. U ocelí tříd 13 až 16 vyjadřuje třetí číslice součet středních obsahů legovacích prvků v procentech, zaokrouhlený na nejbližší celé číslo. Čtvrtá číslice vyjadřuje střední obsah uhlíku v desetínách procenta se zaokrouhlením setin od 3 na vyšší desetinné číslo. Příklad: Průměrný obsah C 0,23 % se zaokrouhlí na 0,3; čtvrtá číslice bude 3. [3]

Třída 17

Třetí číslice v základní číselné značce ocelí třídy 17 vyjadřuje typ legování ocelí jednotlivými legovacími prvky nebo skupinou hlavních legovacích prvků dle Tab. 2.3. [3]

Význam třetí číslice u ocelí třídy 17

- 0 - oceli chromové
- 1 - oceli chromové s dalšími přísadovými prvky (Al, Mo, Ni)
- 2 - oceli chromniklové, popř. stabilizované (Ti, Nb)
- 3 - oceli chromniklové, popř. stabilizované (Ti, Nb)
- 4 - oceli manganochromové, manganochromniklové
- 5 - oceli niklové
- 6 - oceli manganové [3]

Čtvrtá číslice v základní číselné značce ocelí třídy 17 vyjadřuje obsah hlavních legovacích prvků Cr, Mn a Ni v jednotlivých druzích ocelí podle typu legování. [3]

Třída 19

Třetí číslice v základní číselné značce ocelí třídy 19 vyjadřuje jednak nelegované oceli, jednak typ legování oceli jednotlivými legovacími prvky nebo skupinou hlavních legovacích prvků dle tabulky. [3]

Třetí číslice vyjadřuje přísadovou skupinu, kombinaci přísadových prvků:

- 0, 1, 2 - nástrojové oceli uhlíkové,
- 3 - nástrojové oceli manganové, křemíkové, vanadové,
- 4 - nástrojové oceli chromové,
- 5 - nástrojové oceli chrom-molybdenové,
- 6 - nástrojové oceli niklové,
- 7 - nástrojové oceli wolframové,
- 8 - nástrojové oceli rychlořezné,
- 9 - volné, neobsazené. [4]

U nástrojových ocelí uhlíkových udává dvojčíslí z třetí a čtvrté číslice střední obsah uhlíku. Nejmenší obsah uhlíku (0,30 až 0,40 %) má ocel 19063 a největší obsah (1,35 až 1,50 %) ocel 19275. Pátá číslice u ocelí uhlíkových a čtvrtá a pátá u ocelí slitinových, slouží k jemnějšímu rozlišení nástrojových ocelí. [4]

Doplňkové číslice za značením oceli oddělené za tečkou jsou ve tvaru **1XXXX .doplňková číslice:**

- 0 - tepelně nezpracovaný
- 1 - normalizačně žíhaný
- 2 - žíhaný (s uvedením způsobu žíhání)
- 3 - žíhaný na měkko
- 4 - kalený nebo kalený a popouštěný při nízkých teplotách, po rozpouštěcím žíhání (jen u austenitických ocelí)
- 5 - normalizačně žíhaný a popouštěný
- 6 - zušlechťený na dolní pevnost obvyklou u příslušné oceli
- 7 - zušlechťený na střední pevnost obvyklou u příslušné oceli
- 8 - zušlechťený na horní pevnost obvyklou u příslušné oceli
- 9 - stavy, které nelze označit číslicemi 0 až 8 [4]

2.2.2 Popis vybraných ocelí

Jak bylo uvedeno v úvodu kapitoly 2 (NÁVRH TECHNOLOGIE VÝROBY), součástí bude vytvořena svařením dílů. Bylo tedy nutné nalézt vhodný materiál pro svařování (oceli třídy 11). Dále tedy budou popsány pouze oceli konstrukční, kam se tento typ materiálu řadí, se zaměřením především na ocel třídy 11.

Popis konstrukčních ocelí***Nelegované oceli obvyklých jakostí***

- Třída 10** - dodávají se jako tyče, plechy, pásy, dráty, výkovky a trubky
- nezaručuje se chemické složení
 - obsah mědi obvykle do 0,30 % (zhoršuje svařitelnost i tvářitelnost)
 - dodávají se bez tepelného zpracování

- na všeobecné použití materiál 10 000 a 10 004 (zaručená maximální mez pevnosti v tahu a úhel ohybu při zkoušce lámavosti)
- není vhodná pro použití při teplotách pod -30°C (příliš klesá lomová houževnatost)
- zařazena také tzv. jednoúčelová ocel 10 451, ze které se vyrábí nýty [5]

Třída 11

- zaručený maximální obsah uhlíku
 - nerovnoměrnost chemického složení (hlavně obsah síry a fosforu)
 - ocel vhodná pro svařované konstrukce
 - při obsahu uhlíku do 0,22 % nejsou nutná žádná opatření (předehřev, dohřev) [6]
 - oceli 11 353, 11 453, 11 550, 11 650 se používají na výrobu bezešvých trubek obvyklé jakosti
 - patří sem oceli pro speciální použití (automatové, hlubokotažné, se sníženým sklonem ke stárnutí) [5]
- *automatové oceli* - výroba součástí na automatech (šrouby, matice, atd.)
 - tvoří se lámavá tříska, která plynule odpadá
 - obvykle má vyšší obsah síry nebo fosforu (někdy malý obsah olova) [5]
 - *hlubokotažné oceli* - vyrábějí se z ní plechy vhodné pro další zpracování
 - požadovány snížené pevnostní vlastnosti se zvýšením vlastností plastických
 - obsah síry musí být co nejnižší (snižuje tvářitelnost)
 - vyrábějí se jako neuklidněné a uklidněné (neuklidněné je nutné zpracovat do 4 týdnů – z důvodu stárnutí) [5]

Svařitelnost ocelí se posuzuje pomocí tzv. uhlíkového ekvivalentu (vztah 2.1 – platí pro materiály do 0,22 % C) a závisí především na chemickém složení. [6]

Výpočet uhlíkového ekvivalentu [6]

$$C_E = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cr}{5} + \frac{\%Ni}{15} + \frac{\%Mo}{4} + \frac{\%Cu}{13} + \frac{\%P}{2} + 0,0024 \cdot t \quad (2.1)$$

Příklady ocelí třídy 11 a jejich vlastnosti**11 373** – max. 0,22 % C

Ocel vhodná na součásti konstrukcí a strojů, namáhaných staticky a dynamicky, u tvarových tyčí a nesvařovaných dílců do tl. 16 mm, dále na pásy a pruhy na ráfky jízdních kol, pro výrobu profilů, k vázání svazků apod. [7]

Zpracování:

kování 1150 až 750 °C; normalizační žíhání 900 až 920 °C; žíhání ke snížení pnutí 550 až 650 °C [7]

11 500 – max. 0,38 % C

Ocel vhodná na strojní součásti, namáhané staticky i dynamicky u nichž se nevyžaduje svařitelnost, jako hřídele, ozubená kola, strojní součásti soustružené, čepy, kolíky, drážky, podložky, kryty, víka, příruby, pouzdra, kroužky, objímky, základové desky, vodítka, upínací desky, šrouby,

matice, kladky apod. Na kované součásti tepelných energetických zařízení, na méně namáhaná nekalená ozubená kola. [7]

Zpracování:

kování 1100 až 800 °C; normalizační žíhání 860 až 890 °C; žíhání na měkko 680 až 720 °C; kalení do vody 850 až 880 °C; kalení do oleje 860 až 890 °C; popouštění 560 až 670 °C [7]

11 523 – obsah 0,2 % C, 1 % Mn

Ocel konstrukční jemnozrnná, na mostní a jiné konstrukce, na výrobu ohýbaných profilů a trubek, na svařované trubkové konstrukce a součásti strojů, automobilů, motocyklů a jízdních kol, na součásti tepelných energetických zařízení a tlakových nádob. [7]

Zpracování:

kování 1250 až 800 °C; normalizační žíhání 880 až 900 °C; žíhání ke snížení pnutí 550 až 650 °C [7]

11 600 – obsah 0,5 % C

Neušlechtilá konstrukční ocel na strojní součásti namáhané staticky i dynamicky, u nichž se nevyžaduje svařitelnost. Vhodná na součásti vystavené velkému měrnému tlaku, hřídele, osy, ozubená kola, čepy, řetězová kola, páky, pístnice, kolíky, podpěry, držáky, šrouby, matice, klíny, pera, kladky, spojky, různé upínací elementy, tělesa fréz apod. [7]

Zpracování:

kování 1100 až 800 °C; normalizační žíhání 850 až 870 °C; žíhání na měkko 680 až 720 °C; kalení do vody 830 až 860 °C; kalení do oleje 840 až 870 °C; popouštění 560 až 670 °C [7]

11 700 – obsah 0,65 % C

Ocel na strojní součásti s vyšší odolností proti namáhání a opotřebení, u nichž se nevyžaduje svařitelnost. Vhodná na výkovky a vylisky s velkou tvrdostí. [7]

Zpracování:

kování 1100 až 800 °C; normalizační žíhání 810 až 840 °C; žíhání na měkko 680 až 720 °C; kalení do vody 800 až 830 °C; kalení do oleje 810 až 840 °C; popouštění 560 až 670 °C [7]

11 800 – obsah 0,75 % C

Ocel na strojní součásti s požadovanou větší tvrdostí, popř. s větší odolností proti opotřebení a k výrobě kovových koulí do mlecích mlýnů. Na tvarové pružiny a destičky kloubových řetězů. [7]

Zpracování:

kování 1050 až 800 °C; normalizační žíhání 800 až 830 °C; žíhání na měkko 680 až 720 °C; kalení do vody 790 až 820 °C; kalení do oleje 800 až 830 °C; popouštění 530 až 670 °C [7]

Třída 12 - vymezené hranice chemického složení (vhodné na zušlechťování)

- obsah uhlíku od 0,22 do 0,70 % (větší změny mechanických vlastností po zušlechťování od 0,3 % C) [5]

Vliv legujících prvků na vlastnosti ocelí

Nelegované oceli nemohou splnit všechny požadavky, které kladou konstruktéři na vlastnosti součástek. Pokud se požaduje vysoká mez kluzu a dobré plastické vlastnosti, zaručená mez únavy, vysoká odolnost proti korozi je nutné použít legované oceli. Konstrukční nízkouhlíkové i vysokolegované oceli se legují obvykle manganem, křemíkem, niklem, chromem, vanadem, molybdenem. Méně často se používá bor a wolfram. [5]

- **Mangan (Mn)** - zvyšuje pevnost, prokalitelnost a tepelnou roztažnost, snižuje tepelnou i elektrickou vodivost [8]
- **Křemík (Si)** - zvyšuje prokalitelnost, pevnost a tvrdost ocelí, zhoršuje tvařitelnost, elektrickou a tepelnou vodivost [8]
- **Chrom (Cr)** - zvyšuje prokalitelnost, pevnost, ořezuvzdornost a odolnost proti korozi [8]
- **Nikl (Ni)** - zvyšuje prokalitelnost (méně než chrom a mangan)
 - pro oceli s vysokou houževnatostí, zejména při záporných teplotách [5]
- **Molybden (Mo)** - zvyšuje prokalitelnost, žárupevnost, řezivost, odolnost proti korozi a chemickým vlivům [8]
- **Wolfram (W)** - zlepšuje kalitelnost, zvyšuje odolnost vůči opotřebení při vysoké teplotě, řezivost, odolnost proti popouštění, tvrdost a stálost ostří u nástrojových ocelí, zvyšuje mez pevnosti v kluzu [8]
- **Kobalt (Co)** – zlepšuje odolnost proti popouštění, tepelnou vodivost, řezivost [8]
- **Vanad (V)** – zlepšení únavových vlastností, řezivosti, odolnosti proti opotřebení a popouštění [8]
- **Měď (Cu)** – zlepšuje kalitelnost, zvyšuje odolnost proti atmosférické korozi, zhoršuje svařitelnost a houževnatost [8]

Legované oceli na zušlechťování

Třída 13 - obsah uhlíku od 0,14 do 0,44 %

- základní legující prvky jsou mangan a křemík
- používají se tam, kde svými vlastnostmi nevyhovuje ušlechtilá uhlíková ocel a kde by ocel chromová nebo chromniklová byla zbytečně nákladná
- známé jako pružinové oceli (pro velmi namáhané pružiny)
- pro elektrotechniku jsou zvláště důležité křemíkové oceli, používané na dynamové plechy a transformátorové plechy [9]

Třída 14 - legované chromem, popř. chromem a manganem

- obvykle se cementují, zušlechťují, kalí, popř. nitridují
- používá se na kuličková a válečková ložiska (kladen velký důraz na mikročistotu materiálu) [10]

Třída 15 - legované chromem s vanadem nebo molybdenem

- používají se především na vysokotlaké kotle a trubky, na součásti parních turbín a jiné součásti namáhané za tepla
- cementují se, zušlechťují, povrchově kalí, nebo nitridují [11]

Třída 16 - používají se především v minusových teplotách

- ušlechtilé oceli určené k tepelnému zpracování

- základní legující prvek je nikl v kombinaci s chromem, molybdenem, vanadem a wolframem
- ocel vhodná na velmi namáhané strojní součásti motorových vozidel (např. klikové a spojovací hřídele, čepy, aj.), také velmi namáhané letecké součásti jako jsou podvozky letadel, závěsy

Třída 17 - korozivzdorné, žáruvzdorné a žárovevné oceli

Vyznačují se svojí odolností proti chemicky působícím látkám. Tato odolnost je dána pasivní vrstvou na povrch oceli, která vzniká u oceli s obsahem chromu minimálně 12 %. Zvýšením obsahu chromu a molybdenu se odolnost proti korozi zvyšuje. Pro snížení náchylnosti na korozi pod napětím v roztocích chloridu se ocel doletovává až do 22 % Ni. [13]

Všechny korozivzdorné oceli si svoji odolnost zachovávají pouze při kovově čistých plochách. Okuje, náběhové barvy (vzniklé při svařování), ale také zbytky strusky, znečištění atd. musí být odstraněny (kartáčování, tryskání, pasivace, broušení). [13]

Žáruvzdorné oceli mají při teplotách nad 550°C vedle dobrých mechanických vlastností zvláštní odolnost proti horkým plynům a produktům spalování, stejně jako proti solné nebo kovové lázni. Hlavní legující prvek Cr je dolegován do 26 %. Z důvodu nevhodného vlivu na odolnost proti vzniku okují neobsahují žádný Mo. Obsah uhlíku je v těchto ocelích do 0,2 % pro zaručení mechanických vlastností i při vyšší teplotě. [13]

Struktura korozivzdorných ocelí je určena poměrem feritotvorných a austenitotvorných legujících prvků. Oceli jsou rozděleny do následujících skupin: feritické, austenitické, austeniticko-feritické (duplexní), martenzitické, vytvrditelné [13]

Rozbor jednotlivých ocelí třídy 17 je velmi obsáhlý a nebude zde již dále popisován. Je to z důvodu, že tato problematika není hlavní náplní diplomové práce (byl navržen materiál třídy 11).

2.2.3 Vlastnosti materiálů obrobků

Mezi přední vlastnosti materiálů obrobků patří:

a) Obrobitelnost

Souhrn vlastností obráběného materiálu z hlediska jeho vhodnosti pro výrobu součástí konkrétním způsobem obrábění. Myslí se tím, jak jednoduché, případně obtížné, je opracovávat obrobek při použití řezných nástrojů. Uhlíková ocel střední jakosti se v porovnání s žárovevnou slitinou obrábí snadno, při obrábění šedé litiny vzniká méně problémů, než při obrábění tvárné perliticko-feritické litiny. Obrobitelnost lze zlepšit např. zlepšením jakosti odlitků, změnou řezných nástrojových materiálů, geometrie břitu, způsobu upnutí, řezné kapaliny apod. [53]

b) Tvrdost a pevnost

Všeobecně platí, že nízké hodnoty tvrdosti a pevnosti jsou výhodné. Výjimku tvoří materiály, tvořící při obrábění dlouhou třísku, u nichž se vlivem vytváření nárůstku projevují problémy v podobě horší kvality obrobenej plochy, vytváření otřepů a krátké trvanlivosti břitu. Vyšší tvrdost jako důsledek tváření za studena, má pozitivní účinek. [53]

c) Tvárnost

Nízké hodnoty tažnosti mají většinou pozitivní vliv. Způsobují příznivé utváření třísky a umožňují lepší využití výkonu motoru obráběcího stroje. Při vyšší tvrdosti je tažnost malá, a naopak. Dobrá obrobiteľnosť je často výsledkem kompromisu mezi tvrdostí a tažností. [53]

d) Tepelná vodivost

Vysoká tepelná vodivost znamená, že teplo vzniklé při obrábění je rychle odváděno ze zóny řezu. Z hlediska obrábění je proto možné vysokou hodnotu obecně považovat za výhodnou. Tepelná vodivost může ve vztahu k obrobiteľnosti hrát důležitou roli, jedná se však bohužel v tomto případě o vlastnost, která je u určité skupiny slitin jen málo účinná. [53]

Mezi další parametry, které mají vliv na vlastnost materiálu obrobku patří:

a) Vměstky

Makrovměstky jsou takové vměstky, jejichž velikost se pohybuje nad 150 μm (0,15 mm). Často jsou velmi tvrdé a abrazivní, a proto se vyplatí zvolit materiál obrobku, u něhož se takovéto vměstky nevyskytují. Makrovměstky jsou charakteristické pro méně hodnotné oceli a pocházejí z nečistot v peci, nedostatečného odstranění strusky atd. Velký počet náhlých porušení nástrojů lze pravděpodobně dodatečně vysvětlit jejich výskytem. [53]

Mikrovměstky jsou v určitém rozsahu obsaženy v každé oceli. Jejich vliv na obrobiteľnosť je možné rozdělit následujícím způsobem [53]:

Nežádoucí vměstky jsou oxidy hliníku (Al_2O_3) a karbidy titanu (TiC). Tyto vměstky jsou tvrdé a abrazivní. [53]

Méně žádoucí, ale tolerované vměstky jsou oxidy železa a manganu (FeO a MnO). Jejich schopnost tváření je vyšší než u vměstků předcházející skupiny a lze je odstranit odcházející třískou. [53]

Žádoucí vměstky při obrábění vysokými reznými rychlostmi jsou silikáty. Žádoucí jsou proto, že při dostatečně vysoké pracovní teplotě měknou a jsou tak schopny vytvořit zóně řezání vrstvu příznivého složení, která zpomaluje opotřebení břítu nástroje. [53]

b) Přísady pro zlepšení obrobiteľnosti

Obvyklou cestou ke zlepšení obrobiteľnosti je přidání síry. U automatové oceli je podíl síry přibližně 10x vyšší, než u srovnatelné oceli se zlepšenou obrobiteľností. Za předpokladu, že ocel obsahuje dostatečné množství manganu, vytváří síra a mangan sulfid manganu. V průběhu utváření třísky se sulfidové vměstky plasticky deformují a vytvoří oblast s malou pevností, ve které se snižuje energie potřebná k oddělení materiálu. To zvýhodňuje tváření v oblasti deformace a má na jedné straně za následek zvětšení úhlu roviny stříhu a šroubovice třísky, na druhé straně pak zmenšení tloušťky třísky, kontaktní délky nástroj / tříska a snížení teploty řezání. Mimo to působí sulfidy v místě styku nástroj / tříska jako určitý druh mazacího prostředku. Rozdíl v obrábění obou ocelí stejného typu s přesně identickým podílem síry může však být značný. Vměstky síry a olova zlepšují obrobiteľnosť. Podíl síry sám o sobě však neovlivňuje obrobiteľnosť, protože spolurozhodujícími činiteli jsou velikost, tvar a rozvrstvení sulfidů. [53]

c) Struktura materiálu

Struktura materiálu obrobku ovlivňuje obrobiteľnosť teda, jestliže některé druhy struktur vykazujú abrazívne vlastnosti a se změnou struktury se mění i pevnost materiálu. Abrazívnými složkami oceli jsou karbidy, které v závislosti na tom, v jaké četnosti a formě se vyskytují, spolurozhodují o vlastnostech obrobku. Množství uhlíku a ostatních legujících prvků, obsažených v oceli, ovlivňuje strukturu. [53]

Uhlík je nejdůležitějším legujícím prvkem u uhlíkových ocelí a podle jeho procentuálního podílu vzniká rozdílná struktura. Nepřehlídíme-li k austenitu, rozlišujeme u materiálů v nezakaleném stavu při běžné teplotě tři druhy struktur, které mají přímý vliv na obrobiteľnosť, jsou to ferit, perlit a cementit. Ferit je měkký a tažný, zatím co cementit je tvrdý a abrazivní. Ve skutečnosti má cementit nejtvrďší strukturu, které lze dosáhnout. Perlit se vyskytuje v podobě tenkých plátek feritu a cementitu. Množství feritu, perlitu a cementitu ve struktuře oceli se řídí převážně podílem uhlíku. I malý podíl cementitu v oceli se projeví značně negativně na trvanlivost břitů nástroje a tím i na obrobiteľnosť.

d) Stav obrobku

Obvyklé druhy stavu obrobku jsou:

- Válcovaný za tepla

Po válcování za tepla má materiál obrobku často nehomogenní a hrubou strukturu. Důvodem je, že ocel je během válcování za tepla vystavena po delší dobu působení vysokých teplot, čímž se vytvoří poměrně hrubá struktura. Mohou se vytvořit materiálové odchylky nebo póry, které působí negativně na obrobiteľnosť. [53]

- Normalizačně žíhaný

Při normalizačním žíhání se obrobek zahřívá tak dlouho, až dojde k úplné přeměně materiálu na austenit. Bezprostředně potom se obrobek ochladí na pokojovou teplotu. Tento proces přeměny hubou strukturu, vzniklou při válcování za tepla, na strukturu homogennější a jemnější. Normalizačním žíháním se má dosáhnout hlavně zlepšení houževnatosti materiálu obrobku. Ze zrovnoměnění struktury současně plyne i zlepšení obrobiteľnosti. [53]

- Žíhaný na měkko

Žíháním na měkko se docílí uvedení materiálu obrobku do obrobitelného stavu. Při tomto procesu se přemění lamely cementitu obsažené v perlitu na globulární cementit. Výsledkem je feritická struktura, která má nižší tvrdost. Globulární tvar cementitu má tu výhodu, že nástroj řeže méně hluboko do tvrdého a abrazivního cementitu, než by tomu bylo u oceli v nežíhaném stavu. Nelegované oceli s obsahem uhlíku do 0,5 % se obvykle nežíhají na měkko, protože tyto oceli v normalizačně žíhaném, válcovaném, nebo kovaném stavu lze dobře obrábět. Oceli s vysokým obsahem uhlíku by měly být bezpodmínečně žíhány na měkko, aby se tak zaručila jejich optimální obrobiteľnosť. [53]

