



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

ANALÝZA KONSTRUKCE A FUNKCE STROJE NA DRÁŽKOVÁNÍ HLAVNÍ

BARREL RIFLING MACHINE DESIGN AND FUNCTION ANALYSIS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PETR LOUTOCKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RÓBERT JANKOVÝCH, CSc.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2012/13

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Petr Loutocký

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

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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:

Analýza konstrukce a funkce stroje na drážkování hlavní

v anglickém jazyce:

Barrel Rifling Machine Designe and Function Analysis

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student posoudí technologie drážkování vodící části vývrtu hlavní palných a plynových zbraní. Na základě analýzy konstrukce a funkce stroje vytvoří CAD model zvoleného stroje na drážkování hlavní.

Cíle diplomové práce:

1. Shrnutí technologií drážkování
2. Vytvoření CAD modelu zvoleného stroje

Seznam odborné literatury:

Jankových, R.: Hlavní zbraně a střelivo, ISBN 978-80-260-2384-5

Marek, J.: Konstrukce CNC obráběcích strojů, ISSN 1212-2572

Borský, V.: Obráběcí stroje, ISBN 80-214-0470-1

Borský, V.: Základy stavby obráběcích strojů, VUT Brno

www.infozdroje.cz

www.mmspektrum.com

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Róbert Jankových, CSc.

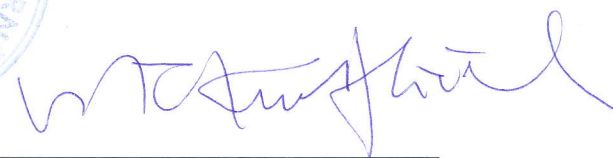
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/13.

V Brně, dne 23.11.2012





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



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

Abstrakt

Tato diplomová práce je věnována technologiím drážkování vodící části vývrtnu hlavní palných a plynových zbraní. Ve spolupráci s firmou Winston Production, s.r.o. dále vstupuje do problematiky provozu zvoleného výrobního stroje Zs 151 na drážkování hlavní. Obsahuje analýzu legislativních nároků na jeho technickou dokumentaci, popis konstrukce a funkce stroje a podklady pro vytvoření místního provozního bezpečnostního předpisu pro jeho provoz. Součástí práce je také 3D model stroje vytvořený v softwaru SolidWorks.

Klíčová slova

Hlaveň, drážky a pole, stoupání, drážkování hlavní, drážkovací stroj, technická dokumentace

Abstract

This master's thesis is devoted to rifling technologies of the barrel bore of fire and gas arms. In cooperation with the company Winston Production, s.r.o. also enters into operation issues of selected manufacturing machine Zs 151 for barrel rifling. It contains an analysis of legislative demands on the technical documentation, description of the construction and function of machinery and materials for the creation of local operating safety rules for its operation. The part of work is also 3D model of the machine created in software SolidWorks.

Keywords

Barrel, groove and land, twist rate, barrel rifling, rifling machine, technical documentation

Bibliografická citace:

LOUTOCKÝ, P. Analýza konstrukce a funkce stroje na drážkování hlavní. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 121 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Róbert Jankových, CSc..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci *Analýza konstrukce a funkce stroje na drážkování hlavní* zpracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Róberta Jankových, CSc. a s pomocí konzultací ve společnosti Winston Production, s.r.o. V seznamu literatury jsem uvedl použité zdroje.

V Brně, dne 24. 5. 2013

.....

Bc. Petr Loutocký


Poděkování

Za obětavou pomoc, poskytování rad a připomínek a podporu při tvorbě práce tímto děkuji vedoucímu doc. Ing. Róbertu Jankových, CSc. Dále bych chtěl touto formou poděkovat panu I. Bartošovi, řediteli firmy Winston Production, s.r.o., za podporu, poskytnutou důvěru a možnost nadstandardní spolupráce. Závěrem bych rád poděkoval rodině za podporu v průběhu studií na FSI VUT v Brně.

