



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

INOVACE VÝROBNÍ TECHNOLOGIE TLAKOVÝCH ZÁSOBNÍKŮ

AN INNOVATION OF PRODUCTION TECHNOLOGY
OF PREASSURE RESERVOIR

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Lukáš CAHA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Lukáš Caha

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

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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:

Inovace výrobní technologie tlakových zásobníků

v anglickém jazyce:

An innovation of production technology of pressure reservoirs

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh inovace výrobní technologie tlakových zásobníků ze svařovaného provedení na provedení kované.

Cíle diplomové práce:

1. Rozbor stávajícího systému, jeho funkce
2. Analýza stávající výrobní technologie
3. Návrh inovace výrobní technologie a možných aplikací
4. Technologicko-ekonomické porovnání výrobních variant
5. Závěry pro praxi

Seznam odborné literatury:

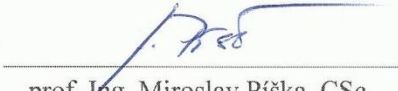
- DUŠÁK, K. Technologie montáže. Základy. VŠ skriptum. TU v Liberci, 2005, s. 113.
- VASILKO, K. - HRUBÝ, J. - LIPTÁK, J. : Technológia obrábania a montáže. 1.vyd. ALFA Bratislava 1991.
- TLUSTY, J. Manufacturing Process and Equipment. 1st edition. Prentice Hall, 1999. 928 s. ISBN 10-0201498650.
- HUMÁR A. TECHNOLOGIE MONTÁŽE, syllabus
<http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnMontaze.pdf>
- ZELENKA, A., PRECLÍK, V., HANINGER, M. Projektování procesů obrábění a montáží. ČVUT Praha, 1999.
- HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. Praha. MM publishing s. r.o. 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
- FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno. Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- DeGarmo, P.E., Black, J.T., Kohser, R.A. Materials and Processes in Manufacturing. John Wiley and Sons. 2012. 11th edition. 1184 s. ISBN-13 978-0-470-92467-9.
- Klocke, F. Mechanical Engineering on the Move. Plenary paper at SPS 2008, KTH, Stockholm.
- Dornfeld David, Lee Dae-Eun. Precision Manufacturing. Berkeley, California, 2008. ISBN 978-0-387-32467-8. [cit. 20. listopadu 2011]. Dostupné na World WideWeb: <<http://www.scribd.com/doc/47415310/Precision-Manufacturing-2008-Edition>>
- HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. Praha. MM publishing s. r.o. 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
- Schrader, G.F., Elshennawy A.K., Doyle, L.E. Manufacturing processes and materials. [cit. 10. listopadu 2012]. Dostupné na World WideWeb: <http://books.google.cz/books?id=Nz2wXvmkAF0C&pg=PT214&dq=metal+casting+material+s+isbn&hl=cs&ei=bnLJTSDIMIr1sgbtoejqBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CEgQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false>
- KOCMAN, K. a PROKOP, J. Technologie obrábění. 2. vyd. Brno. Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2005. ISBN 80-214-3068-0.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 19.11.2012




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Cílem práce na téma „Inovace výrobní technologie tlakových zásobníků“, je popis současné technologie výroby railů (tlakových zásobníků) a návrh nové. Součástí nového návrhu je výběr vhodného sortimentu railů, návrh vhodného nakládání do stroje a upínání ve stroji. Porovnání technologicko-ekonomických parametrů současné a navrhované technologie s následným zhodnocením.

Klíčová slova

Hüller Hille, Elha, rail, obrábění, upínací, přípravek

ABSTRACT

The target of Master Thesis with theme „The innovation of production technologie of pressure reservoir“, is a description of manufacturing technologie currently in use and design a new technologie. Part of new development of technologie is a selection of suitable spectrum of rails (pressure reservoir), design invention of appropriate machine loading system and clamping fixture placed into machine. Also the comparison of technologckl and economical parameters of proposed designed technologies and technologie currently in use - the final evaluation included.

Key words

Hüller Hille, Elha, rail, machining, fixture, clamping

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CAHA, Lukáš. *Inovace výrobní technologie tlakových zásobníků*. Brno 2013. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 79 s. příloh 14. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Inovace výrobní technologie tlakových zásobníků vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

24. 5. 2013

.....
Datum

Bc. Lukáš Čaha

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto prof. Ing. Miroslavu Piškovi, CSc. z VUT Brno a Ing. Jaroslavu Tunovi a kolegům z firmy Bosch Diesel s.r.o. Jihlava za cenné připomínky a rady při vypracovávání diplomové práce.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	10
1. BOSCH GROUP.....	12
1.1 Vize a strategie skupiny Bosch	12
1.1.1 Automobilová technika.....	13
1.1.2 Průmyslová technika.....	13
1.1.3 Spotřební zboží a technika budov	13
1.2 Historie společnosti Bosch.....	14
1.3 Společnost Bosch v České Republice	15
2. VÝROBNÍ PROGRAM BOSCH DIESEL s.r.o. JIHLAVA.....	17
2.1 Vysokotlaké čerpadlo CPN5	17
2.2 Vysokotlaké čerpadlo CP4.....	18
2.3 Vysokotlaké čerpadlo CP3	18
2.4 Vysokotlaký ventil DRV	18
2.5 Rail	19
3 COMMON RAIL.....	20
3.1 Konstrukce a funkce systému Common Rail	22
3.1.1 Nízkotlaká část systému Common Rail	23
3.1.2 Vysokotlaká část systému Common Rail	23
3.2 Výhody a nevýhody systému Common Rail.....	25
4 SOUČASNÁ TECHNOLOGIE VÝROBY VYSOKOTLAKÉHO ZÁSOBNÍKU - RAIL	27
4.1 Použité obráběcí stroje	27
4.1.1 Stroj TBT pro hluboké vrtání.....	27
4.1.2 Stroj Hüller Hille NBH-110.....	27
4.1.3 Stroj ELHA FM3-X	28
4.2 Technologie výroby LWR.....	29
4.3 Technologie výroby HFR.....	32
4.3.1 Stroje pro obrábění HFR.....	33
4.4 DMC kód.....	34
4.5 Požadované změny v obrábění HFR	35
5 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ VYSOKOTLAKÉHO ZÁSOBNÍKU	36

5.1	Technologie obrábění LWR na strojích ELHA	36
5.2	Současná technologie obrábění HFR	39
5.3	Kontrola a měření.....	41
6.	UPÍNACÍ PŘÍPRAVKY.....	42
6.1	Hüller Hille přípravky pro HFR.....	42
6.2	Elha přípravek pro LWR.....	43
7	NÁVRH UKLÁDÁNÍ A UPÍNÁNÍ KOVANÉHO (HFR) POLOTOVARU VE STROJI ELHA.....	44
7.1	Výběr vhodného sortimentu kovaných railů	44
7.2	Návrh základací palety stroje ELHA	44
7.2.1	Axiální obrábění	45
7.2.2	Radiální obrábění.....	46
7.3	Možnosti upínání vybraných typů ve stroji ELHA	46
7.3.1	Způsoby upnutí prvního typu ve stroji ELHA.....	47
7.3.2	Způsoby upnutí druhého typu ve stroji ELHA	49
7.3.3	Ostatní návrhy.....	51
8	TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ HFR VE STROJI ELHA	52
8.1	Technologie axiálního obrábění.....	52
8.2	Technologie radiálního obrábění.....	53
9.	KAPACITNÍ PROPOČTY A VYTÍŽENOST STROJŮ.....	55
9.1	Časový fond výrobního zařízení	55
9.2.1	Typ F 00R 002 943 axiální obrábění	56
9.2.2	Typ F 00R 002 943 radiální obrábění.....	57
9.2.3	Typ F 00R 003 172 axiální obrábění	57
9.2.4	Typ F 00R 003 172 radiální obrábění.....	57
9.2.5	Typ F 00R 002 948 axiální obrábění	58
9.2.6	Typ F 00R 002 948 radiální obrábění.....	58
9.2.7	Typ F 00R 003 294 axiální obrábění	58
9.2.8	Typ F 00R 003 294 radiální obrábění.....	59
9.3	Kapacitní propočet jednotlivých typů	60
9.3.1	Typ F 00R 002 943 axiální obrábění	60
9.3.3	Typ F 00R 003 172 axiální obrábění	61
9.3.4	Typ F 00R 003 172 radiální obrábění.....	61
9.3.5	Typ F 00R 002 948 axiální obrábění	62
9.3.6	Typ F 00R 002 948 radiální obrábění.....	62
9.3.7	Typ F 00R 003 294 axiální obrábění	63

9.3.8	Typ F 00R 003 294 radiální obrábění	63
9.3.9	Typ F 00R 00L 874.....	63
9.4	Zhodnocení kalkulací a využití strojů	64
10	TECHNOLOGICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ	69
10.1	Porovnání nákladů	69
10.2	Zhodnocení investic.....	70
10.3	Simulace návratnosti investice	72
11	ZÁVĚRY PRO PRAXI	74
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	75
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	77
	SEZNAM PŘÍLOH.....	79

ÚVOD

Žijeme v části světa, kde převládá nadbytek zboží. Produkce firem stoupá na takovou úroveň, že se jen stěží dá porovnávat s produkcí firem v předcházejícím období.

V současné době není problém ani tak vyrobit, jako prodat. Konkurence mezi firmami je velice vysoká. Výrobci se musí snažit, aby výrobky splňovaly představy zákazníků. V případě nespokojenosti zákazníka by se mohlo stát, že zákazník odejde ke konkurenci. O zákazníka je nutné neustále pečovat, výrobky mu dodávat v požadované kvalitě a v pravý čas. Na současný stav má velký vliv přetrvávající recese především v oblasti těžkého průmyslu.

Částečně stagnující automobilový průmysl klade velké nároky na vývoj nových produktů. Výroba by měla dosahovat co nejvyšší efektivity, to znamená dostatečná pružnost a co nejkratší náběhy výroby.

Skupina Bosch i přes veškeré překážky dosahuje zisku, i když očekávání měla větší. Důvodem jsou počáteční investice do nových oblastí podnikání. Dalšími překážkami pro skupinu Bosch je stále napjaté hospodářské klima, na kterém se podílí i krize související se státním zadlužením, které postihuje zejména země eurozóny. Hlavním cílem skupiny Bosch je proto zvýšení pružnosti a agility.



Obr. 1.1 Common Rail².

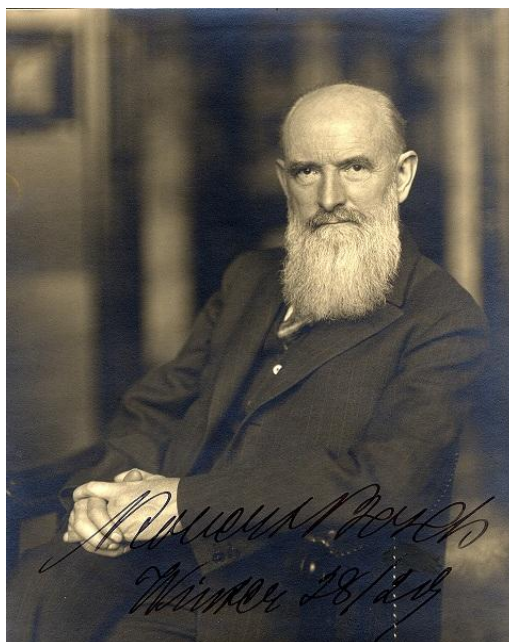
Již v roce 1997 vstoupila společnost Bosch na trh v České Republice s technologií vstřikování paliva (Common Rail) označené CR pro vznětové motory (viz obr. 1.1). Díky tomuto úspěchu na přelomu tisíciletí se značka Bosch v tomto oboru stala pojmem. Tomuto úspěchu však předcházela mnohaletý výzkum. Systém CR je tvořen vysokotlakým čerpadlem, které dodává palivo do zásobníku-rail, palivo je dodáváno k jednotlivým vstřikům. Celý proces je řízen elektronickou řídicí jednotkou, díky tomu se palivo do

jednotlivých válců dávkuje s velkou přesností. Výsledkem je kultivovanost chodu motoru, která se projevuje lepším prohořením paliva, což má za následek nižší spotřebu, nižší emise a snížení hladiny hluku¹.

V této diplomové práci je řešena inovace technologie tlakových zásobníků. Inovace je zaměřena na konkrétní obráběcí stroj Elha (parametry viz příloha 1), kde se doposud obrábí svařovaný typ tlakového zásobníku-rail a do budoucna je cílem na tomto stroji obrábět rail kovaný. Snahou je docílit co nejoptimálnějšího řešení, tím dosáhnout co možná nejkratšího taktu obrobení a v neposlední řadě co nejkratšího času na přeseřízení stroje mezi jednotlivými typy. S návrhem nové technologie souvisí návrh způsobu upnutí a stanovení pořadí obráběcích nástrojů.

1. BOSCH GROUP

Společnost byla založena ve Stuttgartu v roce 1886 Robertem Boschem (1861 - 1842), který je zobrazen na obrázku 1.2. V počátcích svého podnikání se jednalo o dílnu pro jemnou mechaniku a elektrotechniku³.



Raději bych přišel o peníze než o důvěru.

Obr. 1.2 Robert Bosch roku 1928⁴.

Vlastnická struktura společnosti Robert Bosch GmbH³:

- Nadace Roberta Bosche (podíl 92 % na vlastním kapitálu, bez hlasovacích práv)
- Rodina Bosch (podíl 7 % na vlastním kapitálu, 7 % hlasovacích práv)
- Robert Bosch Industrietreuhand KG (93 % hlasovacích práv)
- Robert Bosch GmbH (podíl 1 % na vlastním kapitálu, bez hlasovacích práv)

Bosch group je předním celosvětovým dodavatelem v oblasti technologií a služeb. Za rok 2011 dosáhla skupina Bosch obratu 51,5 miliard eur zhruba s 300 000 pracovníky zaměstnanými v oblasti automobilové a průmyslové techniky, spotřebního zboží a techniky budov. Bosch group zahrnuje společnost Robert Bosch GmbH a více než 350 dceřiných a regionálních společností, ve více než 60 zemích světa. Pokud jsou započítány prodejní a servisní partneři je zastoupena asi ve 150 zemích. Toto vše jmenované vytváří základnu pro další růst. Za rok 2011 skupina Bosch investovala přibližně 4,2 miliard eur do výzkumu a vývoje. Celosvětově byla podána žádost o více jak 4 100 patentů. Bosch svými službami přispívá nejen k lepšímu životu, ale přináší inovativní a prospěšná řešení³.

1.1 Vize a strategie skupiny Bosch

V duchu tradice zakladatele společnosti Roberta Bosche, je i nadále vnímána sociální odpovědnost jako hlavní priorita, nejen uvnitř firmy, ale i mimo ni. Důkazem je podpora vzdělávání, praktický výcvik pracovníků. Zajišťování pomoci v oblastech

podnikání, a napravování škod po živelných pohromách. Upravuje své provozy tak, aby byly co nejšetrnější k životnímu prostředí. Porovnání mezi roky 2007 - 2011 došlo ke snížení relativních emisí CO₂ o zhruba 10 %. Do roku 2020 je cílem snížit emise oxidu uhličitého z výrobních závodů na celém světě nejméně o 20 % v porovnání s rokem 2007³.

Skupina Bosch je aktivní v následujících oblastech³:

- automobilová technika
- automatizační technika
- obalová technika
- solární energie
- elektrické nářadí
- tepelná technika
- domácí spotřebiče
- zabezpečovací systémy

1.1.1 Automobilová technika

Jedním z hlavních zájmů automobilového průmyslu je otázka pohonu budoucnosti. Snahou bylo dosáhnout vylepšení u motoru s vnitřním spalováním a také vylepšit funkce, které zvyšují bezpečnost a pohodlí.

Společnost Bosch přikládá velký význam elektrickému pohonu, který by mohl být vhodným konceptem pro budoucí osobní mobilitu, ovšem nebude to dříve než v příští dekádě. Motor s vnitřním spalováním by tak měl zůstat ještě mnoho let dominantní pohonnou technologií. Z toho důvodu se skupina Bosch snaží být aktivní v obou oblastech. Snahou je snížit spotřebu paliva u spalovacích motorů o dalších 30 %. (Směrnice EU stanovují, že od roku 2015 nesmí průměrné emise nových osobních automobilů vyrobených jakýmkoliv výrobcem překročit 130 gramů CO₂ na kilometr. V roce 2020 se limit sníží na 95 gramů.) Stejně intenzivně se snaží rozvíjet řád systémů pro hybridní a elektrická vozidla. Každoročně je na tento výzkum vložena investice ve výši 400 milionů eur.

S rostoucí hustotou dopravy na celém světě, ale především v rozvojových zemích budou stoupat i počty obětí dopravních nehod. Snahou skupiny Bosch je práce na aktivních bezpečnostních prvcích jako je program elektronické stability ESP.

1.1.2 Průmyslová technika

Zahrnuje technologie pohonů a řízení, obalovou techniku a divizi solární energie. V oblasti technologie pohonů došlo k silnému nárůstu mobilních aplikací, které posilovali díky globální poptávce po strojích, zařízení pro stavebnictví a zemědělství.

V oblasti obalové techniky narůstá poptávka především s celosvětovou rostoucí životní úrovní.

Z dlouhodobého hlediska by měla být solární energie významným zdrojem obnovitelné energie. V tomto odvětví se skupina potýká s velkou konkurencí z Asie, přesto se však daří navyšovat jednotkové prodeje. Předmětem prodeje jsou krystalické solární moduly.

1.1.3 Spotřební zboží a technika budov

V této oblasti je zaznamenáván stabilní růst, v poslední době velkou měrou přispívají trhy v Asii a Jižní Americe. Příkladem energetické účinnosti s použitím technologií společnosti Bosch je dům Energy plus, který byl předán jeho obyvatelům v německém Weltzlaru. V průběhu roku tento dům vyrobí více energie, než sám spotřebuje.

1.2 Historie společnosti Bosch

Historii společnosti Bosch je možné vnímat v několika fázích. Od roku 1886 přibližně do roku 1900 se jednalo pouze o malý podnik, který vydělával svému majiteli pouze na živobytí¹.

Změna přišla, když magnetoelektrické zapalovače (viz obr. 1.4) začal ve velkém odebírat rostoucí automobilový průmysl. Bosch v konstrukci magneta provedl několik zásadních změn a s tímto výrobkem dosáhl prvních ekonomických úspěchů. To bylo poprvé, co byl magnetoelektrický zapalovač použit pro motor vozidla¹.



Obr. 1.3 První Boschova továrna v Hoppenlaustrasse ve Stuttgartu roku 1901⁴.



Obr. 1.4 První nízkonapěťový magneto-elektrický zapalovač Bosch z roku 1887⁴.

Zhruba od roku 1900 až do roku 1925 si společnost vytvořila pevné místo na trhu. Začala zakládat výrobní provozy mimo Německo. Spolu s britským partnerem Frederickem Simmsem vznikly v Anglii a Francii první prodejní pobočky. Ještě před vypuknutím první světové války pocházelo více jak 88 % obratu ze zahraničí. Významným milníkem bylo, když Bosch začal vyrábět systém pro automobily skládající se z generátoru, baterie a reflektorů. Velké oslabení přišlo v době první světové války, kdy firma ztratila majetek a aktiva¹.

Od roku 1925 do roku 1960 byly zakládány nové obchodní jednotky a měnily se stanovy společnosti. V tomto období Robert Bosch přestal aktivně působit ve společnosti. Firma se začala diverzifikovat, aby snížili svoji jednostrannou závislost na automobilizmu, začala pronikat do jiných výrobních segmentů. Nové výroby se zaměřovaly na elektrické nářadí, radiové přijímače, zařízení pro televizní studia, kinoprojektory a domácí spotřebiče, které byly významným sortimentem pro společnost. V tomto období se firma musela potýkat

s problémy politického vedení a druhou světovou válkou. V 50. letech firma musela dohánět nedostatek inovací a orientovala se na budoucnost. Mezi úspěchy té doby patří např. vývoj elektronických součástí regulační jednotky generátoru, mechanický vstřikovací systém pro zážehové motory¹.

Zhruba od roku 1960 do roku 1990 byly provedeny rozsáhlé reformy. Firma byla rozložena na divize. Mezi úspěšné produkty té doby patří např. elektronicky řízený vstřikovací systém pro zážehové motory D-Jetronic, protiblokovací brzdový systém ABS, Elektronické řídicí jednotky EDC pro vznětové motory, navigační systém Blaupunkt TravelPilot a elektronický program stability ESP¹.

Poslední fáze, která přetrvává do dnes, začala roku 1990. V té době došlo k otevření východoevropských trhů. Podíl obratu mimo Německo v roce 1993 činil 49 %, do roku 2000 stoupl na 72 %. Vlivem svých aktivit začíná společnost působit na trzích v Číně, Koreji a Indii. Na konci roku 2000 pracovalo ve společnosti Bosch po celém světě více než 200 000 zaměstnanců, v roce 2006 to již bylo 260 000 zaměstnanců a dnes je to něco přes 300 000 zaměstnanců. Podíl obratu generovaný mimo Německo činil v roce 1993 ještě 49 %, dosáhl v roce 2006 již 74 %, což je hodnota, kterou dříve dosáhla společnost Bosch jen před první světovou válkou¹.

1.3 Společnost Bosch v České Republice

Již v roce 1899 byl Bosch zastoupen v rakousko-uherské monarchii. V Praze zastupoval společnost Bosch jako první Hynek Roederer V Karlíně, ve Vítkově ulici. Znamějším zastoupením byla firma Dénnes&Friedmann v Panské ulici, později Opletalovy ulici¹.

V současné době je Bosch v České Republice zastoupen v Jihlavě, Bosch diesel s.r.o.. V Brně, Bosch Rexroth, spol. s.r.o.. V Mikulově, servisní centrum elektrického nářadí. V Krnově, ve městě Albrechticích, Bosch Termotechnika s.r.o.. V Českých Budějovicích, Robert Bosch, spol. s.r.o.. V Praze, Robert Bosch odbytová s.r.o., Bosch Termotechnika s.r.o., BHS domácí spotřebiče s.r.o., KOTLE LOOS, spol. s.r.o.¹.

V Jihlavě jsou první zmínky o servisu Bosch v roce 1927, toto zastoupení provozoval Josef Poláček s Josefem Binderem. Se souhlasem mateřského závodu prodávali a opravovali výrobky Bosch. Z důvodů změněných poměrů v roce 1948 Josef Poláček činnost ukončil. V roce 1946 byl založen národní podnik Motorpal, v podniku se vyráběly vstřikovací zařízení pro vznětové motory¹.

V roce 1993 vzniká v Jihlavě společnost Bosch Diesel, prvním projektem bylo postavit halu na Humpolecké, nynější závod I. Ještě ten samý rok zde bylo vyrobeno první jednoválcové čerpadlo PF 33. Z počátku měl ve firmě podíl jihlavský Motorpal, ale v roce 1996 se stal Bosch Diesel stoprocentním majitelem, když odkoupil podíl Motorpalu. V dalších letech byly vystavěny další dva výrobní závody. Závod II - Dolina a závod III - Pávov. V roce 2008 otevřel Bosch diesel svoji největší výrobní halu na celém světě a to v Jihlavě na Pávově. V roce 2010 bylo v jihlavské firmě Bosch zaměstnáno 5 000 pracovníků. Od roku 1993 zde investice dosáhly 650 mil. eur. Bosch diesel Jihlava se stal největším zaměstnavatelem v kraji Vysočina a zároveň významným zaměstnavatelem České republiky¹.

V jihlavských závodech se vyrábí především komponenty palivového vstřikovacího systému Common Rail. Díky této technologii se značka Bosch stala pojmem a udává tón.

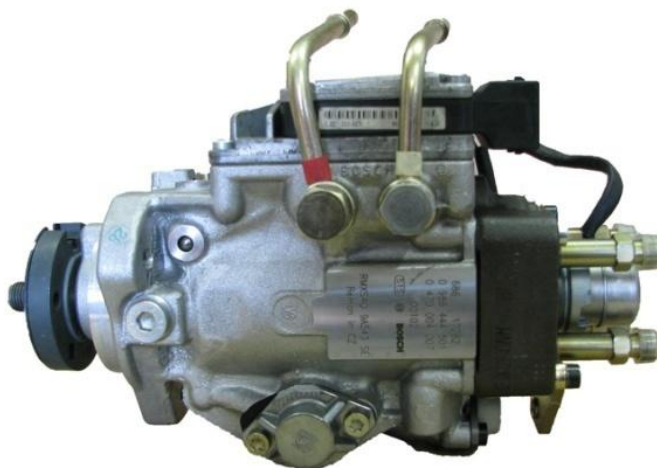
Výrobky jsou dodávány nejvýznamnějším automobilkám na celém světě. Tyto výrobky splňují nejpřísnější požadavky na kvalitu. Společnost Bosch Diesel Jihlava využívá systém bezpečnosti práce a ochrany životního prostředí ISO 14001:2004/OHSAS 18001/1999¹.



Obr. 1.5 Čerpadlo CP1H².

Produkty, které se vyráběly v Jihlavě a už se nevyrábí:

Jednoválcové čerpadlo PFM, vstříkovací čerpadlo VP30 (viz obr. 1.6), čerpadlo označené PE, čerpadlo CP1H (viz obr.1.5), které patří do kategorie Common Rail. Na těchto čerpadlech už se v Jihlavě provádí pouze servis¹.



Obr. 1.6 Vstříkovací čerpadlo VP30².

2. VÝROBNÍ PROGRAM BOSCH DIESEL s.r.o. JIHLAVA

V Jihlavském podniku Firmy Bosch se vyrábí pouze produkty, které se používají jen ve vznětových motorech, jak název napovídá.

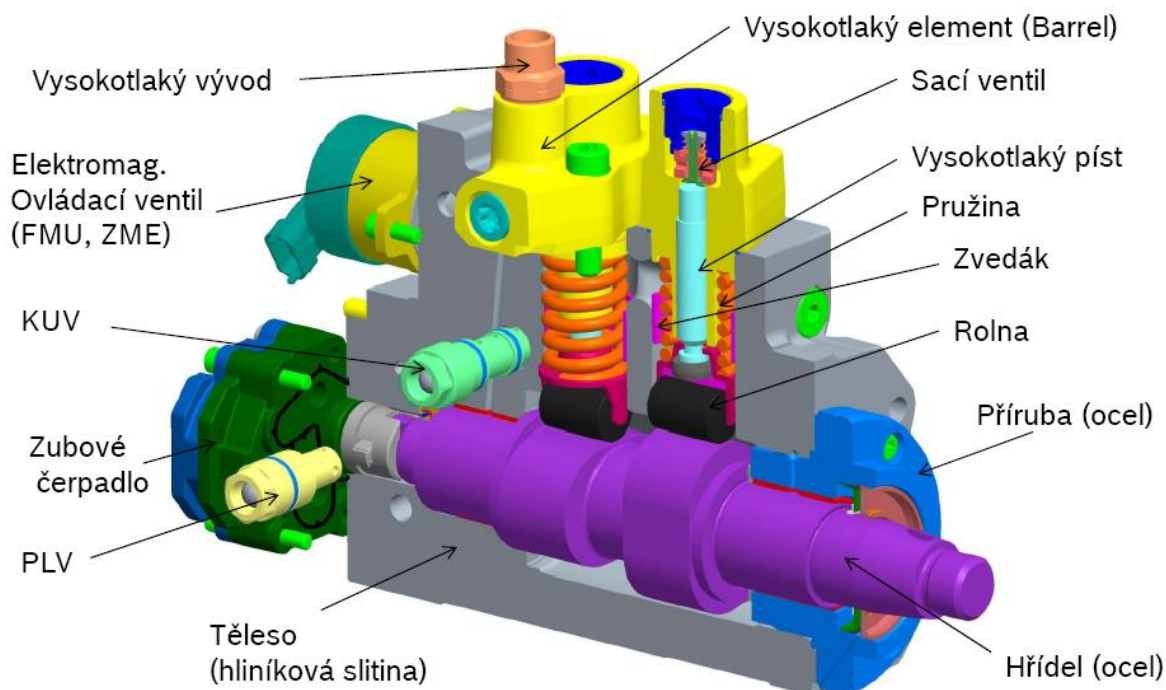
Výrobní program se skládá z následujícího sortimentu:

- Vysokotlaké čerpadlo CPN5,
- vysokotlaké čerpadlo CP4,
- vysokotlaké čerpadlo CP3,
- vysokotlaký ventil DRV,
- rail - (vysokotlaké potrubí) dále jen rail.

2.1 Vysokotlaké čerpadlo CPN5

Toto čerpadlo nachází své uplatnění hlavně u těžkých užitkových vozů, čemuž napovídá i jeho velikost. Dosahuje tlaků až 2 500 barů. S tímto čerpadlem je možno dosahovat vyšších emisních cílů a nižší spotřeby pohonných hmot. Vzhledem ke své velikosti je velice kompaktní a lehké, je znázorněno na obr. 2.1.

Pro čerpadlo CPN5 se v jihlavském závodě brousí a superfinišují hřídele, také se zde brousí vysokotlaké elementy a probíhá zde předmontáž sacích ventilů (KUeV a PLV). Samotné čerpadlo je montováno na dvou montážních linkách.