Žíhání na měkko se nesmí zaměňovat s žíháním na snížení pnutí. Jak již sám název říká, žíhání na snížení pnutí sleduje odstranění pnutí, která v obrobku vznikají nestejným ochlazováním, nebo která vznikla při procesu zpevňování zastudena. Takováto pnutí mohou být při obrábění

uvolněna, čímž dochází k ovlivnění přímosti obrobku, tolerancí apod. Žihání na snížení pnutí se provádí za nízkých teplot. Struktura materiálu se nemění a obrobiteľnosť zůstává téměř neovlivněna. [53]

- Tažený zastudena

Ocel zpevněná zastudena byla obvykle před tím podrobena normalizačnímu žihání, nebo žihání na měkko. Nejčastěji se zpevňují zastudena relativně malé polotovary nebo obrobky, u nichž je jednodušší vytvořit homogenní strukturu. Zpevňováním zastudena se zvyšuje pevnost oceli; do jaké míry ke zvýšení pevnosti dochází, je závislé na redukci ploch. Proces zpevňování zastudena můžeme považovat za příznivý z hlediska obrobiteľnosti, protože z něj mohou vyplývat následující přednosti [53]:

- lepší kvalita povrchu
- menší tvorba nárůstku
- zredukovaný vznik otřepů [53]

Tvrdość obrobku určuje stupeň opotřebení břitu. Při obrábění nástroji ze slinutých karbidů je cca 200 HB střední hodnotou, při které hraje tvrdość narůstající měrou v té či oné formě důležitou roli. Podstatně měkčí oceli mohou podporovat sklon k vytvoření nárůstku, zatím co mnohem tvrdší oceli zhoršují obrobiteľnosť. [53]

e) Legující prvky

Vlastnosti materiálu výrazně ovlivňují legující prvky. U oceli je uhlík rozhodujícím prvkem, který v podstatné míře určuje mechanické vlastnosti a obrobiteľnosť. Ostatními legujícími prvky jsou nikl (Ni), kobalt (Co), mangan (Mn), molybden (Mo), wolfram (W), fosfor (P), síra (S), olovo (Pb) atd. [53]

Vlastnosti jednotlivých prvků jsou popsány v podkapitole 2.2.2 (Popis vybraných ocelí)

2.2.4 Použité materiály pro výrobu jednotlivých dílů

- 1) Díl součásti „PŘÍRUBA“: ČSN 42 53.11 materiál 11 523.1 (EN 10025-90 Fe510) - nelegovaná konstrukční ocel vhodná ke svařování [14]
- 2) Díl součásti „TRUBKA“: ČSN 42 5715.01 11 353.0 – nelegovaná konstrukční ocel na bezešvé trubky (černé, hladké) [15]
- 3) Díl součásti „DNO“: ČSN 42 5510.10 materiál 11 523.1 (EN 10025-90 Fe510) - nelegovaná konstrukční ocel vhodná ke svařování [14]

Vlastnosti použitých materiálů třídy 11 jsou popsány v tabulkách 2.4 až 2.7

Tab. 2.3 Vlastnosti materiálů 11523 a 11353 [14], [15]

materiál	11 523	11 353
mez pevnosti R _m	450 - 630 MPa	343 - 411 MPa
mez kluzu Re	275 MPa	226 MPa
hustota	7850 kg.m ⁻³	7850 kg.m ⁻³
Měrná řezná síla k _c	2100 MPa	1700 MPa

Tab. 2.4 Tepelné zpracování materiálu 11523 [14]

tepelné zpracování	rozmezí teplot	způsob chlazení
normalizační žihání	870 - 900 °C	ochlazovat na vzduchu
žihání na měkko	680 - 710 °C	zvolna ochlazovat
žihání ke snížení pnutí	600 - 650 °C	zvolna ochlazovat
popouštění	670 - 700 °C	ochlazovat na vzduchu

Tab. 2.5 Tepelné zpracování materiálu 11353 [15]

tepelné zpracování	rozmezí teplot	způsob chlazení
normalizační žihání	900 - 930 °C	ochlazovat na vzduchu

Tab. 2.6 Obrobitelnost materiálů 11523 a 11353 [14], [15]

materiál	11 523	11 353
soustružení	14b	16b
Frézování, vrtání	14b	15b

Tab. 2.7 Chemické složení materiálů 11523 a 11353 [14], [15]

Materiál	C	Si	Mn	P	S	N	P+S
11 523	0,2	0,55	1,6	0,04	0,04	0,009	-
11 353	0,18	-	-	0,05	0,05	-	0,09

Použití vybraných materiálů:

Materiál 11523 - Mostní a jiné svařované konstrukce, ohýbané profily, svařované konstrukce z dutých profilů a součásti strojů, automobilů a jízdních kol. Součástí tepelných energetických zařízení a součástí tlakových nádob vyrobených z tyčí. [14]

Materiál 11353 - Jednoučelová ocel k výrobě bezešvých trubek. Vhodná na trubkové konstrukce staticky namáhaných součástí a na potrubí. [15]

2.2.5 Výpočty velikostí výchozích polotovarů

Velikost výchozího průměru polotovaru se vypočítá dle vztah 2.3

Přídavek na průměr polotovaru [16]

Vstupní hodnoty:

- maximální průměr součásti „TRUBKA“ $d_1 = 60$ mm
- maximální průměr součásti „PŘÍRUBA“ $d_2 = 115$ mm
- maximální průměr součásti „DNO“ $d_3 = 55$ mm

$$p_n = 0,05 \cdot d_n + 2 \quad (2.2)$$

Vypočtený přídavek na průměr polotovaru - „TRUBKA“ je 5 mm

- „PŘÍRUBA“ je 7,75 mm

- „DNO“ je 4,75 mm

Průměr výchozího polotovaru [16]

Vstupní hodnoty:

- maximální průměr součásti „TRUBKA“ $d_1 = 60$ mm
- maximální průměr součásti „PŘÍRUBA“ $d_2 = 115$ mm
- maximální průměr součásti „DNO“ $d_3 = 55$ mm
- přídavek na průměr součásti „TRUBKA“ $p_1 = 5$ mm

- přídavek na průměr součásti „PŘÍRUBA“ $p_2 = 7,75 \text{ mm}$
- přídavek na průměr součásti „DNO“ $p_3 = 4,75 \text{ mm}$

$$D_{pol} = d_n + p_n \quad (2.3)$$

Vypočtený průměr výchozího polotovaru - „TRUBKA“ je 65 mm
 - „PŘÍRUBA“ je 122,75 mm
 - „DNO“ je 59,75 mm

Vzhledem k tomu, že se jedná o svařovanou součást, která bude po svaření dále obráběna, byly zvoleny průměry výchozích polotovarů rovny průměrům maximálním (viz výkresy Dm 01-04-2011 a Dm 02-04-2011). Přídavek na polotovar „PŘÍRUBA“ (Dm 03-04-2011) se neuvažuje z důvodu navrženého způsobu výroby (řezání plamenem dle šablony) z pásu plechu.

2.2.6 Výpočet spotřeby materiálu

Při obrábění materiálu vznikají ztráty vzniklé dělením materiálu (řezáním), odebíráním přídavku na obrábění, nevyužití zbytku tyče [16]

Výpočet spotřeby materiálu se obecně skládá z:

- počtu kusů, vyrobených z tyče o délce 3 m
- počtu tyčí potřebných na výrobu 10 a 100 ks
- z poslední tyče (výpočet 2.5) s menším využitím
- nevyužitého konce poslední tyče – využitá a nevyužitá část

Pro stanovení spotřeby materiálu je nutné zvolit přídavek na délku, sloužícím k zarovnání čel + navrtání středících důlků (mnohdy potřebných pro upnutí součásti).

Zvolený přídavek na délku polotovaru: - „TRUBKA“ je 2 mm
 - „DNO“ je 3 mm

Přídavek na délku polotovaru „PŘÍRUBA“ se neuvažuje z důvodu navrženého způsobu výroby (řezání plamenem) z pásu plechu.

Rozměr polotovaru „**TRUBKA**“ po přičtení přídavku na délku je **TR Ø60x10-255 mm**. Prořez pilou je stanoven dle parametrů kotoučové pily na 1 mm.

Počet kusů polotovarů „TRUBKA“ z jedné tyče o délce 3 m

Vstupní hodnoty:

- délka tyče $L = 3000 \text{ mm}$
- délka polotovaru $l_{pol} = 255 \text{ mm}$
- prořez pilou $p_p = 1 \text{ mm}$

$$\Sigma_{kst} = \frac{L}{l_{pol} + p_p} \quad (2.4)$$

Z jedné tyče o délce 3 m lze vyrobit 11 ks s nevyužitým koncem 184 mm (obr. 2.3). Jedna tyč tedy pokryje výrobu celé AS1.

Využitá část tyče při AS1

Vstupní hodnoty:

- délka polotovaru $l_{pol} = 255 \text{ mm}$
- prořez pilou $p_p = 1 \text{ mm}$
- počet vyrobených kusů z tyče $\Sigma_{kst1} = 10 \text{ ks}$

$$V_1 = \Sigma_{kst1} \cdot (l_{pol} + p_p) \quad (2.5)$$

Využitá část tyče je 2560 mm.

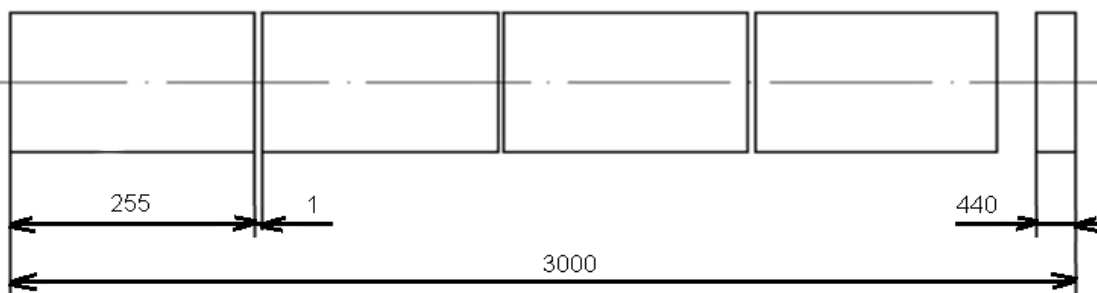
Nevyužitý zbytek tyče při AS1

Vstupní hodnoty:

- délka tyče $L = 3000 \text{ mm}$
- využitá část tyče $V_1 = 2560 \text{ mm}$

$$N_1 = L - V_1 \quad (2.6)$$

Nevyužitý zbytek tyče je 440 mm (obr. 2.2). Vzhledem k velikosti zbytku se nejedná o ztrátový materiál, tyč se využije při další zakázce.



Obr. 2.2 Schéma řezání pol. „TRUBKA“ při AS1 [16]

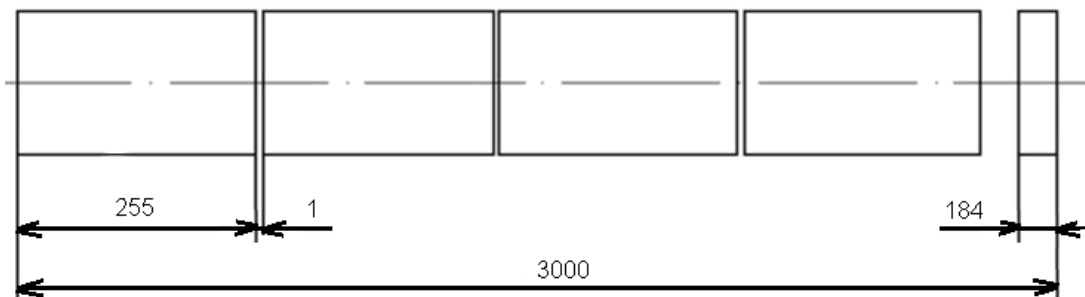
Počet tyčí potřebných pro vytvoření VS2 polotovaru „TRUBKA“

Vstupní hodnoty:

- velikost série $s = 100 \text{ ks.rok}^{-1}$
- počet kusů z jedné tyče $\Sigma_{kst} = 11 \text{ ks}$

$$\Sigma_{kss} = \frac{s}{\Sigma_{kst}} \quad (2.7)$$

Pro vytvoření VS2 bude zapotřebí 10 ks tyčí o délce 3000 mm.



Obr. 2.3 Schéma řezání pol. „TRUBKA“ při VS2 [16]

Počet kusů polotovaru „TRUBKA“ vyrobených z poslední (desáté) tyče při VS2

Vstupní hodnoty:

- velikost série $s = 100 \text{ ks.rok}^{-1}$
- počet kusů z jedné tyče $\Sigma_{kst} = 11 \text{ ks}$
- počet plně využitých tyčí $\Sigma_{vt} = 9 \text{ ks}$

$$\Sigma_{kstr10} = s - (\Sigma_{kst} \cdot \Sigma_{vt}) \quad (2.8)$$

Z poslední (desáté) tyče zbývá vyrobit 1 ks.

Využitá část poslední (desáté) tyče při VS2

Vstupní hodnoty:

- délka polotovaru $l_{pol} = 255 \text{ mm}$
- prořez pilou $p_p = 1 \text{ mm}$
- počet vyrobených kusů z poslední tyče $\Sigma_{kstr10} = 1 \text{ ks}$

$$V_{10} = \Sigma_{kstr10} \cdot (l_{pol} + p_p) \quad (2.9)$$

Využitá část z poslední (desáté) tyče je 256 mm.

Nevyužitý zbytek z poslední (desáté) tyče při VS2

Vstupní hodnoty:

- délka tyče $L = 3000 \text{ mm}$
- využitá část z poslední tyče $V_{10} = 256 \text{ mm}$

$$N_{10} = L - V_{10} \quad (2.10)$$

Nevyužitý zbytek z poslední (desáté) tyče je 2744 mm. Vzhledem k velikosti zbytku se nejedná o ztrátový materiál, tyč se využije při další zakázce.

Přehled vyrobených kusů a nevyužitého zbytku tyčí pro polotovar „TRUBKA“ je uveden v tabulce 2.8.

Tab. 2.8 Přehled vyrobených kusů a nevyužitého zbytku tyčí pro polotovar „TRUBKA“

	AS1 (aktuální studie 10 ks.rok ⁻¹)		VS2 (výhledová studie 100 ks.rok ⁻¹)	
tyč	vyrobený počet kusů z tyče [ks]	nevyužitý zbytek [mm]	vyrobený počet kusů z tyče [ks]	nevyužitý zbytek [mm]
1.	10	440	11	184
2.	0	0	11	184
3.	0	0	11	184
4.	0	0	11	184
5.	0	0	11	184
6.	0	0	11	184
7.	0	0	11	184
8.	0	0	11	184
9.	0	0	11	184
10.	0	0	1	2744

Rozměr polotovaru „DNO“ po přičtení přídavku na délku je **Ø55-30 mm**. Prořez pilou je stanoven na 1 mm.

Počet kusů polotovarů „DNO“ z jedné tyče o délce 3 m

Vstupní hodnoty:

- délka tyče $L = 3000 \text{ mm}$
- délka polotovaru $l_{pol} = 30 \text{ mm}$
- prořez pilou $p_p = 1 \text{ mm}$

$$\Sigma_{kst} = \frac{L}{l_{pol} + p_p} \quad (2.11)$$

Z jedné tyče o délce 3000 mm lze vyrobit 96 ks s nevyužitým koncem 24 mm (obr. 2.5). Jedna tyč tedy pokryje výrobu celé AS1 a z větší části i výrobu ve studii VS2.

Využitá část tyče při AS1

Vstupní hodnoty:

- délka polotovaru $l_{pol} = 30 \text{ mm}$
- prořez pilou $p_p = 1 \text{ mm}$
- počet vyrobených kusů z tyče $\Sigma_{kst1} = 10 \text{ ks}$

$$V_1 = \Sigma_{kst1} \cdot (l_{pol} + p_p) \quad (2.12)$$

Využitá část tyče je 310 mm.

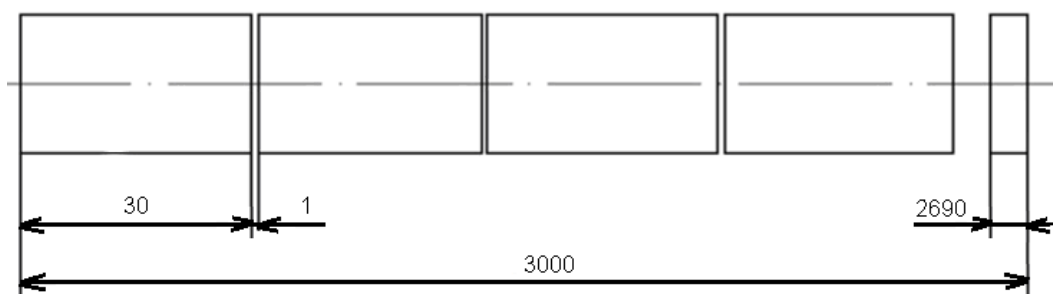
Nevyužitý zbytek tyče při AS1

Vstupní hodnoty:

- délka tyče $L = 3000 \text{ mm}$
- využitá část tyče $V_1 = 310 \text{ mm}$

$$N_1 = L - V_1 \quad (2.13)$$

Nevyužitý zbytek tyče je 2690 mm (obr. 2.4). Vzhledem k velikosti zbytku se nejedná o ztrátový materiál, tyč se využije při další zakázce.



Obr. 2.4 Schéma řezání pol. „DNO“ při AS1 [16]

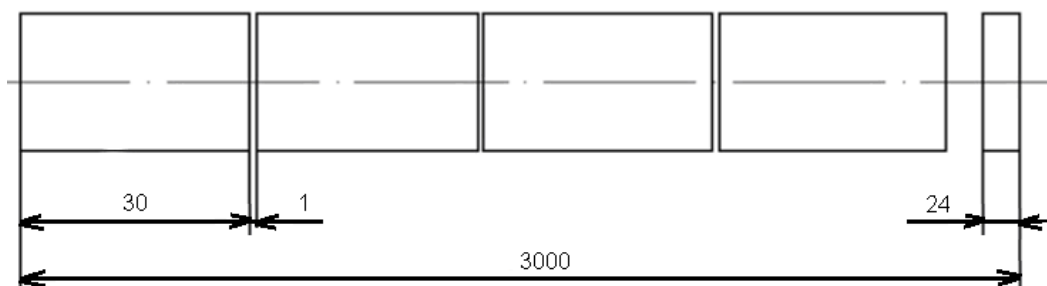
Počet tyčí potřebných pro vytvoření VS2 polotovaru „DNO“

Vstupní hodnoty:

- velikost série $s = 100 \text{ ks.rok}^{-1}$
- počet kusů z jedné tyče $\Sigma_{kst} = 96 \text{ ks}$

$$\Sigma_{kss} = \frac{s}{\Sigma_{kst}} \quad (2.14)$$

Pro vytvoření série 100 ks budou zapotřebí 2 ks tyčí o délce 3000 mm.



Obr. 2.5 Schéma řezání pol. „DNO“ při VS2 [16]

Počet kusů polotovaru „DNO“ vyrobených z poslední (druhé) tyče při VS2

Vstupní hodnoty:

- velikost série $s = 100 \text{ ks.rok}^{-1}$
- počet kusů z jedné tyče $\Sigma_{kst} = 96 \text{ ks}$
- počet plně využitých tyčí $\Sigma_{vt} = 1 \text{ ks}$

$$\Sigma_{kst2} = s - (\Sigma_{kst} \cdot \Sigma_{vt}) \quad (2.15)$$

Na poslední (druhou) tyč připadá vyrobit 4 ks.

Využitá část poslední (desáté) tyče při VS2

Vstupní hodnoty:

- délka polotovaru $l_{pol} = 30 \text{ mm}$
- prořez pilou $p_p = 1 \text{ mm}$
- počet vyrobených kusů z poslední tyče $\Sigma_{kst2} = 4 \text{ ks}$

$$V_2 = \Sigma_{kst2} \cdot (l_{pol} + p_p) \quad (2.16)$$

Využitá část z poslední (druhé) tyče je 124 mm.

Nevyužitý zbytek z poslední (desáté) tyče při VS2

Vstupní hodnoty:

- délka tyče $L = 3000 \text{ mm}$
- využitá část z poslední tyče $V_2 = 124 \text{ mm}$

$$N_2 = L - V_2 \quad (2.17)$$

Nevyužitý zbytek z poslední (druhé) tyče je 2876 mm. Vzhledem k velikosti zbytku se nejedná o ztrátový materiál, tyč se využije při další zakázce.

Přehled vyrobených kusů a nevyužitého zbytku tyčí pro polotovar „DNO“ je uveden v tabulce 2.9.

Tab. 2.9 Přehled vyrobených kusů a nevyužitého zbytku tyčí pro pol. „DNO“

	AS1 (aktuální studie 10 ks.rok ⁻¹)		VS2 (výhledová studie 100 ks.rok ⁻¹)	
tyč	vyrobený počet kusů z tyče [ks]	nevyužitý zbytek [mm]	vyrobený počet kusů z tyče [ks]	nevyužitý zbytek [mm]
1.	10	2690	96	24
2.	0	0	4	2876

Rozměr plechu pro polotovary „PŘÍRUBA“ je **P14x1500x1000 mm**. Jeden takovýto plech stačí pro výrobu 132 ks, pokryje tedy jak celou AS1 a VS2. Zbytek plechu se dá zpracovat při další zakázce. Tento rozměr plechu byl volen z důvodu nízké pořizovací ceny (vlivem množstevní slevy), neboť právě tento rozměr je využit při další velké zakázce.

2.2.7 Výpočet hmotnosti součástí „KRYT VSTŘIKOVAČE“

Kryt vstřikovače je svařen ze 3 dílů (dno, trubka, příruba) a následně dále obráběn. Je tedy nutné nejdříve stanovit hmotnosti jednotlivých dílů součástí.

Jednotlivé výpočty hmotností jsou soustředěny v příloze č. 7.

Výpočet hmotnosti dílu součásti „DNO“

Hmotnost ocelové tyče o délce 3000 mm a $\varnothing 55$ mm je 55,95 kg.