OBSAH

ÚVOD	10
1 DRÁŽKOVÁNÍ HLAVNÍ.....	11
1.1 Základní terminologie	11
1.2 Drážkovaný vývrt	14
1.2.1 Tvary drážek.....	15
1.2.2 Stoupání	18
1.3 Technologie drážkování vodící části vývrtu hlavně.....	19
1.3.1 Kování	19
1.3.2 Protlačování /protahování/ tvářecího trnu.....	23
1.3.3 Flow forming.....	24
1.3.4 Protahování	26
1.3.5 Drážkování	28
1.3.6 Elektrochemické obrábění	31
1.4 Vnější drážkování – fluting.....	31
2 ÚVOD DO ANALÝZY DRÁŽKOVAČKY ZS 151	33
2.1 Historické pozadí vzniku Zs 151	33
2.2 Rozbor legislativy pro provozované stroje	34
2.3 Vymezení úkolů ve prospěch Zs 151.....	36
3 POPIS KONSTRUKCE A FUNKCE DRÁŽKOVAČKY ZS 151	40
3.1 Základní charakteristika Zs 151.....	40
3.2 Vymezení předpokládaného použití Zs 151.....	42
3.3 Technická data Zs 151	43
3.4 Hlavní části Zs 151	45
3.4.1 Lože.....	47
3.4.2 Ustavovací patky	50
3.4.3 Vodící pravítko	51
3.4.4 Uložení vodícího pravítka	52
3.4.5 Sestava suportu	53
3.4.6 Drážkovací souprava.....	58
3.4.7 Sestava vřeteníku.....	59
3.4.8 Luneta obrobku	63
3.4.9 Koník	63

3.4.10 Narážkový mechanismus rozpínání nožové hlavy.....	64
3.5 Hydraulický okruh	66
3.6 Okruh řezné kapaliny.....	68
3.7 Osvětlení	69
3.8 Základní prvky ručního ovládání.....	70
3.9 Příslušenství stroje	71
4 DOPLŇUJÍCÍ PODKLADY PRO MPBP (ZS 151)	72
4.1 Návrh rozsahu MPBP	72
4.1.1 Opora MPBP v legislativních předpisech.....	72
4.1.2 Stanovení rozsahu MPBP	73
4.2 Kontrola přesnosti ustavení stroje	73
4.3 Elektrická výbava.....	74
4.4 Funkční schéma hydraulického okruhu	77
4.5 Pracovní technologický postup pro používání	78
4.6 Návrh rozsahu pravidelných kontrol dle MPBP.....	81
5 VIZUALIZACE STROJE ZS 151	83
5.1 Potřeba vizualizace a její využití.....	83
5.2 Tvorba 3D modelu	83
5.3 3D model – ukázky	84
6 ZÁVĚR.....	86
6.1 Návrh na pokračování řešené problematiky	88
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	89
8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	91
9 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	93
10 SEZNAM PŘÍLOH	94

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 10
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

ÚVOD

Problematika výroby zbraní a munice je neodmyslitelně spojena, kromě armády, i s obranným průmyslem. V českých zemích, které se řadily především v meziválečné době ke světové špičce, má takovýto druh výroby a vývoje silnou tradici. V současné době je na tuto oblast zaměřeno mnoho tuzemských podniků, z nichž některé i nadále patří k předním světovým výrobcům.

Při výrobě zbraní se využívá velká škála náročných a specifických metod a technologických postupů. Průběh často speciální výroby je odlišný od běžné výroby v mnoha ohledech. Počínaje způsobem zadávání zakázek, přes organizaci a řízení výroby až po rozsah kontroly a zkoušek nebo přejímek. Z důvodu ochrany těchto specifických procesů jak ze strany armády, tak i výrobců, není tato problematika pro civilní sektor podrobně popsána v literatuře a do značné míry doposud podléhá hospodářskému tajemství. Kromě samotné výroby zbraní a problémů s ní spojených jsou další velmi významnou oblastí zbrojního průmyslu také výrobní stroje. Mnohé z nich mají specifické konstrukce a vlastnosti a zpravidla jsou určeny na konkrétní technologickou operaci v procesu výroby.

V současné dostupné literatuře (např. [1], [2], [3], [10]) existují pouze zevšeobecněné informace o problematice výroby hlavní palných a plynových zbraní. V těchto zdrojích především chybí podrobnější analýzy konstrukce a funkce konkrétních výrobních strojů.