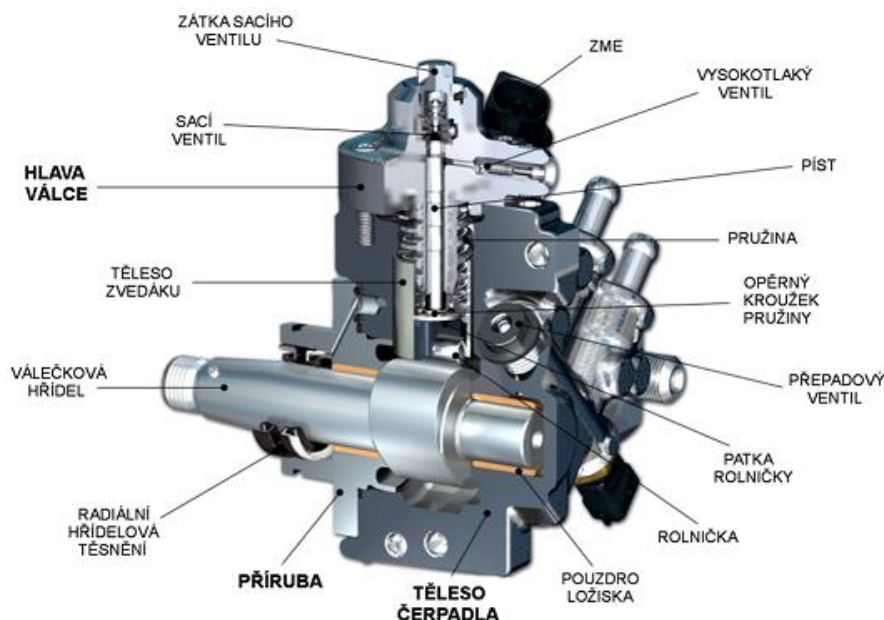


Obr. 2.1 Hlavní části čerpadla CPN5.

Čerpadlo CPN5 pracuje v systému společně s railem LWRN9, který měří 890 mm a patří k nejdelším railům, které firma Bosch sériově vyrábí. Společně patří k vysoce moderním vstřikovacím systémům pro motory v nákladních vozech značky Daimler⁴.

2.2 Vysokotlaké čerpadlo CP4

Tato část výroby se zabývá výrobou vysokotlakých čerpadel CP4 (viz obr. 2.2). Vyrábí se ve dvou základních typech, tzv. jedno pístové a dvou pístové. Toto čerpadlo je konstruováno pro použití v osobních i užitkových vozech. Polotovarem je odlitek ze slitiny hliníku. Těleso čerpadla je poměrně malé a lehké, zároveň je však velice výkonné. V provozu dodává průběžně palivo pod vysokým tlakem, který dosahuje hodnot až 2 100 barů, palivo dodává do zásobníku-railu, kde je udržován stálý tlak. Doposud byl převodový poměr mezi otáčkami čerpadla a motoru konstruován v poměru 1:2 a 2:3, otáčení čerpadla bylo tedy vůči motoru pomalejší. S vývojem tělesa přišla inovace v poměru otáček, který může být 1:1. Dříve se používala vačka, která umožňovala pouze jeden podávací zdvih, vačka v čerpadle CP4 je dvojitá a umožňuje během otáčky uskutečnit dva podávací zdvihy. Hlavní části čerpadla jsou příruba, hlava válce a samotné těleso².



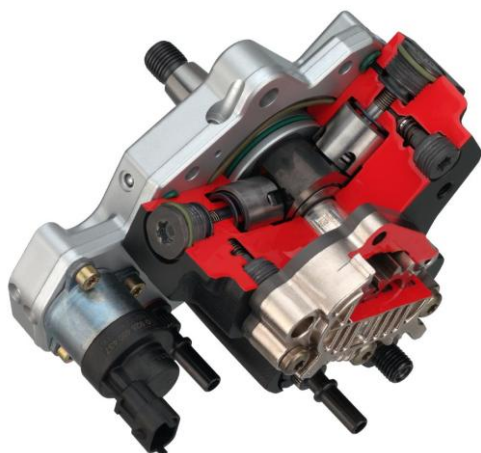
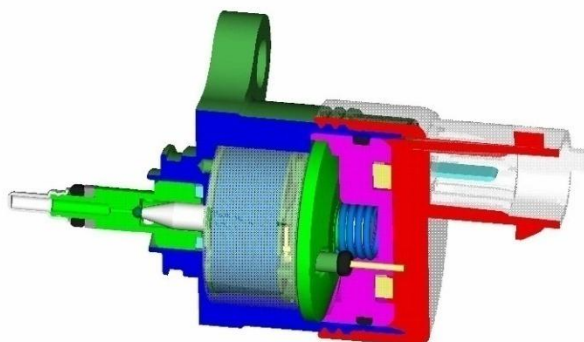
Obr. 2.2 Čerpadlo CP4, včetně popisu komponentů².

2.3 Vysokotlaké čerpadlo CP3

V této výrobní skupině se vyrábí vysokotlaká čerpadla CP3 (viz obr. 2.3). Čerpadlo sestává ze tří sacích ventilů, které jsou vůči sobě natočeny o úhel 120°, ve středu čerpadla se pohybuje excentrická hřídel. Ke každému sacímu ventilu je připojena přípojka do zásobníku-railu. V railu je akumulováno palivo, než dojde k jeho přívodu do válců motoru. V sacím ventilu se tvoří vysoký tlak, dále se v railu už jen udržuje. Čerpadlo CP3 vytváří tlak až 1 600 barů².

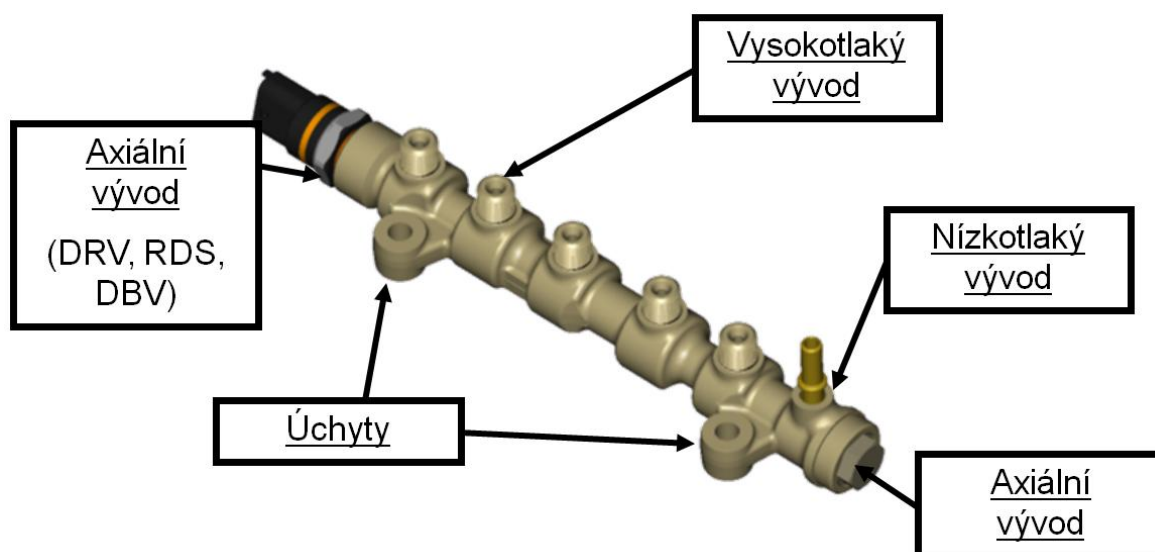
2.4 Vysokotlaký ventil DRV

Výrobní skupina DRV je další součástí systému Common Rail. Ventil zajišťuje regulaci paliva mezi čerpadlem a motorem. Tento ventil se vyrábí ve dvou provedeních DRV1 a DRV2. DRV1 počátek výroby v roce 2002 a montuje se na čerpadla CP1 nebo rail. DRV2 (viz obr. 2.4) se začal vyrábět v roce 2004, montuje se pouze na rail a používá se s čerpadlem CP3².

Obr. 2.3 Řez čerpadlem CP3².Obr. 2.4 Řez DRV2².

2.5 Rail

Jedná se o důležitou část systému Common Rail. Je to zásobník, jeden z typů je možné vidět na obr. 2.5. Do zásobníku proudí palivo z čerpadla pod tlakem, dále je rozváděno palivo k jednotlivým vstřikovacím jednotkám. Vyrábí se zde poměrně velké typové spektrum railů, které je určeno pro 3, 4, 5, 6, i 8mi válcové motory. Pro systém Common Rail byly vyvinuty čtyři generace railů².

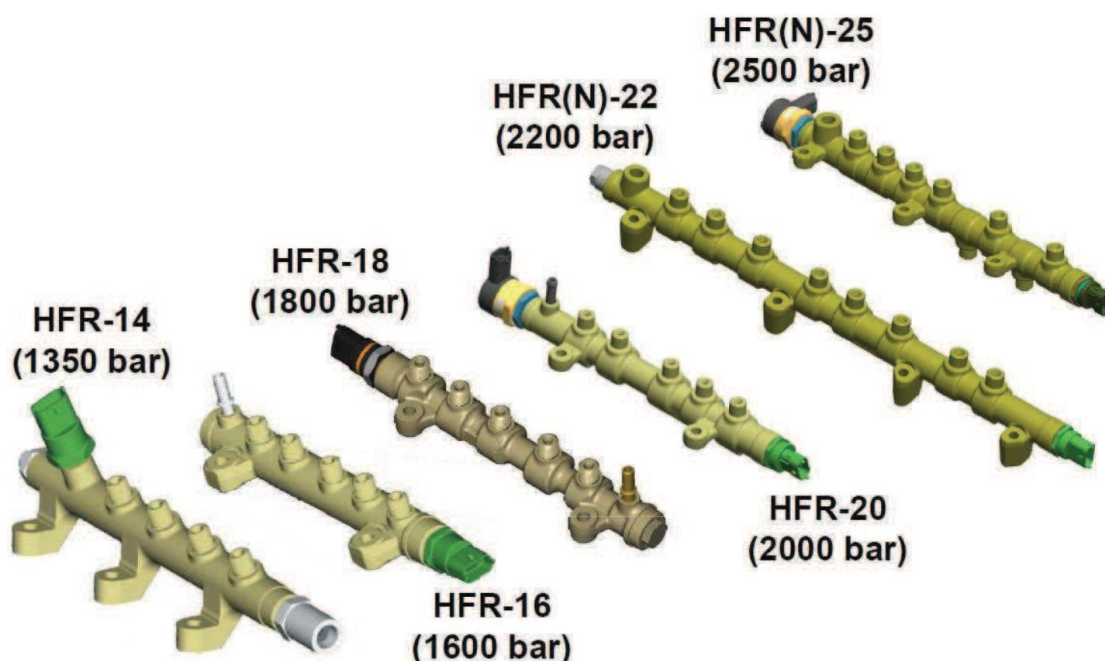
Obr. 2.5 Tlakový zásobník - Rail².

Hlavní úkoly vysokotlakového zásobníku rail:

- Akumulace paliva pod vysokým tlakem na přibližně konstantní hodnotě,
- tlumení tlakového kmitání vzniklé tlakovým čerpadlem.

3 COMMON RAIL

V současné době je CR nejčastěji používaný vstřikovací systém u vznětových motorů v osobních automobilech. Dosahuje velké variability vstřikovacích tlaků. Tento systém má schopnost pružně se přizpůsobovat vstřikování danému motoru za každého jízdního stavu. Výsledkem je dosažení vyššího výkonu, snížení spotřeby paliva, snížení emisí a také hlučnosti. V současné době je do automobilů montována již čtvrtá generace tohoto systému.



Obr. 3.1 Generace kovaného railu (HFR)⁴.

Vznik Common Railu sahá až ke konci 60. let minulého století. Firma Bosch byla první, kdo zavedl tento systém do sériové výroby. Poprvé byl tento systém montován do automobilů Alfa Romeo a Mercedes Benz v roce 1997.

První generace:

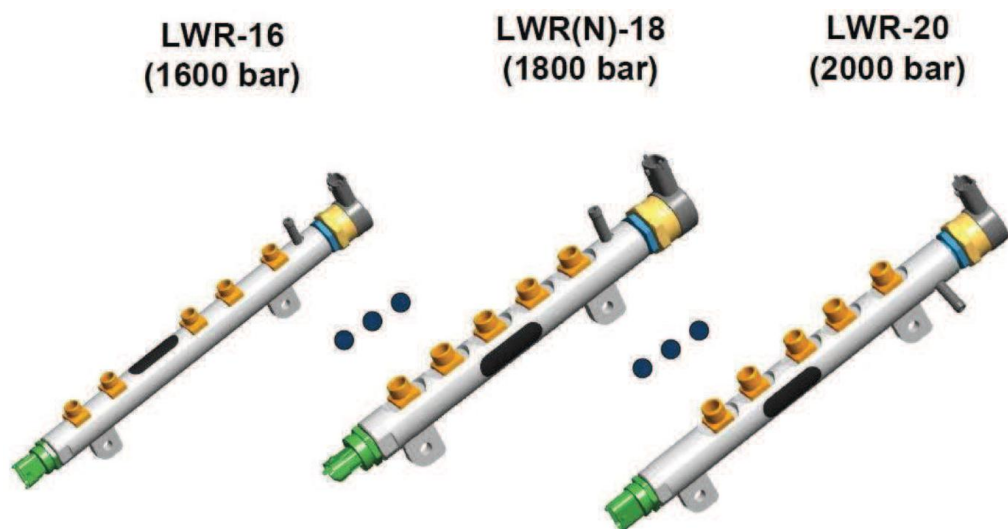
V roce 1997 přišla na trh první generace railu, která byla schopna pracovat s tlakem až 1 350 barů. Tento systém je vybaven vysokotlakým čerpadlem CP1 se třemi radiálními písty. Vstřikovací tlak je ovládán elektromagnetickým regulačním ventilem. U této generace se používaly solenoidové vstřikovače. Hlavnímu vstřiku předcházela předvstřik nepatrného množství paliva, což mělo za následek snížení rostoucího spalovacího tlaku².

Druhá generace:

V roce 2001 se začala vyrábět druhá generace railu, která byla schopna pracovat s tlakem 1 600 barů. Oproti první generaci se používá navíc třetí fáze tzv. dostřik. Slouží k dokončení celkové dávky paliva za pracovní cyklus motoru. Tato třetí fáze je užitečná pro funkci filtru pevných částic. Zvýšením tlaku se dosáhlo lepšího rozptýlení paliva při vstřikování do válců motoru. Tento efekt měl vliv na snížení spotřeby paliva, snížení hluku, zvýšení výkonu a pokles exhalací proudících do ovzduší. Tato generace railu pracovala s čerpadlem CP3 a některými typy čerpadel CP1H a solenoidovými vstřikovači².

Třetí generace:

V roce 2003 se začala vyrábět třetí generace railu. Systém byl montován s čerpadlem CP3 a dosahovalo se tlaku stále 1 600 barů. Později se tento rail montoval s novým typem čerpadla CP4 (jedno pístové) a dosahovalo se tlaku 1800 barů. Tento rail se začal montovat i do systému s dvoupístovým čerpadlem CP4 a tento systém je schopen pracovat s tlakem až 2 000 barů. Zvýšení tlaku mělo významný vliv na snížení spotřeby paliva, snížení exhalací ve výfukových plynech a pozitivní vliv na výkon motoru. U této generace se začaly používat piezoelektrické vstřikovače, oproti elektromagnetickým je asi 4 krát rychlejší².



Obr. 3.2 Generace svařovaného railu (LWR)⁴.



Obr. 3.3 HADIS - Hydraulically Amplified Diesel Injection System⁴.

Čtvrtá generace:

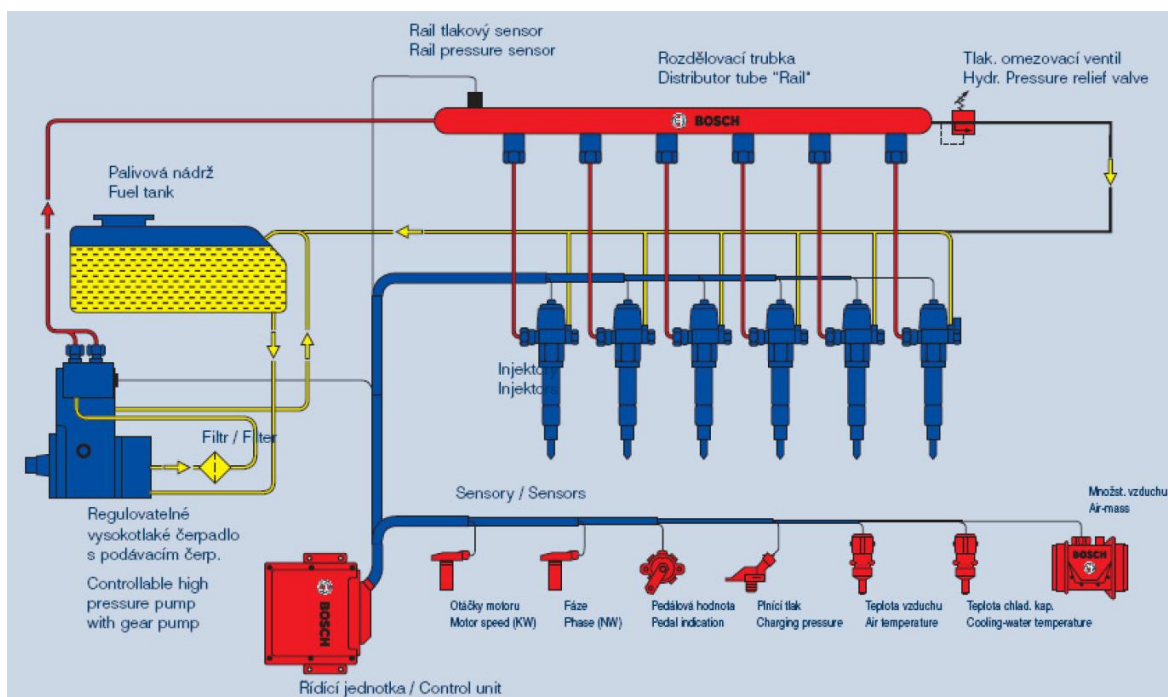
Tato generace, která přišla na trh v roce 2008, umožňuje ponechat v zásobníku nižší tlak 1 350 barů. K navýšení tlaku dojde až v samotném vstřikovači a to na tlak 2 500 barů. V tomto systému je aplikován hydraulicky zesilující vstřikovač nafty - HADIS. Použitý vstřikovač pracuje s převodovým pístem, který dokáže zesílit systémový tlak. Další výhodou vstřikovačů použitých u této generace je, že umožňují vstřikovat palivo do spalovacího prostoru s rostoucím tlakem. Výsledkem je snížení exhalací, zvýšená

účinnost prohoření paliva atp. Použité vstřikovače (viz obr. 3.3) mají označení HADIS - Hydraulically Amplified Diesel Injection System (Hydraulicky zesílený diesellový vstřikovací systém)².

3.1 Konstrukce a funkce systému Common Rail

Sestavení systému Common Rail, se základním popisem je možné vidět na obr. 3.4, je složen z následujících částí:

- Nízkotlaká část, ta je určená k zásobování palivem.
- Vysokotlaká část se skládá z vysokotlakého čerpadla, tlakového zásobníku, vysokotlakého palivového vedení a vstřikovačů.
- Elektronická regulace vznětových motorů označována jako EDG, je doplněn systémovými bloky snímačů, řídicí jednotkou s akčními členy⁵.



Obr. 3.4 Palivová soustava Common Rail⁴.

U běžných palivových systémů je palivo z nádrže podáváno čerpadlem přes nízkotlaké potrubí a čistič paliva do vysokotlakého čerpadla a následně vysokotlakým potrubím do vstřikovačů.

U systému Common Rail je palivo podáváno z vysokotlakého čerpadla do tlakového zásobníku (jeden pro všechny válce motoru). Z tlakového zásobníku je palivo rozvedeno k jednotlivým vstřikovačům ve válcích. Vysokotlaké čerpadlo je použito podle generace Common Rail.

Výhodou systému Common Rail je vytváření vysokého tlaku bez závislosti na otáčkách motoru, nebo na množství vstřikovaného paliva. To je možné uskutečnit pomocí velkého počtu snímačů a akčních členů, které jsou propojeny s řídicí jednotkou.

Vysokotlaké čerpadlo dodává konstantní množství paliva do vysokotlakého zásobníku.

Regulaci tlaku je možné provést dvěma způsoby. Regulačním tlakovým ventilem ve vysokotlaké části nebo pomocí dávkovací jednotky v nízkotlaké části. Řízení tlaku paliva je zajištěno pomocí EDC⁷.

3.1.1 Nízkotlaká část systému Common Rail

Cílem je zásobování palivem určitým tlakem do všech částí systému za jakýchkoliv provozních podmínek. Další důležitou činností je filtrace paliva. Skládá se z palivové nádrže, palivového filtru, palivového čerpadla (elektronické, zubové, tandemové), regulačního tlakového ventilu a nízkotlakého palivového vedení⁷.

Palivová nádrž:

Jedná se o zásobník paliva, nesmí podléhat korozi, musí splňovat podmínky těsnosti při mírném přetlaku.

Palivový filtr:

Zachycuje pevné částice, které se pohybují v palivu a mohly by způsobit poškození nebo opotřebení na funkčních částech systému.

Palivové čerpadlo (nízkotlaké):

Jeho úkolem je dodávat palivo do vysokotlakého čerpadla.

Provedení:

- Elektrické palivové čerpadlo,
- tandemové palivové čerpadlo,
- zubové palivové čerpadlo.

3.1.2 Vysokotlaká část systému Common Rail

Skládá se ze třech základních částí, které jsou propojeny vysokotlakým vedením. Vysokotlaké čerpadlo (radiální nebo řadové), vysokotlaký zásobník-rail, vstřikovač (s elektromagnetickým ventilem nebo piezoelektrický)⁷.

Vysokotlaké čerpadlo:

Radiální pístové čerpadlo CP4, které je na obr. 2.2. Použitím dvojité vačky v čerpadle, která pohání píst přes zdvihátko, je možné dosáhnout dvou podávacích zdvihů na jednu otáčku čerpadla⁴.

Vysokotlaký zásobník-rail:

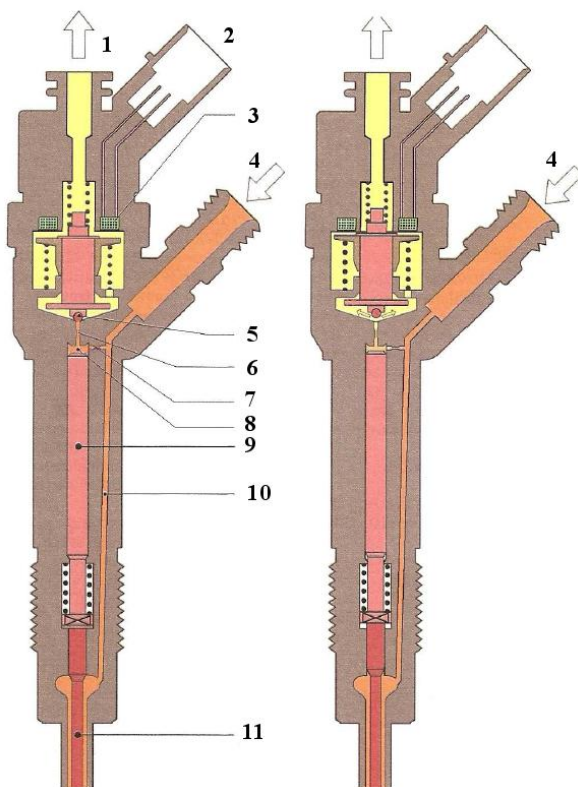
Vysokotlaký zásobník vytváří zásobu paliva pod vysokým tlakem. Musí mít dostatečně velký objem, ale musí umožnit rychlý nárůst tlaku. Rail rozvádí palivo ke vstřikovačům jednotlivých válců. K railu je přimontován snímač tlaku a regulační tlakový ventil.

Vstřikovač:

Vstřikovače jsou umístěny v hlavách válců. Vstřikovací tlak je vytvářen nezávisle na otáčkách a na vstřikovaném množství paliva. Vstřikovače jsou řízeny elektronicky pomocí systému EDC. Používané jsou dva typy vstřikovačů (elektromagnetický a piezoelektrický).

Vstřikovač s elektromagnetickým ventilem:

Je tvořen třemi hlavními částmi, vstřikovací tryskou, hydraulický ovládací systém a elektromagnetickým ventilem. Popis elektromagnetického vstřikovače je znázorněn na obr. 3.5.

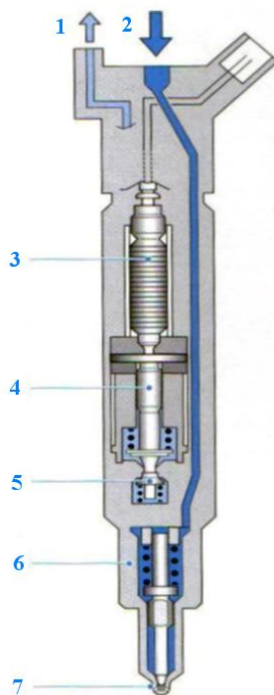


Obr. 3.5 Vstřikovač ovládaný elektromagneticky (Bosch)⁹.

- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 - zpětný odvod paliva | 7 - přívodní škrťací tryska |
| 2 - elektrická přípojka | 8 - ovládací prostor |
| 3 - elektromagnetický ventil | 9 - ovládací pístek |
| 4 - přívod paliva ze zásobníku | 10 - přívodní kanálek |
| 5 - kuličkový ventil | 11 - jehla trysky |
| 6 - odtoková škrťací tryska | |

Vstřikovač ovládaný piezoelektricky:

Principiálně pracuje tak, že působením tlaku na krystal (např. křemen) je v něm vyvoláno napětí. Tento jev pracuje i obráceně. Přivedením napětí na krystal je vyvolána rychlá deformace a tímto způsobem je otevírána tryska ve vstřikovači. Tímto způsobem je dosahováno velmi přesného dávkování paliva (vícenásobné dávkování) a to i tak malého množství jako je 1 mm³. Další jeho výhodou je velmi krátká doba sepnutí, čímž je dosahováno snížení tvrdosti chodu motoru. Konstrukční schéma piezoelektrického vstřikovače je znázorněno na obr. 3.6.



Obr. 3.6 Piezoelektrický vstřikovač⁷.

- 1 - ventil tlaku odváděného paliva
- 2 - přívod paliva
- 3 - modul akčního členu
- 4 - hydraulický vazební člen
- 5 - řídicí ventil
- 6 - modul trysky
- 7 - jehla trysky

3.2 Výhody a nevýhody systému Common Rail

Moderní dieselové motory jsou čistější, než tomu bylo v minulosti. V západní Evropě bylo v roce 2006 každé druhé registrované osobní auto vybaveno dieselovým motorem. Když byla tato technologie v roce 1997 zavedena, bylo to pouze 22 %⁴.

Výhody systému Common Rail^{12,13}:

- Jednodušší konstrukce (pracuje se s nižším tlakem v nízkotlakové části),
- snížení hluku motoru,
- vysoký tlak (postupně rostoucí) vstřikování napomáhá jemnějšímu rozprášení paliva ve válci, výsledkem je snížení emisí ve výfukových plynech,
- ke snížení spotřeby paliva přispívá vícenásobné vstřikování.

Nevýhody systému Common Rail^{12,13}:

- Z důvodů nečistoty paliva může docházet ke snížení životnosti některých částí systému,
- Při poruše vstřikovacího ventilu může palivo protékat do spalovacího prostoru (u klasických systémů se toto stávalo jen za pracovního tlaku),
- udržováním stálého vysokého tlaku v zásobníku je snižována účinnost motoru.

O prodejnosti dieselových motorů rozhodne zejména snížená spotřeba paliva a nižší emise CO₂. Kombinací technologie Common Rail a úpravy výfukových plynů může být zajištěna budoucnost dieselových motorů. Technologie Common Rail má značný potenciál dalšího zlepšování dieselových motorů⁴.

4 SOUČASNÁ TECHNOLOGIE VÝROBY VYSOKOTLAKÉHO ZÁSObNÍKU - RAIL

Dle požadavků zákazníka nebo podle montážních podmínek může mít Rail odlišnou konstrukci. Rail je vyráběn ve dvou základních typech, první typ svařovaný LWR - Laser Welded Rail (laserem svařovaný zásobník, dále jen LWR), druhý typ kovaný, přesněji obroben z výkovku HFR - Hot Forged Rail (zásobník zhotovený z výkovku, dále jen HFR). Dále se vyráběné raily mohou konstrukčně lišit podle počtu válců nebo systémového tlaku. Odlišné mohou být i komponenty, které se montují k Railu, jako je regulační tlakový ventil, snímač tlaku v Railu, tlakový omezovací ventil nebo také závitové zátky, které se používají k zaslepování nevyužitých otvorů⁴.

4.1 Použité obráběcí stroje

V této kapitole jsou popsány jednotlivé stroje, které jsou využívány k obrábění railů LWR i HFR.