Hmotnost polotovaru „DNO“ je 0,56 kg.

Čistá hmotnost dílu „DNO“ je 0,373 kg.

Výpočet hmotnosti dílu součásti „TRUBKA“

Hmotnost ocelové trubky o délce 3000 mm, vnějším $\varnothing 60$ mm a tloušťce stěny 10 mm je 37 kg.

Hmotnost polotovaru „TRUBKA“ je 3,14 kg.

Čistá hmotnost dílu „TRUBKA“ je 2,98 kg.

Výpočet hmotnosti dílu součásti „PŘÍRUBA“

Hmotnost ocelového plechu P14x1000-1500 mm je 164,85 kg.

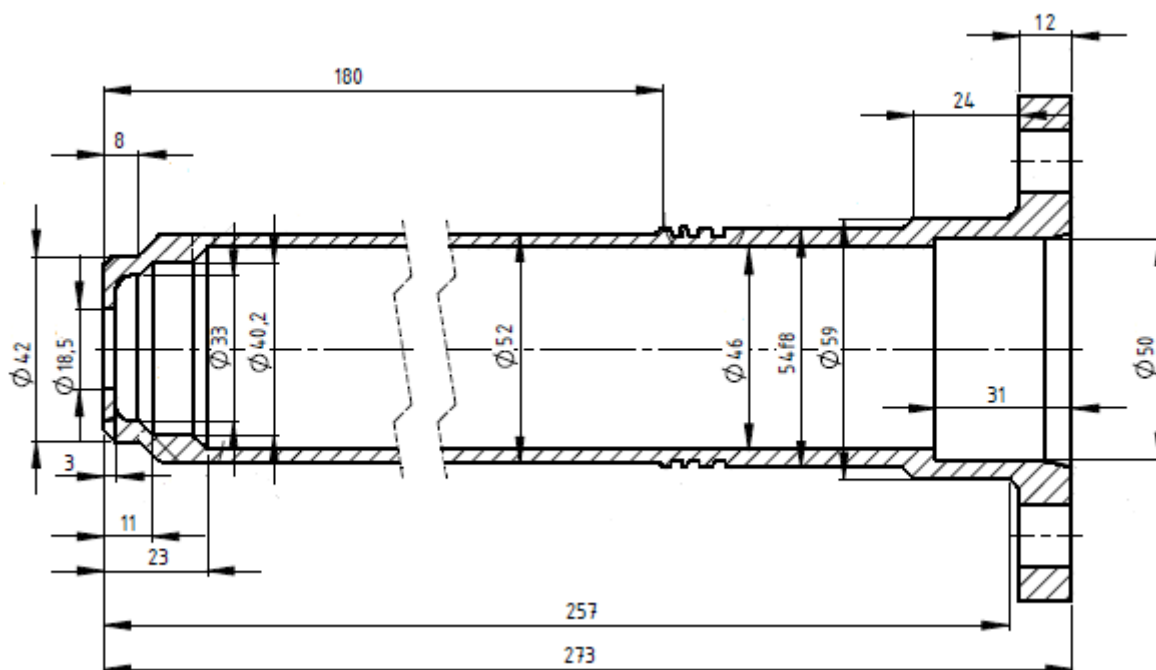
Čistá hmotnost součásti „PŘÍRUBA“ je 0,389 kg.

Souhrn hmotností dílů součástí pro svaření je uveden v tabulce 2.10.

Tab. 2.10 Souhrn hmotností dílů součástí pro svaření

	Hmotnost polotovaru [kg]	hmotnost součásti [kg]
dno	0,560	0,373
trubka	3,140	2,980
příruba	0,389	0,389
Σ	4,089	3,742

Celková (hrubá) hmotnost krytu vstřikovače po svaření dílů je 3,742 kg. Celková hmotnost polotovaru je 4,089 kg = Q_{pk} , z této hmotnosti bylo vycházeno při výpočtu koeficientu využití materiálu.

Výpočet čisté hmotnosti součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“

Obr. 2.6 Kryt vstřikovače

Čistá hmotnost součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ (obr.2.6) $Q_{sk} = 1,51 \text{ kg}$

2.2.8 Koeficient využití materiálu

Pro zjištění koeficientu využití materiálu je nutné vypočítat tyto hodnoty:

- ztráta materiálu vzniklá obráběním přídavku (q_0)
- ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče, připadající na jednu tyč (q_{k1})
- ztráta materiálu (teoretická) z nevyužitého konce poslední tyče (q_{kn})
- ztráta materiálu dělením tyče připadající na jednici (q_u)
- celkové ztráty materiálu na jednici (Z_m)
- norma spotřeby materiálu (N_m) [16]

Ztráta mat. vzniklá obráběním přídavku (q_0) jednotlivých dílů

Vzhledem k navrženému způsobu výroby součásti „PŘÍRUBA“, je pojem týkající se ztrát, relativní. Důvodem je malá tloušťka plechu a fakt, že je vyříznut přesný tvar součásti podle šablony. Zbytek materiálu je navíc dále zpracováván. Odpad součásti „PŘÍRUBA“ tedy nebude počítán.

Ztráta mat. vzniklá obráběním přídavku (q_{o1}) součásti „DNO“ [16]

Vstupní hodnoty:

- hmotnost polotovaru $Q_{p1} = 0,560 \text{ kg}$
- čistá hmotnost $Q_{s1} = 0,373 \text{ kg}$

$$q_{o1} = Q_{p1} - Q_{s1} \quad (2.18)$$

Ztráta materiálu součásti „DNO“ vzniklá obráběním přídavku je 0,187 kg.

Ztráta materiálu vzniklá obráběním přídatku (q_{o2}) součásti „TRUBKA“ [16]

Vstupní hodnoty:

- hmotnost polotovaru $Q_{p2} = 3,140 \text{ kg}$
- čistá hmotnost $Q_{s2} = 2,980 \text{ kg}$

Výpočet viz vztah 2.18

Ztráta materiálu součásti „TRUBKA“ vzniklá obráběním přídatku je 0,160kg.

Ztráta materiálu vzniklá obráběním přídatku (q_{o3}) součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ [16]

Vstupní hodnoty:

- hmotnost polotovaru $Q_{pk} = 4,089 \text{ kg}$
- čistá hmotnost $Q_{sk} = 1,510 \text{ kg}$

Výpočet viz vztah 2.18

Ztráta materiálu součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ vzniklá obráběním přídatku je 2,579 kg.

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče pro jednotlivé díly součásti při AS1 a VS2

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče, připadající na jednu tyč (q_{k1dno1}) pro součást „DNO“ při AS1 [52]

Vstupní hodnoty:

- délka nevyužitého konce tyče $l_{nkt1} = 2960 \text{ mm} = 2,96 \text{ m}$
- průměr polotovaru $D_{pol} = 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m}$
- hustota oceli [14] $\rho_o = 7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$$q_{k1dno1} = V \cdot \rho_o = l_{nkt1} \cdot \frac{\pi \cdot D_{pol}^2}{4} \cdot \rho_o \quad (2.19)$$

Ztráta materiálu z nevyužitého konce jedné tyče pro součást „DNO“ při AS1 je 55,2 kg. Takovéto množství nelze započítávat do ztrát, lze jej využít v dalších zakázkách. Jedná se tedy o hodnotu teoretickou.

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče, připadající na jednu tyč (q_{k1dno2}) pro součást „DNO“ při VS2

Vstupní hodnoty:

- délka nevyužitého konce tyče $l_{nkt1} = 24 \text{ mm} = 0,024 \text{ m}$
- průměr polotovaru $D_{pol} = 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m}$
- hustota oceli $\rho_o = 7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Výpočet viz vztah 2.19

Ztráta materiálu z nevyužitého konce jedné tyče pro součást „DNO“ při VS2 je 0,448 kg. Tento zbytek již do ztrát lze započítat.

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče, připadající na jednu tyč ($q_{k1trubka1}$) pro součást „TRUBKA“ při AS1 [52]

Vstupní hodnoty:

- délka nevyužitého konce tyče $l_{nkt1} = 440 \text{ mm} = 0,440 \text{ m}$
- vnější průměr $D_{max} = 60 \text{ mm} = 0,060 \text{ m}$

- vnitřní průměr $D_{\min} = 40 \text{ mm} = 0,040 \text{ m}$
- hustota oceli $\rho_o = 7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$$q_{k1trubka1} = V \cdot \rho_o = l_{nkt1} \cdot \frac{\pi \cdot (D_{\max}^2 - D_{\min}^2)}{4} \cdot \rho_o \quad (2.20)$$

Ztráta materiálu z nevyužitého konce jedné tyče pro součást „TRUBKA“ při AS1 je 1,73 kg. Takovéto množství ještě nelze započítávat do ztrát, lze jej využít v další zakázce. Jedná se tedy o hodnotu teoretickou.

Ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče, připadající na jednu tyč ($q_{k1trubka2}$) pro součást „TRUBKA“ při VS2

Vstupní hodnoty:

- délka nevyužitého konce tyče $l_{nkt1} = 184 \text{ mm} = 0,184 \text{ m}$
- vnější průměr $D_{\max} = 60 \text{ mm} = 0,060 \text{ m}$
- vnitřní průměr $D_{\min} = 40 \text{ mm} = 0,040 \text{ m}$
- hustota oceli $\rho_o = 7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Výpočet viz vztah 2.20

Ztráta materiálu z nevyužitého konce jedné tyče pro součást „TRUBKA“ při VS2 je 0,722 kg. Tento zbytek již do ztrát lze započítat.

Ztráta materiálu z nevyužitého konce poslední tyče pro jednotlivé díly součásti při AS1 a VS2

Ztráta materiálu z nevyužitého konce poslední tyče, připadající na jednu tyč (q_{k1dno1}) pro součást „DNO“ při AS1

Pro součást „DNO“ je při AS1 první tyč zároveň tyčí poslední. Tento výpočet byl tedy již řešen (vztah 2.19).

Ztráta materiálu z nevyužitého konce poslední (druhé) tyče, připadající na jednu tyč (q_{k2dno2}) pro součást „DNO“ při VS2

Vstupní hodnoty:

- délka nevyužitého konce tyče $l_{nkt1} = 2876 \text{ mm} = 2,876 \text{ m}$
- průměr polotovaru $D_{pol} = 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m}$
- hustota oceli $\rho_o = 7850 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Výpočet viz vztah 2.19

Ztráta materiálu z nevyužitého konce poslední (druhé) tyče pro součást „DNO“ při VS2 je 53,64 kg. Takovéto množství materiálu nelze započítávat do ztrát, bude využít v další zakázce. Jedná se tedy o hodnotu teoretickou.

Ztráta materiálu z nevyužitého konce poslední tyče, připadající na jednu tyč ($q_{k1trubka1}$) pro součást „TRUBKA“ při AS1

Pro součást „TRUBKA“ je při AS1 první tyč zároveň tyčí poslední. Tento výpočet byl tedy již řešen (vztah 2.20).

Ztráta materiálu z nevyužitého konce poslední (desáté) tyče, připadající na jednu tyč ($q_{k10trubka2}$) pro součást „TRUBKA“ při VS2

Vstupní hodnoty:

- délka nevyužitého konce tyče $l_{nkt1} = 2744 \text{ mm} = 2,744 \text{ m}$
- vnější průměr $D_{\max} = 60 \text{ mm} = 0,060 \text{ m}$
- vnitřní průměr $D_{\min} = 40 \text{ mm} = 0,040 \text{ m}$

- hustota oceli $\rho_o = 7850 \text{ kg.m}^{-3}$

Výpočet viz vztah 2.20

Ztráta materiálu z nevyužitého konce poslední (druhé) tyče pro součást „DNO“ při VS2 je 10,77 kg. Takovéto množství materiálu nelze započítávat do ztrát, bude využito v další zakázce. Jedná se tedy o hodnotu teoretickou.

Ztráta materiálu vzniklá dělením tyčí připadající na jednici (q_u)

Ztráta materiálu dělením tyče o $\varnothing 55 \text{ mm}$ (q_{u1}) [52]

Vstupní hodnoty:

- prořez pilou $p_p = 1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$
- průměr polotovaru $D_{pol} = 55 \text{ mm} = 0,055 \text{ m}$
- hustota oceli $\rho_o = 7850 \text{ kg.m}^{-3}$

$$q_{u1} = V \cdot \rho_o = p_p \cdot \frac{\pi \cdot D_{pol}^2}{4} \cdot \rho_o \quad (2.21)$$

Ztráta materiálu dělením tyče $\varnothing 55 \text{ mm}$ připadající na jednici je 0,019 kg.

Ztráta materiálu dělením trubky o $\varnothing 60 \text{ mm}$ a tloušťce stěny 10 mm (q_{u2}) [52]

Vstupní hodnoty:

- prořez pilou $p_p = 1 \text{ mm} = 0,001 \text{ m}$
- vnější průměr $D_{max} = 60 \text{ mm} = 0,060 \text{ m}$
- vnitřní průměr $D_{min} = 40 \text{ mm} = 0,040 \text{ m}$
- hustota oceli $\rho_o = 7850 \text{ kg.m}^{-3}$

$$q_{u2} = V \cdot \rho_o = p_p \cdot \frac{\pi \cdot (D_{max}^2 - D_{min}^2)}{4} \cdot \rho_o \quad (2.22)$$

Ztráta materiálu dělením trubky o $\varnothing 60 \text{ mm}$ a tloušťce stěny 10 mm připadající na jednici je 0,012 kg.

Celkové ztráty materiálu na jednici (Z_m)

Celkové ztráty materiálu na jednici (Z_{m1}) pro součást „DNO“ při AS1 [16]

Vstupní hodnoty:

- ztráta mat. vzniklá obráběním přídavku $q_{o1} = 0,187 \text{ kg}$
- ztráta mat. z nevyužitého konce tyče $q_{k1dno1} = 0,000 \text{ kg}$
- ztráta mat. vzniklá dělením tyče na jednici $q_{u1} = 0,019 \text{ kg}$

$$Z_{m1} = q_{o1} + q_{k1dno1} + q_{u1} \quad (2.23)$$

Ztráta mat. na jednici pro součást „DNO“ při AS1 je 0,038 kg.

Celkové ztráty materiálu na jednici (Z_{m2}) pro součást „DNO“ při VS2

Vstupní hodnoty:

- ztráta mat. vzniklá obráběním přídavku $q_{o1} = 0,187 \text{ kg}$
- ztráta mat. z nevyužitého konce tyče $q_{k1dno2} = 0,448 \text{ kg}$
- ztráta mat. vzniklá dělením tyče na jednici $q_{u1} = 0,019 \text{ kg}$

Výpočet viz vztah 2.23

Ztráta mat. na jednici pro součást „DNO“ při VS2

Celkové ztráty mat. na jednici (Z_{m3}) pro součást „TRUBKA“ při AS1

Vstupní hodnoty:

- ztráta mat. vzniklá obráběním přídavku $q_{o2} = 0,160$ kg
- ztráta mat. z nevyužitého konce tyče $q_{k1trubka1} = 0,000$ kg
- ztráta mat. vzniklá dělením tyče na jednici $q_{u2} = 0,012$ kg

Výpočet viz vztah 2.23

Ztráta mat. na jednici pro součást „TRUBKA“ při AS1 je 0,172 kg.

Celkové ztráty mat. na jednici (Z_{m4}) pro součást „TRUBKA“ při VS2

Vstupní hodnoty:

- ztráta mat. vzniklá obráběním přídavku $q_{o2} = 0,160$ kg
- ztráta mat. z nevyužitého konce tyče $q_{k1trubka2} = 0,722$ kg
- ztráta mat. vzniklá dělením tyče na jednici $q_{u2} = 0,012$ kg

Výpočet viz vztah 2.23

Ztráta materiálu na jednici pro součást „TRUBKA“ při VS2 je 0,894 kg.

Celkové ztráty mat. na jednici (Z_{mc1}) pro AS1 krytu vstřikovače [16]

Vstupní hodnoty:

- ztráta na jednici pro součást „DNO“ $Z_{m1} = 0,038$ kg
- ztráta na jednici pro součást „TRUBKA“ $Z_{m3} = 0,172$ kg

$$Z_{mc1} = Z_{m1} + Z_{m3} \quad (2.24)$$

Při AS1 je celková ztráta na jednici krytu vstřikovače 0,210 kg.

Celkové ztráty mat. na jednici (Z_{mc2}) pro VS2 krytu vstřikovače

Vstupní hodnoty:

- ztráta na jednici pro součást „DNO“ $Z_{m2} = 0,654$ kg
- ztráta na jednici pro součást „TRUBKA“ $Z_{m4} = 0,894$ kg

Výpočet viz vztah 2.24

Při VS2 je celková ztráta na jednici krytu vstřikovače 1,548 kg.

Norma spotřeby materiálu (N_m)**Norma spotřeby mat. (N_{m1}) pro AS1 krytu vstřikovače [16]**

Vstupní hodnoty:

- čistá hmotnost krytu vstřikovače $Q_s = 1,510$ kg
- celkové ztráty materiálu na jednici $Z_{mc1} = 0,210$ kg

$$N_{m1} = Q_s + Z_{mc1} \quad (2.25)$$

Při AS1 je norma spotřeby materiálu krytu vstřikovače 1,720 kg.

Norma spotřeby mat. (N_{m2}) pro VS2 krytu vstřikovače

Vstupní hodnoty:

- čistá hmotnost krytu vstřikovače $Q_s = 1,510$ kg
- celkové ztráty materiálu na jednici $Z_{mc2} = 1,548$ kg

Výpočet viz vztah 2.25

Při VS2 je norma spotřeby materiálu krytu vstřikovače 3,058kg.

Koeficient využití materiálu (K_m) [16]

Při obrábění se jeho hodnota pohybuje mezi 0,4 ÷ 0,8. [16]

Koeficient využití materiálu (K_{m1}) pro AS1 krytu vstřikovače [16]

Vstupní hodnoty:

- čistá hmotnost krytu vstřikovače $Q_s = 1,510 \text{ kg}$
- norma spotřeby materiálu při dané studii $N_{m1} = 1,720 \text{ kg}$

$$K_{m1} = \frac{Q_s}{N_{m1}} \cdot 100 \quad (2.26)$$

Koeficient využití materiálu krytu vstřikovače při AS1 je 87 %.

Koeficient využití materiálu (K_{m2}) pro VS2 krytu vstřikovače

Vstupní hodnoty:

- čistá hmotnost krytu vstřikovače $Q_s = 1,510 \text{ kg}$
- norma spotřeby materiálu při dané studii $N_{m2} = 3,058 \text{ kg}$

Výpočet viz vztah 2.26

Koeficient využití materiálu krytu vstřikovače při VS2 je 49 %.

Dle koeficientu využití materiálu můžeme posuzovat celkovou pracnost výroby. S blížící se hodnotou koeficientu ke 100 % klesá množství odebraných třísek a tedy i celkový čas výroby. Zvýšením koeficientu využití materiálu lze tedy dosáhnout snížení pracnosti a tím také i produktivity práce. [16]

2.3 Návrh technologického postupu

Výběr strojů a nástrojů pro výrobu dílů + samotné součásti, včetně technologických postupů.

2.3.1 Vybrané výrobní stroje ze stávajícího strojového parku

Při výběru strojů bylo vycházeno ze stávajícího strojového parku, přihlíženo na jejich technický stav a zkušenostem pracovníků obsluhovat stroj.

Použité stroje pro výrobu součástí: Kryt vstřikovače

Hrotový soustruh SU50

Vrtačka VR4A

Bruska hrotová univerzální BUC63

Podrobný popis jednotlivých strojů uveden v příloze č. 8.

Použité stroje pro výrobu součástí: Kryt – svařenec

Svářecí poloautomat KIT389 Standard

Pneumatický tryskač ITB-65

Podrobný popis jednotlivých strojů uveden v příloze č. 8.

Použité stroje pro výrobu součástí: Příruba

Pálicí stroj CORTA Messer Griesheim KS07A

Soustruh SU50

Omílací stroj OS1-A

Bruska rovinná svislá BPV40

Podrobný popis jednotlivých strojů uveden v příloze č. 8.

Použité stroje pro výrobu součástí: Trubka

Pila kotoučová automatická PKA35
Soustruh SU50

Podrobný popis jednotlivých strojů uveden v příloze č. 8.

Použité stroje pro výrobu součástí: Dno

Pila kotoučová automatická PKA35
Soustruh revolverový R5

Podrobný popis jednotlivých strojů uveden v příloze č. 8.

2.3.2 Vybrané výrobní stroje pro modernizaci strojového parku

SF55 CNC – CNC soustruh

Podrobný popis stroje uveden v příloze č. 9.

Aplikace tohoto stroje by měla význam při obrábění součástí „KRYT VSTŘIKOVAČE“, při její výrobě by došlo k seskupení operací 0010 a 0040 do jedné (příloha č. 18), a tedy ke zrychlení celé výroby. Po obrobení součásti by už zbývalo pouze sražení ostří po obvodě příruby, vyvrtat díry a vyřezat závity, příprava pro tvrdochromování broušením, tvrdochromování (kooperace) + začištění otřepů po tomto procesu a následná kontrola rozměrů.

Pro případné zrychlení výroby by bylo možné využít kooperace a spolupracovat s firmou ZVU Hradec Králové (nákup stroje tak nebyl nutný), která vlastní právě navržený CNC soustruh SF55. Ovšem, vzhledem k malému počtu vyráběných kusů a tvaru součásti je tato myšlenka nepraktická a neekonomická. Většina prvků na jednotlivých dílech součásti (a na součásti samotné) se obrábí právě soustružením. Kooperace by tedy pokryla většinu výrobního procesu.

CNC pálicí stroj NESSAP STANDARD

Podrobný popis stroje uveden v příloze č. 9.

Stávající pálicí stroj je již zastaralý. Výsledný tvar výpalku je řezán dle šablon. Aplikací tohoto CNC pálicího stroje NESSAP STANDARD by odpadla práce spojená s výrobou šablon a snížila by se doba výroby.

Poznámka: V době zadávání magisterské práce byla otázka, týkající se modernizace strojového parku jedním z cílů firmy. Po prodeji společnosti novému majiteli se však situace rapidně změnila. Od té doby se firma nachází v tíživé finanční situaci. Modernizace strojového parku byla ze strany vedení zamítnuta. Výpočty byly tedy dále zaměřeny na vyhodnocení AS1 a VS2, včetně nákladů na výrobu.

2.3.3 Vybrané výrobní nástroje

Zvolené nástroje pro výrobu popsány v příloze č. 10, jejich výpis je uveden v tabulce 2.11.