Mnoho z těchto strojů, které jsou ve strojových parcích výrobců zbraní, je stará i několik desetiletí a jsou u nich jen rámcově (nebo vůbec ne) plněny aktuální požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví obsluhy.

Na základě požadavků spolupracující brněnské firmy Winston Production, s.r.o. bylo rozhodnuto přispět k řešení úkolů tohoto typu a ukázat na možnost doplnění chybějící nebo neúplné technické dokumentace strojů na výrobu hlavní v souladu s požadavky EU a ČR. Po poradě s ředitelem firmy byl zvolen drážkovací stroj Zs 151 jako modelový.

Práce je členěna do pěti navazujících kapitol.

První kapitola je věnována souhrnnému přehledu technologií drážkování vodící části vývrtu malorážových hlavních, přičemž důraz je kladen na ty z nich, které jsou nejčastěji využívány v praxi.

Ve druhé kapitole je zpracován přehled požadavků na provozní dokumentaci vyplývajících z aktuálních technicko – právních předpisů EU a ČR. Pro zvolený stroj Zs 151 je v této kapitole navržen harmonogram jednotlivých etap spojených s doplněním chybějící technické dokumentace.

Následující třetí kapitola je zaměřena na vytvoření uceleného technického popisu stroje Zs 151.

Čtvrtá kapitola je věnována podkladům pro vytvoření místního provozního bezpečnostního předpisu (MPBP), kterým bude nahrazen chybějící návod pro používání stroje.

Závěrečná (pátá) kapitola pojednává o realizované vizualizaci hlavních částí analyzovaného stroje a postupech, kterými bylo dosaženo vytvořeného 3D modelu stroje.



1 DRÁŽKOVÁNÍ HLAVNÍ

Úvodní kapitola se zaměřuje na úzce vymezenou oblast z velmi rozsáhlé a odborné problematiky výroby zbraní. Seznamuje se základní terminologií týkající se drážkovaných vývrtů hlavních palných zbraní a podává ucelený vhled do okruhu výrobních technologií používaných pro výrobu drážkovaní vodící části vývrtu. Komplexnější pohled na výrobu hlavní je možné získat pročtením *přílohy 1*. V této příloze jsou popsány materiály používané v konstrukci hlavní, možnosti povrchových úprav materiálu hlavní a také další výrobní metody, které metodám drážkování předcházejí, nebo po nich následují.

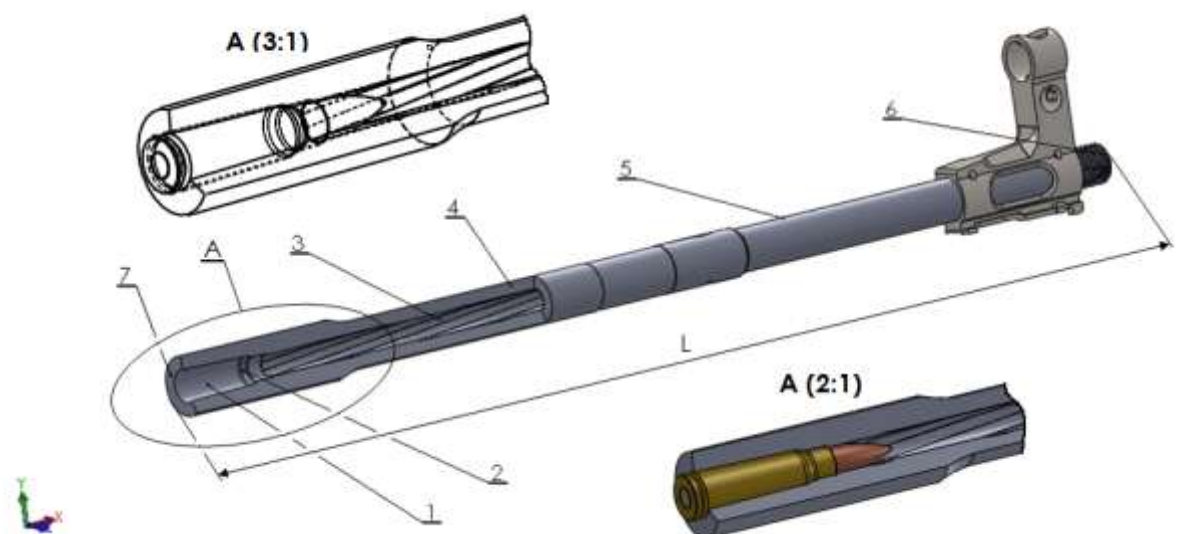
Z důvodu hospodářského a průmyslového tajemství jednotlivých podniků a subjektů s takto specifickým vývojem či výrobou neexistuje v civilní sféře mnoho běžně dostupných zdrojů informací, které by předkládané oblasti popisovaly do hloubky. Předložená diplomová práce je příspěvkem v uvedené oblasti.