4.1.1 Stroj TBT pro hluboké vrtání

CNC je určeno pro hluboké vrtání railu, používá se jak pro LWR, tak i HFR obrábění. Jedná se o šestivřetenový stroj, procesní kapalinou je olej. Stroj včetně dopravníku je zobrazen na obr. 4.1. Technické informace jsou uvedeny v příloze 2.



Obr. 4.1 CNC TBT pro hluboké vrtání LWR a HFR⁴.

Před pracovním prostorem a za pracovním prostorem je stroj vybaven spádovým dopravníkem. Na tento dopravník obsluha nakládá polotovary, automaticky jsou zaváženy do pracovního prostoru a po obrobení ven ze stroje druhou stranou, kde jsou polotovary obsluhou sundány z dopravníku. Po obrobení obsluha polotovary ukládá do blistrů (Jedná se o plastové výlisky k uskladnění a přepravě polotovarů viz příloha 3, dále jen blistr.), dle balícího předpisu.

4.1.2 Stroj Hüller Hille NBH-110

CNC je používáno pro axiální a radiální obrábění HRF railu. Stroj je vybaven jedním vřetenem pohyblivým ve třech osách. Nástrojový zásobník je vybaven třiceti šesti pozicemi. Ve stroji je otočný stůl, který se může otáčet o 90°. Z vnější strany zakládá

obsluha do přípravku polotovary a z vnitřní strany probíhá obrábění. CNC Hüller Hille NBH-110, (dále jen Hüller Hille) je znázorněn na obr. 4.2. Technické info. viz příloha 4.



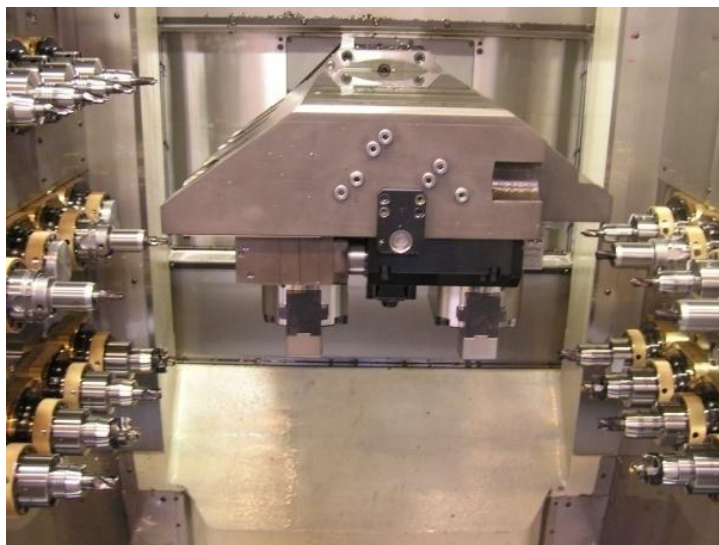
Obr. 4.2 Hüller Hille NBH-110¹⁰.

4.1.3 Stroj ELHA FM3-X

Stroj ELHA FM3+X (viz obr. 4.3, dále jen ELHA), je vybaven jedním upínacím přípravkem, který je otočný kolem své horizontální osy. Jedná se o tří-osý systém. Při obrábění se pohybuje přípravek s polotovarem. Po levé a pravé straně vnitřního prostoru jsou rozmístěna vřetena, možno vidět na obr. 4.4, jedná se o multi-vřetenové hlavy. Jeden motor pohání až osm vřeten. Každý nástroj má své vlastní vřeteno. Výhodou tohoto systému je, že odpadá čas potřebný pro výměny nástrojů během obrábění. Technické informace jsou uvedeny v příloze 1.



Obr. 4.3 ELHA FM3+X¹¹.



Obr. 4.4 ELHA FM3+X vnitřní prostor⁴.

4.2 Technologie výroby LWR

Jedná se o svařovaný vysokotlaký zásobník - Rail. Základem je ocelové tělo (viz obr. 4.5), které je obráběno a následně jsou k němu přivařeny vysokotlaké vývody, držáky a nízkotlaké vývody. Jednotlivé typy LWR se od sebe liší délkou a průměrem těla, počtem vysokotlakých vývodů a rozdílem tlaku, kterého mohou dosahovat. Jak již bylo zmíněno, rozdílem dosahovaného tlaku se od sebe liší generace Railů (viz obr. 3.1 a 3.2).



Obr. 4.5. Polotovár LWR⁴.

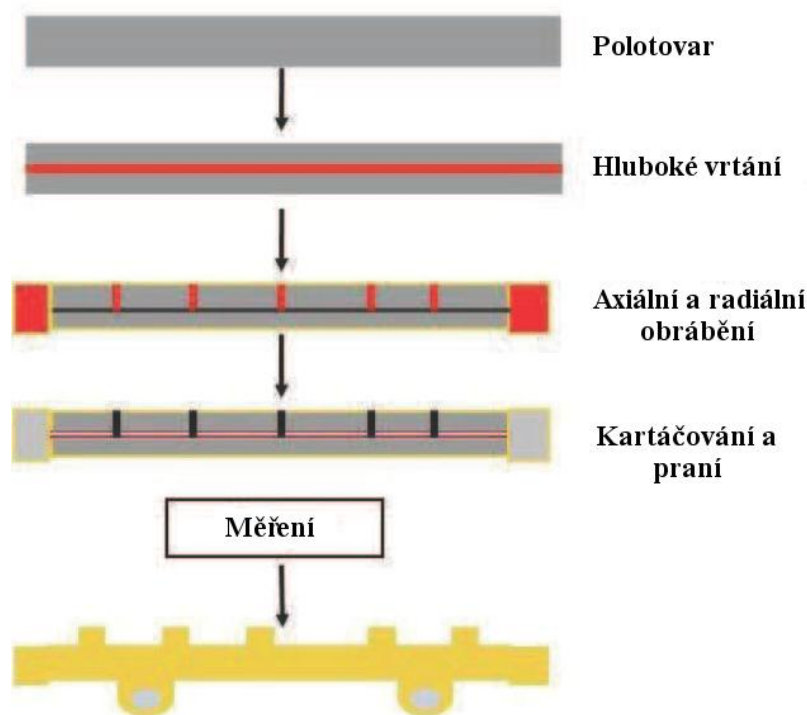
Vnitřní průměr vysokotlakého zásobníku-railu je upraven autofretáží, aby vysoké tlaky nezpůsobily jeho poškození. Autofretáž je proces nárazového přetlakování za účelem zpevnění. Technologický postup, u kterého za studena dochází k plastické deformaci v určitém objemu materiálu. V místech, kde plastická deformace dosáhne kritických hodnot (makro vad), dochází právě v těchto místech ke koncentraci napětí. Výsledkem je příznivé rozložení vlastních pnutí, zpevnění a samozpevnění. Tímto způsobem se zamezí šíření mikro a makro trhlin, které by mohly vznikat vlivem pulzního režimu přívodu paliva¹³.

Polotovarem je ocelová tyč z ušlechtilé slitinové oceli s lepší opracovatelností a vyšší odolností vůči korozi. Označení použité oceli je 20MnCrS5+HH⁴.

Postup výroby, (viz obr. 4.6)⁴:

- Na první operaci je obroben vnitřní průměr hlubokým vrtáním na stroji TBT (viz obr. 4.1)
- ve druhé operaci na stroji ELHA (viz obr. 4.3) je obrobena axiální a radiální část,
- kartáčování,

- praní,
- měření,
- svařování.



Obr. 4.6 Proces obrábění LWR⁴.

Stroje pro obrábění LWR:

Pro hluboké vrtání se používají stroje TBT ML 250-4-850 a TBT ML 300-6-1450. Neobrobené tyče jsou vyskládány obsluhou na dopravník, před vstupem do pracovního prostoru. Dopravníkem jsou polotovary posunuty v automatickém režimu do pracovního prostoru. V pracovním prostoru jsou polotovary podrobeny hlubokému vrtání. Až šest railů je obráběno najednou. Po obrobení jsou vyvezeny dopravníkem za pracovní stroj, stále jsou uloženy na dopravníku, dokud je obsluha stroje neuloží do blistru.

Axiálně a radiálně jsou polotovary obrobeny na strojích ELHA FM3+X. Obsluha stroje nakládá neobrobené polotovary na základací/vykládací paletu pomocí níž jsou polotovary dopraveny do pracovního prostoru stroje, kde jsou automaticky upnuty do přípravku. Po obrobení jsou polotovary na tuto paletu odloženy a následně po vyjetí z pracovního prostoru stroje obsluhou odebrány z palety. Po vykonání potřebné kontroly obsluhou jsou polotovary uloženy do blistru.

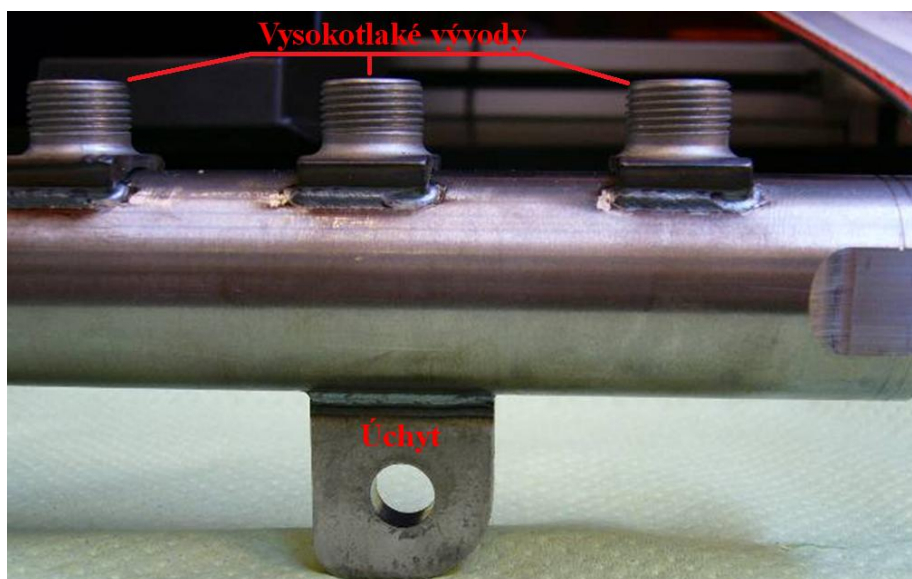
Postup svařování⁴:

- Navaření nízkotlakého vývodu odporovým svařováním.
- Stehování vysokotlakých vývodů a úchytů, provedeno laserovým svařováním bez přídavného materiálu a bez ochranné atmosféry.
- Svařování vysokotlakých vývodů a úchytů, provedeno laserovým svařováním s přídavným materiálem a v ochranné atmosféře CO₂.



Obr. 4.7 Pracoviště robota (svařování v ochranné CO₂ atmosféře)⁴.

Svařování a stehování se provádí na svařovací lince, činnost provádí robot v chráněném prostoru. Přivařené vysokotlakové vývody a úchyty jsou zobrazeny na obr. 4.8. Raily ke svařování zajišťují na dopravníku do ochranného prostoru, kde probíhá svařování. Na obr. 4.7 je vidět pracoviště robota, který provádí svařování.



Obr. 4.8 Přivařené vysokotlakové vývody a úchyt⁴.

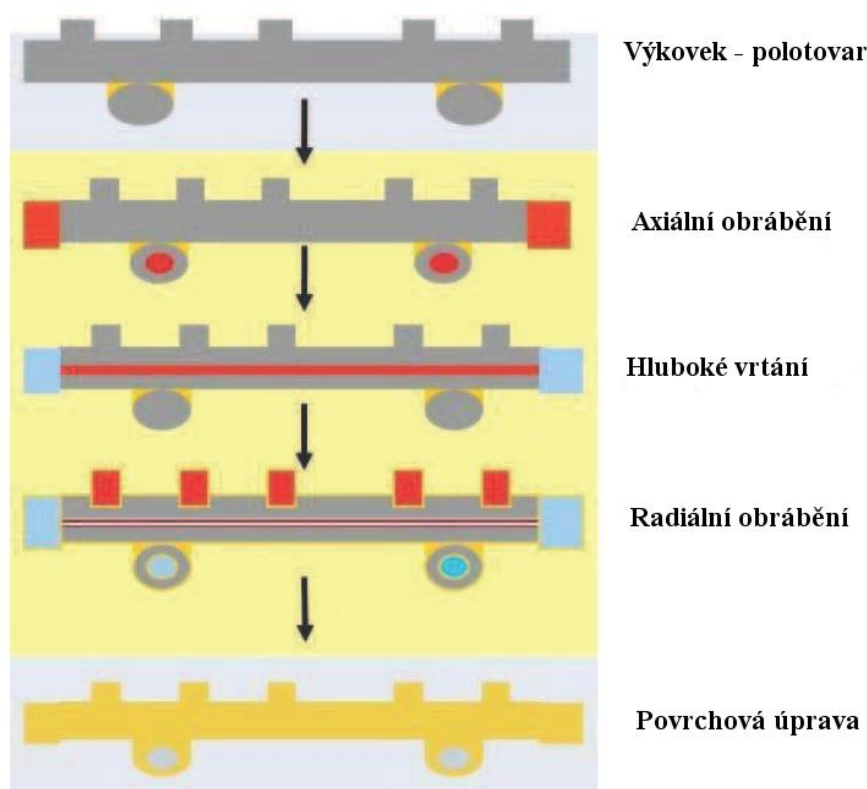
Kontrola kvality LWR:

- Metalografická zkouška (každý 100. kus), jedná se o destrukční zkoušku řezáním a provádí se po stehování a po svařování.
- Zkouška ultrazvukem (každý kus), účelem zkoušky je zjišťování, zda se ve sváru nevyskytují póry.
- Trhací zkouška, jedná se o destrukční zkoušku (každý 101. kus).

- Měření rozměrů, některé rozměry se měří na každém kuse a jiné opět po dosažení určitého počtu obrobků kusů.

4.3 Technologie výroby HFR

Tento vysokotlaký zásobník je vyráběn z polotovaru výkovku. Tělo výkovku se liší podle požadavků zákazníka a podle generace railu, které se hlavně odlišují konstrukčně a dosahovaným tlakem. Na obr. 3.1 je možné vidět těla jednotlivých generací HFR. Již na první pohled je patrné na výkovku poslední generace, že požadavkem na tento rail je dosažení co nejnižší možné hmotnosti.



Obr. 4.9 Obrábění HFR⁴.

Materiál výkovku je označen 38MnVS6+S, jedná se o legovanou uhlíkovou ocel s lepší opracovatelností.

Postup výroby, (viz obr. 4.9)⁴.

- Nejprve je výkovek obroben axiálně, současně jsou obrobny i úchyty z jedné strany. Obrobení je provedeno na stroji Hüller Hille NBH-110 viz obr. 4.2. Výkovek je upevněn ve speciálním přípravku, který byl zkonstruován pouze pro obrábění axiální části. Obrobení úkosu a kuželu v této axiální části, je velmi důležité pro centrování obrobku při hlubokém vrtání.
- V následující operaci je výkovek podroben hlubokému vrtání na strojích TBT M320-6-1200 a TBT M500-6-1200 (viz obr. 4.1). Tato operace by nemohla být v pořadí první, protože by nebylo možné přesně ustavit a přesně vyvrtat hluboký otvor v ose výkovku.

- Dále je polotovar opět obráběn na stroji Hüller Hille NBH-110, zde je upnut do speciálního přípravku, který je zkonstruován pro radiální obrábění. Polotovar je v přípravku centrován za axiální úkos a obrobenou částí úchytu je dotlačen na přípravek. V této operaci jsou obrobena zbývající části polotovaru.
- Kartáčování, praní, měření, vizuální kontrola.

4.3.1 Stroje pro obrábění HFR

Výkovek pro HFR je obráběn na třech různých pracovištích:

- Malá série,
- velká série,
- chiron koncept.

Malá série:

V malé serii se vyrábí typy, jejichž výrobní dávky jsou malé a v roční produkci se vyrobí výrazně menší množství Railů, než ve velkosériové produkci. Malá série je schopna produkovat až 10 tis. railů měsíčně. V této produkci není dosahováno tak nízkých výrobních časů jak ve velkosériové.

Axiální obrábění v malé serii je prováděno na strojích Hüller Hille NBH-110. Hluboké vrtání na strojích TBT M320-6-1200 a TBT M500-6-1200.

Radiální obrábění v malé serii je zajišťováno na strojích, Chiron FZ 18 W, Mazak VTC 200C, Stama MC331 a MC325.

Mezi operacemi jsou polotovary přepravovány v blistrech (přepravní a obalový materiál, dále jen blistr, viz příloha 3) uložených na přepravním vozíku.

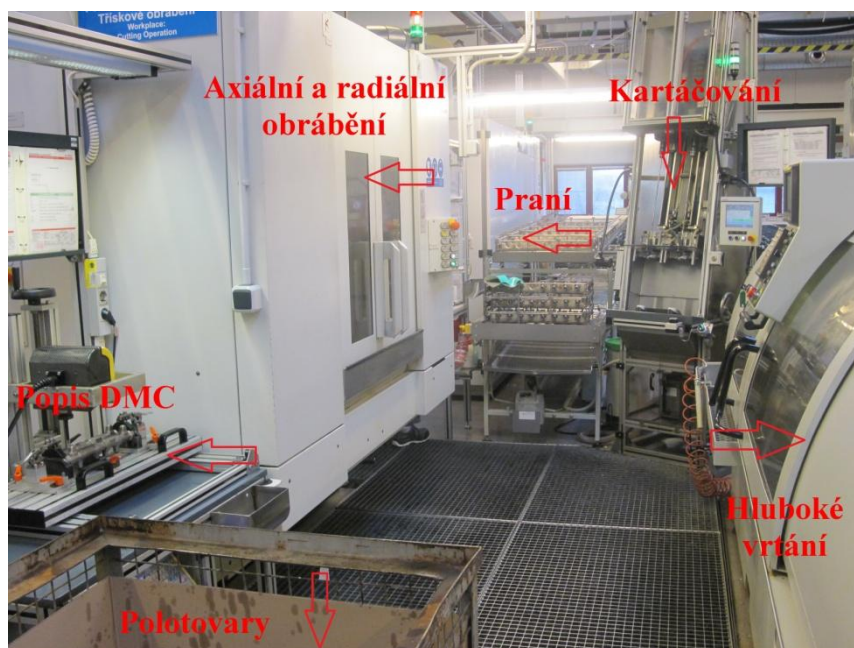
Velká série:

Zde jsou zpracovávány velké výrobní dávky. Axiální i radiální obrábění je zajišťováno na strojích Hüller Hille NBH-110. Tento stroj je vybaven otočnou paletou, na které jsou dva přípravky. Oba přípravky jsou buď pro axiální, nebo pro radiální obrábění. To znamená, že na stroji se obrábí pouze axiálně nebo radiálně. Na strojích je vykonávána více strojová obsluha. Nejprve je polotovar obroben axiálně, pak je provedeno hluboké vrtání na strojích TBT M320-6-1200 a TBT M500-6-1200. Následně jsou polotovary převezeny na stroj Hüller Hille NBH-110 osazený přípravky pro radiální obrábění, kde je obrobena dokončena. Vedle stroje pro radiální obrábění jsou ještě umístěny protahovací kartáče, pro odjehlení otvoru po hlubokém vrtání, kde se kolmo protínají s otvory pro vysokotlaké vývody.

Chiron koncept:

Chiron koncept, jedná se o určité seskupení strojů (viz obr. 4.10), které je složené ze strojů, které zhotoví kompletní Rail. K tomuto centru jsou navedeny výkovky, obsluha tyto polotovary postupně vkládá z operace na operaci, až je zcela obroben a nachystán k praní.

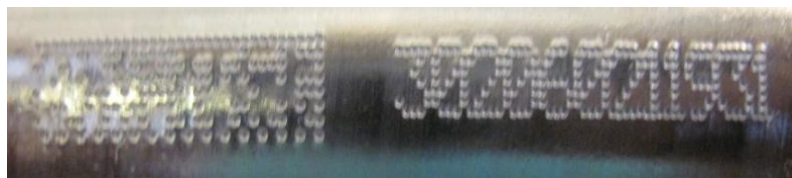
Hluboké vrtání se chiron konceptu provádí na stroji Mollart LDZ-750 Drillsprint. Axiální a radiální obrábění je zajišťováno na stroji Chiron DZ 18K WM na otočném stole jsou umístěny dvě palety, z jedné strany přípravek pro axiální obrábění a z druhé strany přípravek pro radiální obrábění. Pracoviště je ještě vybaveno kartáči na protahování otvoru po hlubokém vrtání.

Obr. 4.10 Chiron koncept⁴.

Obsluha vyndá výkovek z gitrboxu (přepravní paleta, dále jen gitrbox, viz příloha 5), vloží jej do připraveného držáku popisovacího zařízení, kde je automaticky proveden zápis dat na polotovaru, který nese informace o výrobním dnu a pracovišti. Dále obsluha vloží výkovek do stroje Chiron do přípravku určeného pro axiální obrábění. Pak následuje stroj Mollart, kde je provedeno hluboké vrtání a k poslednímu obrábění vkládá obsluha polotovaru opět do stroje Chiron do přípravku pro radiální obrábění. Pak následuje kartáčování a nakonec odkládá obsluha Rail do připraveného koše na válečkové dráze, který dopraví Raily do pračky.

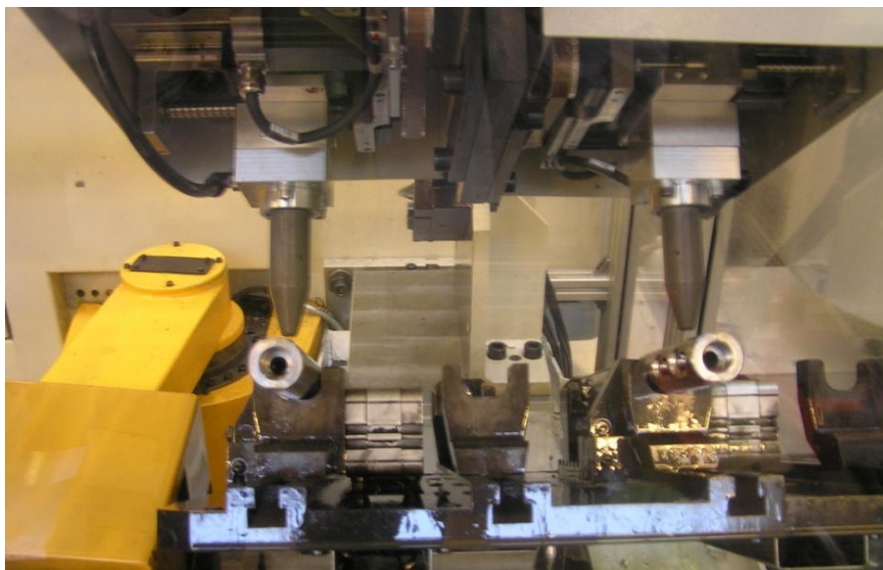
4.4 DMC kód

DMC (Data Matrix Code). V počátku bylo toto značení používáno pouze v kosmickém průmyslu, až později se toto značení začalo také využívat v průmyslových odvětvích. Význam DMC je identifikační, získáme z něho informace o sériovém čísle součástky, o průběhu výroby a také o výrobci.

Obr. 4.11 Ukázka značení DMC⁴.

Tělo každého railu je označeno kódem, který je vidět na obr. 4.11. Pod tímto označením se skrývají informace o datu výroby, sériovém čísle tělesa, dále informace o závodě lince a stroji, kde byl rail vyroben. Kód slouží pro identifikaci výrobku.

Například na stroji Elha FM3+X je popisovací zařízení umístěno v chráněné nakládací části před strojem, (viz obr. 4.12). Automaticky pracující nakládací paleta při vykládání polotovaru ze stroje zajede s polotovary pod popisovací zařízení, kde je vyražen DMC kód.



Obr. 4.12 Značení páru railů na základací paletě stroj Elha FM3+X⁴.

4.5 Požadované změny v obrábění HFR

Cílem na obrábění HFR je začít vyrábět kovaný vysokotlaký zásobník jak axiálně tak radialně na obráběcích strojích ELHA FM3+X.

Jak již bylo zmíněno v předchozím textu, není možné na polotovaru výkovku provést obrobení hlubokým vrtáním dokud není uskutečněno axiální obrobení.

Zdálo by se být efektivní provést na stroji ELHA FM3+X axiální a radiální obrobení v jedné operaci. Došlo by ke značné úspoře času na přesunu polotovarů z axiálního obrábění na hluboké vrtání a potom na radiální obrábění. Bohužel to není možné. Stejně jako je možné provést hluboké vrtání v ose railu z důvodu upnutí až po axiálním obrobení, je možno provést radiální obrobení až po hlubokém vrtání.

Tato změna bude finančně náročná, ale očekává se od ní, že přinese zvýšení produktivity a tím i návratnost investic. Technologický návrh této inovace obrábění ve výrobě HFR bude podroben testování. Velká investice se bude týkat především upínacího přípravku v daném obráběcím stroji. Za tímto účelem již dříve byly podniknuty určité kroky, jejichž výsledkem jsou nové konstrukční návrhy částí upínacího zařízení, pro kované raily, jejichž roční výrobní dávka není zanedbatelná a konstrukčně jsou si tyto tlakové zásobníky podobné.

Důvodem přesunu části výroby HFR railů ze strojů Hüller Hille na stroj Elha je budoucí omezení, popřípadě ukončení výroby railů LWR. Pokud by nebylo možné zařadit výrobu railů HFR na stroje Elha zůstaly by nevyužity a docházelo by k velkým finančním ztrátám.

5 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ VYSOKOTLAKÉHO ZÁSObNÍKU

Na první pohled by se mohlo zdát, že obrábění railu je jednoduchá záležitost, přesto je nutné u obrábění zachovávat určitý technologický postup. Tímto postupem je zajištěna určitá efektivnost obrábění polotovaru. Pro obrábění railu je možné zvolit různé stroje na kterých je technologie obrábění, technologický postup obsluhy, kontroly a měření zajištěn podobným způsobem. Dále budeme seznámeni s technologií svařovaného LWR a kovaného HFR railu.

5.1 Technologie obrábění LWR na strojích ELHA

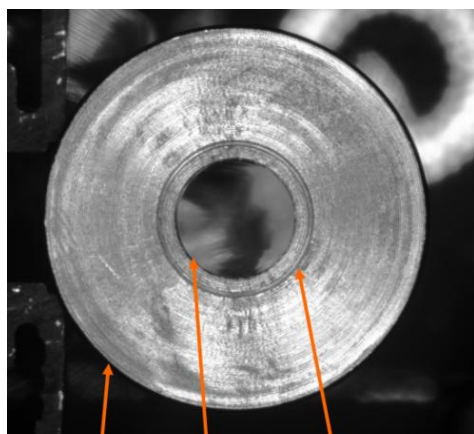
Jak již bylo zmíněno, polotovarem je plná tyč. Konce tyče jsou opatřeny axiálními plochami, ale pouze z jedné strany je u této plochy provedeno dodavatelem sražení hrany. Na první operaci je provedeno hluboké vrtání, jak bylo popsáno. Polotovary jsou uloženy v blistrech a společně s nimi jsou přesunuty ke stroji. Pracovní činnost obsluhy při jednotlivých cyklech na stroji ELHA je sepsána v technologickém postupu v tab. 5.1. Ve stroji jsou současně obráběny 2 kusy polotovaru. Obsluha vykonává více strojovou obsluhu, současně obsluhuje dva stroje. Na jednotlivých strojích je možné vyrábět různé typy, na každém z nich je provedeno axiální i radiální obrobení.

Tab. 5.1 Technologický postup 1.

Činnost	Popis pracovní činnosti
1	Vyjmutí 2 kusy polotovarů z blistru.
2	Vložení 2 kusy polotovarů na nakládací paletu.
3	Odebrat 2 obrobené kusy z nakládací palety.
4	Očistit dílce popř. nakládací paletu.
5	100 % zkontrolovat hluboké vrtání na zbytkové třísky. Případné odstranění třísek.
6	Položit obrobené kusy do přípravku na odjehlení.
7	Zmáčknutí dvou tlačítek, paleta se pohybuje dle programu ke kontrolnímu bodu a pak do stroje. V případě, že je kontrola OK, jsou raily založeny do stroje a obráběny. Pokud není OK, obsluha aktivuje tlačítko <i>zastavení po konci taktu</i> a provede kontrolu, úpravu (otočení na paletě). Provede založení znovu do vyhodnocení OK.
8	Obrábění axiální i radiální v jedné operaci. Při vykládání ze stroje jsou polotovary popsány zařízením Borries viz obr. 4.12 (dle výkresu) v manipulačním prostoru před strojem.
9	Odjehlení otřepů obsluhou plochým pilníkem na polohovacích plochách.
10	Odložení odjehlených dílců na odkládací stůl až do jeho naplnění (8 kusů)
11	100 % kontrola VT vývodů (4,2 H8) pomocí zmetkové strany kalibru.
12	Po naplnění odkládacího stolu, uložení dílců dle balicího předpisu a označit blistry vyplněným štítkem.