Tab. 2.11 Použité výrobní nástroje

Výrobní nástroje	
vnější soustružení	vnější nůž PDXNR 3225 P 15
vnitřní soustružení	vnitřní nůž S20S-SWLCR 06, vnitřní nůž S10H-SCFCR 06
soustružení zápichu	zapichovací nůž GLXCL 2525-50 M 2.65
navrtání čela	středicí vrták A4
vrtání Ø6,8 mm; Ø14mm; Ø15mm; Ø54mm	vrták Ø6,8 mm; Ø14 mm; Ø15 mm; Ø54 mm
zahlobení Ø30 mm	záhlubník válcový Ø30 mm
zahlobení díry	záhlubník kuželový
vyhrubování Ø54,5 mm	výhrubník Ø54,5 mm
vystružení Ø55H11	výstružník Ø55H11
řezání závitu M8	sada závitníků M8 (3 ks)
vnější broušení	brousicí kotouč plochý 500x200x305; brousicí kotouč plochý 750x63x305
tvárové broušení	brousicí kotouč zkosený (45°) 250x10x32
odjehlení	pilník plochý
orýsování	důlčík
Kontrolní nástroje	
délkové míry	posuvné měřidlo
délkové míry tolerované	digitální třmenový mikrometr
kontrola díry Ø18,5H11, Ø45H11, Ø46H11, Ø50D8, Ø55H11	válečkový kalibr Ø18,5H11, Ø45H11, Ø46H11, Ø50D8, Ø55H11
kontrola závitu M8-6H	závitový kalibr M8-6H

2.3.4 Technologické postupy pro jednotlivé součásti

Jednotlivé technologické postupy (dále TP) jsou vytvořeny s ohledem na zvyklosti ve firmě, tak aby příslušný pracovník neměl s jeho čtením a porozuměním problémy.

TP pro díl součásti „DNO“ (příloha č. 11). Obsahuje celkem 3 pracovní operace, zabývající se dělením materiálu, soustružením a kontrolou rozměrů.

TP součásti „TRUBKA“ (příloha č. 12). Obsahuje celkem 3 pracovní operace, zabývající se dělením materiálu, soustružením a kontrolou rozměrů.

TP pro díl součásti „PŘÍRUBA“ (příloha č. 13). Obsahuje celkem 7 pracovních operací, zabývajících se řezáním tvaru dle šablony, žiháním pro snížení pnutí, tryskáním, broušením, soustružením a kontrolou rozměrů.

TP součásti „KRYT-SVAŘENEC“ (příloha č. 14). Obsahuje celkem 5 pracovních operací, zabývajících se svařováním, zámečnickou prací, žiháním, tryskáním a kontrolou svarů.

TP součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ (příloha č. 15). Obsahuje celkem 8 pracovních operací, zabývajících se soustružením, zámečnickou prací, vrtáním, broušením a kontrolou rozměrů. Při návrhu TP byla původně upřednostňovaná technologie vrtání pro obrobení díry. Od této myšlenky se však upustilo z důvodu velkých řezných sil (což je s ohledem na malou tloušťku stěny nepřijatelné). Z tohoto důvodu byla upřednostněna výroba pomocí soustružnického nože s malou šířkou záběru a_p .

2.3.5 Výrobní návodka pro operaci 0010 součástí KRYT VSTŘIKOVAČE

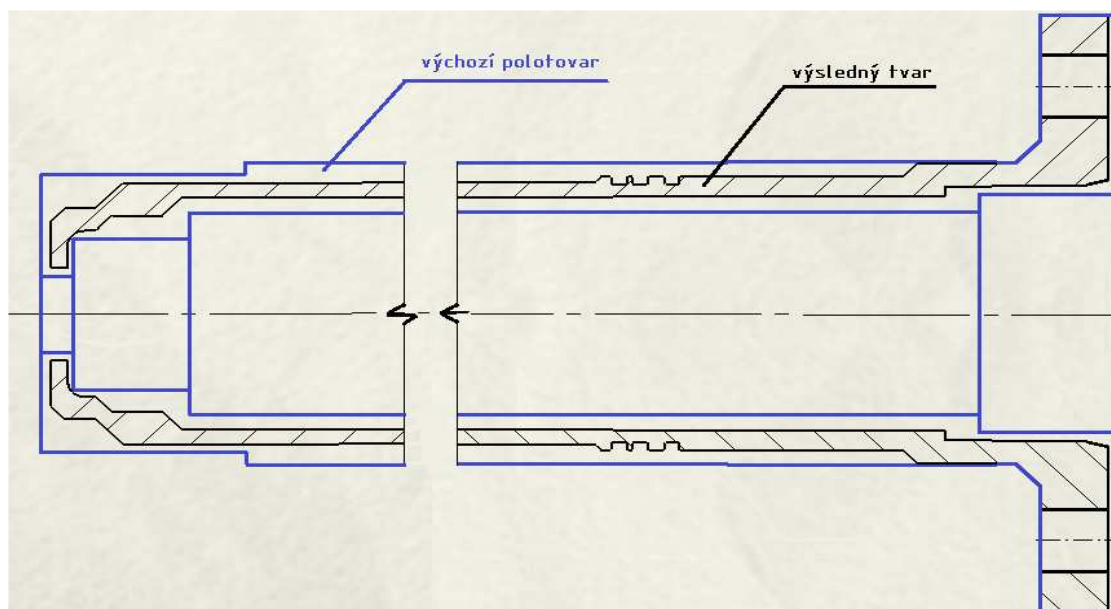
Vzhledem k rozsahu diplomové práce je vytvořena výrobní návodka pouze k operaci 0010, pro výrobu součásti "KRYT VSTŘIKOVAČE" (příloha č. 20). Jedná se o nejsložitější operaci celého výrobního procesu, což byl hlavní důvod jejího vypracování.

S ohledem na malou sílu stěny součásti bylo nutné stanovit nízké hodnoty posuvů f (z důvodů snížení řezné síly) na 0,1 mm, aby nedošlo k deformaci. Za stejným účelem byly navrženy také nízké hodnoty šířek záběru a_p u jednotlivých operací a vydatné chlazení.

Podrobná návodka úběru třísek je soustředěna do přílohy č. 16 (tato návodka je již pro celou součást).

2.3.6 Schematické znázornění úběru třísek

Pro názornost nebyly do schématu zakresleny některé obrysové čáry, které by vedly ke ztížení čitelnosti daného schématu (obr 2.7).



Obr. 2.7 Schematické zobrazení výchozího a konečného tvaru (po svaření)

Schéma úběru třísek jednotlivých operací uvedeno v příloze č. 16.

Schéma operací č. 0020, 0050 a 0080 není provedeno z důvodu neobrábění.

Operace č. 0020 se zabývá zámečnickými pracemi.

Operace č. 0050 se zabývá **tvrdochromováním** (pro zvýšení požadované tvrdosti, otěruvzdornosti a odolnosti proti korozi).

Metoda tvrdochromování popsána v příloze č. 17.

Firma nevlastní vybavení potřebné pro tvrdochromování. Bylo tedy nutné najít podnik, který poskytuje vytváření tvrdochromovacího povlaku. Byla nalezena firma RYNA, která má veškeré potřebné vybavení pro tvrdochromování (do rozměru součástí 700 mm). Následně byla sjednána kooperace za cenu 703 Kč.ks⁻¹.

Operace č. 0080 se zabývá kontrolou rozměrů, kdy se používají nástroje uvedené v příloze č. 9.

3 ZHODNOCENÍ

Z důvodu tíživé finanční situace firmy byl ze strany vedení ihned zamítnut návrh na modernizaci strojového parku. Výpočty jsou tedy zaměřeny na stroje, které jsou v současnosti majetkem firmy (rozděleny na AS1 a VS2).

3.1 Ekonomický propoččet pro jednotlivé série

S ohledem na součást (tvořenou z 3 dílů), je nutné postupně vytvořit ekonomický propoččet pro jednotlivé díly + pro celkovou součást.

Výsledné zhodnocení je uvedeno na konci této kapitoly.

3.1.1 Počet strojů pro AS1 při výrobě dílu součásti „DNO“

Pro výrobu dílu součásti „DNO“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 2 ks pily kotoučové PKA35 a 2 ks soustruhů revolverových R5. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.1 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.1 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	6,0	1,8	0,40
0020	72,0	9,8	2,83
0030	3,0	0,0	0,05

Pro všechny výpočty týkající se kalkulace počtu použitých strojů (podkapitola 3.1.1 až 3.1.10) aplikován obecný vztah:

$$\Sigma_{stroj} = \frac{\text{doba procesu}}{\text{prac. doba}} \quad (3.1)$$

Je zde počítáno s aktivní pracovní dobou, která je dle zvyklostí firmy stanovena na 7,50 hodin. Jedná se o čistý pracovní čas.

Počet použitých kotoučových pil při AS1 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{r1} = 0,40$ hod

Pro nařezání dávky (10 ks dílů) za jednu směnu je nutné využít 1 ks pily kotoučové PKA35.

Počet použitých revolverových soustruhů při AS1 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{soustruž1} = 2,83$ hod

Pro obrobení 10 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks revolverových soustruhů R5.

Počet kontrolních dělníků při AS1 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod

- dávkový čas (četnost 10 %) $t_{\text{kontrol1}} = 0,05$ hod
Pro kontrolu 10 ks dílů za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulace (tab. 3.2)

Tab. 3.2 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	pila kotoučová PKA35	1
0020	soustruh revolverový R5	1
0030	kontrolní dělník	1

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.1.2 Počet strojů pro AS1 při výrobě dílu součásti „TRUBKA“

Pro výrobu dílu součásti „TRUBKA“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 2 ks pily kotoučové PKA35 a 5 ks soustruhů hrotových SU50. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.3 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.3 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	6,0	1,5	0,35
0020	36,0	14,4	3,00
0030	3,0	0,0	0,05

Počet použitých kotoučových pil při AS1 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{r2} = 0,35$ hod

Pro nařezání dávky (10 ks dílů) za jednu směnu je nutné využít 1 ks pily kotoučové PKA35.

Počet použitých hrotových soustruhů při AS1 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{soustruž2}} = 3,00$ hod

Pro obrobení 10 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks hrotových soustruhů SU50.

Počet kontrolních dělníků při AS1 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas (četnost 10 %) $t_{\text{kontrol2}} = 0,05$ hod

Pro kontrolu 10 ks dílů za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulace (tab. 3.4)

Tab. 3.4 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	pila kotoučová PKA35	1
0020	soustruh hrotový SU50	1
0030	kontrolní dělník	1

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.1.3 Počet strojů pro AS1 při výrobě dílu součásti „PŘÍRUBA“

Pro výrobu dílu součásti „PŘÍRUBA“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 1 ks pálicího stroje KS07A, 1 ks omílacího stroje OS1A, 2 ks žíhací pece TSC50/80, 1 ks pneumatického tryskače IBT65, 1 ks brusky rovinné svislé BPV40 a 5 ks soustruhů hrotových SU50. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.5 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.5 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	12,0	2,1	0,55
0020	12,0	0,1	0,22
0030	6,0	0,5	0,18
0040	0,0	1,2	0,20
0050	18,0	1,2	0,50
0060	24,0	6,6	1,50
0070	3,0	0,0	0,05

Počet použitých pálicích strojů při AS1 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{r3} = 0,55$ hod

Pro vyřezání dávky (10 ks dílů) za jednu směnu je nutné využít 1 ks pálicího stroje KS07A.

Počet použitých omílacích strojů při AS1 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{omílací1} = 0,22$ hod

Pro omlení 10 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks omílacího stroje OS1A.

Počet použitých žíhacích pecí při AS1 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{žih1} = 0,18$ hod

Pro vyžihání 10 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks žíhací pece TSC50/80.

Počet použitých pneumatických tryskačů při AS1 pro operaci 0040

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{trysk1} = 0,20$ hod

Pro tryskání 10 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks pneumatického tryskače IBT65.

Počet použitých brusek rovinných svislých při AS1 pro operaci 0050

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{brus1} = 0,50$ hod

Pro obroušení 10 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks brusky rovinné svislé BPV40.

Počet použitých hrotových soustruhů při AS1 pro operaci 0060

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{soustruž3} = 1,50$ hod

Pro obrobení 10 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks hrotového soustruhu SU50.

Počet kontrolních dělníků při AS1 pro operaci 0070

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas (četnost 10 %) $t_{kontrol3} = 0,05$ hod

Pro kontrolu 10 ks dílů za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulace (tab. 3.6)

Tab. 3.6 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	pálicí stroj KS07A	1
0020	omílací stroj OS1A	1
0030	žíhací pec TSC50/80	1
0040	pneum. tryskač IBT65	1
0050	bruska rovinná BPV40	1
0060	soustruh hrotový SU50	1
0070	kontrolní dělník	1

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.1.4 Počet strojů pro AS1 při výrobě součásti „KRYT-SVAŘENEC“

Pro výrobu součásti „KRYT-SVAŘENEC“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 1 ks svářecího poloautomatu KIT389, 2 ks žíhací pece TSC50/80 a 1 ks pneumatického tryskače IBT65. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.7 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.7 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	12,0	16,1	2,88
0020	12,0	3,0	0,70
0030	6,0	9,0	1,60
0040	0,0	2,4	0,40
0050	1,0	0,0	0,17

Počet použitých svářecích strojů při AS1 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{svař1} = 2,88$ hod

Pro svaření 10 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 1 ks svářecího poloautomatu KIT389.

Počet zámečníků při AS1 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{zám1} = 0,70$ hod

Pro očištění svarů u 10 ks součástí za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 zámečníka.

Počet použitých žíhacích pecí při AS1 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{žih2} = 1,60$ hod

Pro vyžihání 10 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks žíhací pece TSC50/80.

Počet použitých pneumatických tryskačů při AS1 pro operaci 0040

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{trysk2} = 0,40$ hod

Pro tryskání 10 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 1 ks pneumatického tryskače IBT65.

Počet kontrolních dělníků při AS1 pro operaci 0050

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas (četnost 10 %) $t_{kontrol4} = 0,17$ hod

Pro kontrolu 10 ks dílů za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulace (tab. 3.8)

Tab. 3.8 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	svářečí stroj KIT389	1
0020	zámečnick	1
0030	žíhací pec TSC50/80	1
0040	pneum. tryskač IBT65	1
0050	kontrolní dělník	1

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.1.5 Počet strojů pro AS1 při výrobě součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“

Pro výrobu součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 5 ks soustruhů hrotových SU50, 4 ks radiálních vrtaček VR4A a 1 ks brusky hrotové BUC63. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.9 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.9 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	72,0	108,0	19,20
0020	6,0	1,1	0,28
0030	24,0	6,0	1,40
0040	36,0	24,0	4,60
0050	54,0	15,0	3,40
0060	kooperace	kooperace	kooperace
0070	48,0	7,2	2,00
0080	3,0	0	0,05

Počet použitých hrotových soustruhů při AS1 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{soustruž4}} = 19,20$ hod

Pro obrobení 10 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 3 ks hrotových soustruhů SU50.

Počet zámečníků při AS1 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{zám1}} = 0,28$ hod

Pro sražení hran a orýsování 10 ks součástí za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 zámečníka.

Počet použitých radiálních vrtaček při AS1 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{vrt1}} = 1,40$ hod

Pro vyvrtání děr do 10 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 1 ks radiální vrtačky VR4A.

Počet použitých hrotových soustruhů při AS1 pro operaci 0040

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{soustruž5}} = 4,60$ hod

Pro obrobení 10 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 1 ks hrotového soustruhu SU50.

Počet použitých brusek hrotových při AS1 pro operaci 0050

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{brus2}} = 3,40$ hod

Pro obroušení 10 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 1 ks brusky hrotové BUC63.

Počet použitých brusek hrotových při AS1 pro operaci 0070

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{brus3}} = 2,00$ hod

Pro obroušení 10 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 1 ks brusky hrotové BUC63.

Počet kontrolních dělníků při AS1 pro operaci 0080

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas (četnost 10 %) $t_{\text{kontrol6}} = 0,05$ hod

Pro kontrolu 10 ks součástí za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulace (tab. 3.10)

Tab. 3.10 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	soustruh hrotový SU50	3
0020	zámečnick	1
0030	vrtáčka radiální VR4A	1
0040	soustruh hrotový SU50	1
0050	bruska hrotová BUC63	1
0060	kooperace	-
0070	bruska hrotová BUC63	1
0080	kontrolní dělník	1

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.1.6 Počet strojů pro VS2 při výrobě dílu součásti „DNO“

Pro výrobu dílu součásti „DNO“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 2 ks pily kotoučové PKA35 a 2 ks soustruhů revolverových R5. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.11 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.11 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	6,0	1,8	3,10
0020	72,0	9,8	17,53
0030	3,0	0,0	0,50

Počet použitých kotoučových pil při VS2 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{f4} = 3,10$ hod

Pro nařezání dávky (100 ks dílů) za jednu směnu je nutné využít 1 ks pily kotoučové PKA35.

Počet použitých revolverových soustruhů při VS2 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{soustruž6} = 17,53$ hod

Pro obrobení 10 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 3 ks revolverových soustruhů R5.

S ohledem na podnikové vybavení nelze 100 ks dílů vyrobit v jedné směně (k dispozici jsou pouze 2 ks revolverových soustruhů R5). Jsou zde tedy tato možná řešení:

- a) rozložení výroby v jednom dni do vícesměnného provozu
- b) rozložení výroby do více dnů při jednosměnném provozu

Počet kontrolních dělníků při VS2 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas (10 % četnost) $t_{kontrol7} = 0,50$ hod

Pro kontrolu 100 ks dílů za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulace (tab. 3.12)

Tab. 3.12 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	pila kotoučová PKA35	1
0020	soustruh revolverový R5	3
0030	kontrolní dělník	1

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.1.7 Počet strojů pro VS2 při výrobě dílu součásti „TRUBKA“

Pro výrobu dílu součásti „TRUBKA“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 2 ks pily kotoučové PKA35 a 5 ks soustruhů hrotových SU50. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.13 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.13 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	6,0	1,5	2,60
0020	36,0	14,4	24,60
0030	3,0	0,0	0,50

Počet použitých kotoučových pil při VS2 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{r5} = 2,60$ hod

Pro nařezání dávky (100 ks dílů) za jednu směnu je nutné využít 1 ks pily kotoučové PKA35.

Počet použitých hrotových soustruhů při VS2 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{soustruž7}} = 24,60$ hod

Pro obrobení 100 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 4 ks hrotových soustruhů SU50.

Počet kontrolních dělníků při VS2 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas (četnost 10 %) $t_{\text{kontrol8}} = 0,50$ hod

Pro kontrolu 100 ks dílů za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulace (tab. 3.14)

Tab. 3.14 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	pila kotoučová PKA35	1
0020	soustruh hrotový SU50	4
0030	kontrolní dělník	1

Poznámka: K dispozici je sice 5 hrotových soustruhů SU50, takže by se dal díl v množství 100 ks obrobít v jedné směně, ale vzhledem k tomu, že bude tento typ stroje využit ještě pro výrobu součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ a pro dílu „PŘÍRUBA“, bude výhodnější rozdělit výrobu na směnný provoz (tab. 4.4.).

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.1.8 Počet strojů pro VS2 při výrobě dílu součásti „PŘÍRUBA“

Pro výrobu dílu součásti „PŘÍRUBA“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 1 ks pálicího stroje KS07A, 1 ks omílacího stroje OS1A, 2 ks žihací pece TSC50/80, 1 ks pneumatického tryskače IBT65, 1 ks brusky rovinné svislé BPV40 a 5 ks soustruhů hrotových SU50. Strojní

časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.15 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.15 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	12,0	2,1	3,70
0020	12,0	0,1	0,37
0030	6,0	0,5	0,93
0040	0,0	1,2	2,00
0050	18,0	1,2	2,30
0060	24,0	6,6	11,40
0070	3,0	0,0	0,50

Počet použitých pálicích strojů při VS2 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{r6} = 3,70$ hod

Pro vyřezání dávky (100 ks dílů) za jednu směnu je nutné využít 1 ks pálicího stroje KS07A.

Počet použitých omílacích strojů při VS2 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{omílací2} = 0,37$ hod

Pro omletí 100 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks omílacího stroje OS1A.

Počet použitých žíhacích pecí při VS2 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{žih3} = 0,93$ hod

Pro vyžihání 100 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks žíhací pece TSC50/80.

Počet použitých pneumatických tryskačů při VS2 pro operaci 0040

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{trysk3} = 2,00$ hod

Pro tryskání 100 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks pneumatického tryskače IBT65.

Počet použitých brusek rovinných svislých při VS2 pro operaci 0050

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{brus4} = 2,30$ hod

Pro obroušení 100 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 1 ks brusky rovinné svislé BPV40.

Počet použitých hrotových soustruhů při VS2 pro operaci 0060

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{soustruž8}} = 11,4$ hod

Pro obrobení 100 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 2 ks hrotového soustruhu SU50.

Počet kontrolních dělníků při VS2 pro operaci 0070

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas (četnost 10 %) $t_{\text{kontrol9}} = 0,50$ hod

Pro kontrolu 100 ks dílů za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulační (tab. 3.16)

Tab. 3.16 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	pálicí stroj KS07A	1
0020	omílací stroj OS1A	1
0030	žíhací pec TSC 50/80	1
0040	pneum. tryskač IBT65	1
0050	bruska rovinná BPV40	1
0060	soustruh hrotový SU50	2
0070	kontrolní dělník	1

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.1.9 Počet strojů pro VS2 při výrobě součásti „KRYT-SVAŘENEC“

Pro výrobu součásti „KRYT-SVAŘENEC“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 2 ks svářecího poloautomatu KIT389, 2 ks žíhací pece TSC50/80 a 1 ks pneumatického tryskače IBT65. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.17 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.17 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	12,0	16,1	27,03
0020	12,0	3,0	5,20
0030	6,0	8,9	14,93
0040	0,0	2,4	4,00
0050	1,0	0,0	1,67

Počet použitých svářecích strojů při VS2 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{svař2}} = 27,03$ hod

Pro svaření 100 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 4 ks svářecího poloautomatu KIT389.

S ohledem na podnikové vybavení nelze 100 ks součástí svařit v jedné směně (k dispozici jsou pouze 2 ks svářecího poloautomatu KIT389). Jsou zde tedy tato možná řešení:

- rozložení výroby do vícesměnného provozu (2 směny)
- rozložení výroby do více dnů při jednosměnném provozu

Počet zámečníků při VS2 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{zám3} = 5,20$ hod

Pro očištění svarů u 100 ks součástí za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 zámečníka.