V závěru první kapitoly je nad rámec zadání DP okrajově zmíněna i dnes velmi oblíbená technologie vnějšího drážkování, tzv. fluting.

1.1 Základní terminologie

Hlaveň je nejdůležitější částí každé hlavňové zbraně. U palných zbraní v ní dochází k udělení kinetické energie střele přeměnou tepelné energie hoření prachové složky, tzv. střeliviny. Podle R. Jankových [1] je hlaveň osově symetrickou tlakovou nádobou otevřenou z obou stran (u bezzákluzových zbraní), nebo otevřenou pouze v přední části a vzadu uzavřenou závěrem (u zákluzových zbraní). Jedná se tedy v zásadě o tlustostěnnou trubku, jejíž tloušťka stěny musí odolat tlaku plynů působících při výstřelu.

Základní části hlavně palné zbraně jsou zobrazeny na obr. 1.1.



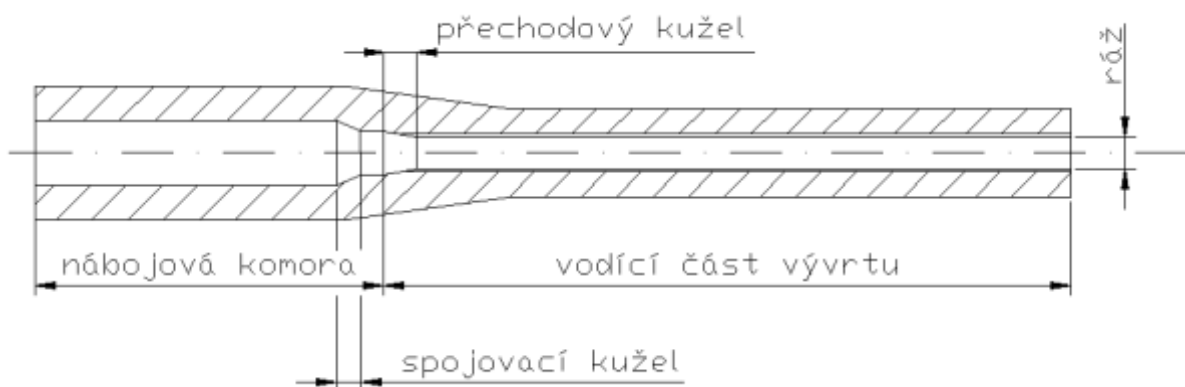
1 - nábojová komora; 2 - spojovací kužel; 3 - drážkovaný vývrt hlavní; 4 - stěna hlavní; 5 - vnější povrch hlavní; 6 - ústí hlavní; 7 - zadní čelo hlavní; A - detail nábojové komory s nábojem; L - délka hlavní

Obr. 1.1 Hlaveň a její nábojová komora pro náboj s drážkou



Vnitřní část hlavně můžeme rozdělit na dvě základní oblasti – nábojovou komoru, která velikostí a tvarem odpovídá náboji, a vodící část vývrtu. Napojení nábojové komory na vodící úsek je realizováno přechodovým kuželem. Pro zbraně používající homogenní plášťové střely, nebo střely obsahující vodící obroučku, je vodící část hlavně opatřena drážkováním (kap. 1. 4.3). To má za úkol udělit střele při průchodu hlavní rotaci, která stabilizuje její let. Drážkování zpravidla začíná v místě napojení přechodového kuželu na vodící část hlavně. Vnější tvar a tloušťka stěn hlavně se odvíjí od typu zbraně, materiálu a především od provozního zatížení. Přední část (tzv. ústí hlavně [2]) je místo, kde opouští střela zbraň. Pro přesnost střelby je zásadní její dobré zpracování, protože zde dochází k poslednímu kontaktu projektilu s hlavní. V případě nepřesného ústí by došlo k odklonu od původní žádané dráhy střely. Zde uvedený základní popis částí hlavní neplatí plošně pro všechny zbraňové systémy. Existují výjimky jako signální zbraně, minomety, zbraně používající beznábojnicovou munici a další. Popis dělových hlavně je také odlišný. U nich hovoříme o hlavní úplné, jejíž jednou součástí z mnoha je hlaveň vlastní.