V manipulačním prostoru před strojem ELHA je zabudována kontrolní kamera, která kontroluje správnost založení polotovaru railu na základací paletě. Kontrolním bodem kamery je kruhová rýha, na první axiální ploše je vidět na obr. 5.1 v porovnání s obrázkem 5.2, kde je druhá axiální plocha bez rýhy. Podle ní je schopna kamera rozpoznat správnost založení jak bylo popsáno v tab. 5.2 v bodě 7. Tato rýha vznikne na stroji TBT.

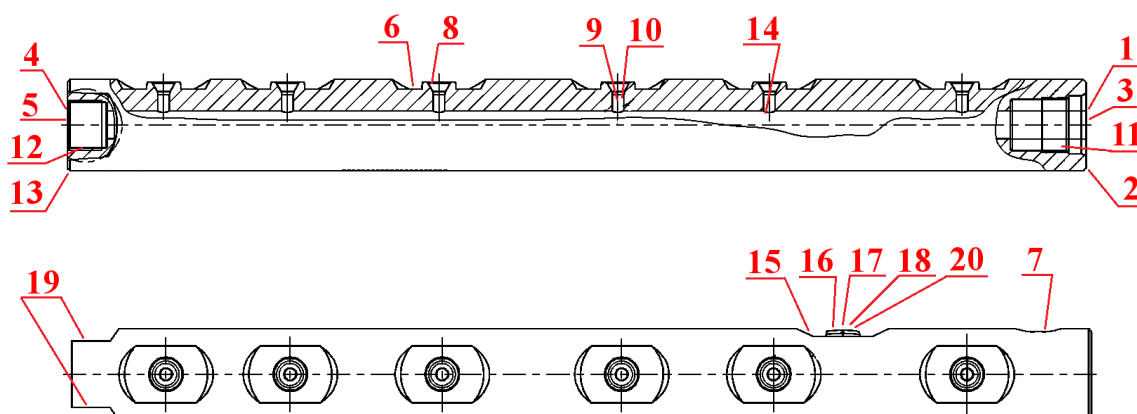
Stroj ELHA je vybaven motory po levé a pravé straně, které dohromady mohou pohánět 58 vřeten (každé vřeteno je označeno číslem, viz obr. 5.4), podrobněji byl stroj již popsán v kapitole 4.1.3. Dva polotovary railu jsou upnuty v přípravku, který se pohybuje v pracovním prostoru stroje nahoru, dolů, doleva, doprava. Přípravek se může natáčet kolem své osy až o 360°. V horní části pracovního prostoru jsou sklíčidla, do kterých přípravek odloží polotovary, pokud je potřeba rail natočit kolem jeho osy nebo rail uchytit přípravkem v jiném místě pro jeho lepší obrobení.

Vnější
průměrVnitřní
průměrStopa snímaná
kamerouObr. 5.1 První axiální strana s rýhou⁴.Obr. 5.2 Druhá axiální strana bez rýhy⁴.

Tab. 5.2 Technologický postup 2.

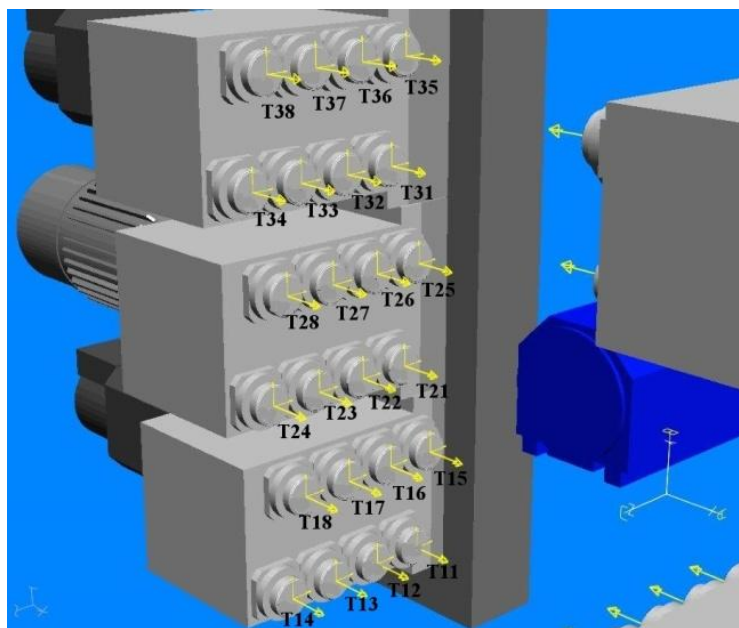
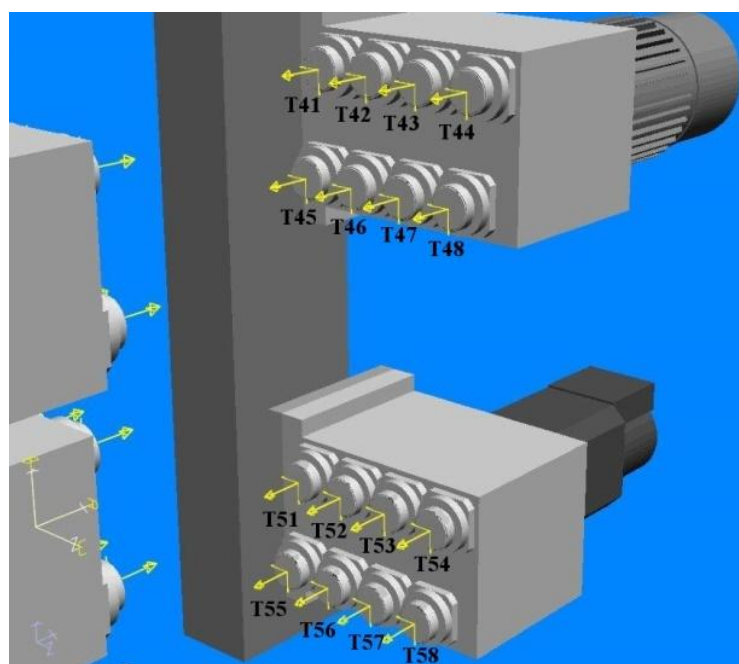
Činnost	Popis pracovní činnosti
1	Na začátku směny se provede ruční měření na 1. kusu z každého upnutí.
2	Na jednom kusu z každého upnutí se provede SPC měření dle návodky.
3	Po výměně nástroje provést měření dle návodky.
4	Provedení cyklického měření dle návodky.
5	Při náběhu nové výroby nebo změně typu, provést 100 % měření prvních kusů z upnutí, které je provedeno na měrovém středisku.
6	Kontrola výsledků z měrového střediska. Pokud je některý rozměr mimo toleranci, stroj je zastaven a všechny zmetkové kusy jsou zablokovány. Následně jsou označeny a uloženy na určeném místě. Obsluha se řídí postupem <i>rychlé reakce</i> viz příloha 6.
7	U stroje zůstávají poslední dva výsledné protokoly z měření. Případné zásahy jsou v nich zaznamenány.
8	Obsluha provádí kontrolu náradí a měřidel dle návodky.
9	Během výrobního procesu jsou používány doporučené ochranné pomůcky a prostředky (brýle, rukavice a chrániče sluchu při ofukování stlačeným vzduchem).

Pro názornou představu byl vybrán jeden typ railu LWR (F 00R 00L 874 výkres viz příloha 7). V tab. 5.3 je k tomuto typu sestaven nástrojový list. Pro názornou představu jakou část, který nástroj obrábí je obr. 5.3 doplněn čísly, které odpovídají značení v tab. 5.3.

Obr. 5.3 Označení obrobených částí railu LWR F 00R 00L 874⁴.

Tab. 5.3 Nástrojový list, postup obrobění LWR railu.

Značení	Vřetena	Číslo nástroje	Popis
1	11;13	R3041	Stupňovitý záhlubník - hrubování jedné axiální strany.
2	15;17	R3042	Zvonová fréza - zarovnání axiálního konce a sražení vnější hrany.
3	12;14	R3002/1	Stupňovitý výstružník - obrobění na hotovo.
4	55;57	R3098	Záhlubník stupňovitý - hrubuje axiálně druhou stranu.
5	56;58	R3045/1	Výstružník - obrobění na hotovo.
6	35;37	R3008/1	Řezné plátky - obrobění plochy u VT vývodů z jedné strany railu.
7	36;38	R3039	Záhlubník - předvrtání NT vývodu.
8	22;24	R3105/1	Stupňovitý výstružník - obrobění na hotovo, kužel.
9	25;27	R3006	Předvrtání otvoru v VT vývodu.
10	26;28	R3007/1	Vystružení otvoru v VT.
11	16;18	R3055	Závitová fréza - závit z axiální strany pro namontování RDS.
12	52;54	R3099	Držák tvářecí korunky - tvářený závit z druhé axiální strany pro DRV.
13	51;53	R3042	Zvonová fréza - zarovnání druhého axiálního konce a sražení vnější hrany.
14	46;48	R3511	Odhroťovací nůž - odjehlení ve VT vývodu.
15	31;33	R3008/1	Řezné plátky - obrobění plochy u VT vývodů z druhé strany railu, po přepnutí.
16	22;24	R3105/1	Stupňovitý výstružník - obrobění na hotovo,(kužel), z druhé strany railu, po přepnutí.
17	25;27	R3006	Předvrtání otvoru ve VT vývodu, z druhé strany railu, po přepnutí.
18	26;28	R3007/1	Vystružení otvoru v VT, z druhé strany railu, po přepnutí.
19	45;47	R3019	Fréza - obrobění dvou protilehlých ploch na jednom konci railu.
20	46;48	R3511	Odhroťovací nůž - odjehlení ve VT vývodu z druhé strany railu, po přepnutí.

Obr. 5.4 Značení vřeten ve stroji Elha, levá strana⁴.Obr. 5.5 Značení vřeten ve stroji Elha, pravá strana⁴.

5.2 Současná technologie obrábění HFR

Polotovarem je výkovek. K obráběcímu stroji je přivezen v gitrboxu. Obrábění je provedeno na stroji Hüller Hille. Axiální a radiální obrábění je odděleno. Výkovek je v první operaci obroben axiálně. Ve druhé operaci je provedeno hluboké vrtání na stroji TBT. Třetí operace radiální obrábění je opět provedeno na stroji Hüller Hille. Mezi operacemi jsou polotovary převáženy v blistrech, které jsou uloženy na vozíku, dle balícího předpisu. Operátor obsluhuje dva stroje Hüller Hille, na kterých se obrábí axiální nebo radiální část polotovaru. Obsluha tedy vykonává vícestrojovou obsluhu.

Tab. 5.4 Technologický postup.

Činnost	Popis pracovní činnosti
1	Před vložením dílce očistit dosedací plochy od nečistot stlačeným vzduchem (za dodržení bezpečnostních předpisů - požit chrániče očí a sluchu).
2	Před vložením dílce zkontrolovat upínače přípravku, zda nejsou poškozeny.
3	Stlačeným vzduchem očistit vkládané dílce od nečistot (za dodržení bezpečnostních předpisů - požit chrániče očí a sluchu).
4	Dílce upnout v pracovním přípravku a provést kontrolu správného upnutí.
5	Spustit pracovní cyklus.
6	Po ukončení pracovního cyklu očistit dílce od nečistot pomocí stlačeného vzduchu.
7	Vložení dílce do popisovacího zařízení (DMC popisovač)
8	Provedení kontroly měřením a vizuálně dle návodky.
9	Vložení dílců do připravených blistrů.

Tab. 5.5 Nástrojový list, postup obrábění HFR railu (axiální obrábění).

Pořadí	Číslo nástroje	Popis
1	R2268	Frézovací hlava - zarovnání axiálních čel.
2	R 2012-1	Fréza zvonová - zarovnání konců a sražení vnější hrany.
3	R2270	Vrták - hrubování axiálního konce.
4	R2243-1	Záhlubník stupňovitý - jeden axiální konec na hotovo.
5	R2008-1	Závitová fréza
6	R2140	Zvonová fréza - zarovnání jednoho konce a sražení hrany.
7	R2231	Záhlubník - hrubování druhého konce.
8	R2230	Záhlubník - dokončování druhého konce.
9	R2008-20	Závitová fréza
10	R2185-1	Fréza rohová - plochy úchyťů z jedné strany.
11	R2120	Vrták - otvory v úchytech.

Tab. 5.6 Nástrojový list, postup obrábění HFR railu (radiální obrábění).

Pořadí	Číslo nástroje	Popis
1	R2001	Fréza rohová - VT a NT vývody
2	R2021	Záhlubník kuželový - zahloubení NT vývodů.
3	R2599	Záhlubník - předvrtání NT vývodu.
4	R2100-1	Výstružník - vystružování NT vývodů.
5	R2161	Vrták - vrtání NT vývodů, první průměr.
6	R2157	Vrták - vrtání NT vývodů, druhý průměr.
7	R2022	Fréza zvonová - zarovnání a sražení vnější hrany VT vývodu.
8	R2154-1	Kuželový navrtávák VT vývodů.
9	R2275	Vrták - vrtání prvního průměru.
10	R2297	Vrták - vrtání druhého průměru.
11	R2337	Fréza zvonová závitová - vnější závit VT vývodů.
12	R2185	Fréza rohová - plochy úchyťů z druhé strany.
13	R2067	Navrtávák - odjehlení.

Stroj Hüller Hille je vybaven otočnou paletou, na které jsou dva přípravky, jeden je v pracovním prostoru a do druhého obsluha zakládá výkovky.

Pro názornou představu byl vybrán jeden typ railu HFR (F 00R 002 948 výkres viz příloha 10). V tabulce je sestaven nástrojový list, včetně pořadí, ve kterém jsou jednotlivé části railu obráběny.

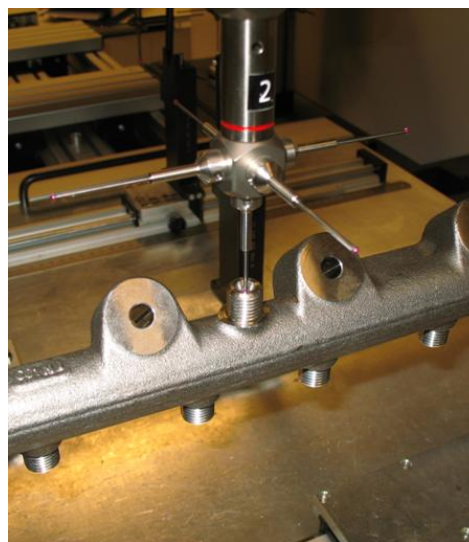
5.3 Kontrola a měření

Obrobené raily HFR i LWR jsou měřeny dle kontrolního a měřicího návodu. Automatizované měření probíhá na měrovém oddělení. U pracovního stroje přeměřuje obsluha jednotlivé rozměry pomocí ručních měřidel.

Na měrovém oddělení je k měření používáno PRISMO (viz obr. 5.6), jedná se o vysokorychlostní a velmi přesné měření. Měření je prováděno ve třech osách X, Y, Z a navíc jako 4. osa je zde otočný stůl. Na obr. 5.7 je znázorněn detail měření, kde je na railu HFR právě měřen sondou vysokotlaký vývod.



Obr. 5.6 Měřicí PRISMO⁴.



Obr. 5.7 Měření sondou⁴.

Vyrobené raily jsou měřeny na PRISMU na začátku pracovní směny, v polovině pracovní směny a při přeseřizování na jiný typ.

Ruční měřidla jsou používána obsluhou stroje pro pravidelné měření obrobených rozměrů, dle návodky.

Ruční měřidla (obr. viz příloha 14):

- Pneumatické měřidlo pro měření vnitřních průměrů,
- třmenový kalibr,
- dutinoměr,
- hloubkoměr,
- kalibr válcový,
- hloubkoměr závitový,
- závitový kalibr.

6. UPÍNACÍ PŘÍPRAVKY

Cílem upínacích přípravků je dosáhnout rychlejšího snadnějšího a přesnějšího upnutí obrobku. Přípravek musí být konstrukčně řešen tak, aby tlumil chvění, dokázal zachytit vznikající řezné síly a neměl by být příliš těžký.

Při výrobě railů se používají hydraulické přípravky. Jedná se o nejtěžší upnutí největšími upínacími silami za pomoci tlakové kapaliny. Olej v tomto systému dosahuje tlaku až 10 MPa.

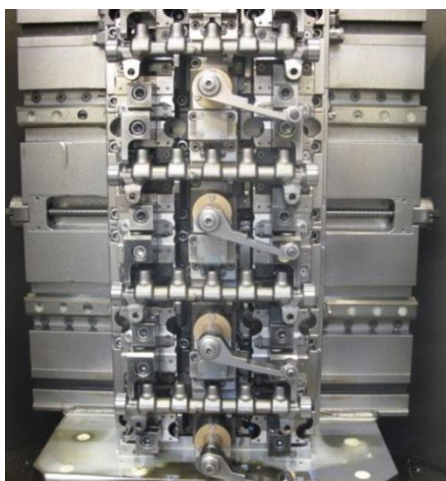
Velkosériové obrábění railů je prováděno na strojích Elha a Hüller Hille, jak již bylo uvedeno. Na obou stojích je obráběna jak axiální tak radiální část. Pro názornost jsou zde uvedeny a popsány stávající upínací systémy na jmenovaných strojích.

6.1 Hüller Hille přípravky pro HFR

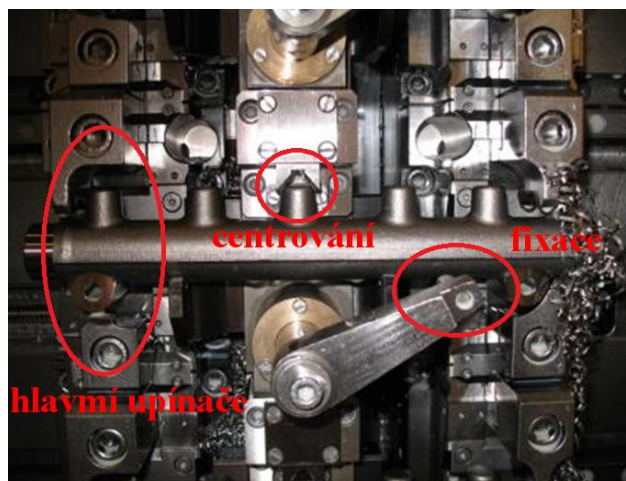
Axiální obrábění:

Na obr. 6.1 je znázorněn celý upínací přípravek používaný pro axiální obrábění na strojích Hüller Hille. Do tohoto přípravku je možné založit čtyři polotovary railu ve vodorovné poloze pro jeden pracovní cyklus.

Pohyblivé části přípravku jsou znázorněny na obr. 6.2. Pro dosažení přesného upnutí je polotovar vycentrován. Dále dojde k sevření hlavními upínacími čelistmi. Jako třetí prvek je zde fixující klika, jejíž úkolem je stabilizovat kus a zabránit vibracím polotovaru při obrábění.



Obr. 6.1 Celý upínací přípravek⁴.

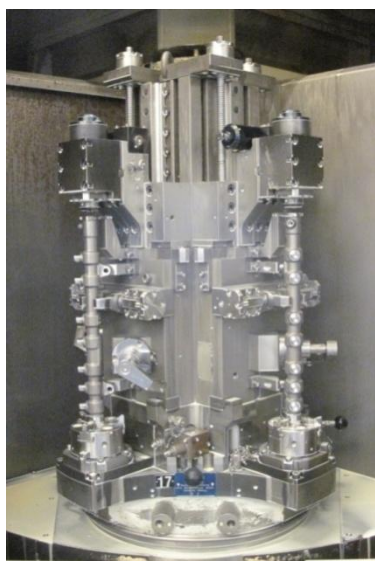
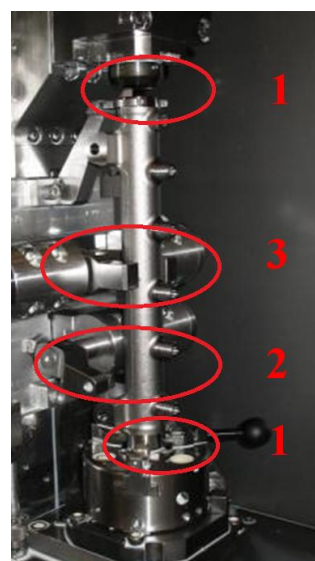


Obr. 6.2 Upnutí jednoho dílce⁴.

Radiální obrábění:

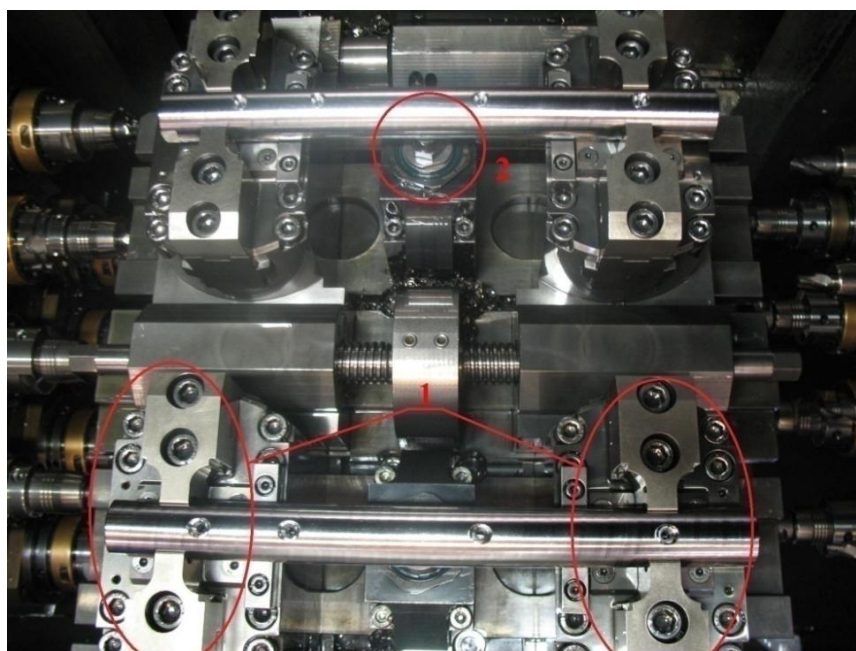
Přípravek pro radiální obrábění je ovládán hydraulicky. Přípravek je znázorněn na obr. 6.3 a je otočný kolem své osy. Je možné do něj upnout čtyři polotovary railu pro jeden obráběcí cyklus.

Při upínání je nejprve sevřen kuželovými trny, které zajedou do axiálních částí (znázorněno na obr. 6.4 pod číslem 1 a na obr. 7.9), které jsou již obrobena. Pod číslem dva je přitlačná páka, která dotlačí rail na opěrnou plochu, o kterou se opírá obrobek. Pod číslem tři jsou upínací kleštiny, které polotovar sevrou, aby se nemohl během obrábění uvolnit.

Obr. 6.3 Celý upínací přípravek⁴.Obr. 6.4 Upnutí jednoho dílce⁴.

6.2 Elha přípravek pro LWR

Ve stroji Elha je použit upínací přípravek pro dva raily. Na obr. 6.5 je možné vidět čtyři fixační prvky, dva páry svíracích čelistí pro jeden rail (bod 1). Pod bodem dva je označena podpěrná část, která zamezuje chvění obrobku při obráběcím procesu. Páry svíracích čelistí jsou nastaveny podle délky obráběného typu. Před samotným obráběním dojde k upnutí obrobku do dvou párů čelistí, které jsou ovládány hydraulicky. Dále je vysunuta podpěra, která je ovládána hydarulicko-pneumaticky a zamezuje vibracím. Při obrábění radiální části LWR railu je potřeba natočit rail kolem své osy o potřebný úhel. Natočení je provedeno tak, že upínací přípravek vyjede s polotovary do horní části stroje, kde jsou sklíčidla. Raily jsou ve sklíčidle upnuty za axiální část natočeny o potřebný úhel a znovu upnuty v upínacím přípravku. Upínání je společné pro axiální i radiální obrábění.

Obr. 6.5 Upínací přípravek ELHA⁴.

7 NÁVRH UKLÁDÁNÍ A UPÍNÁNÍ KOVANÉHO (HFR) POLOTOVARU VE STROJI ELHA

Jedním z úkolů této diplomové práce je návrh technologie obrábění kovaného railu HFR na stroji Elha, kde se doposud obráběl pouze rail LWR. Po konstrukční stránce upínacích přípravků byl tento způsob řešen částečně již dříve. V budoucnu by se výroba tlakového zásobníku LWR měla omezovat, z toho důvodu by stroje Elha zůstaly neobsazené. Navržením technologie obrábění tlakových zásobníků HFR na strojích Elha bude do budoucna zajištěno jejich vytížení.

Navrhovaná technologie by se měla vztahovat ke konkrétnímu typu obrobku, proto byl proveden výběr railů HFR, které by nejvíce vyhovovaly způsobu obrábění na stroji Elha.

7.1 Výběr vhodného sortimentu kovaných railů

Z celého sortimentu vyráběných kovaných vysokotlakých zásobníků bylo vybráno šest typů railů, které dosahovaly velké roční produktivity, a proto investice do nového upínacího systému by měla mít nejkratší dobu návratnosti.

Tab. 7.1 Vybrané typy pro návrh nové technologie.

Typ polotovaru	Typ railu	Roční produktivita [ks/rok]	Délka railu [mm]
HFR	F 00R 002 943	19 tis.	224
HFR	F 00R 003 172	77 tis.	254
HFR	F 00R 002 948	17 tis.	248
HFR	F 00R 003 294	21 tis.	253
HFR	F 00R 001 839	13,5 tis.	342
HFR	F 00R 002 205	18,5 tis.	468

Vybrané typy railů jsou konstrukčně podobné, což by měla být výhoda pro návrh zakládací palety do stroje a návrhu upínacího zařízení. Délka polotovaru railu, kterou je možné obrobřit ve stroji Elha je max. je 477 mm. Výkresy vybraných railů jsou součástí příloh.

7.2 Návrh zakládací palety stroje ELHA



Obr. 7.1 Zakládací paleta⁴.

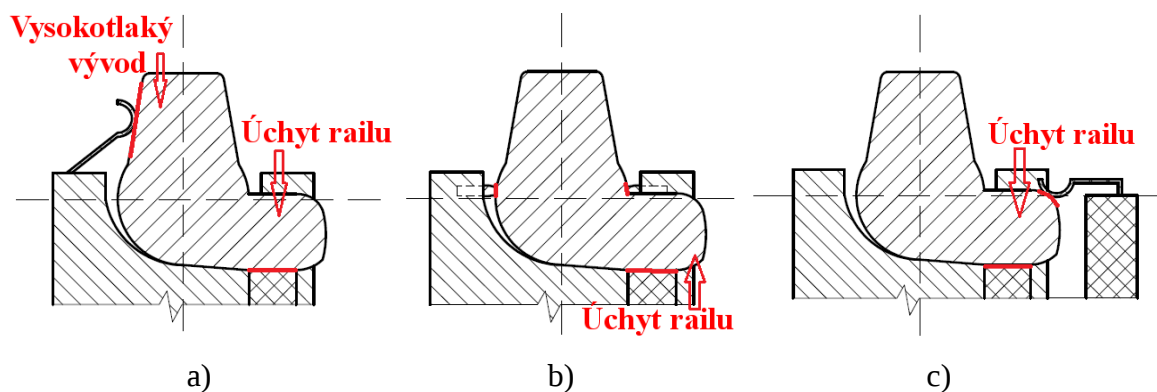
V současné době se na strojích Elha obrábí pouze LWR raily, proto je nakládací paleta (viz obr. 7.1) upravena pouze pro tento typ.

První a třetí pozice z pravé strany na paletě je určena pro nakládání do stroje, druhá a čtvrtá pozice je určena pro vykládání ze stroje. Každý polotovar je na základací paletě ukládán do dvou podpěr tvaru U. Jedna z těchto podpěr je nastavitelná podle délky polotovaru.

Polotovaru railu HFR je tvarově složitější, proto je nutné provést úpravy základací palety. U railu LWR nezáleží na jeho natočení, jedná se pouze o symetrický polotovar. Typ HFR je tvarově složitější, proto je potřeba zajistit správnou pozici railu v základací paletě, která je důležitá pro jeho upnutí v přípravku stroje.

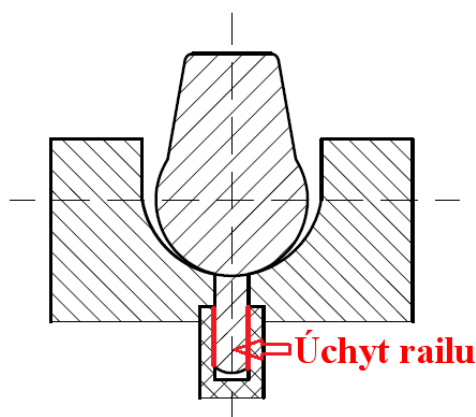
7.2.1 Axiální obrábění

Zakladací paleta pro axiální obrábění určitého typu byla navržena ve čtyřech variantách, které jsou znázorněny na obr. 7.2 a 7.3.



Obr. 7.2 Způsoby uložení polotovaru railu prvního typu na základací paletě.

- a) Pružný prvek se opírá o vysokotlaký výstup a přitlačí úchyt na opěru.
- b) Pružné prvky svírají tělo polotovaru nad jeho osou a brání jeho natočení.
- c) Pružný prvek tlačí přímo na úchyt, který se opírá o podpěru.