Počet použitých žíhacích pecí při VS2 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{žih4} = 14,93$ hod

Pro vyžihání 100 ks dílů za jednu směnu je nutné využít 2 ks žíhacích pecí TSC50/80.

Počet použitých pneumatických tryskačů při VS2 pro operaci 0040

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{trysk4} = 4,00$ hod

Pro tryskání 100 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 1 ks pneumatického tryskače IBT65.

Počet kontrolních dělníků při VS2 pro operaci 0050

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{kontrol10} = 1,67$ hod

Pro kontrolu 100 ks dílů za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulace (tab. 3.18)

Tab. 3.18 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	svářecí stroj KIT389	4
0020	zámečník	1
0030	žíhací pec TSC50/80	2
0040	pneum. tryskač IBT65	1
0050	kontrolní dělník	1

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.1.10 Počet strojů pro VS2 při výrobě součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“

Pro výrobu součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ jsou k dispozici (z navržených strojů) ze strojového parku 5 ks soustruhů hrotových SU50,

4 ks radiálních vrtaček VR4A a 1 ks brusky hrotové BUC63. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce č. 3.19 (údaje převzaté z vnitropodnikového softwaru).

Tab. 3.19 Časy jednotkové pro jednotlivé operace a časy dávkové

operace	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	čas dávkový t_b [hod]
0010	72,0	108,0	181,20
0020	6,0	1,1	1,93
0030	24,0	6,0	10,40
0040	36,0	24,0	40,60
0050	54,0	15,0	25,90
0060	kooperace	kooperace	kooperace
0070	48,0	7,2	12,80
0080	3,0	0	0,5

Počet použitých hrotových soustruhů při VS2 pro operaci 0010

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{soustruž9}} = 181,20$ hod

Pro obrobení 100 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 25 ks hrotových soustruhů SU50.

S ohledem na podnikové vybavení nelze 100 ks součástí vyrobit v jedné směně (k dispozici je pouze 5 ks hrotových soustruhů SU50). Jsou zde tedy tato možná řešení:

- a) rozložení výroby do vícesměnného provozu
- b) rozložení výroby do více dnů při jednosměnném provozu

Počet zámečníků při AS1 pro operaci 0020

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{zám4}} = 1,93$ hod

Pro sražení hran a orýsování 100 ks součástí za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 zámečníka.

Počet použitých radiálních vrtaček při VS2 pro operaci 0030

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{vrt2}} = 10,40$ hod

Pro vyvrtání děr do 100 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 2 ks radiálních vrtaček VR4A.

Počet použitých hrotových soustruhů při VS2 pro operaci 0040

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{\text{soustruž10}} = 40,6$ hod

Pro obrobení 100 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 6 ks hrotového soustruhu SU50.

S ohledem na podnikové vybavení nelze 100 ks součástí vyrobit v jedné směně (k dispozici je pouze 5 ks hrotových soustruhů SU50). Jsou zde tedy tato možná řešení:

- rozložení výroby do vícesměnného provozu (2 směny)
- rozložení výroby do více dnů při jednosměnném provozu

Počet použitých brusek hrotových při VS2 pro operaci 0050

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{brus5} = 25,90$ hod

Pro obroušení 100 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 4 ks brusky hrotové BU63.

S ohledem na podnikové vybavení nelze 100 ks součástí obrousit v jedné směně (k dispozici je pouze 1 ks brusky hrotové BUC63). Jsou zde tedy tato možná řešení:

- rozložení výroby do vícesměnného provozu
- rozložení výroby do více dnů při jednosměnném provozu

Počet použitých brusek hrotových při VS2 pro operaci 0070

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas $t_{brus6} = 12,80$ hod

Pro obroušení 100 ks součástí za jednu směnu je nutné využít 2 ks brusky hrotové BUC63.

S ohledem na podnikové vybavení nelze 100 ks součástí obrousit v jedné směně (k dispozici je pouze 1 ks brusky hrotové BUC63). Jsou zde tedy tato možná řešení:

- rozložení výroby v jednom dni do vícesměnného provozu
- rozložení výroby do více dnů při jednosměnném provozu

Počet kontrolních dělníků při AS1 pro operaci 0080

Vstupní hodnoty:

- čas směny pracovníka $t_s = 7,50$ hod
- dávkový čas (četnost 10 %) $t_{kontrol11} = 0,5$ hod

Pro kontrolu 100 ks součástí za jednu směnu je nutné zaměstnat 1 kontrolního dělníka.

Shrnutí kalkulace (tab. 3.20)

Tab. 3.20 Potřebný počet strojů (dělníků)

operace	stroj (dělník)	potřebný počet strojů (dělníků)
0010	soustruh hrotový SU50	25
0020	zámečnick	1
0030	vrtačka radiální VR4A	2
0040	soustruh hrotový SU50	6
0050	bruska hrotová BUC63	4
0060	kooperace	-
0070	bruska hrotová BUC63	2

0080	kontrolní dělník	1
------	------------------	---

Časový diagram je zobrazen v kapitole 4.

3.2 Náklady na mzdy zaměstnanců

Informace týkající se mezd zaměstnanců uvedeny v tabulce 3.21.

Tab. 3.21 Mzda pracovníků [17]

pracovník	tarifní mzda [Kč.hod ⁻¹]	tarifní mzda [Kč.měsíc ⁻¹]	prémie [Kč.měsíc ⁻¹]	celkem [Kč.měsíc ⁻¹]	celkem [Kč.hod ⁻¹]
zámečnický a kontrolní dělník	59,12	9 610	2 100	13 710	84,24
soustružník	68,68	11 160	2 240	15 900	97,70

3.3 Ekonomické zhodnocení - náklady na výrobu

Pro výpočet nákladů na výrobu jsou nutné stanovit:

- náklady na materiál tyče (plechu) N_t
- náklady na materiál obrobeného kusu N_{ks}
- náklady ze ztrát z nevyužitého konce tyče N_k
- náklady ze ztrát z prořezu pilou N_{pp}
- náklady na ztráty z obrábění přídatku N_{qo}

3.3.1 Náklady na materiál

Ceny materiálů jsou převzaty z databáze skladových zásob firmy. Materiály dodává společnost NYPRO hutní prodej, a. s.

a) Díl součásti „DNO“

Náklady na materiál celé tyče

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 21,70 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost tyče $Q_t = 55,95 \text{ kg}$

$$N_{t1} = c_m \cdot Q_t \quad (3.2)$$

Náklady na materiál tyče jsou 1214,12 Kč.

Náklady na materiál polotovaru

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 21,70 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost polotovaru $Q_p = 0,56 \text{ kg}$

$$N_{ks1} = c_m \cdot Q_p \quad (3.3)$$

Náklady na materiál polotovaru jsou 12,15 Kč.ks⁻¹.

b) Díl součásti „TRUBKA“

Náklady na materiál celé trubky

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 28,58 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost trubky $Q_{tr} = 37,00 \text{ kg}$

$$N_{t2} = c_m \cdot Q_r \quad (3.4)$$

Náklady na materiál trubky jsou 1057,46 Kč.

Náklady na materiál polotovaru

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 28,58 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost polotovaru $Q_p = 3,14 \text{ kg}$

$$N_{ks2} = c_m \cdot Q_p \quad (3.5)$$

Náklady na materiál polotovaru jsou 89,74 Kč.ks⁻¹.

c) Díl součásti „PŘÍRUBA“

Náklady na materiál celého plechu

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 21,60 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost plechu $Q_t = 164,85 \text{ kg}$

$$N_{t3} = c_m \cdot Q_t \quad (3.6)$$

Náklady na materiál plechu jsou 3560,76 Kč.

Náklady na materiál polotovaru

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 21,60 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost polotovaru $Q_p = 0,389 \text{ kg}$

$$N_{ks3} = c_m \cdot Q_p \quad (3.7)$$

Náklady na materiál polotovaru jsou 8,40 Kč.ks⁻¹.

d) Svařovací drát C114 Ø 1,2 mm

Náklady na materiál drátu

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 35,00 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost drátu $Q_t = 15,00 \text{ kg}$

$$N_{t4} = c_m \cdot Q_t \quad (3.8)$$

Náklady na materiál drátu jsou 525,00 Kč.

Náklady na materiál použitého drátu

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 35,00 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost drátu (odhad) $Q_p = 0,10 \text{ kg}$

$$N_{ks4} = c_m \cdot Q_p \quad (3.9)$$

Náklady na materiál použitého drátu jsou 3,50 Kč.ks⁻¹.

Shrnutí nákladů na materiál (tab. 3.22)

Tab. 3.22 Celkové náklady na materiál

součást	náklady na materiál [Kč.ks ⁻¹]
Dno	12,15
Trubka	89,74
Příruba	8,40
Svářecí drát	3,50
Σ	113,79

3.3.2 Náklady ze ztrát**a) Ztráty z prořezu pilou N_{pp}****Díl součásti „DNO“****Náklady ze ztrát z prořezu pilou N_{pp1}**

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 21,70 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost materiálu odebraného pilou $q_{u1} = 0,019 \text{ kg}$

$$N_{pp1} = c_m \cdot q_{u1} \quad (3.10)$$

Náklady ze ztrát z prořezu pilou dílu součásti „DNO“ jsou 0,41 Kč.ks⁻¹.**Díl součásti „TRUBKA“****Náklady ze ztrát z prořezu pilou N_{pp2}**

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 28,58 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost materiálu odebraného pilou $q_{u2} = 0,012 \text{ kg}$

$$N_{pp2} = c_m \cdot q_{u2} \quad (3.11)$$

Náklady ze ztrát z prořezu pilou dílu součásti „DNO“ jsou 0,34 Kč.ks⁻¹.**b) Ztráty z nevyužitého konce tyče (trubky) N_k****Díl součásti „DNO“****Náklady z nevyužitého konce tyče N_{k1}**

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 21,70 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost materiálu zbytku tyče $q_{k1dno2} = 0,448 \text{ kg}$

$$N_{k1} = c_m \cdot q_{k1dno2} \quad (3.12)$$

Náklady na materiál z nevyužitého konce tyče dílu „DNO“ jsou 9,72 Kč.

Díl součásti „TRUBKA“**Náklady z nevyužitého konce trubky N_{k2}**

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 28,58 \text{ Kč.kg}^{-1}$
- hmotnost materiálu zbytku tyče $q_{k1trubka2} = 0,722 \text{ kg}$

$$N_{k1} = c_m \cdot q_{k1dno2} \quad (3.13)$$

Náklady na materiál z nevyužitého konce trubky dílu „TRUBKA“ jsou 20,63 Kč.

c) Ztráty z obrábění přídatku N_{qo}

Díl součásti „DNO“

Náklady ze ztrát vzniklých obráběním přídatku N_{qo1}

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 21,70 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$
- hmotnost odebraného přídatku $q_{o1} = 0,187 \text{ kg}$

$$N_{qo1} = c_m \cdot q_{o1} \quad (3.14)$$

Náklady ze ztrát vzniklých obráběním přídatku dílu „DNO“ jsou 4,06 Kč.

Díl součásti „TRUBKA“

Náklady ze ztrát vzniklých obráběním přídatku N_{qo2}

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena $c_m = 28,58 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$
- hmotnost odebraného přídatku $q_{o2} = 0,160 \text{ kg}$

$$N_{qo2} = c_m \cdot q_{o2} \quad (3.15)$$

Náklady ze ztrát vzniklých obráběním přídatku dílu součásti „TRUBKA“ jsou 4,57 Kč.

Součást „KRYT VSTŘIKOVAČE“

Náklady ze ztrát vzniklých obráběním přídatku N_{qo3}

Vstupní hodnoty:

- materiálová cena (poměrná) $c_m = 20,30 \text{ Kč} \cdot \text{kg}^{-1}$
- hmotnost odebraného přídatku $q_{o3} = 2,579 \text{ kg}$

$$N_{qo3} = c_m \cdot q_{o3} \quad (3.16)$$

Náklady ze ztrát vzniklých obráběním přídatku součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ jsou 52,33 Kč.

Shrnutí nákladů ze ztrát (tab. 3.23)

Tab. 3.23 Celkové náklady ze ztrát

součást	náklady z prořezu pilou [Kč.ks ⁻¹]	náklady z nevyužit. konce tyče [Kč]	náklady z obrábění přídatku [Kč.ks ⁻¹]	Σ [Kč.ks ⁻¹]
Dno	0,41	9,72	4,06	14,19
Trubka	0,34	20,63	4,57	25,54
Kryt vstřikovače	-	-	52,33	52,33
Σ	0,75	30,35	60,96	92,06

3.3.3 Celkové náklady na výrobu

Náklady na mzdy jsou soustředěny do tabulek 3.24 až 3.28. Celkové mzdové náklady jsou znázorněny v tabulce 3.30.

Použité vztahy jsou uvedeny pod obr. 3.1.

Tab. 3.24 Náklady na mzdy při výrobě 10 a 100 ks dílů součásti „DNO“

op.	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	AS1 (aktuální studie) 10 ks			VS2 (výhledová studie) 100 ks		
			čas dávkový t_b [hod]	celková výrobní cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]	čas dávk. t_b [hod]	celkov. výrob. cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]
0010	6,0	1,8	0,40	39,08	3,91	3,10	302,87	3,03
0020	72,0	9,8	2,83	276,49	27,65	17,53	1712,68	17,13
0030	3,0	0,0	0,05	4,21	0,42	0,50	42,12	0,42
Σ_{dno}	81,0	11,6	3,28	319,78	31,98	21,13	2057,67	20,58

Tab. 3.25 Náklady na mzdy při výrobě 10 a 100 ks dílů součásti „TRUBKA“

op.	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	AS1 (aktuální studie) 10 ks			VS2 (výhledová studie) 100 ks		
			čas dávkový t_b [hod]	celková výrobní cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]	čas dávk. t_b [hod]	celkov. výrob. cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]
0010	6,0	1,5	0,35	34,20	3,42	2,60	254,02	2,54
0020	36,0	14,4	3,00	293,10	29,31	24,60	2403,42	24,03
0030	3,0	0,0	0,05	4,21	0,42	0,50	42,12	0,42
Σ_{trubka}	45,0	15,9	3,40	331,51	33,15	27,70	2699,56	27,00

Tab. 3.26 Náklady na mzdy při výrobě 10 a 100 ks dílů součásti „PŘÍRUBA“

op.	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	AS1 (aktuální studie) 10 ks			VS2 (výhledová studie) 100 ks		
			čas dávkový t_b [hod]	celková výrobní cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]	čas dávk. t_b [hod]	celkov. výrob. cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]
0010	12,0	2,1	0,55	53,74	5,37	3,70	361,49	3,61
0020	12,0	0,1	0,22	21,49	2,15	0,37	36,15	0,36
0030	6,0	0,5	0,18	17,59	1,76	0,93	90,86	0,91
0040	0,0	1,2	0,20	19,54	1,95	2,00	195,40	1,95
0050	18,0	1,2	0,50	48,85	4,89	2,30	224,71	2,25
0060	24,0	6,6	1,50	146,55	14,66	11,40	1113,78	11,14
0070	3,0	0,0	0,05	4,21	0,42	0,50	42,12	0,42
$\Sigma_{přirub}$	75,0	11,7	3,20	311,97	31,20	21,20	2064,51	20,65

Tab. 3.27 Náklady na mzdy při výrobě 10 a 100 ks dílů součásti „KRYT-SVĚŘENEC“

op.	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	AS1 (aktuální studie) 10 ks			VS2 (výhledová studie) 100 ks		
			čas dávkový t_b [hod]	celková výrobní cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]	čas dávk. t_b [hod]	celkov. výrob. cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]
0010	12,0	16,1	2,88	281,38	28,13	27,03	2640,83	26,41
0020	12,0	3,0	0,70	58,97	5,90	5,20	438,05	4,38
0030	6,0	9,0	1,60	156,32	15,63	14,93	1458,66	14,59
0040	0,0	2,4	0,40	39,08	3,91	4,00	390,80	3,91
0050	1,0	0,0	0,17	14,32	1,43	1,67	140,68	1,41
$\Sigma_{\text{svař.}}$	31,0	30,5	5,75	550,07	55,01	52,83	5069,02	50,69

Tab. 3.28 Náklady na mzdy při výrobě 10 a 100 ks dílů součásti „KRYT VSTRÍKOVACĚ“

op.	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	AS1 (aktuální studie) 10 ks			VS2 (výhledová studie) 100 ks		
			čas dávk. t_b [hod]	celková výrobní cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]	čas dávk. t_b [hod]	celkov. výrob. cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]
0010	72,0	108,0	19,20	1875,84	187,58	181,20	17703,24	177,03
0020	6,0	1,1	0,28	23,59	2,36	1,93	162,58	1,63
0030	24,0	6,0	1,40	136,78	13,68	10,40	1016,08	10,16
0040	36,0	24,0	4,60	449,42	44,94	40,60	3966,62	39,67
0050	54,0	15,0	3,40	332,18	33,22	25,90	2530,43	25,30
0060	kooperace	kooperace	kooper	-	-	kooper.	-	-
0070	48,0	7,2	2,00	195,4	19,54	12,80	1250,56	12,51
0080	3,0	0	0,05	4,21	0,42	0,5	42,12	0,42
Σ_{kryt}	243,0	161,3	30,93	3017,42	301,74	273,33	26671,60	266,72

Výrobní časy uvedeny v tabulce 3.29

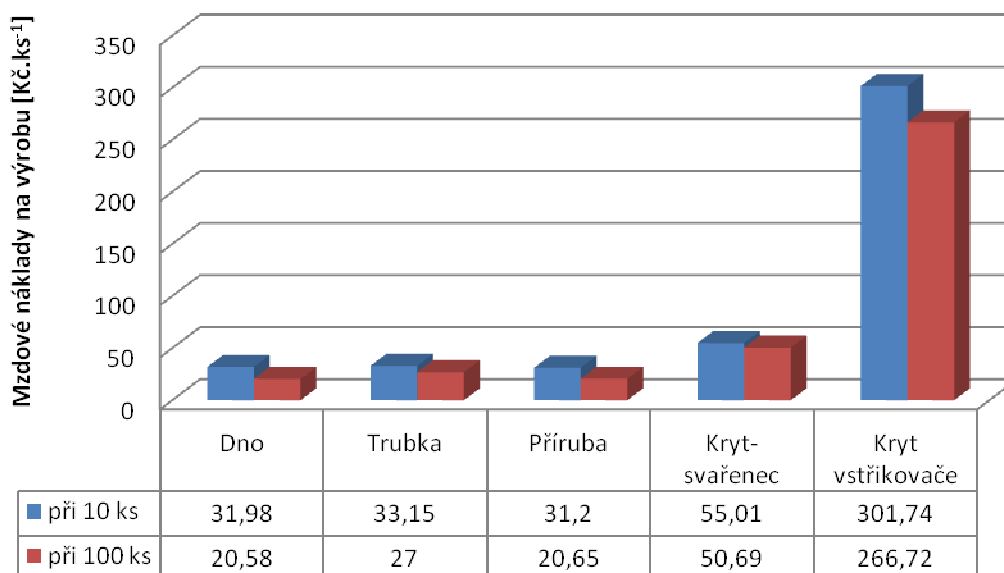
Tab. 3.29 Celkové výrobní časy

	jednotkový čas vedlejší t_A [min]	jednotkový strojní čas t_{AS} [min]	AS1 (aktuální studie) 10 ks	VS2 (výhledová studie) 100 ks
			čas dávkový t_b [hod]	čas dávkový t_b [hod]
Σ_{dno}	81,0	11,6	2,83	17,53
Σ_{trubka}	45,0	15,9	3,40	27,70
$\Sigma_{\text{přírub}}$	75,0	11,7	3,20	21,20
$\Sigma_{\text{svař.}}$	31,0	30,5	5,75	52,83
Σ_{kryt}	243,0	161,3	30,93	273,33
Σ	475,0	231,0	46,11 = t_{cs}	392,59 = t_{cs}

Shrnutí mzdových nákladů

Tab. 3.30 Mzdové náklady na výrobu 10 a 100 ks dílů součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“

součást	AS1 (aktuální studie) 10 ks		VS2 (výhledová studie) 100 ks	
	celková výrobní cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]	celková výrobní cena [Kč]	cena za kus [Kč.ks ⁻¹]
Dno	319,78	31,98	2057,67	20,58
Trubka	331,51	33,15	2699,56	27,00
Příruba	311,97	31,20	2064,51	20,65
Kryt-svařenec	550,07	55,01	5069,02	50,69
Kryt vstřikovače	3017,42	301,74	26671,60	266,72
Σ	4530,75	453,08	38562,36	385,64

Mzdové náklady na výrobu

Obr. 3.1 Porovnání mzdových nákladů na výrobu jednotlivých dílů v aktuální i výhledové studii (AS1 a VS2)

Jak se dalo předpokládat, se zvyšující sérií, bude výrobní cena klesat (obr. 3.1). Tento jev je způsoben zkrácením doby výroby.

Použité vztahy pro výpočty v tab. 3.4 a 3.5.**Celková výrobní cena Kč**

Vstupní hodnoty:

- mzda kontrolního dělníka (zámečníka) \$ = 84,24 Kč.hod⁻¹
- mzda soustružníka \$ = 97,7 Kč.hod⁻¹
- čas dávkový t_b (dle operace)

$$Kč = t_b \cdot \$ \quad (3.17)$$

Cena za kus $K\check{c}_{ks}$

Vstupní hodnoty:

- celková výrobní cena Kč (dle operace)
- výrobní série s = 10 a 100 ks

$$K\check{c}_{ks} = \frac{K\check{c}}{s} \quad (3.18)$$

Pro zachování zvyklostí firmy, bylo celkové shrnutí nákladů jednotlivých sérií počítáno pomocí vztahu 4.20. Tento vztah aplikují pomocí softwaru Profis, který po zadání výrobní série automaticky spočítá výslednou výrobní cenu. Ukázka vygenerovaného výpočtu ze softwaru - příloha č. 21.

Celkové shrnutí nákladů pro sérii 10 ks součástí

Vstupní hodnoty:

- náklady na materiál $N_{ks} = 113,79 \text{ Kč.ks}^{-1}$
- náklady na kooperaci $N_{koop} = 703 \text{ Kč.ks}^{-1}$
- režijní náklady $N_{režie} = 650,00 \text{ Kč.hod}^{-1}$
- čas výrobního cyklu $t_{cs} = 6,08 \text{ hod.ks}^{-1}$
- mzdové náklady $M_n = 453,08 \text{ Kč.ks}^{-1}$

$$N_{C_{10}} = N_{ks} + N_{koop} + N_{režie} \cdot t_{cs} + M_n \quad (3.19)$$

Celkové náklady na vyrobení součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ při sérii 10 ks jsou $5221,87 \text{ Kč.ks}^{-1}$.

Doporučená prodejní cena byla stanovena na 5222 Kč.ks^{-1} .

Celkové shrnutí nákladů pro sérii 100 ks součástí

Vstupní hodnoty:

- náklady na materiál $N_{ks} = 113,79 \text{ Kč.ks}^{-1}$
- náklady na kooperaci $N_{koop} = 703 \text{ Kč.ks}^{-1}$
- režijní náklady $N_{režie} = 650,00 \text{ Kč.hod}^{-1}$
- čas výrobního cyklu $t_{cs} = 5,44 \text{ hod.ks}^{-1}$
- mzdové náklady $M_n = 385,64 \text{ Kč.ks}^{-1}$

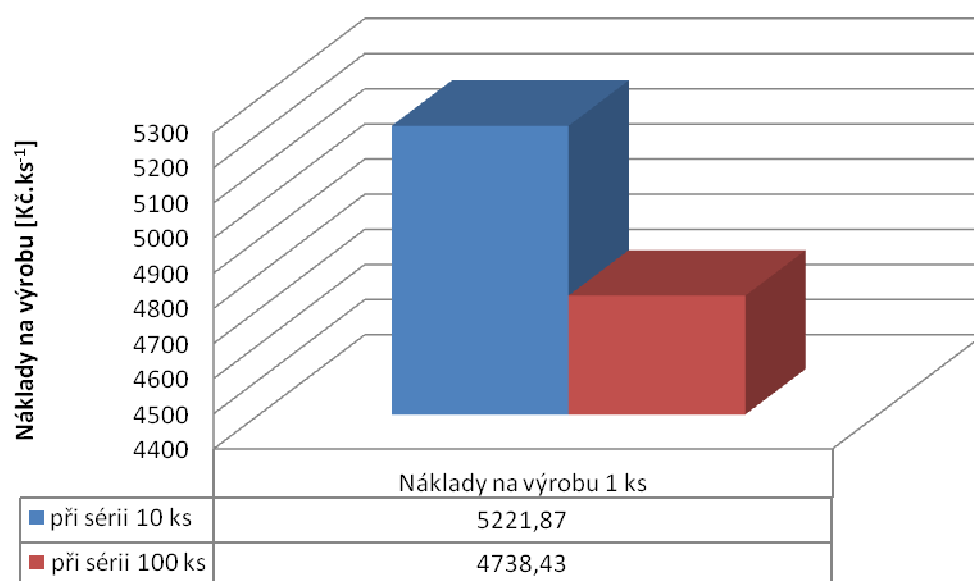
$$N_{C_{100}} = N_{ks} + N_{koop} + N_{režie} \cdot t_{cs} + M_n \quad (3.20)$$

Celkové náklady na vyrobení součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ při sérii 100 ks jsou $4738,43 \text{ Kč.ks}^{-1}$.

Doporučená prodejní cena byla stanovena na 4740 Kč.ks^{-1} .

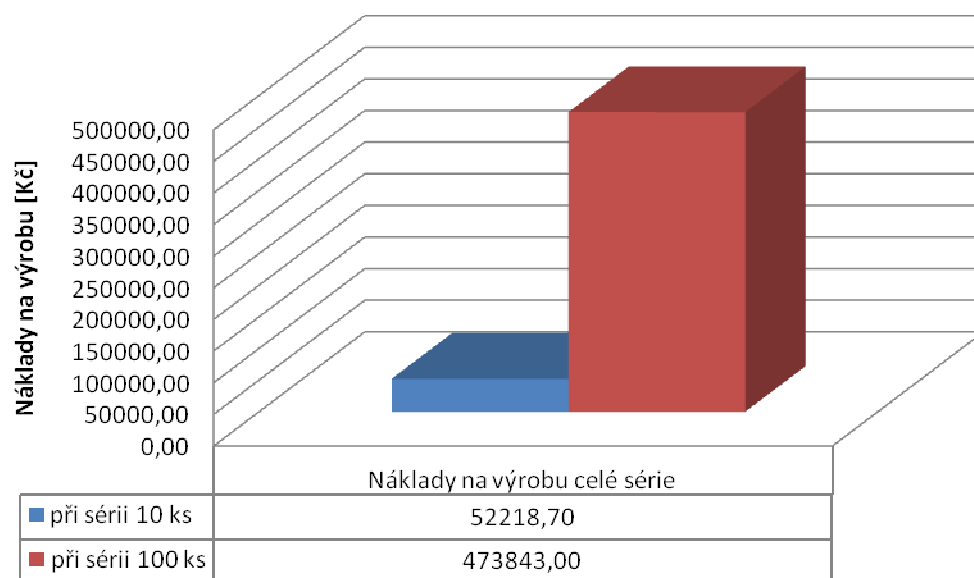
Porovnání nákladů na výrobu AS1 a VS2 (obr. 3.2 a 3.3)

Náklady na výrobu 1 ks



Obr. 3.2 Náklady na výrobu 1 ks

Náklady na výrobu celé série



Obr. 3.3 Náklady na výrobu celé série

4 ZAVEDENÍ DO VÝROBY

Problematika zavedení do výroby je řešena pro všechny díly součástí, včetně součástí samotné, ve dvou variantách (AS1 a VS2, obr. 4.1 - obr. 4.12 a tab. 4.1 – 4.10).

Pozn. 1: Modře vyznačená „políčka“ v diagramech označují pauzy mezi jednotlivými operacemi a pohybují se v časovém rozmezí od 0,1 do 0,2 hod. (neplatí pro kooperaci, kde je tato doba odhadnuta na 0,5 hod.). Tento čas slouží k přesunu materiálu mezi operacemi a je závislý na vzdálenosti mezi jednotlivými dílnami. Jedná se o 2 násobek standardní přepravní doby z důvodu nečekaných komplikací.

Pozn. 2: Zeleně vyznačená „políčka“ znázorňují dobu dané operace.

Pozn. 3: Červené linky vyznačují hranici mezi směnami. Liché číslce označují ranní směnu, sudé směnu odpolední.

Pozn. 4: Plán výroby je vytvořen tak, aby bylo možné vyrábět všechny díly naráz. Po jejich vyrobení následuje svaření a obrobení na součást požadovaného tvaru. Obrábění součásti „KRYT VSTRÍKOVACHE“ začíná až po svaření, proto lze opět využít celý strojový park.

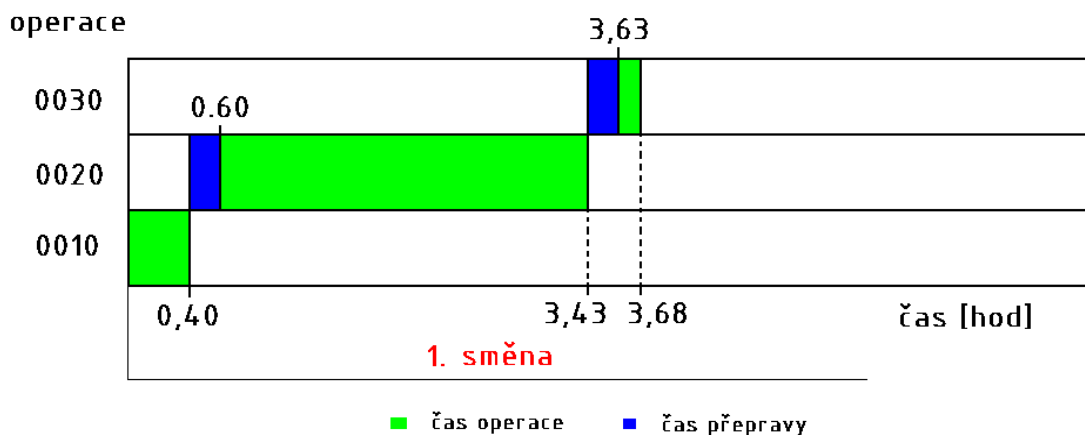
4.1 Zavedení do výroby dílu součásti „DNO“

Aktuální studie AS1

Tab. 4.1 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	řezání	pila kotouč. PKA35	1	1	0	0,40
0020	soustruž.	revolverový soustruh R5	1	1	0	2,83
0030	kontrola rozměrů	kontrolní	-	1	0	0,05

PLÁN VÝROBY PRO 10 KS DÍLŮ „DNO“



Obr. 4.1 Plán výroby dílu součásti „DNO“ v sérii 10 ks

Celá série dílů je vyrobitelná za 1 pracovní den v jedné směně (obr. 4.1).

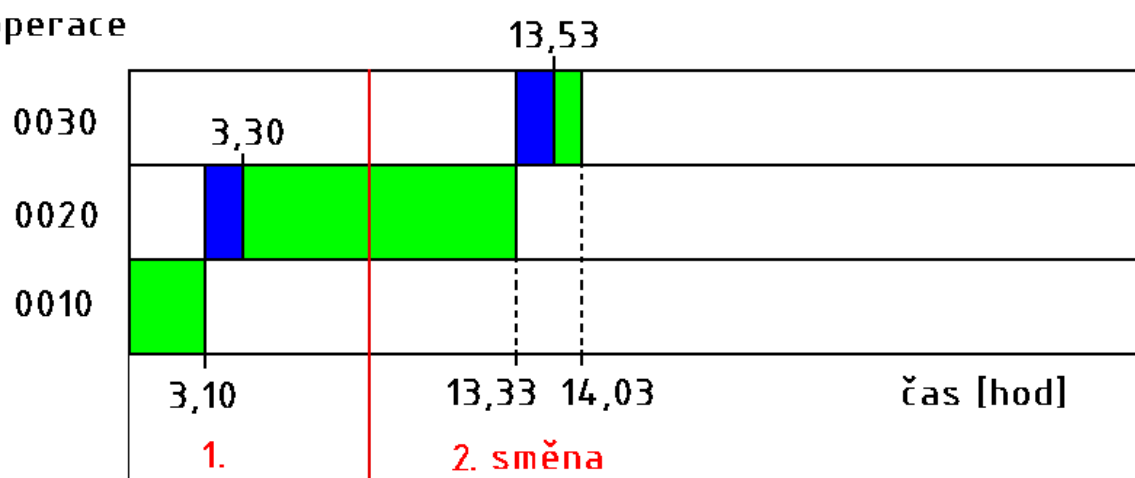
Výhledová studie VS2

Tab. 4.2 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	řezání	pila kotouč. PKA35	1	1	0	3,10
0020	soustruž.	revolverový soustruh R5	2	2	1	10,03
0030	kontrola rozměrů	kontrolní	-	0	1	0,50

PLÁN VÝROBY PRO 100 KS DÍLŮ „DNO“

operace



■ čas operace ■ čas přepravy

Obr. 4.2 Plán výroby dílu součásti „DNO“ v sérii 100 ks

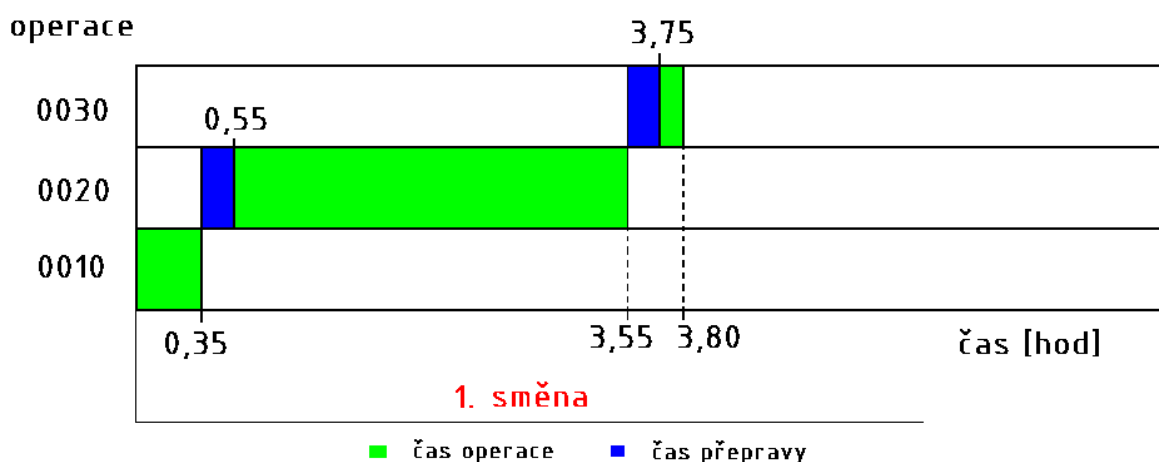
Celá série dílů je vyrobitelná za 1 pracovní den ve dvou směnách (obr. 4.2).

4.2 Zavedení do výroby dílu součásti „TRUBKA“**Aktuální studie AS1**

Tab. 4.3 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	řezání	pila kotouč. PKA35	1	1	0	0,35
0020	soustruž.	hrotový soustruh SU50	1	1	0	3,00
0030	kontrola rozměrů	kontrolní	-	1	0	0,05

PLÁN VÝROBY PRO 10 KS DÍLŮ "TRUBKA"



Obr. 4.3 Plán výroby dílu součásti „TRUBKA“ v sérii 10 ks

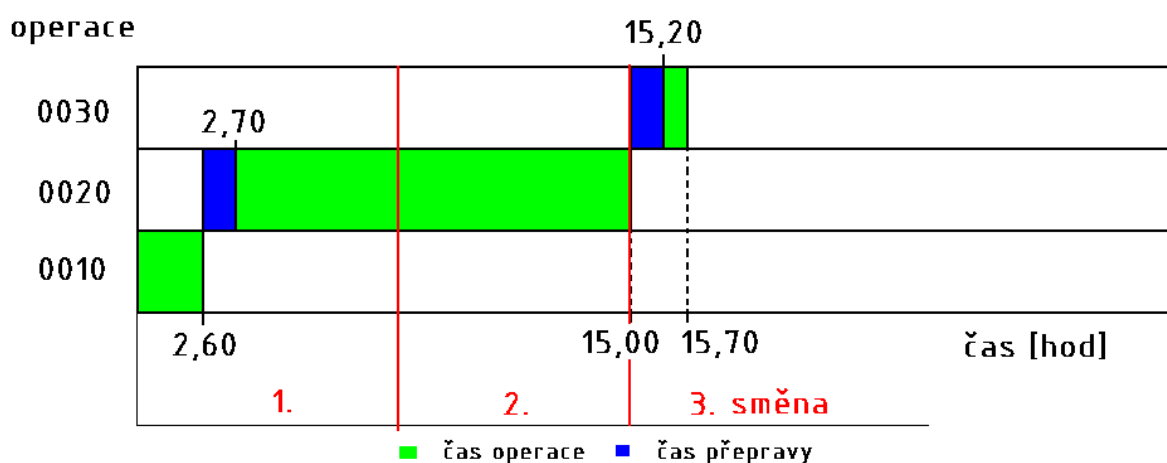
Celá série dílů je vyrobitelná za 1 pracovní den v jedné směně (obr. 4.3).

Výhledová studie VS2

Tab. 4.4 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	řezání	pila kotouč. PKA35	1	1	0	2,60
0020	soustruž.	hrotový soustruh SU50	2	2	2	12,30
0030	kontrola rozměrů	kontrolní	-	1	0	0,50

PLÁN VÝROBY PRO 100 KS DÍLŮ "TRUBKA"



Obr. 4.4 Plán výroby dílu součásti „TRUBKA“ v sérii 100 ks

Celá série dílů je vyrobitelná za 2 pracovní dny ve třech směnách (obr. 4.4).

4.3 Zavedení do výroby dílu součásti „PŘÍRUBA“

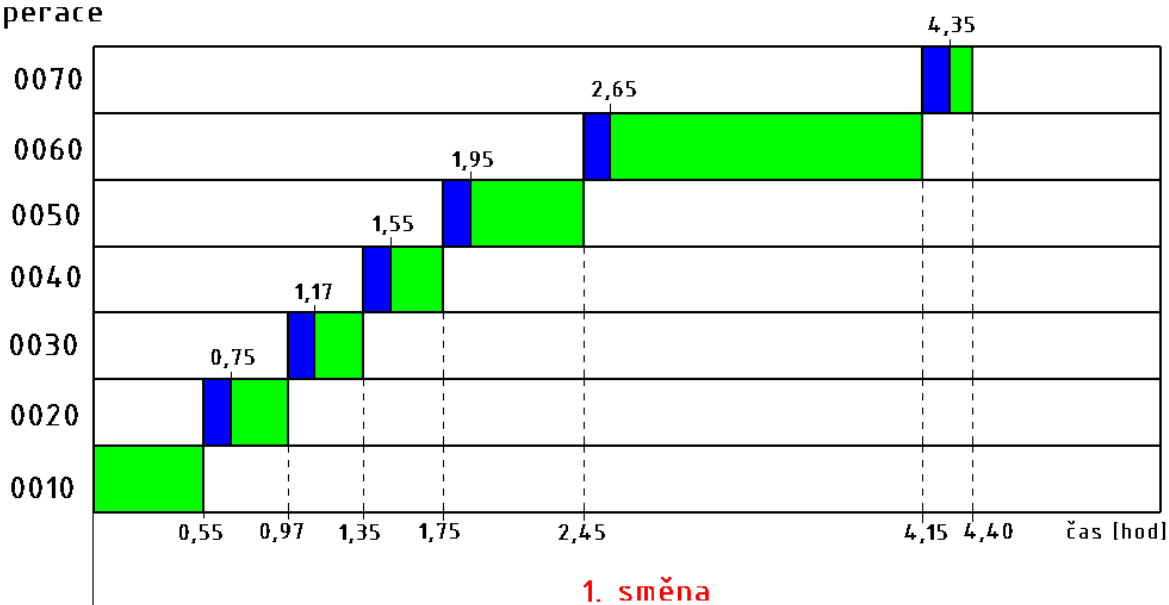
Aktuální studie AS1

Tab. 4.5 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	řezání	pálicí stroj KS07A	1	1	0	0,55
0020	omílání	omílací stroj OS1A	1	1	0	0,22
0030	žihání	žihací pec TSC50/80	1	1	0	0,18
0040	tryskání	pneumatický tryskač IBT65	1	1	0	0,20
0050	broušení	bruska rovinná svislá BPV40	1	1	0	0,50
0060	soustruž.	hrotový soustruh SU50	1	1	0	1,50
0070	kontrola rozměrů	kontrolní	-	1	0	0,05

PLÁN VÝROBY PRO 10 KS DÍLŮ „PŘÍRUBA“

operace



Obr. 4.5 Plán výroby dílu součásti „PŘÍRUBA“ v sérii 10 ks

Celá série dílů je vyrobitelná za 1 pracovní den v jedné směně (obr. 4.5).

Výhledová studie VS2

Výpočet počtu použitých strojů pro operaci 0060 dílu součásti „PŘÍRUBA“ v sérii 100 ks sice prokázal, že by na obrobení dílu „PŘÍRUBA“ v sérii 100 ks stačily 2 hrotové soustruhy SU50, ale pokud by se využili tyto

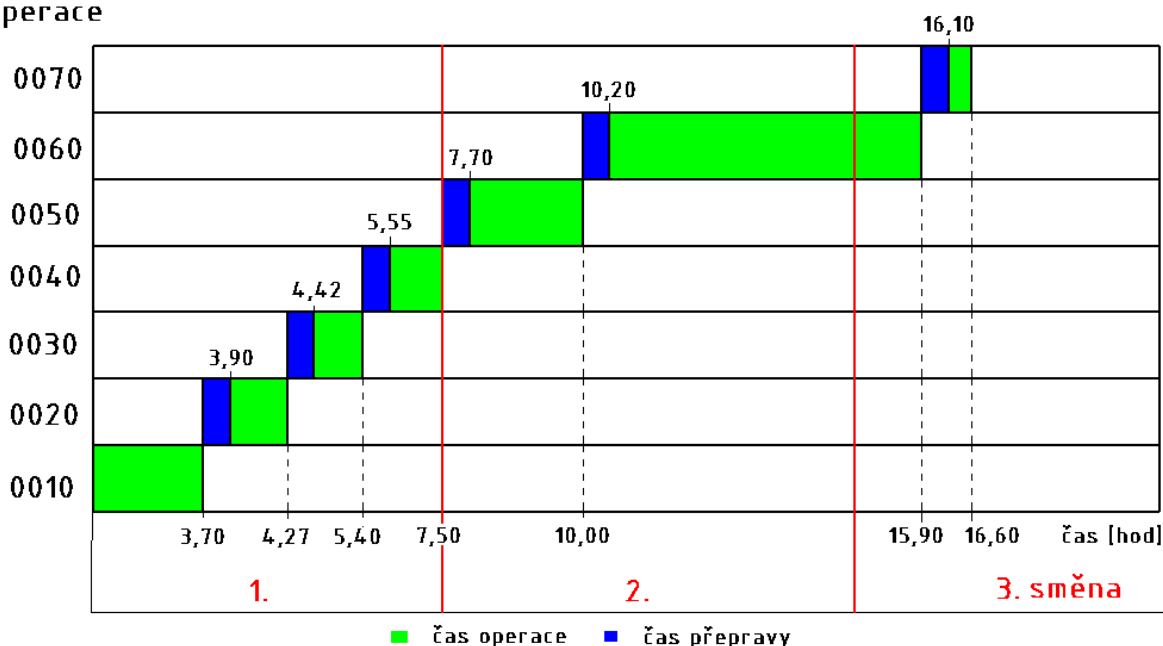
soustruhy celkem 3 (došlo by k plnému využití těchto strojů z kapacity firmy), **zkrátila by se výrobní doba ze třech směn na dvě** (obr. 4.7).