Obr. 7.3 Způsob uložení polotovaru railu druhého typu na základací paletě.

Návrhy byly řešeny pro dva základní tvary výkovku, vycházelo se z vybraných typů (viz tab. 7.1). Na obr. 7.2 je znázorněn první typ výkovku, kde úchyty jsou konstrukčně

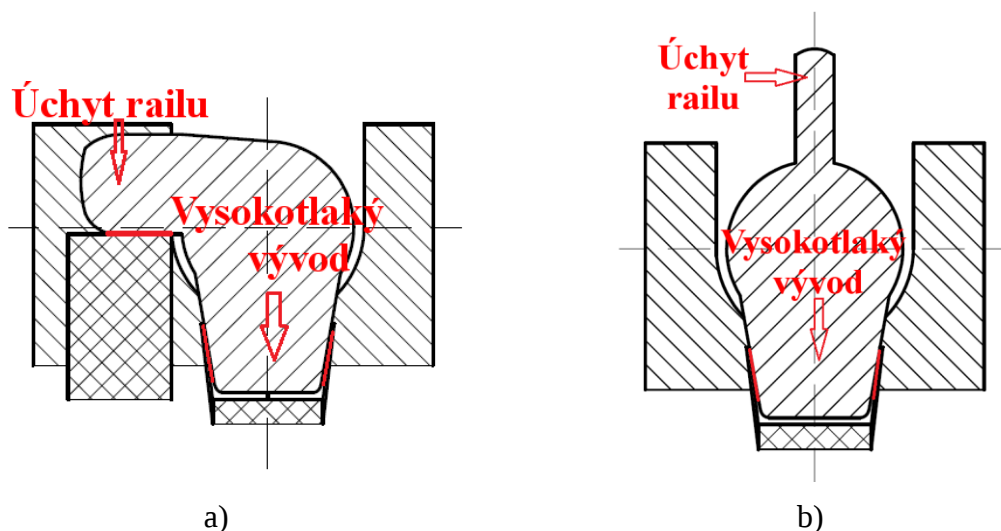
umístěny v pravém úhlu vůči vysokotlakým výstupům. Na obr. 7.3 jsou úchyty konstrukčně umístěny v ose vysokotlakých výstupů.

Nastavitelné podpěry tvaru U zůstaly stejné u všech návrhů. Společným opěrným bodem prvního typu polotovaru znázorněného na obr. 7.2 je úchyt polotovaru, ostatní prvky jsou popsány jednotlivě pod obr. 7.2. Opěrné a přítlačné prvky jsou označeny červeně na těle polotovaru.

Pro typ railu F00R 003 172, kde je úchyt ve svislé ose společně s vysokotlakým výstupem. Návrh znázorněn na obr. 7.3. Úchyt je fixován z obou stran, aby nedošlo k natočení.

7.2.2 Radiální obrábění

Na zakládací paletě pro radiální obrábění je nejvhodnější způsob středění za vysokotlaký vývod u obou typů railů jak je vidět na obr. 7.4, jen u typu a) je ještě zajištěna podpěra úchyty. Tělo polotovaru je stejně jako u axiálního upnutí podepřeno posuvnými podpěrami ve tvaru U.



Obr. 7.4 Uložení na zakládací paletě: a) první typ výkovku, b) druhý typ výkovku.

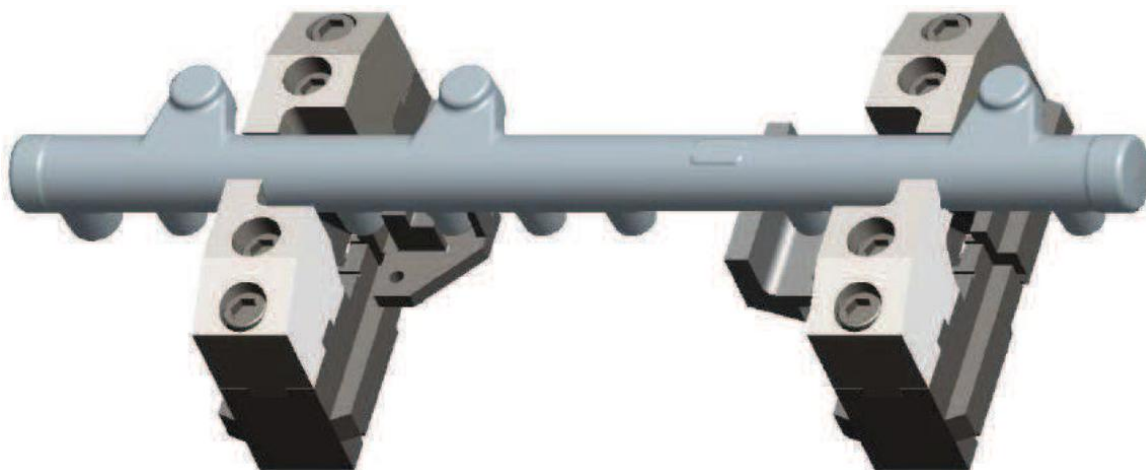
7.3 Možnosti upínání vybraných typů ve stroji ELHA

Způsob upínání polotovarů railu HFR ve stroji Elha se bude od upínání polotovaru LWR lišit, v úvahu je třeba především vzít povrch a konstrukční rozdíl typu HFR, ze kterého vystupují úchyty a vysokotlaké vývody oproti typu LWR, ze kterého nevystupují žádné vývody, které jsou až později navařeny.

Na stávajícím upínacím přípravku je nutné provést konstrukční úpravy, aby bylo možné upnout HFR rail. Konstruktor navrhl jiné upínací čelisti a zároveň je vypočetl, aby vznikl dostatek prostoru pro HFR rail, který je opatřen neobrobenými výstupy oproti railu LWR.

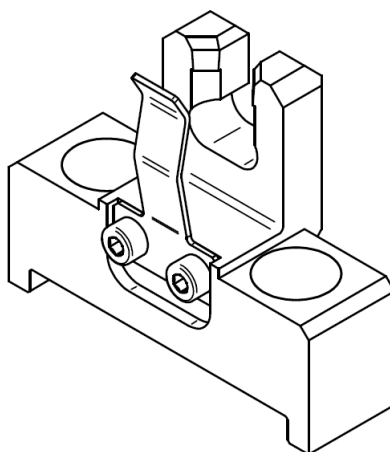
Mezi šesti vybranými typy railu, jak bylo uvedeno v kapitole 7.1, jsou dva základní konstrukční rozdíly. V prvním případě se úchyty nacházejí v rovině kolmé k vysokotlakým vývodům, jedná se například o typ F00R 002 205 viz příloha 13. Ve druhém případě se úchyty nacházejí ve stejné ose jako vysokotlaké vývody, jedná se například o typ F00R 002 948 viz příloha 10.

Na upínacím přípravku pro axiální obrábění nebudou provedeny velké konstrukční změny, proto náklady nebudou tak vysoké. Naopak u upínacího přípravku pro radiální obrábění budou provedeny poměrně velké konstrukční změny. Kompletní přestavba upínacího přípravku se pohybuje kolem 1,5 mil. Kč a to v případě, že by se jednalo o úpravu upínacího přípravku pro jeden obráběcí stroj. V případě, že by se přestavba provedla na více strojích, náklady na jeden upínací přípravek by se snížily a to třeba až na 1 mil. Kč v závislosti na počtu strojů, které by prošly touto přestavbou.



Obr. 7.5 Způsob upnutí ve stroji Elha, pro axiální obrábění¹⁵.

7.3.1 Způsoby upnutí prvního typu ve stroji ELHA



Obr. 7.6 Středící prvek vysokotlakého vývodu⁴.

Typ F 00R 002 205

Axiální obrábění:

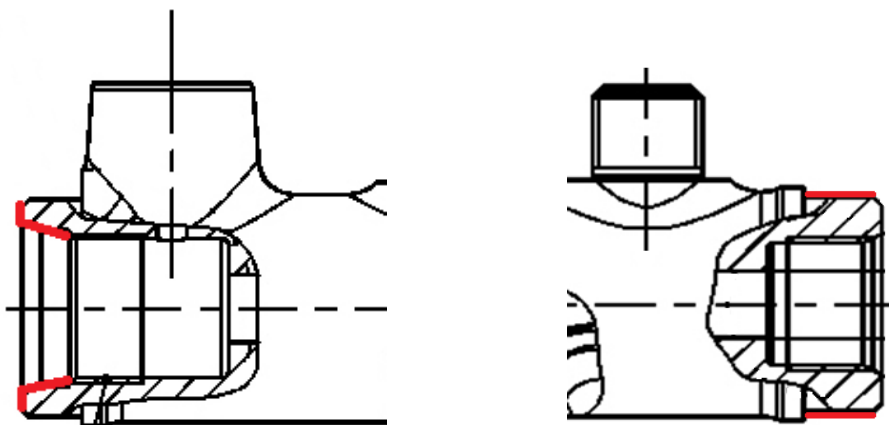
Zakládací paletou jsou polotovary naloženy do upínacího přípravku tak, že vysokotlaké vývody směřují směrem dolů do přípravku, jak je znázorněno na obr. 7.5. V této operaci budou obrobena pouze axiální konce a jedna strana úchyty, proto zde není nutný přístup k vysokotlakým vývodům a je možné je použít pro vystředění tělesa před samotným upnutím. Pro vystředění polotovaru za vysokotlaký vývod je použit prvek, který je znázorněn na obr. 7.6, v současné době se používá tento prvek ve stroji Chiron.

Hydraulicky ovládané čelisti upínají polotovary za jeho tělo (viz obr. 7.5). Při axiálním obrábění HFR typu není nutné využívat funkci sklíčidla v horní části stroje, jak bylo popsáno u typu LWR.

Radiální obrábění:

U radiálního upínání tohoto typu bude nutné provést zásadní konstrukční změny upínacího přípravku. Typ HFR není možné upínat stejným způsobem jako při axiálním obrábění za jeho neobrobený povrch. Vliv nepřesností by byl značný.

Po naložení zakládací paletou a upnutí upínacím přípravkem budou směřovat vysokotlaké vývody nahoru, tedy opačně než na obr. 7.5. Polotovary bude ustaven za obrobenou stranu úchytu. Nejvhodnější upnutí by bylo za vnitřní obrobenou axiální část a následné přitlačení pákou za tělo, podobně jako je tomu na strojích Hüller Hille (viz obr. 5.4). Detail upínání za obrobenou axiální část railu je znázorněn na obr. 7.9.



Obr. 7.8 Znáznornění plochy vhodné pro upínání u prvního typu výkovku⁴.

Na obr. 7.8 vlevo jsou vyznačeny červeně místa polotovaru, za které by bylo nejvhodnější daný typ upínat, jedná se o vnitřní obrobenou axiální část. Na obr. 7.8 vpravo by bylo nejvhodnější upnutí za vnější obrobenou část railu. Na obrázku vlevo není možné rail upnout za vnější část, stěna je příliš zeslabena obráběním a docházelo by k deformacím. Zde by proto bylo vhodnější uchycení kuželovým trnem za vnitřní obrobenou část¹⁵.



Obr. 7.9 Detail upínání za axiální část railu⁴.

7.3.2 Způsoby upnutí druhého typu ve stroji ELHA

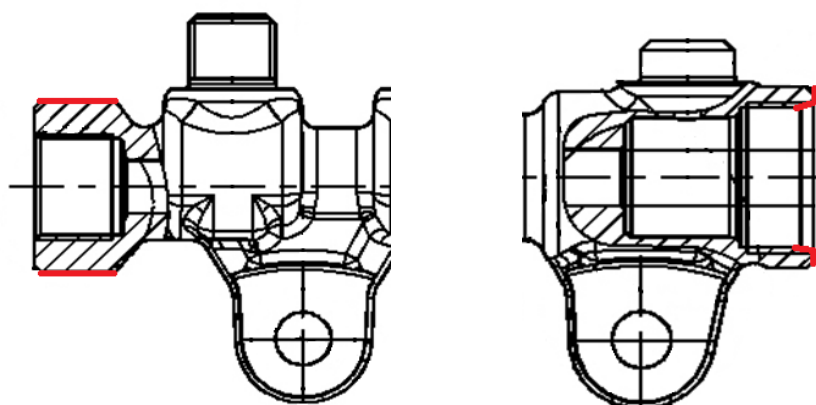
1. metoda (typ F 00R 002 948)

Axiální obrábění:

Stejně jako u prvního typu jsou zakládací paletou naloženy polotovary do upínacího přípravku tak, že vysokotlaké vývody směřují směrem dolů do přípravku. Rozdíl je v úchytech, které jsou v ose vysokotlakých vývodů, jak bylo zmíněno. Pro vystředění je použito stejného prvku, který je na obr. 7.6. Hydraulické upínací čelisti svírají polotovar za neobrobený povrch, jako je tomu na obr. 7.5. Ve výchozí poloze by byly obrobeny axiální konce, dále využitím sklíčidla v horní části stroje by se polotovar natočil o úhel 90°, po upnutí by byla obrobena jedna strana úchyty. Druhá strana bude sloužit při radiálním obrábění tohoto typu k ustavení polotovaru. Znovu by se využilo sklíčidlo a polotovar by byl natočen do výchozí polohy. Následuje vyložení z pracovního prostoru.

Radiální obrábění:

Polotovar je vložen nakládací paletou do stroje tak, že úchyty směřují opačně než při axiálním obrábění, tedy dolů. Jedna obrobená strana úchyty slouží k přesnému ustavení railu, přičemž úchyt je z druhé strany dotlačen na obrobenou plochu. U tohoto typu by bylo nejvhodnější upnutí levé strany polotovaru za vnější obrobenou část, jak je znázorněno na obr. 7.10 vlevo. Pravou stranu by bylo možné upínat pomocí kuželového trnu za jeho obrobenou vnitřní axiální část, jak již bylo zmíněno u předcházejícího typu. Dále by zde bylo vhodné použít přítlačnou páku, která by bránila vzniku vibrací. Ve výchozí poloze by byly obrobeny vysokotlaké vývody, dále využitím sklíčidla v horní části stroje by se polotovar natočil o úhel 90°, po upnutí by byla obrobena druhá strana úchyty. Znovu by se využilo sklíčidlo a polotovar by byl natočen do výchozí polohy. Následuje vyložení z pracovního prostoru.



Obr. 7.10 Znázornění plochy vhodné pro upínání u druhého typu výkovku⁴.

2. metoda (typ F 00R 002 948)

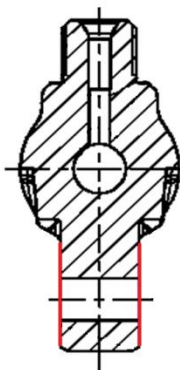
Axiální obrábění:

Stejně jako u první metody jsou zakládací paletou naloženy polotovary do upínacího přípravku tak, že vysokotlaké vývody směřují směrem dolů do přípravku. Rozdíl je v úchytech, které jsou v ose vysokotlakých vývodů, jak bylo zmíněno. Pro vystředění

je použito stejného prvku, který je na obr. 7.6. Hydraulické upínací čelisti svírají polotovar za neobrobený povrch jako je tomu na obr. 7.5. Ve výchozí poloze by byly obrobeny axiální konce, dále využitím sklíčidla v horní části stroje by se polotovar natočil o úhel 90° , po upnutí by byla obrobena jedna strana úchytu, ta bude sloužit při radiálním obrábění tohoto typu k ustavení polotovaru. Dalším využitím sklíčidla by byl polotovar railu natočen o úhel 180° , aby mohl být obroben úchyt z druhé strany. Znovu by se využilo sklíčidlo a polotovar by byl natočen do výchozí polohy. Následuje vyložení z pracovního prostoru.

Radiální obrábění:

Polotovar je vložen nakládací paletou do stroje tak, že úchyty směřují opačně než při axiálním obrábění, tedy dolů. Úchyt obrobený z obou stran (viz obr 7.11), je možné využít k přesnému upnutí polotovaru railu. Rail je ještě sevřen upínači za neobrobené tělo polotovaru. Po upnutí by následovalo obrobení vysokotlakých vývodů railu a dále už jen vyložení z pracovního prostoru stroje na zakládací paletu.



Obr. 7.11 Plochy upnutí při radiálním obrábění⁴.

3. metoda (typy F 00R 003 172, F 00R 003 294, F 00R 002 943)

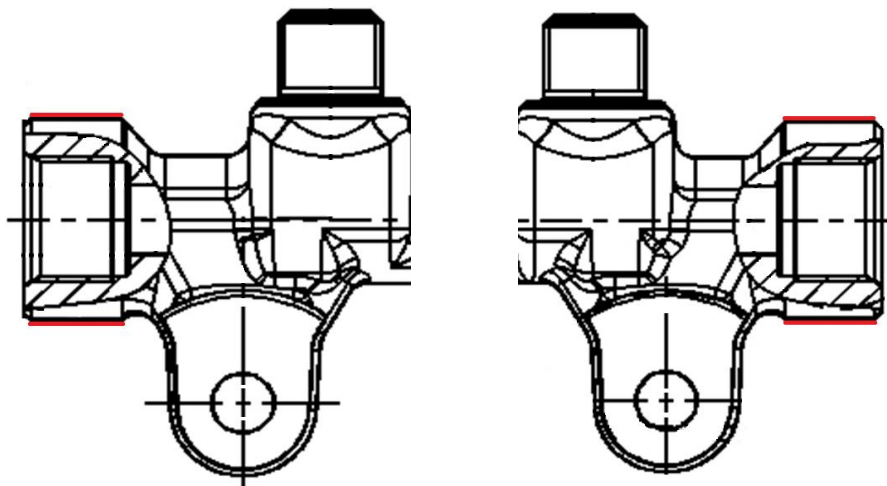
Axiální obrábění:

Stejně jako u první metody jsou zakládací paletou naloženy polotovary do upínacího přípravku tak, že vysokotlaké vývody směřují směrem dolů do přípravku. Rozdíl je v úchytech, které jsou v ose vysokotlakých vývodů, jak bylo zmíněno. Pro vystředění je použito stejného prvku, který je na obr. 7.6. Hydraulické upínací čelisti svírají polotovar za neobrobený povrch jako je tomu na obr. 7.5. Ve výchozí poloze by byly obrobeny axiální konce, dále využitím sklíčidla v horní části stroje by se polotovar natočil o úhel 90° , po upnutí by byla obrobena jedna strana úchytu, ta bude sloužit při radiálním obrábění tohoto typu k ustavení polotovaru. Znovu by se využilo sklíčidlo a polotovar by byl natočen do výchozí polohy. Následuje vyložení z pracovního prostoru.

Radiální obrábění:

Polotovar je vložen nakládací paletou do stroje tak, že úchyty směřují opačně než při axiálním obrábění, tedy dolů. Jedna obrobená strana úchytu slouží k přesnému ustavení railu, přičemž úchyt je z druhé strany dotlačen na obrobenou plochu. U těchto typů je možné provést upnutí obou axiálních stran za jejich vnější obrobené části, jak je znázorněno na obr. 7.12. Dále by zde bylo vhodné použít přítlačnou páku, která by bránila vzniku vibrací. Ve výchozí poloze by byly obrobeny vysokotlaké vývody, dále

využitím sklíčidla v horní části stroje by se polotovar natočil o úhel 90° , po upnutí by byla obrobena druhá strana úchytu. Znovu by se využilo sklíčidlo a polotovar by byl natočen do výchozí polohy. Následuje vyložení z pracovního prostoru.



Obr. 7.12 Upnutí za vnější axiální plochy⁴.

7.3.3 Ostatní návrhy

Dalším možným řešením pro upínání railů ve stroji Elha pro radiální obrábění by mohl být způsob, že by se rail zakládal do stroje již s menším přípravkem, kde by byl nasunut a vložením do přípravku by byl upnut. Tato metoda by byla pravděpodobně nejnákladnější a konstrukčně nejsložitější, případně by bylo možné ji realizovat u typů, které by nebylo možné ve stroji jinak upínat. Měly by dostatečně vysokou roční produktivitu, aby se náklady vynaložené na realizaci vyplatily.

Případným pořízením nového stroje Elha, který by byl konstruován na typ railu HFR, by odpadly případné problémy se zkušebním provozem dodělávaného upínacího přípravku. Výše navrhované možnosti nového upínání bude nejprve nutné podrobit zkušebnímu provozu a postupně odstranit případné nedostatky. Upínání typu HFR vyžaduje podstatně větší přesnost při zakládání a následném upínání, což může způsobovat problémy při testovacím provozu.

8 TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ HFR VE STROJI ELHA

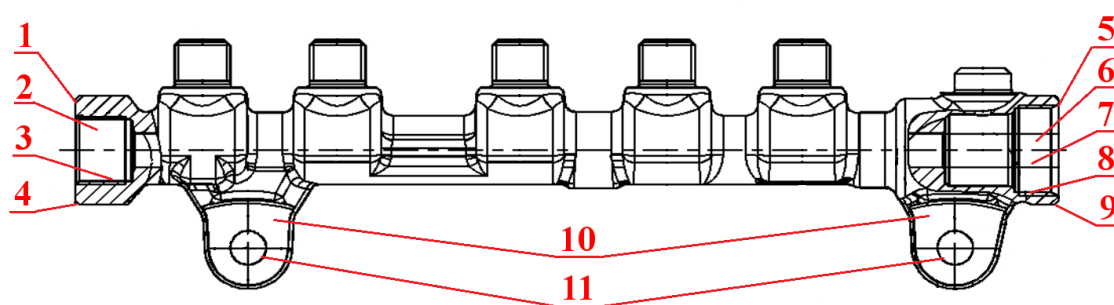
V souvislosti s navrhovanými způsoby upínání polotovaru railu HFR ve stroji Elha byl navržen technologický postup obrábění jednotlivých částí polotovaru. Postup byl navržen pro konkrétní typ F00R 002 948. Pomocí navrženého postupu bude možné zjistit dobu výrobního taktu pro axiální a radiální obrábění.

8.1 Technologie axiálního obrábění

Hlavní pracovní činnosti operátora stroje, jak byly popsány v kapitole 5.1, zůstaly nezměněny. Hlavní změny proběhly v samotném pracovním cyklu stroje. Tyto změny jsou demonstrovány na konkrétním typu F00R 002 948. Byly navrženy dva způsoby obrobení daného typu. Změny jsou zaznamenány v nástrojovém listu a postupu obrobení v tab. 8.1. a 8.2.

Tab. 8.1. Návrh obrobení axiální části (č.1).

označení	Vřetena	Číslo nástroje	Popis operace
1	11,13	R2268	Ofrézování konce. Fréza Ø 63.
2	15,17	R2205	Zahloubení otvoru. Záhlubník Ø 16,45/90°.
3	12,14	R2008/1	Frézování vnitřního závitu. Závitová fréza M18×1,5.
4	16,18	R2012/1	Osoustružení konce. Zvonová fréza Ø 28,95.
5	55,57	R2268	Ofrézování konců. Fréza Ø 63.
6	56,58	R2231	Zahloubení otvoru. Záhlubník Ø 18,21.
7	52,54	R2230	Zahloubení otvoru na čisto. Záhlubník Ø 19,013/22,45/24.
8	51,53	R2008/20	Frézování vnitřního závitu. Závitová fréza M 24.
9	46,48	R2140	Osoustružení konce. Zvonová fréza Ø 28,95.
10	45,47	R2185	Osoustružení úchytů. Fréza rohová Ø 26.
11	41,43	R2160	Vrták Ø 9/12.



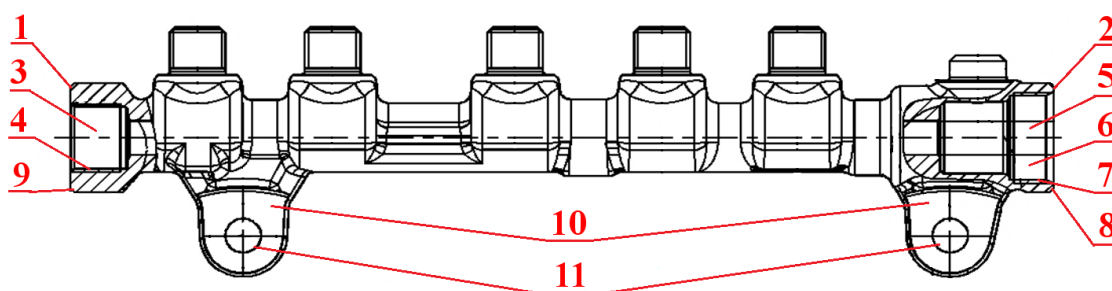
Obr. 8.1 Axiální obrobení podle postupu č.1⁴.

V prvním návrhu je nejprve obrobena celá první axiální strana railu, potom druhá a nakonec úchyty. Ve druhém návrhu jsou obrobena plochy a otvory stejného typu na levé a na pravé straně střídavě, dokud nejsou axiální strany railu obrobena.

Časy pracovních cyklů prvního a druhého návrhu nejsou výrazně odlišné. Návrh č. 1 se jeví jako vhodnější, přejezdy mezi obráběcími nástroji jsou časově kratší.

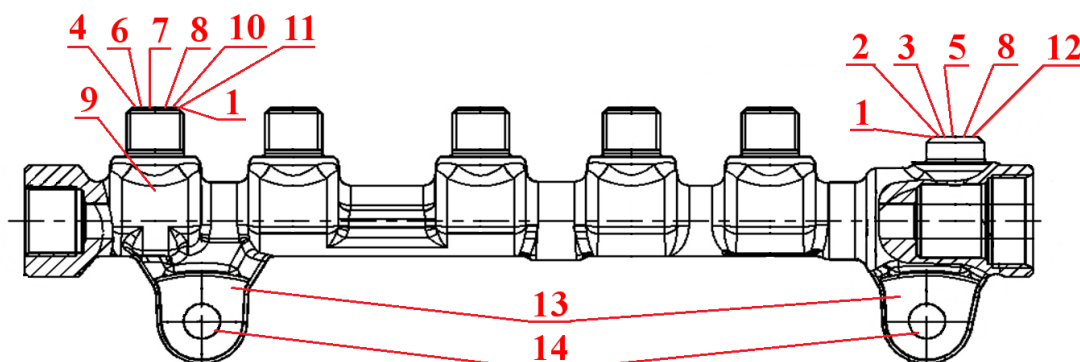
Tab. 8.2 Návrh obrobení axiální části (č. 2).

označení	Vřetena	Číslo nástroje	Popis operace
1	11,13	R2268	Ofrézování konce. Fréza Ø 63.
2	55,57	R2268	Ofrézování konce. Fréza Ø 63.
3	15,17	R2205	Zahloubení otvoru. Záhlubník Ø 16,45.
4	12,14	R2008/1	Frézování vnitřního závitu. Závětová fréza M18.
5	56,58	R2231	Zahloubení otvoru. Záhlubník Ø 18,21.
6	52,54	R2230	Zahloubení otvoru na čisto. Záhlubník Ø 19,013/22,45/24.
7	51,53	R2008/20	Frézování vnitřního závitu. Závětová fréza M24.
8	46,48	R2140	Osoustružení konce. Zvonová fréza Ø 28,95.
9	16,18	R1259	Osoustružení konce. Zvonová fréza Ø 28,95.
10	45,47	R2185	Osoustružení úchytů. Fréza rohová Ø 26.
11	41,43	R2160	Vrták Ø 9/12.

Obr. 8.2 Axiální obrobení podle postupu č.2⁴.

8.2 Technologie radiálního obrábění

Stejně jako při axiálním obrábění technologický postup práce operátora zůstal u radiálního obrábění nezměněn (viz kapitola 5.1). Pro typ F 00R 002 948 byl navržen způsob obrábění radiální části (viz tab. 8.3).

Obr. 8.3 Radiální obrobení podle navrženého postupu⁴.

Tab. 8.3 Návrh obrobení radiální části.

označení	Vřetena	Číslo nástroje	Popis operace
1	11,13	R2068	Zarovnání VD. Fréza rohová Ø 40
2	12,14	R2200	Soustružení a sražení ND. Fréza zvonová Ø 14,2×6,6.
3	15,17	R2599	Hrubování vnitřního prům. ND. Záhlubník Ø 8,4×80.
4	16,18	R2161	Vrtání v VD. Vrták Ø 4,02
5	21,23	R2100/1	Na čisto vnitřní prům. ND. Výstružník Ø 8,6H8.
6	22,24	R2022	Obrobení VD z vnější strany. Fréza zvonová Ø 14.
7	24,27	R2154/1	Stružení v VD. Navrtávák kuželový Ø 4,03.
8	26,28	R2156/1	Vrtání v VD a ND. Vrták Ø 4
9	31,33	R2157	Odjehlení přechodu VD a hlubokého vrtání. Odjehlovací nástroj Ø 4.
10	32,34	R2191/1	Stružení v VD. Výstružník 4,2H8.
11	35,37	R2337	Vnější závit VD. Fréza zvonová závitová Ø 16.
12	36,38	R2021	Stružení v VD. Výstružník kuželový Ø 6,5.
13	41,43	R2185/1	Obrobení úchytů. Fréza rohová Ø 26.
14	42,44	R2067	Sražení hrany v otvoru úchytů. Navrtávák Ø 16.

9. KAPACITNÍ PROPOČTY A VYTÍŽENOST STROJŮ

Kapacitní propočet je jedním z velmi důležitých úkolů v rámci řešení technologického projektu výroby.