Tab. 4.6 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	řezání	pálicí stroj KS07A	1	1	0	3,70
0020	omílání	omílací stroj OS1A	1	1	0	0,37
0030	žihání	žihací pec TSC50/80	1	1	0	0,93
0040	tryskání	pneumatický tryskač IBT65	1	1	0	2,00
0050	broušení	bruska rovinná svislá BPV40	1	0	1	2,30
0060	soustruž.	hrotový soustruh SU50	3	0	3	3,80
0070	kontrola rozměrů	kontrolní	-	0	1	0,50

PLÁN VÝROBY PRO 100 KS DÍLŮ "PŘÍRUBA"

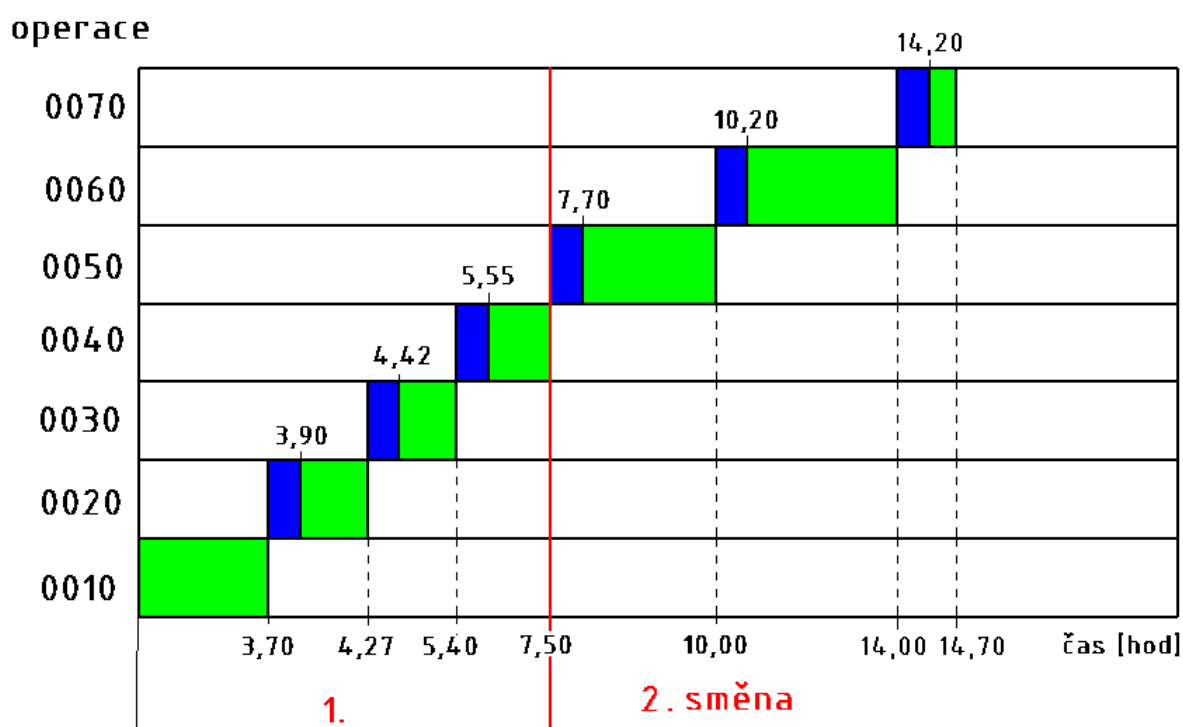
operace



Obr. 4.6 Plán při využití 2 ks hrotových soustruhů SU50 pro výrobu dílu součásti „PŘÍRUBA“ v sérii 100 ks

Celá série dílů je vyrobitelná za 2 pracovní dny ve třech směnách (obr. 4.6).

PLÁN VÝROBY PRO 100 KS DÍLŮ „PŘÍRUBA“



Obr. 4.7 Plán při využití 3 ks hrotových soustruhů SU50 pro výrobu dílu součásti „PŘÍRUBA“ v sérii 100 ks

Celá série dílů je vyrobitelná za 1 pracovní den ve dvou směnách (obr. 4.7).

4.4 Zavedení do výroby součásti „KRYT-SVARENEC“

Aktuální studie AS1

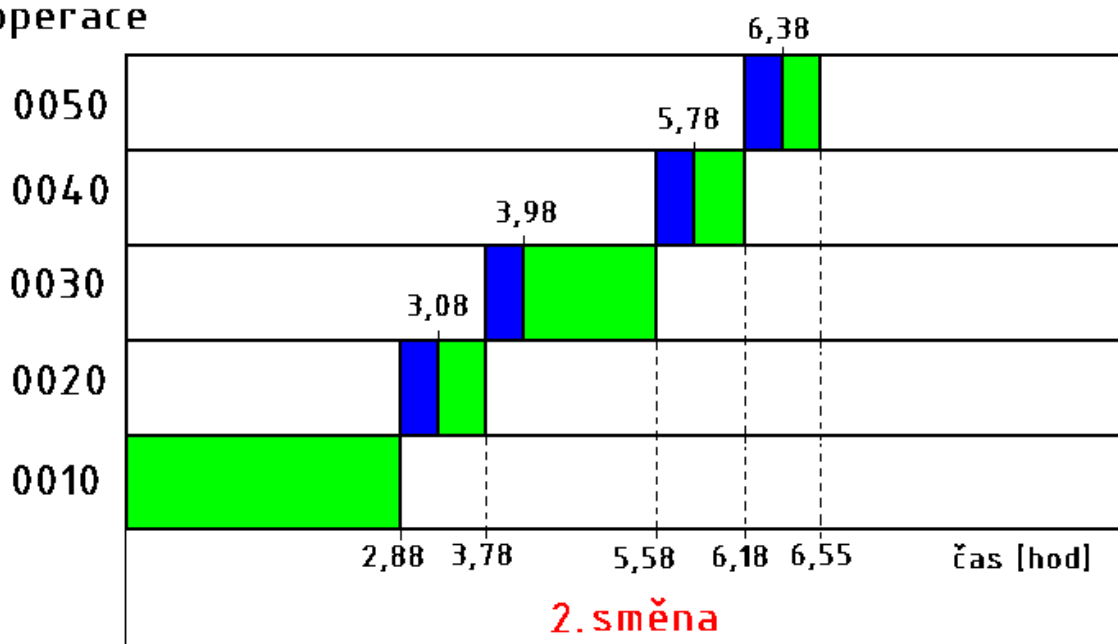
Všechny díly součástí budou vyrobeny v první (ranní) směně, z tohoto důvodu byla zařazena výroba součásti „KRYT SVARENEC“ až na směnu druhou (odpolední), obr. 4.8.

Tab. 4.7 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	svařov.	svářecí poloauto. KIT389	1	0	1	2,88
0020	čištění svarů	-	-	0	1	0,70
0030	žihání	žihací pec TSC50/80	1	0	1	1,60
0040	tryskání	pneumat. tryskač IBT65	1	0	1	0,40
0050	kontrola rozměrů	kontrolní	-	0	1	0,17

PLÁN VÝROBY PRO 10 KS SOUČÁSTÍ „KRYT SVAŘENEC“

operace



■ čas operace ■ čas přepravy

Obr. 4.8 Plán výroby dílu součásti „KRYT SVAŘENEC“ v sérii 10 ks

Celou sérii lze vyrobit za 1 pracovní den v jedné směně (odpolední), obr. 4.8.

Výhledová studie VS2

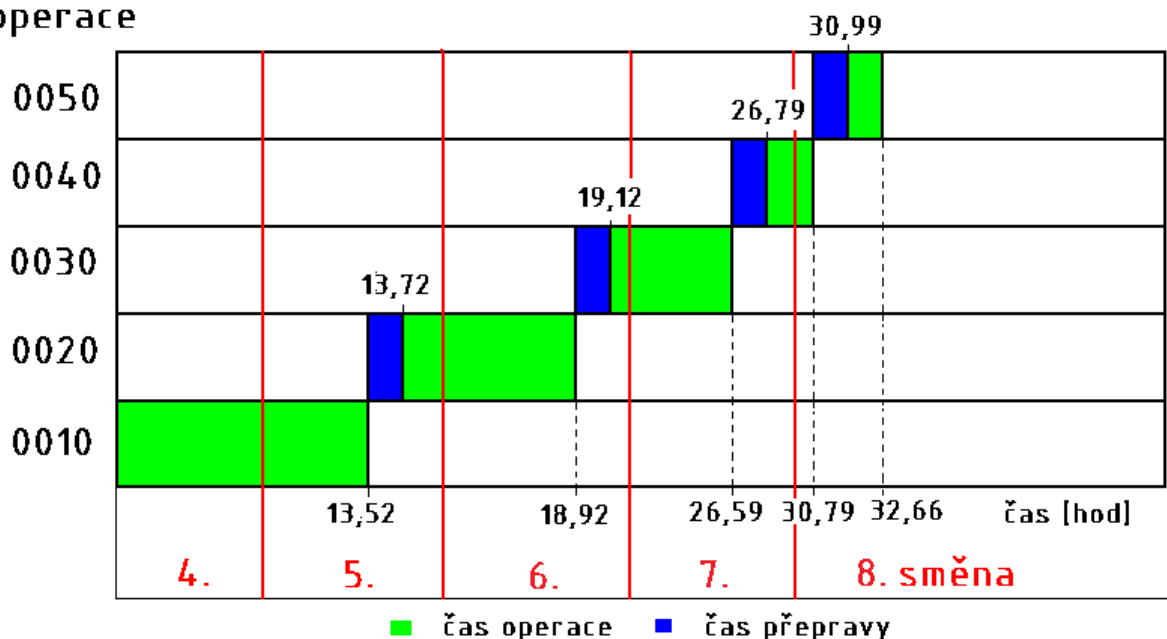
Všechny díly součástí budou vyrobeny ve třech směnách, z tohoto důvodu byla zařazena výroba součásti „KRYT SVAŘENEC“ až na směnu čtvrtou (odpolední), obr. 4.9.

Tab. 4.8 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	svařov.	svářecí poloauto. KIT389	2	2	2	13,52
0020	čištění svarů	zamečník	-	1	1	5,20
0030	žihání	žihací pec TSC50/80	2	2	2	7,47
0040	tryskání	pneumat. tryskač IBT65	1	1	1	4,00
0050	kontrola rozměrů	kontrolní	-	1	0	1,67

PLÁN VÝROBY PRO 100 KS SOUČÁSTÍ „KRYT SVAŘENEC“

operace



Obr. 4.9 Plán výroby dílu součásti „KRYT SVAŘENEC“ v sérii 100 ks

Celá série je vybitelná za 4 pracovní dny v osmi směnách (obr. 4.9).

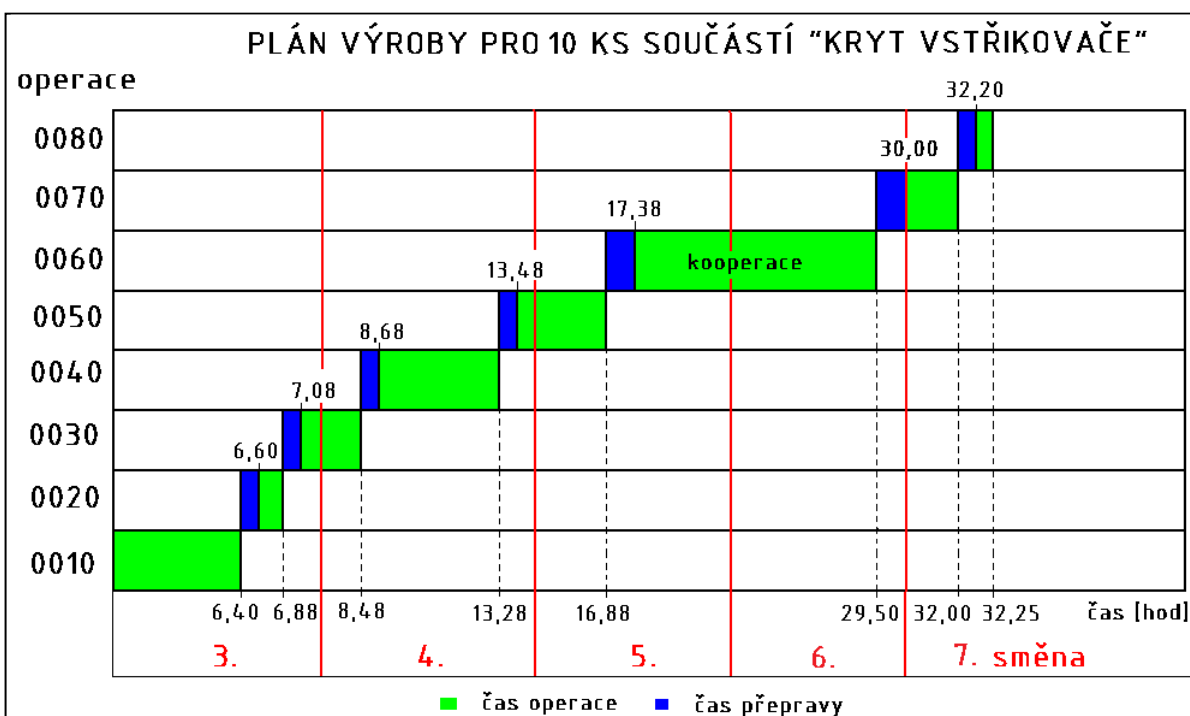
4.5 Zavedení do výroby součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“

Aktuální studie AS1

Výroba součásti „KRYT SVAŘENEC“ bude ukončena ve druhé (odpolední) směně, následující směnu už tedy lze pracovat na výrobě součástí „KRYT VSTŘIKOVAČE“ (obr. 4.10).

Tab. 4.9 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	soustruž.	hrot. soustr. SU50	3	3	0	6,40
0020	zámečnické práce	zámečník	-	1	0	0,28
0030	vrtání	radiální vrtačka VR4A	1	1	1	1,40
0040	soustruž.	hrot. soustr. SU50	1	0	1	4,60
0050	broušení	bruska hrot. BUC63	1	1	1	3,40
0060	tvrdochrom.	kooperace	-	-	-	-
0070	broušení	bruska hrot. BUC63	1	1	0	2,00
0080	kontrola rozměrů	kontrolní	-	1	0	0,05



Obr. 4.10 Plán výroby dílu součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ v sérii 10 ks

Celá série 10 ks součástí je vyrobitelná za 4 pracovní dny v sedmi směnách (obr. 4.10).

Výhledová studie VS2

Výpočet množství použitých strojů pro operaci 0030 (vrtání) součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ v sérii 100 ks sice prokázal, že by na vyvrtání děr do 100 ks stačily 2 radiální vrtačky VR4A, ale pokud by se využili tyto vrtačky celkem 4 (došlo by k plnému využití těchto strojů z kapacity firmy), **zkrátila by se výrobní doba z 24 směn na 23** (obr. 4.11). Aplikací 4 vrtaček navíc dojde k lepší návaznosti výrobního procesu mezi jednotlivými směnami.

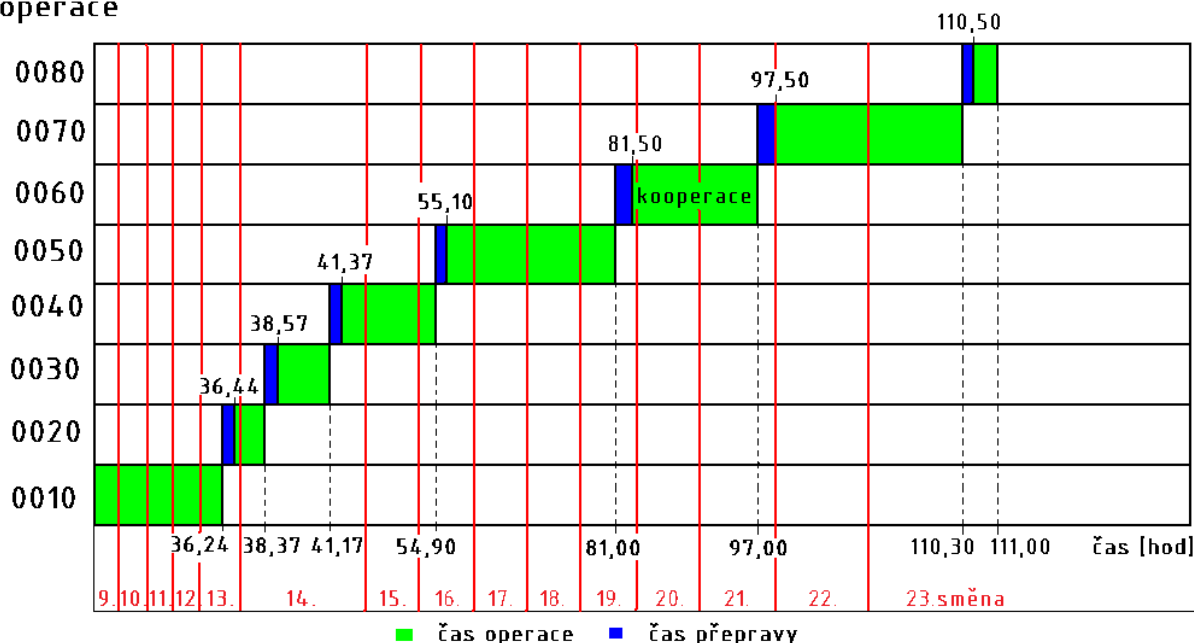
Tab. 4.10 Zavedení do výroby

oper.	popis	stroj (pracovník)	množství strojů [ks]	počet pracovníků ve směně		výrobní doba [hod]
				ranní	odpolední	
0010	soustruž.	hrot. soustr. SU50	5	5	5	36,24
0020	zámečnické práce	zámečník	-	1	1	1,93
0030	vrtání	radiální vrtačka VR4A	4	0	4	2,60
0040	soustruž.	hrot. soustr. SU50	3	3	3	13,53
0050	broušení	bruska hrot. BUC63	1	1	1	25,90
0060	tvrdochrom.	kooperace	-	-	-	-
0070	broušení	bruska hrot. BUC63	1	1	1	12,80
0080	kontrola rozměrů	kontrolní	-	1	0	0,50

Výroba součásti „KRYT SVĚŘENEC“ bude ukončena v osmé (odpolední) směně, následující směnu už tedy lze pracovat na výrobě součástí „KRYT VSTŘIKOVAČE“ (obr. 4.11).

PLÁN VÝROBY PRO 100 KS SOUČÁSTÍ „KRYT VSTŘIKOVAČE“

operace

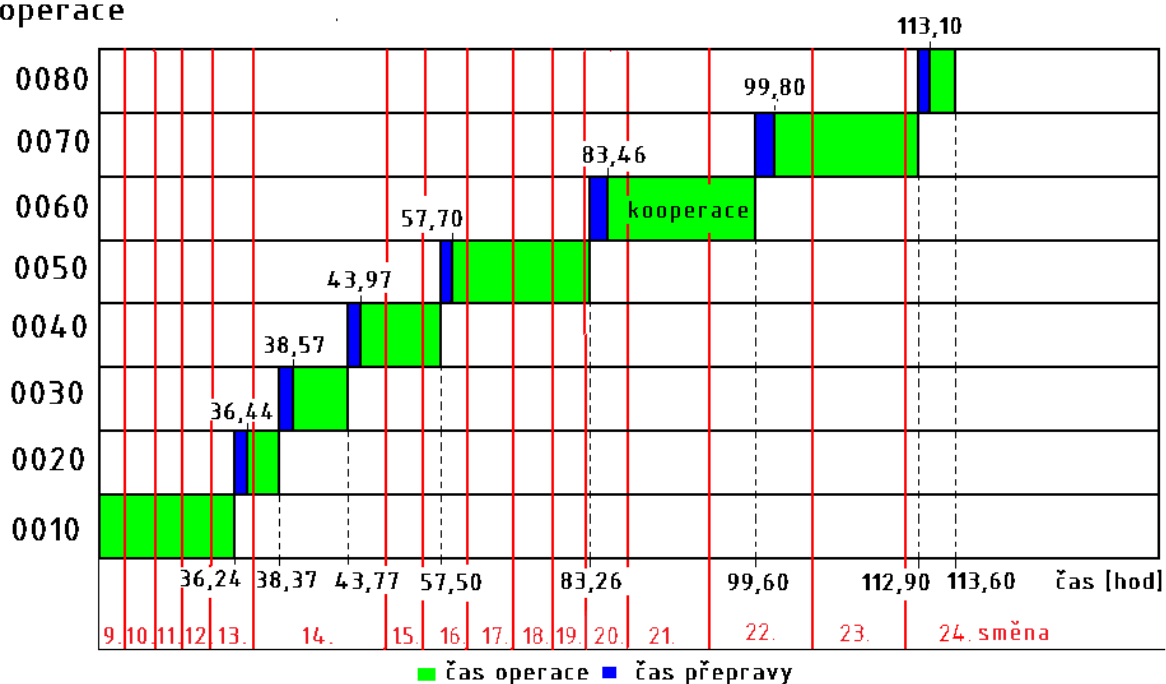


Obr. 4.11 Plán při využití 4 ks radiálních vrtaček VR4A pro výrobu součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ v sérii 100 ks

Celá série součástí lze vyrobit za 12 pracovních dnů v 23 směněch (obr. 4.11).

PLÁN VÝROBY PRO 100 KS SOUČÁSTÍ „KRYT VSTŘIKOVAČE“

operace



Obr. 4.12 Plán při využití 2 ks radiálních vrtaček VR4A pro výrobu součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ v sérii 100 ks

Celá série 100 ks součástí je tedy vyrobiteľná za 12 pracovných dní v 24 směnách (obr. 4.12).

Poznámka: K obr. 4.11 a 4.12: Časový plán není v měřítku z důvodu velkých časových rozdílů jednotlivých operací. Pokud by měřítko bylo dodrženo, operace 0020 a 0030 by byly v diagramu téměř neviditelné.

Počet kontrolních dělníků v jednotlivých směnách (tab. 4.1 až 4.10) je pouze teoretický. Po prozkoumání časových diagramů výroby bylo zjištěno, že se kontrolní operace v jednotlivých směnách nepřekrývají, z čehož lze utvořit závěr, že na každou směnu stačí zaměstnat pouze jednoho kontrolního pracovníka.

ZÁVĚR

V době zadávání magisterské práce byla otázka modernizace strojového parku ve výhledovém plánu firmy. Po prodeji novému majiteli se však situace změnila, začala vznikat tíživá finanční situace, která vedla až ke snižování stavu a zamítnutí myšlenek na modernizaci parku. Práce je tedy soustředěna především na stávající podmínky ve firmě (strojový park i vybavení) se zaměřením na vyhodnocení dvou variant výroby (aktuální a výhledové studie).