Výrobní kapacitu je možné definovat jako maximální objem produkce, který může výrobní jednotka vyrobit za určitou dobu. Jedná se tedy o možný výstup zařízení²⁹.

Činitelé ovlivňující výrobní kapacitu²⁹:

- technologická úroveň strojů a výrobního zařízení,
- doba činnosti,
- organizace práce,
- organizace výroby,
- kvalifikace pracovních sil,
- použité materiály a jiné.

Výkonem výrobního zařízení je myšlena maximální výrobnost za jednotku času, obvykle za jednu hodinu. Výkon je třeba vyjádřit ve výrobcích, stejně tak je vyjádřena i výrobní kapacita. Výkon výrobního zařízení se stanoví na základě kapacitních norem výrobnosti, které určují maximální množství výrobků, které mohou být na daném výrobním zařízení zhotoveny za časovou jednotku²⁹.

U vybraných typů polotovarů, pro které byla navržena technologie obrábění na strojích Elha, byly změřeny časy obráběcích cyklů na strojích Hüller Hille a Elha. Dále byly vypočítány kapacitní propočty pro obsazení jmenovaných strojů vybranými typy railů HFR a pro porovnání byl zařazen i kapacitní propočet výše popsaného railu LWR.

Jak již bylo popsáno, ve stroji Elha jsou současně obráběny dva raily současně. Ve stroji Hüller Hille jsou v upínacím přípravku upnuty čtyři raily, které jsou obráběny postupně.

Tab 9.1. Vybrané typy HFR s roční produkcí určené pro návrh nové technologie:

Typ polotovaru	Typ railu	Roční produktivita
HFR	F 00R 002 943	19 tis. ks/rok
HFR	F 00R 003 172	77 tis. ks/rok
HFR	F 00R 002 948	17 tis. ks/rok
HFR	F 00R 003 294	21 tis. ks/rok

9.1 Časový fond výrobního zařízení

Jedná se o plánovaný počet časových jednotek (dnů, hodin) za rok. U jednotlivých průmyslových oborů a odvětví může být různý, (např. na nepřetržitosti a přetržitosti výrobních procesů), společenských podmínkách, (např. na možnostech vícesměnného provozu)²⁹.

Roční časový fond E_r

Je vyjádřen počtem dnů v roce (v nepřestupném roce 365 dnů, v přestupném roce 366 dnů). Pokud jej vyjádříme v hodinách, dostaneme pro nepřestupný rok 8 760 hodin. Roční časový fond by bylo možné využít v nepřetržitém výrobním procesu. V ostatních výroбах je roční časový fond základem pro výpočet nominálního časového fondu. Dále můžeme vypočítat časový fond stroje a dělníka²⁹.

9.1.1 Kalendářní fond pro rok 2014

$E_r = 1\,890$ pracovních hodin/rok (směna 7,5 h).

Výpočet ročního fondu strojního pracoviště v jedné směně E_s .

U strojních pracovišť počítáme efektivní časový fond stroje E_s , u kterého se zohledňuje čas na poruchy a opravy stroje ($0,04 \div 0,08$).

$E_s = E_r - (0,04 \div 0,08) \cdot E_r$, zaokrouhleno 0,06

$E_s = 1\,890 - (0,06 \cdot E_r) \quad E_s = 1\,890 - (0,06 \cdot 1\,890) = 1\,777$ h/rok

Počet pracovních směn ve třísměnném pracovním provozu v roce E_{3s} .

$$E_{3s} = \frac{1\,777 \cdot 3}{7,5} = 710 \text{ směn}$$

Výpočet ročního fondu dělníka E_d .

Ve fondu dělníka je nutno počítat s dovolenou a neplánovanou absencí (nemoc).

9.2 Výpočet počtu strojů a vytíženosti

Potřebný počet strojů stanovíme z celkového potřebného času na provedení dané operace u všech kusů za rok a času, který máme k dispozici na jednom stroji. Výslednou hodnotu zaokrouhlíme na celé číslo nahoru. Získáme skutečný počet strojů pro danou operaci P_{sk}^{28} .

Jednotlivé doby pracovních cyklů t_k byly získány měřením.

Ve stroji Hüller Hille jsou vždy obráběny čtyři polotovary postupně v jednom cyklu pracovní operace, proto do vzorce dosazujeme Q_c .

Ve stroji Elha jsou obráběny dva polotovary současně v jednom cyklu pracovní operace, proto do vzorce dosazujeme Q_c .

9.2.1 Typ F 00R 002 943 axiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 4,2$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{4,2 \cdot \frac{19\,000}{4}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,062 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,062}{1} \cdot 100 \% = 6,2 \%$$

Elha: $t_k = 1,2$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{1,2 \cdot \frac{19\,000}{2}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,036 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,036}{1} \cdot 100 \% = 3,6 \%$$

9.2.2 Typ F 00R 002 943 radiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 9,4$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{9,4 \cdot \frac{19\,000}{4}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,14 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,14}{1} \cdot 100 \% = 14 \%$$

Elha: $t_k = 2,5$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{2,5 \cdot \frac{19\,000}{2}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,074 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,074}{1} \cdot 100 \% = 7,4 \%$$

9.2.3 Typ F 00R 003 172 axiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 4,2$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{4,2 \cdot \frac{77\,000}{4}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1,2} = 0,25 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,25}{1} \cdot 100 \% = 25 \%$$

Elha: $t_k = 1,2$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{1,2 \cdot \frac{77\,000}{2}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,14 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,14}{1} \cdot 100 \% = 14 \%$$

9.2.4 Typ F 00R 003 172 radiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 11,47$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{11,47 \cdot \frac{77\,000}{4}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,69 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,69}{1} \cdot 100 \% = 69 \%$$

Elha: $t_k = 3,02$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{3,02 \cdot \frac{77\,000}{2}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,36 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,36}{1} \cdot 100 \% = 36 \%$$

9.2.5 Typ F 00R 002 948 axiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 4,73$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{4,73 \cdot \frac{17\,000}{4}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,063 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,063}{1} \cdot 100 \% = 6,3 \%$$

Elha: $t_k = 1,3$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{1,3 \cdot \frac{17\,000}{2}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,035 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,035}{1} \cdot 100 \% = 3,5 \%$$

9.2.6 Typ F 00R 002 948 radiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 12,8$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{12,8 \cdot \frac{17\,000}{4}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,17 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,17}{1} \cdot 100 \% = 17 \%$$

Elha: $t_k = 3,35$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{3,35 \cdot \frac{17\,000}{2}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,089 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,089}{1} \cdot 100 \% = 8,9 \%$$

9.2.7 Typ F 00R 003 294 axiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 4,2$ min

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{4,2 \cdot \frac{21\,000}{4}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,069 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,069}{1} \cdot 100 \% = 6,9 \%$$

Elha: $t_k = 1,2 \text{ min}$

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{1,2 \cdot \frac{21\,000}{2}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,039 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,039}{1} \cdot 100 \% = 3,9 \%$$

9.2.8 Typ F 00R 003 294 radiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 12,8 \text{ min}$

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{12,8 \cdot \frac{21\,000}{4}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,21 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,21}{1} \cdot 100 \% = 21 \%$$

Elha: $t_k = 3,35 \text{ min}$

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot \frac{N}{Q_c}}{60 \cdot E_s \cdot S \cdot k_{pns}} = \frac{3,35 \cdot \frac{21\,000}{2}}{60 \cdot 1\,777 \cdot 3 \cdot 1} = 0,11 \cong 1 \text{ stroj}$$

Využití stroje:

$$\omega_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \% = \frac{0,11}{1} \cdot 100 \% = 11 \%$$

E_s - efektivní časový fond stroje [h/rok]

E_r - roční časový fond [h/rok]

E_d - časový fond dělníka [h/rok]

E_{3s} - počet pracovních směn ve třísměnném pracovním provozu v roce

N - počet polotovarů [ks/rok]

Q_c - počet polotovarů obroběných v pracovním cyklu [ks]

P_{th} - teoretický počet strojů

P_{sk} - skutečný počet strojů

t_k - čas potřebný pro provedení dané operace na daném stroji, jedná se o pracovní cyklus [min]

S - směnnost

ω_{op} - využití stroje [%]

k_{pns} - koeficient překračování strojních norem

k_{pns}^{28} :

- (0,9 - 1,3) objektivní normy
- (1,3 - 1,5) normy měkké rozběhové
- (1,2 - 1,4) metody bodovací

9.3 Kapacitní propočet jednotlivých typů

Vybrané typy HFR railu pro návrh technologie obrábění na stroji Elha jsou vypsány v tab. 9.2. Byly změřeny délky pracovních cyklů na jednotlivých obráběcích strojích a následně propočítány kapacity strojů pro výsledné porovnání.

Tab 9.2. Vybrané typy railů.

Typ polotovaru	Typ railu	Roční produktivita
HFR	F 00R 002 943	19 tis. ks/rok
HFR	F 00R 003 172	77 tis. ks/rok
HFR	F 00R 002 948	17 tis. ks/rok
HFR	F 00R 003 294	21 tis. ks/rok

Ve stroji Hüller Hille jsou vždy obráběny čtyři polotovary postupně v jednom cyklu pracovní operace.

Ve stroji Elha jsou obráběny dva polotovary současně v jednom cyklu pracovní operace.

9.3.1 Typ F 00R 002 943 axiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 4,2$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{4,2} = 14,3 \cong 14 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 14 \cdot 4 \cong 56 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 14,3 \cdot 7,5 = 107,25 \cong 107 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 107 \cdot 4 \cong 303\,880 \text{ ks}$$

Elha: $t_k = 1,2$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{1,2} = 50 \cong 50 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 50 \cdot 2 \cong 100 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 50 \cdot 7,5 \cong 375 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 375 \cdot 2 \cong 532\,500 \text{ ks}$$

9.3.2 Typ F 00R 002 943 radiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 9,4$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{9,4} = 6,4 \cong 6 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 6 \cdot 4 \cong 24 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 6,4 \cdot 7,5 \cong 48 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 48 \cdot 4 \cong 136\,320 \text{ ks}$$

Elha: $t_k = 2,5$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{2,5} = 24 \cong 24 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 24 \cdot 2 \cong 48 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 24 \cdot 7,5 \cong 180 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 180 \cdot 2 \cong 255\,600 \text{ ks}$$

9.3.3 Typ F 00R 003 172 axiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 4,2$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{4,2} = 14,3 \cong 14 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 14 \cdot 4 \cong 56 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 14,3 \cdot 7,5 = 107,25 \cong 107 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 107 \cdot 4 \cong 303\,880 \text{ ks}$$

Elha: $t_k = 1,2$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{1,2} = 50 \cong 50 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 50 \cdot 2 \cong 100 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 50 \cdot 7,5 \cong 375 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 375 \cdot 2 \cong 532\,500 \text{ ks}$$

9.3.4 Typ F 00R 003 172 radiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 11,47$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{11,47} = 5,2 \cong 5 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 5 \cdot 4 \cong 20 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 5,2 \cdot 7,5 \cong 39 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 39 \cdot 4 \cong 110\,760 \text{ ks}$$

Elha: $t_k = 3,02$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{3,02} = 19,9 \cong 19 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 19 \cdot 2 \cong 38 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 19 \cdot 7,5 = 142,5 \cong 142 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 142 \cdot 2 \cong 201\,640 \text{ ks}$$

9.3.5 Typ F 00R 002 948 axiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 4,73 \text{ min.}$

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{4,73} = 12,7 \cong 12 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 12 \cdot 4 \cong 48 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 12,7 \cdot 7,5 = 95,25 \cong 95 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 95 \cdot 4 \cong 269\,800 \text{ ks}$$

Elha: $t_k = 1,3 \text{ min.}$

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{1,3} = 45 \cong 45 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 45 \cdot 2 \cong 90 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 45 \cdot 7,5 = 337,5 \cong 337 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 337 \cdot 2 \cong 478\,540 \text{ ks}$$

9.3.6 Typ F 00R 002 948 radiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 12,8 \text{ min.}$

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{12,8} = 4,7 \cong 4 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 4 \cdot 4 \cong 16 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 4,7 \cdot 7,5 = 35,25 \cong 35 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 35 \cdot 4 \cong 99\,400 \text{ ks}$$

Elha: $t_k = 3,35 \text{ min.}$

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{3,35} = 17,9 \cong 17 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 17 \cdot 2 \cong 34 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 17 \cdot 7,5 = 127,5 \cong 127 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 127 \cdot 2 \cong 180\,340 \text{ ks}$$

9.3.7 Typ F 00R 003 294 axiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 4,2$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{4,2} = 14,3 \cong 14 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 14 \cdot 4 \cong 56 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 14,3 \cdot 7,5 = 107,25 \cong 107 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 107 \cdot 4 \cong 303\,880 \text{ ks}$$

Elha: $t_k = 1,2$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{1,2} = 50 \cong 50 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 50 \cdot 2 \cong 100 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 50 \cdot 7,5 \cong 375 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 375 \cdot 2 \cong 532\,500 \text{ ks}$$

9.3.8 Typ F 00R 003 294 radiální obrábění

Hüller Hille: $t_k = 12,8$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{12,8} = 4,7 \cong 4 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 4 \cdot 4 \cong 16 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 4,7 \cdot 7,5 = 35,25 \cong 35 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 35 \cdot 4 \cong 99\,400 \text{ ks}$$

Elha: $t_k = 3,35$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{3,35} = 17,9 \cong 17 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 17 \cdot 2 \cong 34 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 17 \cdot 7,5 = 127,5 \cong 127 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 127 \cdot 2 \cong 180\,380 \text{ ks}$$

9.3.9 Typ F 00R 00L 874

Polotovar LWR, jak již bylo zmíněno výše, je obráběn pouze na stroji Elha axiálně a radiálně v jednom pracovním cyklu.

$t_k = 3,019$ min.

Objem obrobených polotovarů:

$$Q_{ch} = \frac{t_h}{t_k} = \frac{60}{3,019} = 19,9 \cong 19 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_h = Q_{ch} \cdot Q_c = 19 \cdot 2 \cong 38 \text{ ks}$$

$$Q_s = Q_{ch} \cdot S_h = 19,9 \cdot 7,5 = 149,25 \cong 149 \text{ pracovních cyklů}$$

$$Q_r = E_{3s} \cdot Q_s \cdot Q_c = 710 \cdot 149 \cdot 2 \cong 211\,580 \text{ ks}$$

E_{3s} - počet pracovních směn ve třisměnném pracovním provozu v roce [směn]

Q_c - počet polotovarů obrobených v pracovním cyklu [ks]

Q_h - počet obrobených kusů za hodinu [ks]

Q_{ch} - počet pracovních cyklů v jedné hodině

Q_r - roční kapacita stroje daného typu [ks]

Q_s - počet pracovních cyklů ve směně

S - směnnost

S_h - délka pracovní směny [h]

t_k - čas potřebný pro provedení dané operace na daném stroji jedná se o pracovní cyklus [min]

t_h - čas jedné hodiny [min]

9.4 Zhodnocení kalkulací a využití strojů

V závěru byly porovnány vypočítané kalkulace vybraných polotovarů plánované výroby railů HFR na strojích Elha se skutečným množstvím, které je nutné na strojích vyrobit podle předběžného ročního plánu. Pro názornou představu bylo stejné porovnání kapacit a roční produktivity provedeno i pro stroj Hüller Hille (viz tab. 9.4)

Tab 9.3. Porovnání roční produktivity a kapacity jednotlivých typů na stroji Elha.

Typ polotovaru	Typ railu	Roční produktivita [ks/rok]	Kapacita stroje Elha- axiální obrábění [ks/rok]	Kapacita stroje Elha- radiální obrábění [ks/rok]
HFR	F 00R 002 943	19 tis.	532 500	255 600
HFR	F 00R 003 172	77 tis.	532 500	201 640
HFR	F 00R 002 948	17 tis.	478 540	180 340
HFR	F 00R 003 294	21 tis.	532 500	180 380
LWR	F 00R 00L 874		211 580	

Podle hodnot v tab. 9.3 je zřejmé, že kapacita stroje u jednotlivých typů převyšuje roční produktivitu jednotlivých typů.

Z porovnání množství vyrobených railů LWR s množstvím railů HFR na stroji Elha vyplývá, že množství vyrobených kusů railů LWR přibližně odpovídá množství railů HFR, kde je obráběna radiální část. Z celkového hlediska je výroba railů LWR na stroji Elha produktivnější oproti obrábění HFR railu. Ovšem do času výroby není započítán čas potřebný na přivaření VT, NT vývodů a úchytů.

Tab. 9.4 Porovnání roční produktivity a kapacity jednotlivých typů na stroji Hüller Hille.

Typ polotovaru	Typ railu	Roční produktivita [ks/rok]	Kapacita stroje Hüller Hille - axiální obrábění [ks/rok]	Kapacita stroje Hüller Hille - radiální obrábění [ks/rok]
HFR	F 00R 002 943	19 tis.	303 880	136 320
HFR	F 00R 003 172	77 tis.	303 880	110 760
HFR	F 00R 002 948	17 tis.	269 800	71 000
HFR	F 00R 003 294	21 tis.	303 880	99 400

Na stroji Hüller Hille Roční kapacita stroje jednotlivých typů také přesahuje roční produktivitu, ale méně výrazně než na stroji Elha.

Jak již bylo řečeno, u railu HFR není možné zařadit axiální a radiální obrábění na jeden stroj, což bylo zohledněno při kapacitních výpočtech. Výsledné hodnoty axiálního a radiálního obrábění jsou v tabulkách odděleny. V případě, že by obrábění určitého typu axiální, nebo radiální části railu probíhala na jednom stroji, je zachycena v tab. 9.5 a 9.6 procentuelní vytíženost u jednotlivých typů. Pro porovnání je vytíženost vypočítána na stroji Hüller Hille, kde probíhá současná výroba a na stroji Elha, kde je výroba do budoucna plánovaná.

Tab. 9.5 Vytížení stroje Elha vybranými typy.

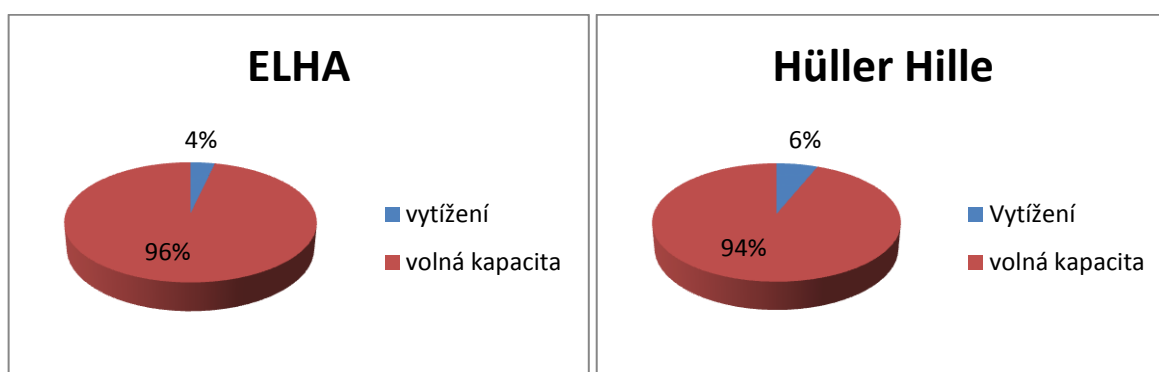
Vybrané typy railů	Vytížení stroje Elha- axiální obrábění [%]	Vytížení stroje Elha- radiální obrábění [%]
F 00R 002 943	3,6	7,4
F 00R 003 172	14,4	36,4
F 00R 002 948	3,5	8,9
F 00R 003 294	3,9	11
Celkem	25,4	63,7

Vybrané typy pro axiální a radiální obrábění na strojích Elha nedosahují plného vytížení stroje. Aby bylo dosaženo plného vytížení stroje, bylo by nutné obrábět na stojích více typů. Pro axiální obrábění vybraných typů je stroj vytížen z 25 % a pro radiální obrábění je stroj vytížen z 64 %, jak je uvedeno v tab. 9.5.

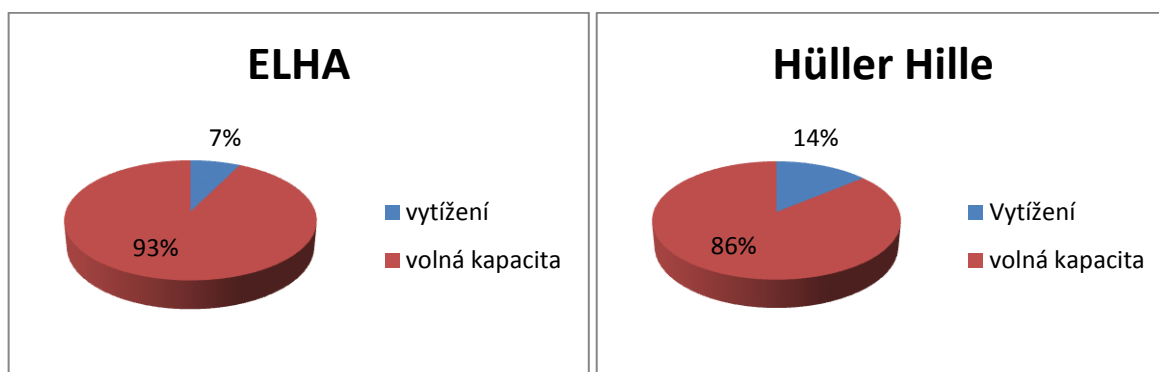
Tab. 9.6 Vytížení stroje Hüller Hille vybranými typy.

Vybrané typy railů	Vytížení stroje Hüller Hille - axiální obrábění [%]	Vytížení stroje Hüller Hille - radiální obrábění [%]
F 00R 002 943	6,2	14
F 00R 003 172	25,3	69
F 00R 002 948	6,3	17
F 00R 003 294	6,9	21
Celkem	44,7	121

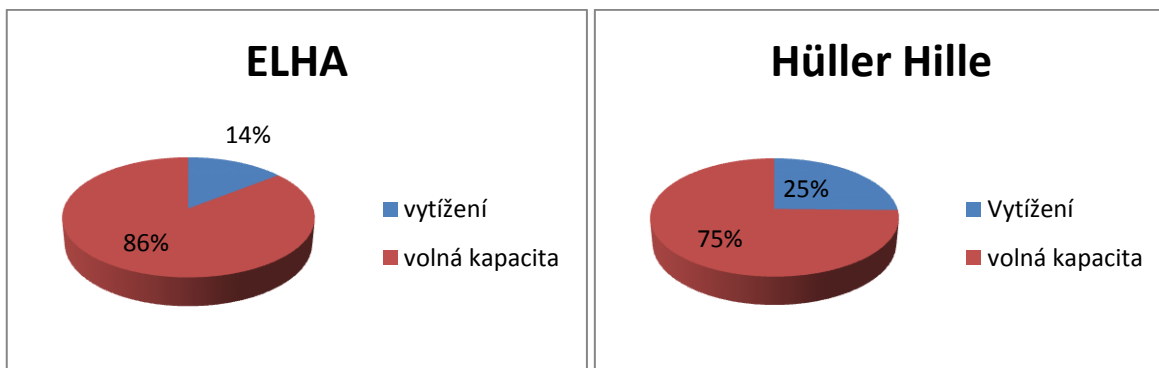
Na obr. 9.7 až 9.13 byla názorně porovnána vytíženost strojů Elha a Hüller Hille jak při axiálním obrábění, tak při radiálním obrábění určitého typu railu.



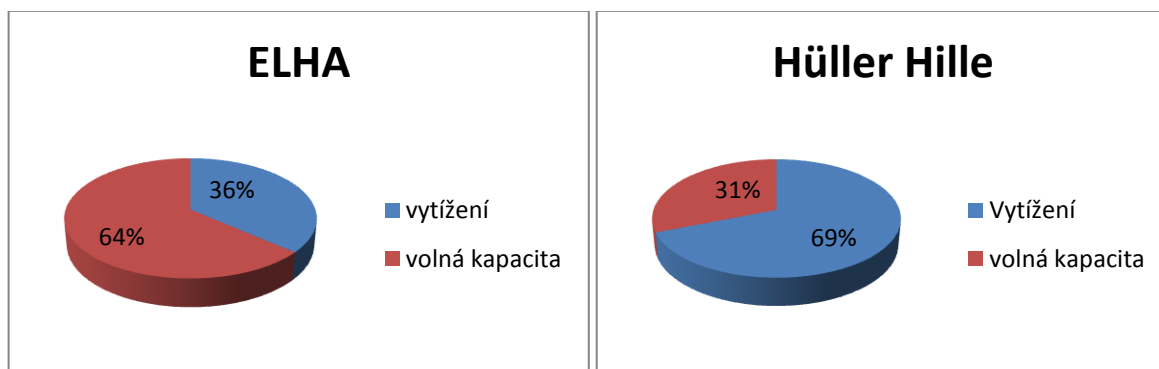
Obr. 9.7 Porovnání vytíženosti strojů při axiálním obrábění typu F 00R 002 943.



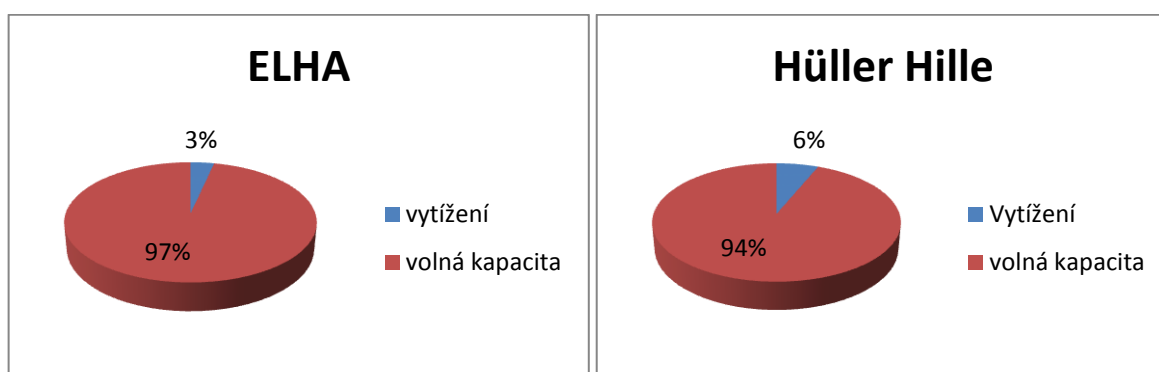
Obr. 9.8 Porovnání vytíženosti strojů při radiálním obrábění typu F 00R 002 943.



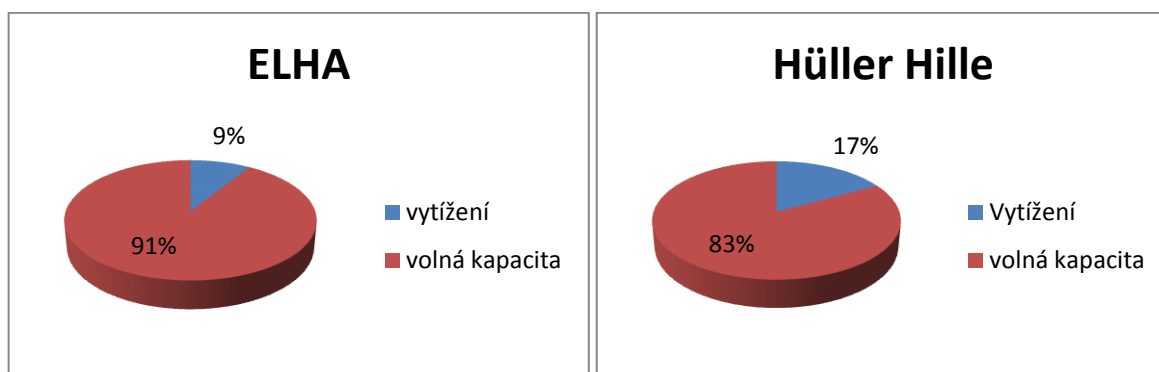
Obr. 9.9 Porovnání vytíženosti strojů při axiálním obrábění typu F 00R 003 172.



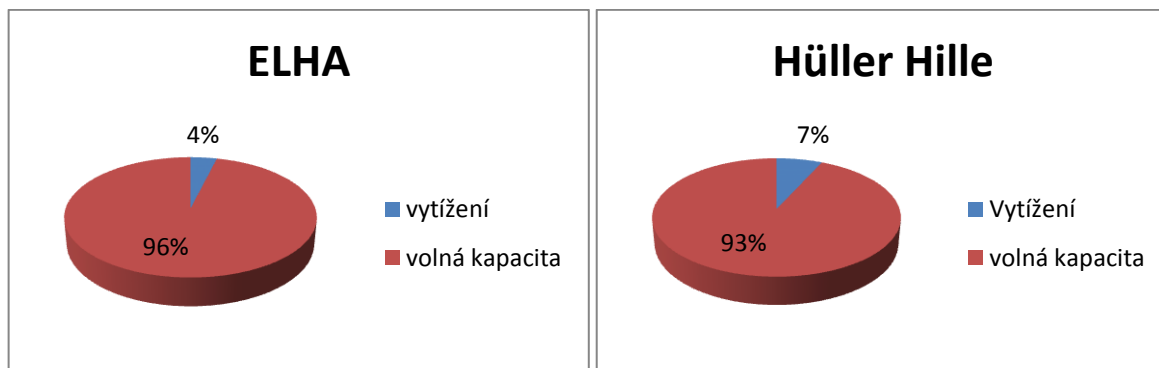
Obr. 9.10 Porovnání vytíženosti strojů při radiálním obrábění typu F 00R 003 172.



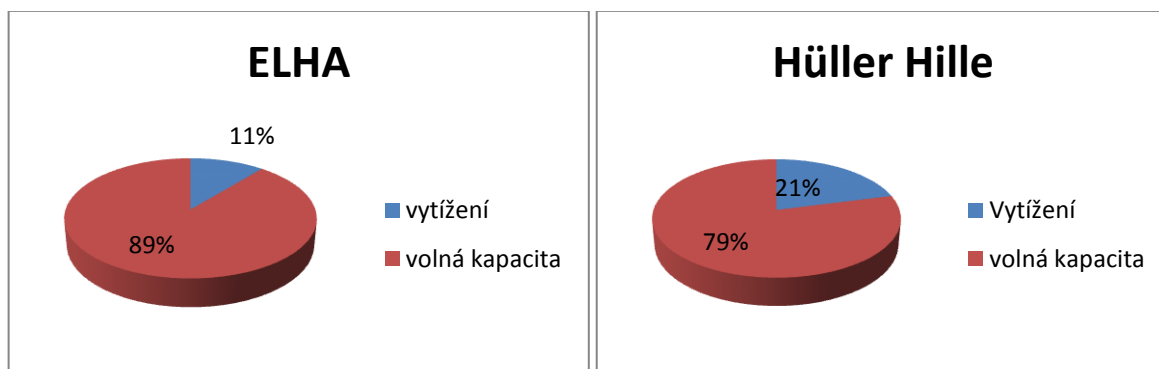
Obr. 9.11 Porovnání vytíženosti strojů při axiálním obrábění typu F 00R 002 948.



Obr. 9.12 Porovnání vytíženosti strojů při radiálním obrábění typu F 00R 002 948.



Obr. 9.13 Porovnání vytíženosti strojů při axiálním obrábění typu F 00R 003 294.

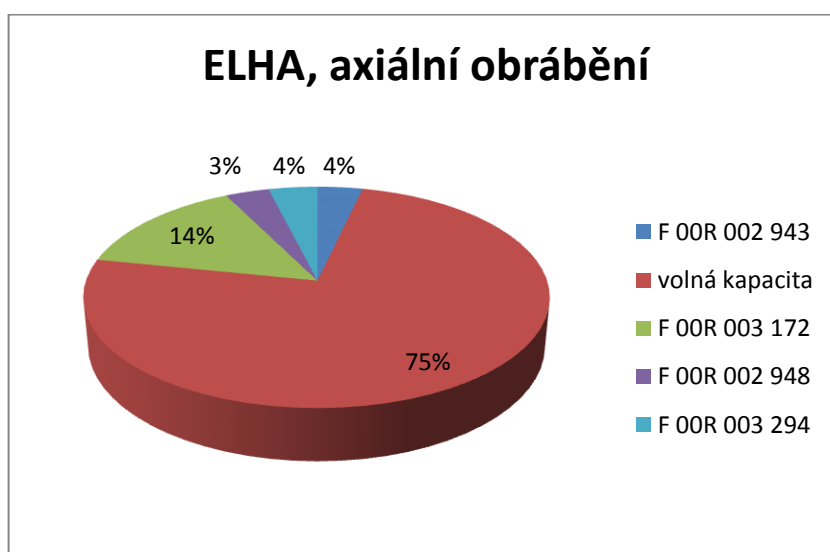


Obr. 9.14 Porovnání vytíženosti strojů při radiálním obrábění typu F 00R 003 294.

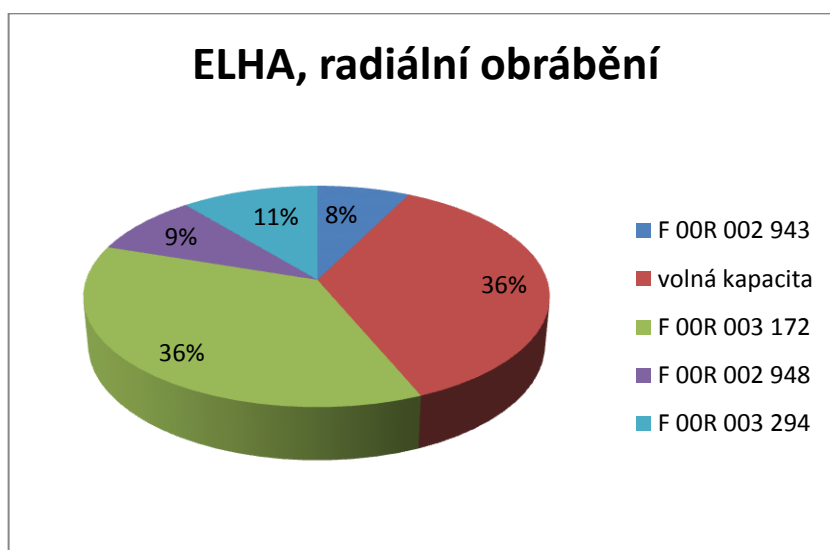
Důležitá je pro budoucí výrobu plánovaná vytiženost strojů Elha. Z tab. 9.5 vyplývá, že plánovaná produktivita čtyř vybraných typů nepřesáhne roční kapacitu stroje u axiálního ani u radiálního obrábění. Graficky je tato celková produktivita znázorněna na obr. 9.15 a 9.16. Z toho vyplývá, že axiální obrábění vybraných typů může být realizováno na jednom stroji a stejně tak radiální obrábění vybraných typů může být také realizováno na jednom stroji, aniž by bylo dosaženo plného vytižení stroje z hlediska jeho roční kapacity.

Aby mohl být stroj plně vytižen, tak by bylo vhodné obrábět na stroji více typů, nejlépe ty, které by byly konstrukčně podobné čtyřem vybraným typům. Podobností by byly zajištěny nižší náklady na upínací přípravky a náklady na přeseřízení stroje.

Z porovnávání kapacitních propočtů a vytiženosti strojů vyplývá, že produktivita na stroji Elha je téměř dvakrát vyšší než na stroji Hüller Hille.



Obr. 9.15 Vytížení při axiálním obrábění vybraných typů na jednom stroji.



Obr. 9.16 Vytížení při radiálním obrábění vybraných typů na jednom stroji.

10 TECHNOLOGICKO-EKONOMICKÉ POROVNÁNÍ

Navržením technologie obrábění na jiném strojním zařízení vznikly náklady vložené do nového upínacího přípravku. Byla porovnána současná výroba na stroji Hüller Hille s navrženou výrobou na stroji Elha.

Bylo zjištěno, kolik stojí v korunách jedna minuta obrábění na stroji Hüller Hille a Elha. Jedná se o celkové náklady na jednu minutu provozu stroje:

- Hüller Hille - $N_{Hm} = 27,2$ Kč/min
- Elha - $N_{Em} = 24,3$ Kč/min

Byl zvolen typ F 00R 002 948 u kterého byla porovnána cena roční produktivity v případě, že by stroje byly plně vytíženy obráběním tohoto typu. Porovnána byla cena axiálního a radiálního obrábění na stroji Hüller Hille a Elha.

10.1 Porovnání nákladů

Použité hodnoty, jako celkový čas obrábění jednoho pracovního cyklu - t_k , byly použity z kapitoly 9.3.

Ve stroji Hüller Hille jsou vždy obráběny čtyři polotovary postupně v jednom cyklu pracovní operace.

Ve stroji Elha jsou obráběny dva polotovary současně v jednom cyklu pracovní operace.

Axiální obrábění - Hüller Hille - typ F 00R 002 948:

$$N_c = N_{Hm} \cdot t_k = 27,2 \cdot 4,2 = 114,24 \text{ Kč}$$

$$N_k = \frac{N_c}{Q_c} = \frac{114,24}{4} = 28,6 \text{ Kč}$$

$$N_r = N_k \cdot Q_r = 28,6 \cdot 303\,880 = 8\,678\,813 \text{ Kč}$$

Radiální obrábění - Hüller Hille - typ F 00R 002 948:

$$N_c = N_{Hm} \cdot t_k = 27,2 \cdot 11,47 = 312 \text{ Kč}$$

$$N_k = \frac{N_c}{Q_c} = \frac{312}{4} = 78 \text{ Kč}$$

$$N_r = N_k \cdot Q_r = 78 \cdot 110\,720 = 8\,636\,160 \text{ Kč}$$

Axiální obrábění - Elha - typ F 00R 002 948:

$$N_c = N_{Em} \cdot t_k = 24,3 \cdot 1,2 = 29,16 \text{ Kč}$$

$$N_k = \frac{N_c}{Q_c} = \frac{29,16}{2} = 14,6 \text{ Kč}$$

$$N_r = N_k \cdot Q_r = 14,6 \cdot 532\,500 = 7\,763\,850 \text{ Kč}$$

Radiální obrábění - Elha - typ F 00R 002 948:

$$N_c = N_{Em} \cdot t_k = 24,3 \cdot 3,02 = 73,4 \text{ Kč}$$

$$N_k = \frac{N_c}{Q_c} = \frac{73,4}{2} = 36,7 \text{ Kč}$$

$$N_r = N_k \cdot Q_r = 36,7 \cdot 201\,640 = 7\,398\,777 \text{ Kč}$$

N_c - Náklady na obrábění za dobu pracovního cyklu [Kč]

N_{mh} - Náklady na jednu minutu obrábění na stroji Hüller Hille [Kč]

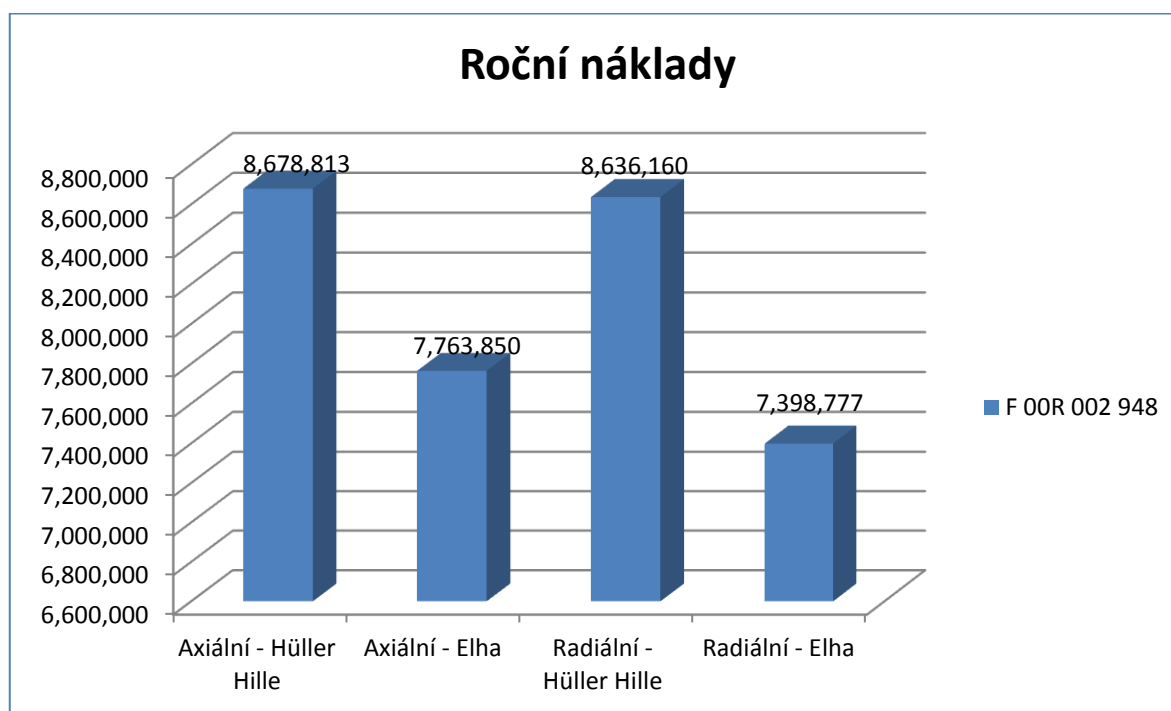
N_{mh} - Náklady na jednu minutu obrábění na stroji Elha [Kč]

N_k - Náklady na jeden kus [Kč]

N_r - Celkové náklady na obrobení roční produktivity stroje [Kč]

Q_c - počet polotovarů obrobených v pracovním cyklu [ks]

Q_r - Roční kapacita stroje daného typu [ks]



Obr. 10.1 Porovnání ročních nákladů na obrábění

Z porovnání nákladů na obrábění jednoho zvoleného typu na dvou různých strojích při jejich plném ročním vytížení vyplývá, že obrábění na stroji Hüller Hille je ve srovnání se strojem Elha dražší. Podobného zhodnocení by bylo dosaženo i u ostatních typů.

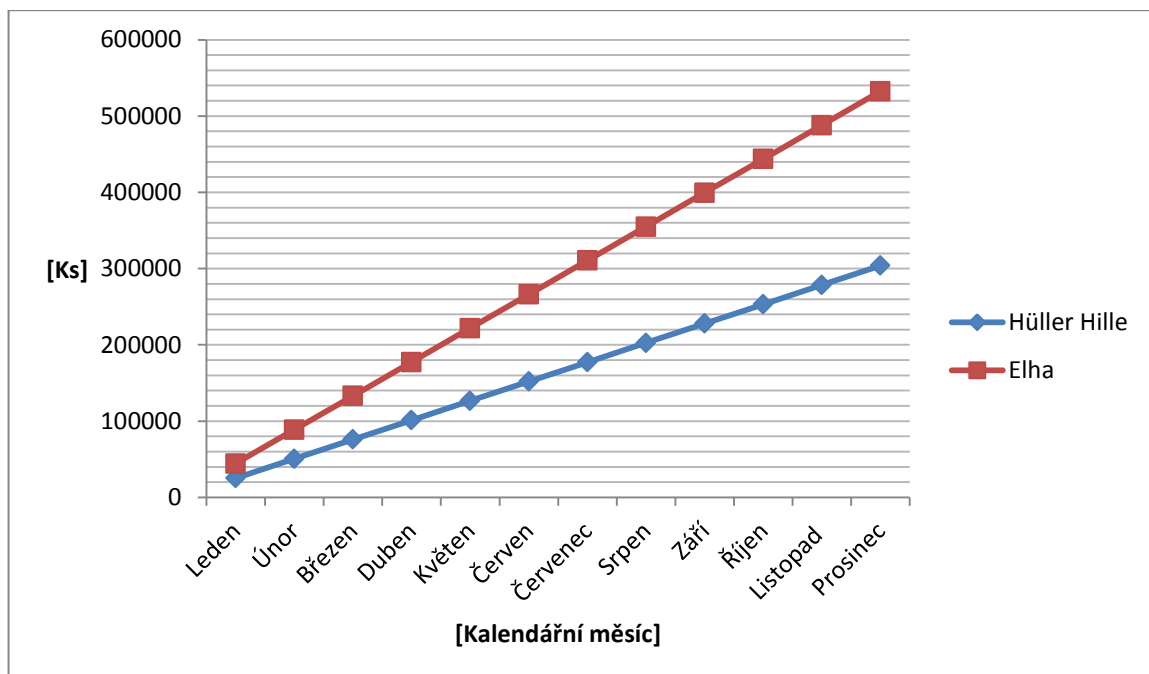
10.2 Zhodnocení investic

Jak bylo zjištěno a popsáno, investice do přestavby přípravku axiálního upínání není tak nákladná, jako do upínacího přípravku pro radiální obrábění. U jednoho stroje by cena přestavby stála přibližně 1,5 mil. Kč. V případě přestavby více strojů by cena klesala.

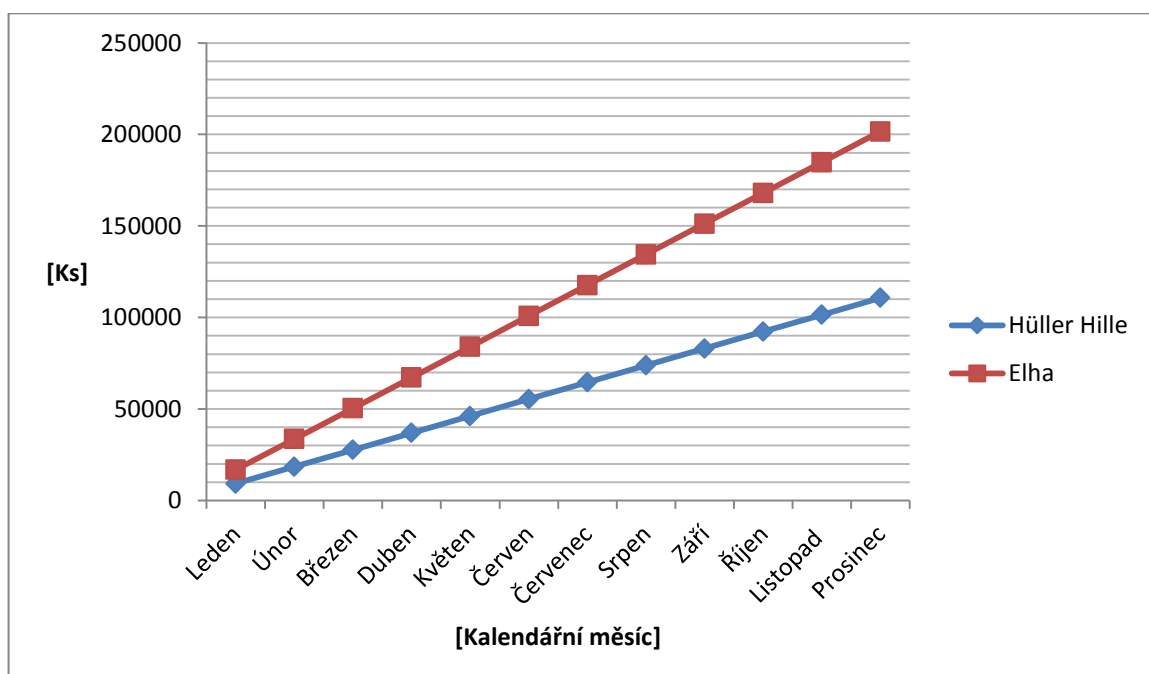
V případě zvoleného typu v kapitole 10.1 by byla roční úspora obrábění na stroji Elha oproti stroji Hüller Hille v případě obrábění radiální části 1,2 mil. Kč a v případě obrábění axiální části 900 tis. Kč. Investice 1,5 mil. Kč, vložená do přípravku pro obrábění radiální části by se vrátila přibližně za 15 měsíců.

Další možností by bylo pořízení nového obráběcího centra Elha, jehož cena je 15 mil. Kč. Návratnost této investice by byla 12 roků.

Protože produktivita na stroji Elha je téměř dvojnásobná o proti produktivitě na stroji Hüller Hille, mohla by se investice vrátit v poměrně krátké době. Porovnání roční produktivity u vybraného typu je znázorněno na obr. 10.2 a 10.3.



Obr. 10.2 Porovnání roční produktivity - axiální obrábění - vybraný typ F 00R 002 948.



Obr. 10.3 Porovnání roční produktivity - radiální obrábění - vybraný typ F 00R 002 948.

10.3 Simulace návratnosti investice

Pro stanovení návratnosti investic nebyly pro tuto práci k dispozici sazby čistého zisku pro jeden kus railu. Pro představu byla zvolena hodnota čistého zisku 20 % z nákladů na obrobení radiální části railu zvoleného typu F 00R 002 948. Náklady na obrobení radiální části zvoleného typu jsou $N_k = 36,7$ Kč, čistý zisk $Z_k = 7,34$ Kč. Byl zvolen typ F 00R 002 948, u kterého byl porovnán zisk roční produktivity v případě, že by stroje byly plně vytíženy obráběním tohoto typu. Zisky, kterých by bylo možné dosáhnout v jednotlivých měsících na strojích Hüller Hille a Elha byly porovnány a hodnoty významné pro tuto práci byly zapsány v tab. 10.5 a 10.6.

Hüller Hille:

$$Z_{Hr} = Q_r \cdot Z_k = 110\,720 \cdot 7,34 = 812\,685,8$$

Tab. 10.5 Dosažený zisk za kalendářní měsíce.

Kalendářní měsíc	26	27	28
Zisk [Kč]	1 760 817,1	1 828 540,8	1 896 264,5

Elha:

$$Z_{Er} = Q_r \cdot Z_k = 201\,640 \cdot 7,34 = 1\,480\,037,6$$

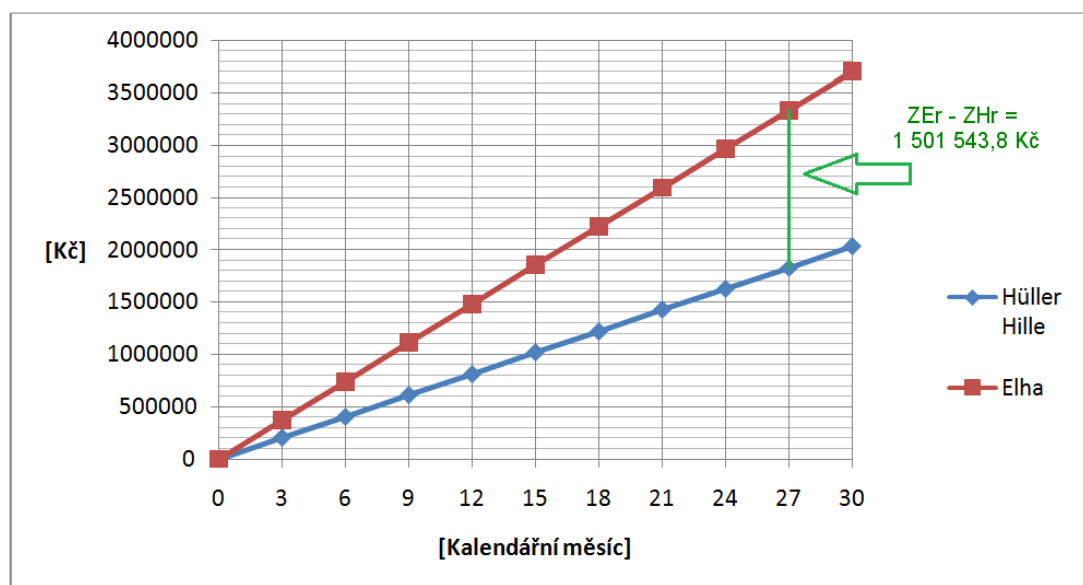
Tab. 10.6 Dosažený zisk za kalendářní měsíce.

Kalendářní měsíc	26	27	28
Zisk [Kč]	3 206 748,1	3 330 084,6	3 453 421,1

Rozdíl dosaženého zisku na strojích Hüller Hille a Elha ve 27. měsíci:

$$Z_{Er} - Z_{Hr} = 1\,501\,543,8 \text{ Kč}$$

Simulace návratnosti investice je znázorněna na obr. 10.4.



Obr. 10.4 Simulace návratnosti investice do upínacího přípravku.

Rozdíl zisku v 27. měsíci je pro výrobu zvoleného typu při plném vytížení rozhodující. Podle zvolené simulace dojde v tomto měsíci na stroji Elha k dosažení zisku převyšující

zisk stroje Hüller Hille o částku investovanou do upínacího přípravku. To znamená, od tohoto měsíce je investice do přípravku zaplacená.

Q_r - roční kapacita stroje daného typu [ks]

N_c - náklady na jeden pracovní cyklus [Kč]

N_k - náklady na jeden kus [Kč]

Z_k - čistý zisk na jeden kus [Kč]

Z_{Er} - roční zisk na stroji Hüller Hille [Kč]

Z_{Hr} - roční zisk na stroji Elha [Kč]

11 ZÁVĚRY PRO PRAXI

V diplomové práci byl proveden rozbor stávajícího systému Common Rail a jeho jednotlivých částí. Byla analyzována stávající technologie obrábění vysokotlakého zásobníku svařovaného a kovaného typu. Na základě této analýzy byla navržena technologie obrábění kovaného railu na stroji Elha. Součástí této technologie, jsou návrhy způsobu zakládání polotovarů railů na základací paletě a zároveň způsoby možného upínání v přípravku stroje. Z celého sortimentu vyráběných tlakových zásobníků byly vybrány čtyři typy railu, které jsou konstrukčně podobné, pro které byl navržen způsob upínání ve stroji Elha. Podmětem pro návrh této změny byla možná budoucí neobsazenost strojů Elha.

V technologicko-ekonomickém porovnání byla především porovnána současná technologie kovaného railu na stroji Hüller Hille s nově navrženou technologií na stroji Elha. Z porovnání vyšlo najevo, že způsob obrábění na stroji Elha má téměř dvojnásobnou produktivitu. Díky této vyšší produktivitě by bylo možné dosáhnout poměrně rychlé návratnosti investic. Při porovnávání nákladů na obrábění roční produktivity zvoleného typu na jmenovaných strojích byly zjištěny nižší náklady na stroji Elha.

Při porovnávání celkových ročních nákladů na obrábění zvoleného typu na strojích Hüller Hille a Elha při plném vytížení vyšlo najevo, že náklady jsou nižší na stroji Elha. U axiálního obrábění je výroba roční produktivity na stroji Elha výhodnější přibližně o 900 tis. Kč. U radiálního obrábění jsou celkové roční náklady na stroji Elha nižší ve srovnání se strojem Hüller Hille o 1,2 mil. Kč. Z pohledu celkových ročních nákladů by se investice 1,5 mil. Kč do nového upínacího přípravku pro radiální obrábění na stroji Elha vrátila přibližně za 15 měsíců.

Bylo by vhodné ještě zvážit, zda investovat do úprav upínacích přípravků nebo pořídit nové stroje Elha, které by byly pro obrábění kovaného railu konstruovány. Upínání kovaného railu je náročné na přesnost, hlavně u radiálního obrábění. Upravené upínací přípravky by ještě čekal zkušební provoz s následným odstraňováním případných problémů, které by se mohly vyskytnout.

V případě zvoleného zisku 20 % a plného vytížení stroje Elha zvoleným typem railu, bylo podle simulace zjištěno, že investice 1,5 mil. Kč do upínacího přípravku pro obrábění radiální části railu by se vrátila za dva roky a tři měsíce.

V praxi to znamená, že investice 1,5 mil. Kč do nového upínacího přípravku pro obrábění radiální části railu, by se mohla vrátit v poměrně krátké době za předpokladu plného vytížení stroje a bezproblémového provozu.

Do budoucna není nutné mít obavy, že stroje Elha zůstanou nevytíženy. Naopak, zároveň dojde ke zvýšení produktivity, což přispěje ke zlepšení konkurenceschopnosti jihlavského závodu a jeho možnosti dále zaměstnávat velký počet pracovníků.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Králík, J. Robert Bosch GmbH, *Bosch v České republice*. 2007. 102 stran. Praha: BB Partner, s.r.o., neprodejné.
2. Bosch Diesel Jihlava spol. s.r.o. *Firemní a školicí materiály*.
3. Bosch ČR. *Brožura Bosch dnes* [online]. 2013 [cit. 25. března 2013]. Dostupné z: <<http://press.bosch.cz/bosch-dnes.asp>>
4. Bosch GmbH internal materials.
5. RŮŽIČKA, A., PETRÁS, Z. *Elektronické vstřikování vznětových motorů EDC 1.3.3*. 1.vyd. Praha 4 : Robert Bosch odbytová s.r.o., 1998. 64 s.
6. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Technologie obrábění*. Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
7. *Systém vstřikování s tlakovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. Robert Bosch odbytová spol. s r.o., 1. vyd. Praha: 2005. 96 s. ISBN 80-903132-7-2.
8. Jan Z., Ždánský B. : *Automobily 3: Motory*; Třetí vydání, Brno 2004
9. Z., Ždánský B. : *Automobily 4: Příslušenství*; Druhé vydání, Brno 2003
10. Hüller Hille GmbH. Hüller Hille nbh-110, propagační materiál, 2001. 10 s.
11. ELHA Maschinenbau. ELHA FM3+X, propagační materiál, 2001. 10 s.
12. Ing. HANÁK, S. *Systém vstřikování s talkovým zásobníkem Common Rail pro vznětové motory*. Robert Bosch odbytová spol. s.r.o., Praha – 2005. ISBN 80-903132-7-2
13. Ing. CHLUP, M. *Systém vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem Common Rail*. Robert Bosch odbytová spol. s.r.o., Praha – 1999. ISBN 80-902585-6-5
14. PIŠKA, Miroslav. *Speciální technologie obrábění*. 1. vydání. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2009. 247 s. ISBN 978-802-1440-258.
15. MACHÁČEK, K. *Konstrukční návrh přípravku pro změnu výrobního postupu tlakových zásobníků Common Rail*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2012. 73 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Ramík.
16. DUŠÁK, K. *Technologie montáže. Základy*. VŠ skriptum. TU v Liberci, 2005, s. 113.
17. VASILKO, K. - HRUBÝ, J. - LIPTÁK, J. : *Technológia obrábania a montáže*. 1.vyd. ALFA Bratislava 1991.
18. TLUSTY, J. *Manufacturing Process and Equipment*. 1st edition. Prentice Hall, 1999. 928 s. ISBN 10-0201498650.
19. HUMÁR A. *TECHNOLOGIE MONTÁŽE*, sylabus
20. <http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TechnMontaze.pdf>
21. ZELENKA, A., PRECLÍK, V., HANINGER, M. *Projektování procesu obrábění a montáží*. CVUT Praha, 1999.
22. HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha. MM publishing s. r.o. 2008. ISBN 978-80-254-2250-2.
23. FOREJT, M., PÍŠKA, M. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno. Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2006. ISBN 80-214-2374-9.
24. DeGarmo, P.E., Black, J.T., Kohser, R.A. *Materials and Processes in Manufacturing*. John Wiley and Sons. 2012. 11th edition. 1184 s. ISBN-13 978-0-470-92467-9.
25. Klocke, F. *Mechanical Engineering on the Move*. Plenary paper at SPS 2008, KTH, Stockholm.