Za účelem výrazné úspory materiálu (tedy i snížení nutnosti obrábění, výrobní doby a nákladů) byl navržen způsob výroby svařením 3 dílů, které se dále obrábějí. Z tohoto důvodu bylo nutné nalézt vhodný materiál pro svařování. Z rozboru jednotlivých ocelí (kapitola 2.2.2) bylo patrné, že nejvýhodnější pro požadované účely bude použit ocel třídy 11 (konkrétně ocel 11 523 a 11 353). Tvary jednotlivých dílů byly navrženy tak, aby byla nutnost obrábění (po svaření) co nejmenší. Při jejich návrhu bylo také přihlédnuto k technologii výroby podobné součásti, která byla již odzkoušena.

Při sestavování technologických postupů bylo vycházeno z podmínek firmy. Navržené výrobní stroje a nástroje jsou uvedeny v kapitole 2.3.2 a 2.3.3. Jednotlivé výrobní postupy jsou soustředěny do příloh č. 11-15 a č. 18.

Výroba součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“ na nově navrženém stroji (příloha č. 18) by sice vedla ke zrychlení (z důvodů využití CNC techniky), ovšem s ohledem na tvar vyráběného dílu je tato časová úspora minimální. Jak už bylo uvedeno, varianta s možností nákupu nového stroje byla ze strany vedení firmy z finančních důvodů zamítnuta a proto nebyla dále rozebírána.

Požadavkem pro výrobu bylo zajištění vysoké tvrdosti, otěruvzdornosti a především odolnosti proti korozi, za nízkou cenu. Za tímto účelem byla navržena aplikace metody tvrdého chromování. Firma však nevlastní potřebné vybavení. Bylo tedy nutné nalézt firmu, která provádí tvrdochromovací povlakování a ujednat kooperaci. Za tímto účelem byla vyhledána firma RYNA, která sídlí nedaleko, a má veškeré potřebné vybavení pro tvrdochromování (do rozměru součástí 700 mm). Následně byla sjednána kooperace za cenu 703 Kč.ks⁻¹. Od této metody se však pomalu upouští (z ekologických důvodů). Za tímto účelem byla vyhledána možná náhrada do budoucna (příloha č. 17), kde byla uvedena jako nejvhodnější technologie HVOF (High Velocity Oxygen Fuel), jejíž podrobnější popis je také v této příloze uveden. Obecně se jedná o vysokorychlostní nástřik, sloužící pro tvorbu povlaků, vhodných de facto na všechny běžné druhy základních materiálů.

Po zjištění ceny kooperace bylo možné začít s kalkulací celkových výrobních nákladů, do kterých se tato cena započítává. Výpočet nákladů je proveden dle zvyklostí firmy, pomocí softwaru Profis (vztah 3.9). Jak dokazuje graf 3.2 a 3.3., výrobní náklady s rostoucí sérií klesají (což bylo předpokládáno z důvodů snížení výrobní doby). Při výrobní sérii 10 ks je cena za kus 5221,87 Kč a při výrobě 100 ks je to o **483,44 Kč méně** (tedy 4738,43 Kč).

Problematika zavedení do výroby je řešena pro všechny díly součástí, včetně součástí samotné, ve dvou variantách (aktuální a výhledová studie) a to pro stávající stroje. Při dodržení navržených podmínek je celá série 10 ks součástí (včetně kooperace) vyrobitelná za 4 pracovní dny v sedmi směnách (obr. 4.10). Jak dokazuje obr. 4.10, série 100 ks součástí je vyrobitelná za 12 pracovních dnů ve 23 směnách. Tento obrázek (časový diagram) popisuje průběh výroby s využitím 4 ks radiálních vrtaček VR4A. Aplikací pouze 2 ks radiálních vrtaček VR4A dojde k prodloužení výrobní doby na 24 směn (obr. 4.12). Z tohoto důvodu je preferována první varianta, kdy dojde k plnému využití vrtaček, které jsou k dispozici pro výrobu této součásti.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ČKD GROUP, *Rozvoj značky ČKD* [online]. 2008 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.ckd.cz/rozvoj-znacky-ckd>>.
2. ČKD GROUP, *Novodobá historie ČKD* [online]. 2008 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.ckd.cz/novodoba-historie-ckd>>.
3. FERONA, *Číselné označování a rozdělení ocelí ke tváření ČSN 42 0002:1976* [online]. 2011 [cit. 2011-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.ferona.cz/cze/katalog/oceli.php#tabulka1>>.
4. TUMLIKOVO.CZ, *Značení nástrojových ocelí* [online]. 8.12.2010 [cit. 2011-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/nastrojovematerialy/nastrojove-oceli/>>.
5. FREMUNT, Přemysl; PODRÁBSKÝ, Tomáš. *Konstrukční oceli*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 1996. 261 s. ISBN 80-85867-95-8.
6. General Šeld, *Výpočet uhlíkového ekvivalentu Ceq* [online]. 14.11.2008 [cit. 2011-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.generalweld.cz/cz/welding.php?id=14>>.
7. TUMLIKOVO.CZ [online]. 6.2.2011 [cit. 2011-02-22]. Neušlechtilé uhlíkové konstrukční oceli třídy 11, jejich složení a tepelné zpracování. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-11/>>.
8. TUMLIKOVO.CZ, *Vliv jednotlivých prvků na vlastnosti ocelí* [online]. 7.2.2011 [cit. 2011-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/chemicke-prvky-oceli/#13>>.
9. TUMLIKOVO.CZ, *Nízkolegované konstrukční oceli třídy 13, jejich složení a tepelné zpracování*. [online]. 6.2.2011 [cit. 2011-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-13/>>.
10. TUMLIKOVO.CZ, *Nízkolegované konstrukční oceli třídy 14, jejich složení a tepelné zpracování* [online]. 6.2.2011 [cit. 2011-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-14/>>.
11. TUMLIKOVO.CZ, *Nízkolegované konstrukční oceli třídy 15, jejich složení a tepelné zpracování* [online]. 3.2.2011 [cit. 2011-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-15/>>.
12. TUMLIKOVO.CZ, *Legované oceli třídy 16, jejich složení a tepelné zpracování* [online]. 23.1.2011 [cit. 2011-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.tumlikovo.cz/rubriky/materialy/konstrukcni-oceli/oceli-tridy-16/>>.
13. VEVERKA, J., OMNITECH, *Svařování korozivzdorných a žárupevných ocelí*. [online]. 2007 [cit. 2011-02-22]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.omnitechweld.cz/cze/clanky/svarovani_korozivzdornych_a_zarupevných_oceli.html>.
14. FÜRBAACHER, Ivan; MACEK, Karel; STEIDL, Josef. *Lexikon technických materiálů*. Praha 1 : Odborné nakladatelství technické literatury, červenec 2001. Tvářené konstrukční oceli, s. 11523 str.1,2,3. ISBN 80-86229-02-5.

15. FÜRbacher, Ivan; MACEK, Karel; STEIDL, Josef. *Lexikon technických materiálů*. Praha 1 : Odborné nakladatelství technické literatury, červenec 2001. Tvářené konstrukční oceli, s. 11353 str.1,2. ISBN 80-86229-02-5.
16. KOCMAN, Karel; PERNÍKÁŘ, Jiří. *ROČNÍKOVÝ PROJEKT II - obrábění*. Brno : Ústav strojírenské technologie (Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství), 2002. NÁVRH POLOTOVARU A VÝPOČET NORMY SPOTŘEBY MATERIÁLU, s. 9.
17. BEZ MOTORY. *Kolektivní smlouva BEZ MOTORY*, a. s. HRADEC KRÁLOVÉ, 30.1.2007.
18. ŠTRAJBL, J. *Obráběcí stroje*. Praha : SNTL-nakladatelství technické literatury, 1979. 619 s. ISBN 04-207-79.
19. *Stroje a skladové zásoby Heinc, Soustruh hrotový SU50* [online]. 2011 [cit. 2011-02-25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.skladovezasoby.cz/251/soustruh-hrotovy-su50-2000>>.
20. *AZ - Svářecí Technika, KIT 389 Standard* [online]. 2011 [cit. 2011-02-25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.az-svarecitechnika.cz/svareci-poloautomaty-mig-mag/kit-389-standard>>.
21. *1.Toušeňská, Pneumatická tryskáč zařízení* [online]. 2010 [cit. 2011-02-25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.1tousenska.cz/vyroba.php?sub=1&podr=1>>.
22. *AKK stroje, CORTA Messer Griesheim KS 07 A* [online]. 2011 [cit. 2011-02-25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.akkstroje.cz/pdf/detail.php?id=101693>>.
23. *Bazoš.cz, Omílací buben* [online]. 2011 [cit. 2011-03-05]. Dostupné na World Wide Web: <<http://stroje.bazos.cz/inzerat/8761415/Omilaci-buben.php>>.
24. *ABC Českého Hospodářství, Kotoučová pila na kov PKA 35 - JIŘÍ BROŽ* [online]. 2011 [cit. 2011-02-25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://nabidky.abc.cz/nabidka/387125-cz-kotoucova-pila-na-kov-pka-35/>>.
25. *Stroje a skladové zásoby Heinc, Revolverový soustruh R5* [online]. 2010 [cit. 2011-02-25]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.skladovezasoby.cz/139/revolverovy-soustruh-r5>>.
26. *Fermatmachinery, SF 55 CNC*, [online]. 2008 [cit. 2011-02-18]. Dostupné na World Wide Web: < <http://www.fermatmachinery.com/cs/11-cnc-soustruhy/29-sf-55-cnc.html>>.
27. *KOVO.net, Laser+plasma stroje*, [online]. 2009 [cit. 2011-02-18]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.kovo.net/index.php?kategorie=991&type=detailc=z&ID=96012>>.
28. *KINEX 6000, Posuvné měřítko 150mm, hloubkoměr, vnitřní měření, čelisti 40mm, d (Landsmann s. r. o. - nářadí - nástroje - stroje)*, [online]. 2000 [cit. 2011-02-18]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.landsmann.cz/kinex-6000-posuvne-meritko-150mm-hloubkomer-vnitri-mereni-celisti-40mm-d_d3472.html>.
29. PRAMET, Katalog nástrojů, [online]. 2011. [cit. 2011-02-05]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.pramet.com/indexc1b6.html>>.
30. *MITUTOYO, Digitální třmenový mikrometr QuantuMike IP65 50-75 mm bez výstupu dat, 293-147 / Nářadí - Nástroje – Stroje*, [online]. 2011 [cit. 2011-

- 02-18]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.e-nastroje.cz/ZBOZI/1039062--MITUTOYO-Digitalni-trmenovy-mikrometr-QuantuMike-IP-65-50-75-mm-bez-vystupu-dat,-293-147/>>.
31. *MT nástroje, Válečkový mezní kalibr - trn D45 - H7*, [online]. 2008 [cit. 2011-02-18]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.i-zavitniky.cz/i-zavitniky/eshop/12-1-Kalibry-a-merky/717-2-Valeckove-kalibry-trny/5/12120-Valeckovy-mezni-kalibr-trn-D45-H7>>.
 32. *Maister, VRTÁK STŘEDÍCÍ A 4 VYBRUŠ.*, [online]. 2000 [cit. 2011-02-18]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.maister.cz/vrtaky-stredici-a-oboustranne-221110-vrtak-stredici-a-4-vybrus-31111540-cz.aspx>>.
 33. *Profi-technika.cz, Vrták HSS-R užší stopka 15,0x114/169 mm, Hawera*, [online]. 2009 [cit. 2011-02-18]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.profi-technika.cz/hawera-vrtak-hss-r-uzsi-stopka-15-0x114-169-mm-1653>>.
 34. *Nástroje-K Tábor s. r. o., Pro válcové zahloubení ČSN 221604*, [online]. 2008 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.nastroje-k.cz/e-shop/zahlubniky/pro-valcove-zahloubeni-csn-221604>>.
 35. *JIMI-Brusivo s. r. o., Brousící kotouč plochý 500x200x305 98A60M8V01*, [online]. 2008 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.brusivojimi.com/brusne-kotouce-ploche/keramicke-kotouce-do-500mm/brousa-ca-kotouat-plocha-500x200x305-98a60m8v01/>>.
 36. *FABORY, D345RN VRTÁK 54,0MM*, [online]. 2009 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.fabory.cz/cs/product/fabod345rn-vrt%C3%A1k-54,0-mm/F0129540001.html>>.
 37. *LUTOMA s. r. o., Výhrubník nástrčný 54,5*, [online]. 2009 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://eshop.lutoma.cz/nastroje-a-naradi-221/nastroje-na-obrabeni-otvoru-226/vyhrubniky-230/vyhrubnik-nastrcny-545-s-411149145450.html>>.
 38. *LUTOMA s. r. o., Výstružník nástrčný se zuby ve šroubovici 55H11*, [online]. 2009 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://eshop.lutoma.cz/nastroje-a-naradi-221/nastroje-na-obrabeni-otvoru-226/vystruzniky-strojni-227/vystruznik-nastrcny-se-zuby-ve-sroubovici-55h11-s-411142320551.html>>.
 39. *NAREX CONSULT, Pilník plochý 200/2 STANLEY 0-22-451*, [online]. 2011 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://eshop.narexcon.cz/detail25420/pilnik-plochy-200/2-stanley-0-22-451>>.
 40. *INNA, Důlčík délka 120mm Yato*, [online]. 2010 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.inna-kt.cz/index.php?sdet=20806>>.
 41. *Profi-technika.cz, Vrták HSS-R užší stopka 14,0x108/160 mm*, [online]. 2009 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.profi-technika.cz/hawera-vrtak-hss-r-uzsi-stopka-14-0x108-160-mm-1651>>.
 42. *LUTOMA, s. r. o., Záhlubník kuželový s kuželovou stopkou 90/63*, [online]. 2009, [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://eshop.lutoma.cz/nastroje-a-naradi-221/nastroje-na-obrabeni-otvoru-226/zahlubniky-sady-zahlubniku-273/zahlubnik-kuzelovy-s-kuzelovou-stopkou-9063-s-411161286309.html>>.

43. *RATO servis s. r. o., ISO 2N, 223010NO M8 /110 080*, [online]. 2011, 18.2.2011 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <http://www.ratoservis.cz/index.php?option=com_virtuemart&page=shop.product_details&category_id=1053&=0&flypage=flypage-ask.tpl&product_id=16115&vmcchk=1&Itemid=54>.
44. *JIMI-Brusivo s. r. o., Brousicí kotouče 250x10x32 delta 45* 98TA/96A 60L8V jednostranně zkosené*, [online]. 2008 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.brusivojimi.com/brusne-kotouce-tvarove/jednostranne-zkosene-539/broustica-kotouate-250x10x32-delta-45-98ta-96a-60l8v-jednostranna-zkosena/>>.
45. *Kalibrační laboratoř Zindler, M8-6H - Závitový kalibr - trn oboustranný*, [online]. 2010 [cit. 2011-02-19]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.vltava2009.cz/klz/GoodsDetail.asp?strGoodsID=1609>>.
46. *Briol, Závitník M8 č.5561 HSS-E bez povlaku* [online]. 2009 [cit. 2011-02-21]. Dostupné na World Wide Web: <<http://eshop.briol.cz/cz/katalog-produktu/zavitniky/zavitniky-strojni--metricky-zavit/zavitniky-univerzalni/pro-pruchozi-otvory/zavitnik-m8-c.5561-hss-e-bez-povlaku/c27346>>.
47. *BOMEX – CZ, TVRDÉ CHROMOVÁNÍ*, [online]. 2010 [cit. 2011-02-19]. TVRDÉ CHROMOVÁNÍ. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.bomex.cz/cz/3-technologie/8-tvrde-chromovani.html>>.
48. KORECKÝ, Jan. *Úprava povrchu kovů*. Praha : SNTL, 1963. Chromování, s. 78. ISBN 04,216,63.
49. *Z-PRECIS, TVRDÉ CHROMOVÁNÍ*, [online]. 2011 [cit. 2011-02-19]. TVRDÉ CHROMOVÁNÍ . Dostupné na World Wide Web: <<http://www.niklovani.cz/cz/7-vyrobní-program/11-tvrde-chromovani.html>>.
50. *KUBÍČEK, Jaroslav. RENOVACE A POVRCHOVÉ ÚPRAVY*. Brno : Ústav strojírenské technologie (Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství), 11.12.2006. ELEKTROCHEMICKÉ (GALVANICKÉ) VYLUČOVÁNÍ KOVOVÝCH POVLAKŮ, s. 44.
51. *ZAHÁLKA, František; ENŽL, Radek*. Progresivní řešení náhrady tvrdého chromování. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 13. dubna 2005, č.4, [cit. 2011-02-18]. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/progresivni-reseni-nahrady-tvrdeho-chromovani>>.
52. *HALLIDAY, DAVID; RESNICK, ROBERT; WALKER, JEARL. FYZIKA 2 : Vysokoškolská učebnice obecné fyziky*. Vysoké učení technické v Brně : VUTIUMa PROMETHEUS Praha, 2001. 252 s.
53. *Příručka obrábění : Kniha pro praktiky*. Praha 2 : Scientia, s. r. o., 1997. 896 s. ISBN 91-972299-4-6.
54. *HOCHGRAF, Fred*. New Hampshire Materials Laboratory [online]. 1.7.1999 [cit. 2011-05-20]. Hard Chromium Plating. Dostupné na World Wide Web: <<http://www.nhml.com/resources/1999/7/1/hard-chromium-plating>>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
CAD	-	Computer Aided Design - počítačem podporované navrhování - software (nebo obor) pro projektování či konstruování na počítači
E	MPa	Youngův modul pružnosti
AS1	-	Aktuální studie
VS2	-	Výhledová studie
d_1	mm	maximální průměr součásti „TRUBKA“
d_2	mm	maximální průměr součásti „PŘÍRUBA“
d_3	mm	maximální průměr součásti „DNO“
p_1	mm	přídavek na průměr součásti „TRUBKA“
p_2	mm	přídavek na průměr součásti „PŘÍRUBA“
p_3	mm	přídavek na průměr součásti „DNO“
D_{pol}	mm	průměr výchozího polotovaru
L	mm	délka tyče
a_p	mm	šířka záběru
l_{pol}	mm	délka polotovaru
p_p	mm	prořez pilou
Σ_{kst}	ks.tyč ⁻¹	celkem výrobitelných kusů z jedné tyče
Σ_{kst1}	ks	počet vyrobených kusů z tyče
V_1	mm	využitá část tyče
s	ks.rok ⁻¹	velikost série
Σ_{vt}	ks	počet plně využitých tyčí
Σ_{kst10}	ks	vyrobených kusů z poslední tyče
V_{10}	mm	využitá část poslední tyče
N_{10}	mm	nevyužitý zbytek z poslední tyče
q_o	kg	ztráta materiálu vzniklá obráběním přídavku
q_{k1}	kg	ztráta materiálu z nevyužitého konce tyče, připadající na jednu tyč
q_{kn}	kg	ztráta materiálu (teoretická) z nevyužitého konce poslední tyče
q_u	kg	ztráta materiálu dělením tyče připadající na jednici
Z_m	kg	celkové ztráty materiálu na jednici
N_m	kg	norma spotřeby materiálu
Q_{p1}	kg	hmotnost polotovaru
Q_{s1}	kg	čistá hmotnost součásti
l_{nkt1}	mm	délka nevyužitého konce tyče
ρ_o	kg.m ⁻³	hustota oceli
m_n	kg	hmotnost úseku n
Q_{sk}	kg	čistá hmotnost součásti „KRYT VSTŘIKOVAČE“
D_{max}	mm	vnější průměr
D_{min}	mm	vnitřní průměr
K_m	%	koeficient využití mat.
f	mm	posuv

n	min ⁻¹	otáčky
VBD	-	vyměnitelná břitová destička
TP	-	technologický postup
t _{f1}	min	dávkový čas řezání
t _{soustruž1}	min	dávkový čas soustružení
t _{kontrol1}	min	dávkový čas kontrol
t _{omílací1}	min	dávkový čas omílání
t _A	min	jednotkový čas vedlejší
t _{AS}	min	jednotkový strojní čas
t _B	min	čas dávkový
t _s	min	čas směny pracovníka
t _{žih1}	min	dávkový čas žihání
t _{trysk1}	min	dávkový čas tryskání
t _{brus1}	min	dávkový čas broušení
t _{svař1}	min	dávkový čas svařování
t _{zám1}	min	dávkový čas zámečnických prací
t _{vrt1}	min	dávkový čas vrtání
N _t	Kč.ks ⁻¹	náklady na materiál tyče (plechu)
N _{ks}	Kč.ks ⁻¹	náklady na materiál obrobeného kusu
N _k	Kč.ks ⁻¹	náklady ze ztrát z nevyužitého konce tyče
N _{pp}	Kč.ks ⁻¹	náklady ze ztrát z prořezu pilou
N _{qo}	Kč.ks ⁻¹	náklady na ztráty z obrábění přídávku
M _n	Kč.ks ⁻¹	mzdové náklady
C _m	Kč.kg ⁻¹	materiálová cena
Q _t	kg	hmotnost tyče
\$	Kč.hod ⁻¹	mzda pracovníka
Kč	Kč	výrobní cena
Kč _{ks}	Kč.ks ⁻¹	výrobní cena rozpočítaná na kus
Nc	Kč.ks ⁻¹	celkové náklady Nc pro jednotlivé série
HVOF	-	High Velocity Oxygen Fuel – vysokorychlostní nástřík

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Seznam strojů
Příloha 2 Výkres dílu součásti TRUBKA
Příloha 3 Výkres dílu součásti DNO
Příloha 4 Výkres dílu součásti PŘÍRUBA
Příloha 5 Výkres svařence KRYT SVAŘENEC
Příloha 6 Výkres součásti KRYT VSTŘIKOVAČE
Příloha 7 Výpočet hmotnosti
Příloha 8 Popis strojů (stávající strojový park)
Příloha 9 Popis strojů (nově navržené)
Příloha 10 Výrobní nástroje
Příloha 11 Technologický postup výroby dílu součásti DNO
Příloha 12 Technologický postup výroby dílu součásti TRUBKA
Příloha 13 Technologický postup výroby dílu součásti PŘÍRUBA
Příloha 14 Technologický postup výroby svařence KRYT SVAŘENEC
Příloha 15 Technologický postup výroby součásti KRYT VSTŘIKOVAČE 1
Příloha 16 Schéma úběru třísek
Příloha 17 Tvrdochromování
Příloha 18 Technologický postup výroby součásti KRYT VSTŘIKOVAČE 2
Příloha 19 Výběr varianty
Příloha 20 Návodka pro operaci 0010 KRYTU VSTŘIKOVAČE
Příloha 21 Ukázka vygenerovaného výpočtu nákladů