26. Dornfeld David, Lee Dae-Eun. Precision Manufacturing. Berkeley, California, 2008. ISBN 978-0-387-32467-8. [cit. 20. listopadu 2011]. Dostupné na World WideWeb: <<http://www.scribd.com/doc/47415310/Precision-Manufacturing-2008-Edition>>
27. Schrader, G.F., Elshennawy A.K., Doyle, L.E. Manufacturing processes and materials. [cit. 10. ledna 2013]. Dostupné na World WideWeb: <http://books.google.cz/books?id=Nz2wXvmkAF0C&pg=PT214&dq=metal+casting+materials+isbn&hl=cs&ei=bnLJTSD1Mir1sgbtoejqBg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CEgQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false>
28. HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů Technologické projekty I.* 3 vydání Brno PC-DIR Real s.r.o. 1999 197s ISBN 80-214-1472-3.
29. JUROVÁ, M. *Řízení výroby I, část I.* 2.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 81 s. ISBN 80-214-3066-4.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Jednotka	Popis
ABS	[-]	protiblokovací brzdový systém
CO₂	[-]	oxid uhličitý
CR	[-]	common rail
DMC	[-]	Data Matrix Code
EDC	[-]	řízení tlaku paliva
EDG	[-]	elektronická regulace vznětových motorů
ESP	[-]	elektronický program stability
HADIS	[-]	hydraulicky zesílený diesellový vstřikovací systém
HFR	[-]	tlakový zásobník vyrobený z výkovku
LWR	[-]	tlakový zásobník svařovaný laserem
NT	[-]	nízkotlaký vývod
SPC	[-]	Statistic Process Control
VT	[-]	vysokotlaký vývod

Symbol	Jednotka	Popis
E_d	[h/rok]	časový fond dělníka
E_r	[h/rok]	časový fond dělníka
E_s	[h/rok]	efektivní časový fond stroje
E_{3s}	[počet]	počet pracovních směn ve třísměnném pracovním provozu v roce
k_{pns}	[-]	koeficient překračování strojních norem
P_{sk}	[počet]	skutečný počet strojů
P_{th}	[počet]	teoretický počet strojů
N	[ks/rok]	počet polotovarů
N_c	[Kč]	náklady na jeden pracovní cyklus
N_{Hm}	[Kč]	cena jedné minuty obrábění na stroji Hüller Hille
N_{Em}	[Kč]	cena jedné minuty obrábění na stroji Elha
N_k	[Kč]	náklady na jeden kus

N_r	[Kč]	celkové náklady na obrobění roční produktivity stroje
Q_h	[ks]	počet obroběných kusů za hodinu
Q_{ch}	[cyklu]	počet pracovních cyklů v jedné hodině
Q_r	[ks]	roční kapacita stroje daného typu
S	[-]	směnnost
t_h	[min]	čas jedné hodiny
t_k	[min]	čas potřebný pro provedení dané operace na daném stroji jedná se o pracovní cyklus
ω_{op}	[%]	využití stroje
Z_{Er}	[Kč]	roční zisk na stroji Hüller Hille
Z_{Hr}	[Kč]	roční zisk na stroji Elha
Z_k	[Kč]	čistý zisk na jeden kus

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Parametry stroje Elha FM 3+X
Příloha 2	Parametry stroje TBT
Příloha 3	Přepravní a obalový materiál - BLISTR
Příloha 4	Parametry stroje Hüller Hille NBH-110
Příloha 5	Přepravní a obalový materiál - GITRBOX
Příloha 6	Postup vyřazení neshodného dílce - karta rychlé reakce
Příloha 7	Výkres railu LWR F 00R 00L 874
Příloha 8	Výkres railu HFR F 00R 002 943
Příloha 9	Výkres railu HFR F 00R 003 172
Příloha 10	Výkres railu HFR F 00R 002 948
Příloha 11	Výkres railu HFR F 00R 003 294
Příloha 12	Výkres railu HFR F 00R 001 839
Příloha 13	Výkres railu HFR F 00R 002 205
Příloha 14	Ruční měřidla

PŘÍLOHA 1

Parametry stroje Elha FM 3+X

Technical Data FM 3+X				
Travel	X-Axis	(cross)	mm	400
	Y-Axis	(vertical)	mm	1000
	Z-Axis	(ram stroke)	mm	500
Velocity	all axes	max.	m/min	40
Acceleration	all axes		m/sec ²	6
Feed force	all axes		daN	700
CNC rotary table 4th axis	table diameter		mm	300
	working range C-axis			360000x0.001°
	velocity	max.	rpm	60
	dividing accuracy		sec	+/-5
	admissible torque on clamped table	max.	Nm	1500
Work piece loading height	ram center above floor	min.	mm	1100
Work spindles 1 - 12 work spindles are driven by 1 motor	drive power	max. pro Spindle S1-100%	kW	20
	speed	max.	rpm	20000
	torque	max.	Nm	200
	spindle type	spindle diameter	holder	
	40	50	HSK	40
	63	60	HSK	63
	63 S	75	HSK	63
	100	90	HSK	100
Overall dimensions Basis Modul	width		mm	3050
	depth		mm	3500
	height		mm	3950
	transport height		mm	3200
Connected load power	req. at 3AC 400 V/50 Hz	max.	kVA	60
	compressed air		bar	6
Weight	single module with complete periphery and automation	approx.	kg	14500

PŘÍLOHA 2

Parametry stroje TBT

Technické údaje

Hlubinný vrták

- typ	ML300-6-1200
- vrtací výkon v oceli	6 x Ø 4-16 mm
- hloubka vrtání	ca. 750 mm (závislé na délkových ztrátách)
- proces vrtání	ELB (jednobřítové vrtání)
- počet vrtacích vřeten	6
- špičková výška přes plochu upnutí	mm

Hlavní vyměřování zařízení (bez skříňových vypínačů)

- délka x šířka x výška	7100 x 6800 x 3300 mm
-------------------------	-----------------------

Strojová hmota	9000 kg (bez chladicího zařízení)
-----------------------	-----------------------------------

Elektrické napětí

- provozní napětí	400 V (+ 10 %; - 5 %) AC
- frekvence	50 Hz
- řídicí napětí	230 V AC 24 V DC
- celková připojovací hodnota	72 kW
- jmenovitý proud	140 A
- průměr	70 mm ²

Elektrické řízení

- Obslužné pole	Siemens OP17
- SPS	Siemens S7-300

Vřetenový pohon

- výkon motoru	7,5 kW (3 x) při 1500 min ⁻¹
- oblast počtu otáček	750 - 4500 min ⁻¹
- počet vřeten	6
- klínová žebrová řemenice	17K55/100
- klínová žebrová řemenice	17K38/112
- klínová žebrová řemenice	17K38/180
- klínová žebrová řemenice	17PK1015
- klínová žebrová řemenice	17PK1090

Posuvný suport (Z-hřídel)

- typ	E300
- zdvih řemenice	1450 mm

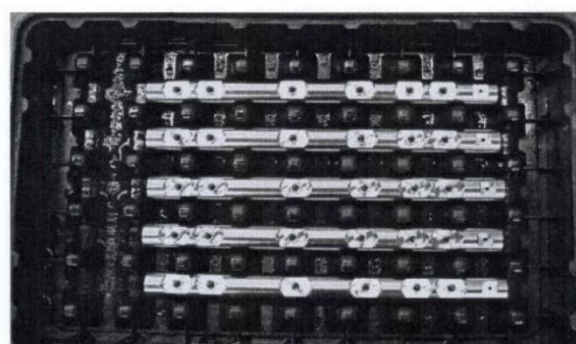
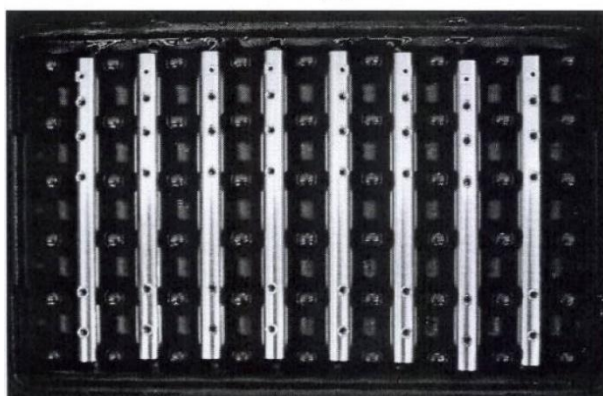
Posuvný pohon (Z-hřídel)

- typ	1FT5074-1AF71-1AH0
- přesnost posicování	+/- 0,05 mm
- otočný moment motoru	14 Nm
- jmenovitý počet otáček	3000 min ⁻¹
- rychlost posuvu	10 - 15000 mm/min
- rychlost rychlého chodu	15000 mm/min
- řemenice ozubeného řemenu	36 T10/42
- řemenice ozubeného řemenu	18 T10/36
- ozubený řemen	40 T10 / 560
- tlaková objímka	Spieth DS 24.36
- tlaková objímka	Spieth DSM 22.1
- otočný snímač	TR-Electronic
- typ	110-01646
- odpružená kotoučová spojka	Siemens
- typ	6FX20017KF10

PŘÍLOHA 3

Přepravní a obalový materiál - BLISTR ET 700 59 CJ

	Raily L < 371 mm	Raily L > 371 mm
Počet ks v blistru	8	5
Počet blistru na skejte	9	9
Počet ks na skejtu	72	45



Polotovary railů je možné ukládat do blistrů podélně a příčně v závislosti na jejich délce. Blistry je možné skládat na sebe do sloupce. Společně bývají vyrovnány na přepravním vozíku, pomocí něhož jsou přepravovány mezi obráběcími stroji.

PŘÍLOHA 4

Parametry stroje Hüller Hille NBH-110

CNC Bearbeitungszentrum	Typ	nbh 110		
Arbeitsbereich				
X-Achse	mm	630		
Y-Achse	mm	630		
Z-Achse	mm	600		
Werkstück-Schwenkbereich	max. ø mm	720		
Vorrichtungshöhe	max. mm	880		
Wegmess-System	Art	direkt mit inkremental Maßstab		
Positionsunsicherheit X-, Y-, Z-Achse; A (nach ISO 230-2)	µm	10		
Rundtisch/Palette				
Paletten-Aufspannfläche (DIN 55201, Form A-1)	mm	400 x 500		
Transportbelastung je Palette	ca. kg	600		
Teilgenauigkeit	Winkelsekunden	± 5"		
NC Rundtisch, kleinster Teilschritt	Grad	0,001		
Wiederholgenauigkeit	Grad	± 0,001		
Palettenwechselzeit nach VDI 2852 Bl. 2	s	6		
Arbeitsspindel				
Werkzeugaufnahme nach DIN 69893		HSK-A 63		
Durchmesser im vorderen Lager	mm	70		
Antriebsleistung 100% ED / 40% ED	kW	34 / 47	oder	34 / 47
Max. Drehzahl	1/min	12.000		16.000
Max. Drehmoment 100% ED / 40% ED	Nm	120 / 160		86 / 133
Vorschub / Eilgang				
Vorschubkraft Z-Achse, 40%ED	kN	7		
Eilganggeschwindigkeit X-, Y-, Z-Achse	m/min	75		
Beschleunigung X-, Y-, Z-Achse, bis zu *)	m/s²	10		
Eilgang B-Achse	1/min	40		
Werkzeugmagazin	Art	Scheibe	oder	Turm
Speicherkapazität	Anzahl	36		133
Werkzeugdurchmesser (maximal)	mm	90 (150)		90 (150)
Werkzeuglänge	mm	320		320
Werkzeuggewicht	max. kg	10		10
Magazinbelastung	max. kg	108		1300
Span-zu-Span-Zeit, t1 nach VDI 2852, Blatt 1, *)	ca. s	4,8		4,8
Elektrik				
Betriebsspannung, Drehstrom; Frequenz	V; Hz	400; 50		
Steuerspannung, Gleichstrom	V	24		
Anschlußwert	kVA	40		
Druckluft				
Versorgungsdruck	bar	4,5 - 6		
Verbrauch (bei 5 bar)	Norm m³/h	16		
Kühlmittelanlage				
Fassungsvermögen des Behälters	ca. l	1.300		
Förderleistung der Kühlmittelpumpe bei 30 bar	ca. l/min	15		
Förderleistung der Spülpumpe (Spänefluß)	ca. l/min	220		
Maschinenaufstellung				
Platzbedarf der Grundmaschine (L x B x H)	ca. m x m x m	5,7 x 2,5 x 3,0		
Gewicht	ca. kg	18.000		

*) abhängig von der CNC Steuerung

Änderungen vorbehalten

*) abhängig von der CNC Steuerung

Änderungen vorbehalten

PŘÍLOHA 5

Přepravní a obalový materiál - GITRBOX



V gitrboxu jsou dovezeny polotovary HFR k první operaci. Obsluha stroje vyndává polotovary z gitrboxu a zakládá je do stroje dle technologického postupu.

Rozměry gitrboxu:

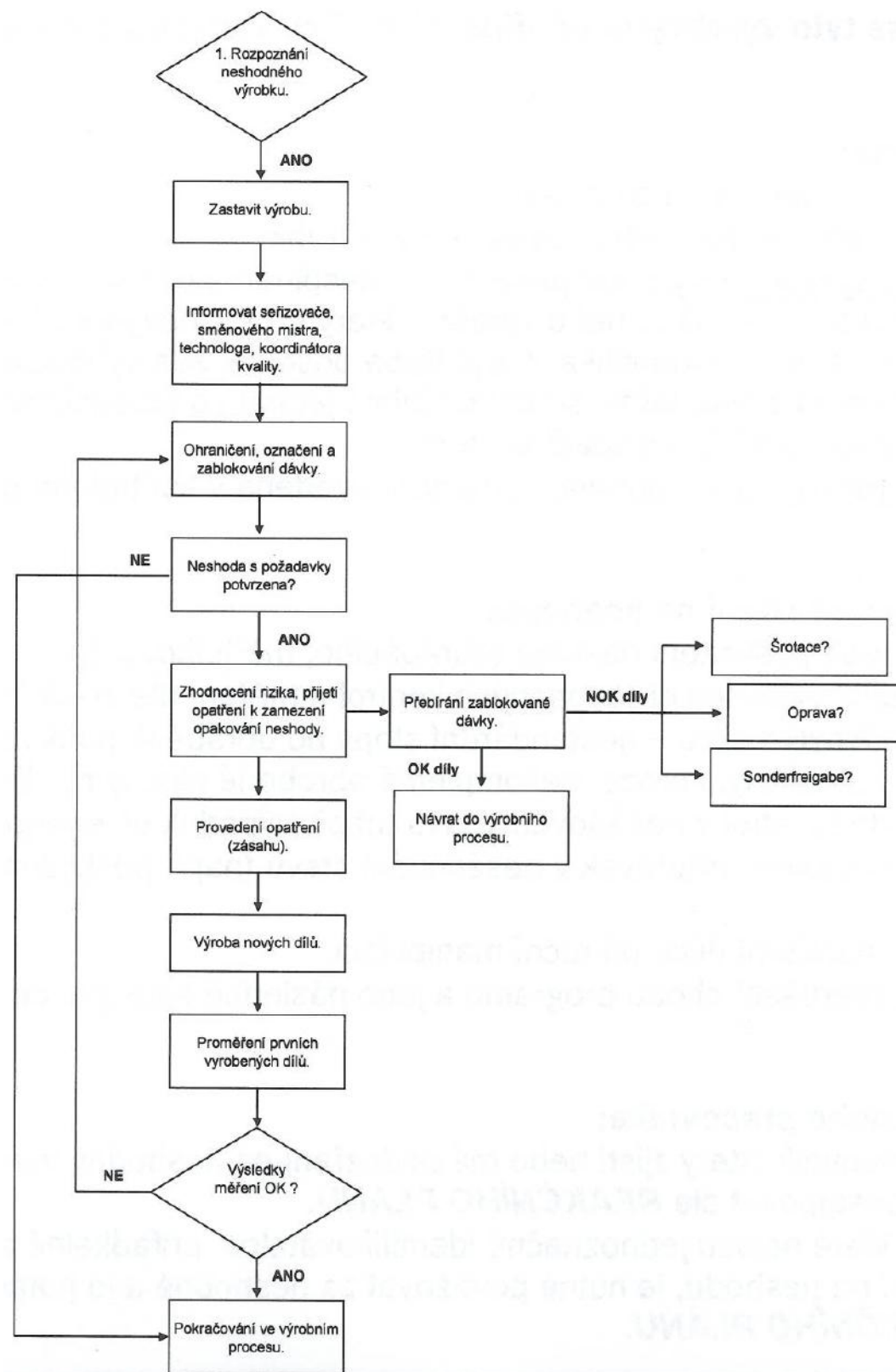
délka: 1240 mm

šířka: 853 mm

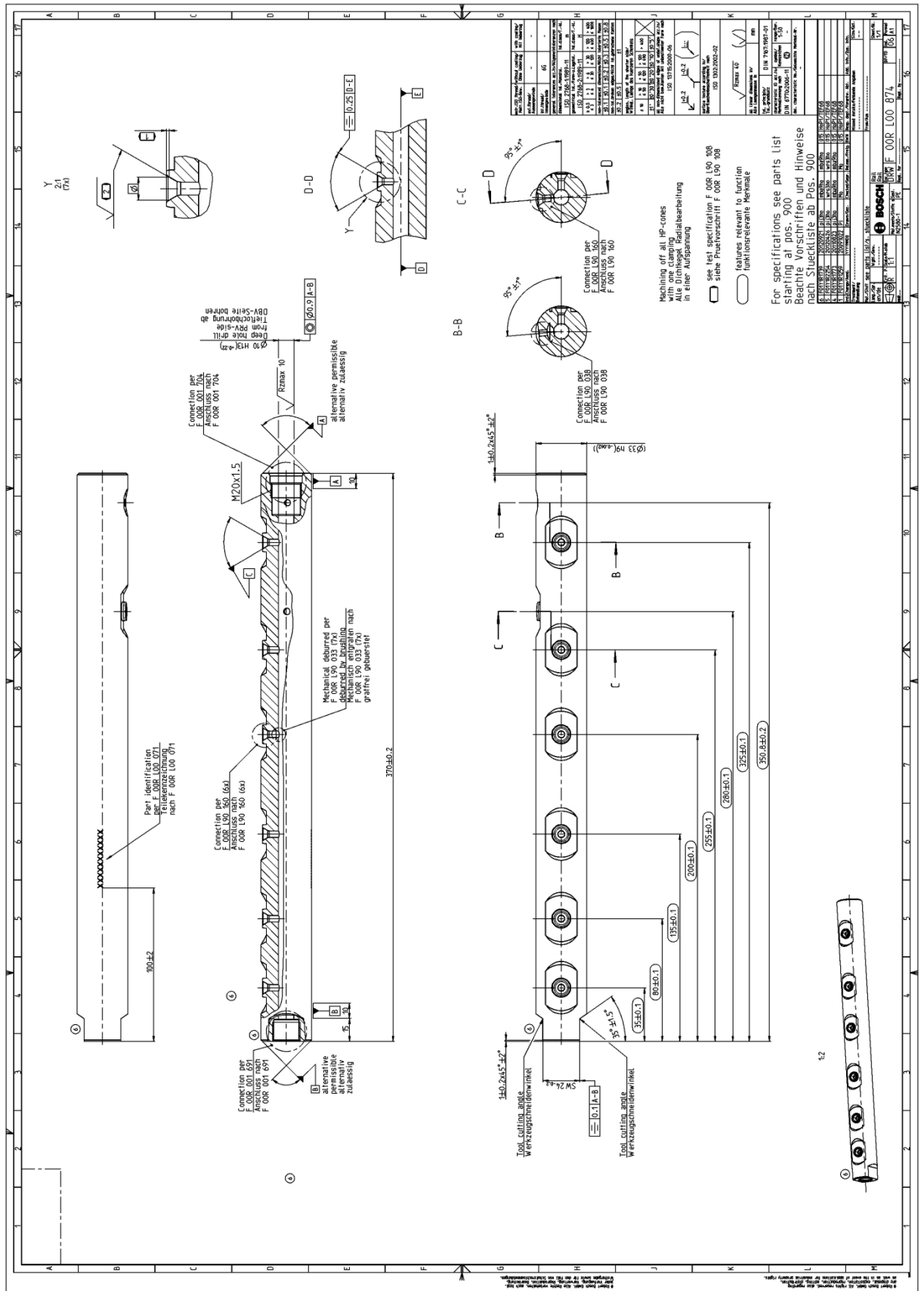
výška: 973 mm

PŘÍLOHA 6

Postup vyřazení neshodného dílce - karta rychlé reakce



PŘÍLOHA 7



Technical drawing of a mechanical assembly, showing various views (A-A, B-B, C-C, D-D, E-E, F-F, G-G, H-H, I-I, J-J, K-K, L-L, M-M, N-N, O-O, P-P, Q-Q, R-R, S-S, T-T, U-U, V-V, W-W, X-X, Y-Y, Z-Z) and dimensions. The drawing includes a detailed view of a component with a thread and a note: "Connection per F 008 001 691". The drawing also includes a table with dimensions and a note: "see test specification F 008 090 097". The drawing is a technical drawing of a mechanical assembly, showing various views (A-A, B-B, C-C, D-D, E-E, F-F, G-G, H-H, I-I, J-J, K-K, L-L, M-M, N-N, O-O, P-P, Q-Q, R-R, S-S, T-T, U-U, V-V, W-W, X-X, Y-Y, Z-Z) and dimensions. The drawing includes a detailed view of a component with a thread and a note: "Connection per F 008 001 691". The drawing also includes a table with dimensions and a note: "see test specification F 008 090 097".

[illegible]

Technical drawing of a Bosch hydraulic manifold assembly, showing various views (A-A, B-B, C-C, D-D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z) and detailed dimensions. The drawing includes a table of dimensions and a list of parts.

Table of Dimensions:

Part	Material	Part Number	Part Name	Part Description
1	Al	1 607 929 000	Manifold	Manifold
2	Al	1 607 929 001	Manifold	Manifold
3	Al	1 607 929 002	Manifold	Manifold
4	Al	1 607 929 003	Manifold	Manifold
5	Al	1 607 929 004	Manifold	Manifold
6	Al	1 607 929 005	Manifold	Manifold
7	Al	1 607 929 006	Manifold	Manifold
8	Al	1 607 929 007	Manifold	Manifold
9	Al	1 607 929 008	Manifold	Manifold
10	Al	1 607 929 009	Manifold	Manifold
11	Al	1 607 929 010	Manifold	Manifold
12	Al	1 607 929 011	Manifold	Manifold
13	Al	1 607 929 012	Manifold	Manifold
14	Al	1 607 929 013	Manifold	Manifold
15	Al	1 607 929 014	Manifold	Manifold
16	Al	1 607 929 015	Manifold	Manifold
17	Al	1 607 929 016	Manifold	Manifold
18	Al	1 607 929 017	Manifold	Manifold
19	Al	1 607 929 018	Manifold	Manifold
20	Al	1 607 929 019	Manifold	Manifold
21	Al	1 607 929 020	Manifold	Manifold
22	Al	1 607 929 021	Manifold	Manifold
23	Al	1 607 929 022	Manifold	Manifold
24	Al	1 607 929 023	Manifold	Manifold
25	Al	1 607 929 024	Manifold	Manifold
26	Al	1 607 929 025	Manifold	Manifold
27	Al	1 607 929 026	Manifold	Manifold
28	Al	1 607 929 027	Manifold	Manifold
29	Al	1 607 929 028	Manifold	Manifold
30	Al	1 607 929 029	Manifold	Manifold
31	Al	1 607 929 030	Manifold	Manifold
32	Al	1 607 929 031	Manifold	Manifold
33	Al	1 607 929 032	Manifold	Manifold
34	Al	1 607 929 033	Manifold	Manifold
35	Al	1 607 929 034	Manifold	Manifold
36	Al	1 607 929 035	Manifold	Manifold
37	Al	1 607 929 036	Manifold	Manifold
38	Al	1 607 929 037	Manifold	Manifold
39	Al	1 607 929 038	Manifold	Manifold
40	Al	1 607 929 039	Manifold	Manifold
41	Al	1 607 929 040	Manifold	Manifold
42	Al	1 607 929 041	Manifold	Manifold
43	Al	1 607 929 042	Manifold	Manifold
44	Al	1 607 929 043	Manifold	Manifold
45	Al	1 607 929 044	Manifold	Manifold
46	Al	1 607 929 045	Manifold	Manifold
47	Al	1 607 929 046	Manifold	Manifold
48	Al	1 607 929 047	Manifold	Manifold
49	Al	1 607 929 048	Manifold	Manifold
50	Al	1 607 929 049	Manifold	Manifold
51	Al	1 607 929 050	Manifold	Manifold
52	Al	1 607 929 051	Manifold	Manifold
53	Al	1 607 929 052	Manifold	Manifold
54	Al	1 607 929 053	Manifold	Manifold
55	Al	1 607 929 054	Manifold	Manifold
56	Al	1 607 929 055	Manifold	Manifold
57	Al	1 607 929 056	Manifold	Manifold
58	Al	1 607 929 057	Manifold	Manifold
59	Al	1 607 929 058	Manifold	Manifold
60	Al	1 607 929 059	Manifold	Manifold
61	Al	1 607 929 060	Manifold	Manifold
62	Al	1 607 929 061	Manifold	Manifold
63	Al	1 607 929 062	Manifold	Manifold
64	Al	1 607 929 063	Manifold	Manifold
65	Al	1 607 929 064	Manifold	Manifold
66	Al	1 607 929 065	Manifold	Manifold
67	Al	1 607 929 066	Manifold	Manifold
68	Al	1 607 929 067	Manifold	Manifold
69	Al	1 607 929 068	Manifold	Manifold
70	Al	1 607 929 069	Manifold	Manifold
71	Al	1 607 929 070	Manifold	Manifold
72	Al	1 607 929 071	Manifold	Manifold
73	Al	1 607 929 072	Manifold	Manifold
74	Al	1 607 929 073	Manifold	Manifold
75	Al	1 607 929 074	Manifold	Manifold
76	Al	1 607 929 075	Manifold	Manifold
77	Al	1 607 929 076	Manifold	Manifold
78	Al	1 607 929 077	Manifold	Manifold
79	Al	1 607 929 078	Manifold	Manifold
80	Al	1 607 929 079	Manifold	Manifold
81	Al	1 607 929 080		

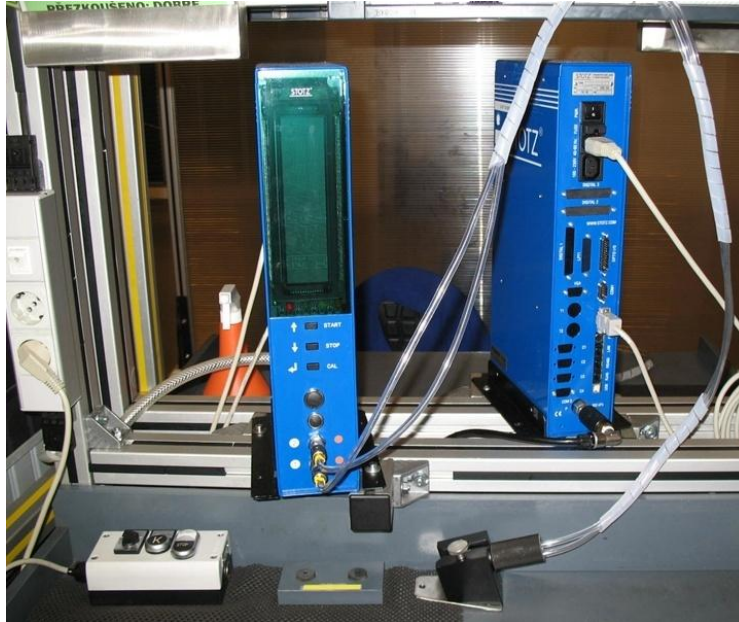
[illegible]

[illegible]

[illegible]

PŘÍLOHA 14

- Pneumatické měřidlo pro měření vnitřních průměrů,



- třmenový kalibr,



- dutinoměr,



Použití

- pro měření:
- průchozích otvorů
 - slepých otvorů
 - středících okrajů

- hloubkoměr,



- kalibr válcový,



- hloubkoměr závitový,



- závitový kalibr.