Charakteristickými rozměry každé hlavně je její ráž (ráže, kalibr) a délka [1, 2]. Ráže udává, pro jakou velikost projektilu je hlaveň určena a je dohodnutým komplexem údajů, jakými jsou minimální a maximální rozměry náboje a jeho nábojnice, maximální povolený tlak a další (např. 9mm Luger, 7,62 x 39mm apod.). Naproti tomu ráž je normalizována dle normy ČSN 39 5002 – 1 a udává vnitřní průměr vodící části hlavně, resp. průměr vnitřních polí (např. 9mm). Jsou však výjimky, kde tato pravidla neplatí. Tím jsou např. brokové zbraně, kde ráže udává počet kulí stejného průměru, odlitých z jedné anglické libry olova (0,453 kg) nebo třeba pancéřovka, kde ráže udává průměr střely, jenž je větší než průměr hlavně. Délka hlavně reprezentuje vzdálenost mezi ústím a druhým koncem hlavně. Může se kromě klasických délkových jednotek udávat i jako bezrozměrná veličina vyjádřená poměrným násobkem její ráže.



Obr. 1.2 Řez hlavní s vymezením základních oblastí

Kvalita zpracování hlavně výrazně ovlivňuje budoucí vlastnosti zbraně, zejména její přesnost, spolehlivost a životnost za často ztížených provozních podmínek. Hlavně patří zároveň i mezi nejvíce staticky, dynamicky a chemicky namáhané součásti. Tyto specifické nároky se odrážejí v procesu jejich výroby, kterému je věnována značná pozornost. Jednak ve výběru materiálu, dále při volbě technologických postupů, kontroly rozměrů, ale i třeba v prováděných zkouškách.

Výroba hlavně je spojena se třemi primárními technologickými procesy – vytvoření vnějšího tvaru, výroba vnitřní části hlavně (příloha 1) a její drážkování (pouze u drážkovaných hlavně - kap. 1.2). Každý z těchto výrobních dějů lze provést



více různými metodami, které se od sebe liší v mnoha ohledech. O tom, jaká konkrétní metoda bude aplikována na výrobu, rozhodují především požadavky na konečné vlastnosti zbraně. Dalším faktorem ovlivňující volbu výrobní metody, který neustále nabývá na důležitosti, je produktivita jednotlivých metod s ohledem na dosahovanou kvalitu. Existují metody, u kterých se dosahují výborné výsledky celkové kvality vyráběných hlavních, ale protože nejsou tolik produktivní, byly postupně nahrazeny a vytlačeny jinými. Mezi základní požadované vlastnosti můžeme zařadit [3]:

- *požadavky na polotovary pro výrobu hlavních (výkovky, tyčovina, odstředivě lité odlitky):*
 - *dobré prokování (u výkovků),*
 - *dostatečný přídavek na zpracování,*
 - *požadované tepelné zpracování,*
- *požadavky na hotové hlavní:*
 - *přesnost rozměrů,*
 - *přesnost geometrických tvarů,*
 - *kvalita povrchu,*
- *požadavky na výrobní metody:*
 - *produktivita,*
 - *dosahovaná jakost,*
 - *ekonomičnost (výrobní časy, náročnost na výrobní stroje, apod.).*



Obr. 1.3 Ukázka polotovarů hlavních [4]

Na vyráběné hlavní jsou kladeny velké nároky na kvalitu, geometrickou přesnost a homogenitu materiálu. A to z toho důvodu, že hlaveň je jedna ze součástí celku zbraně, která nejvíce ovlivňuje výslednou přesnost. Dalším významným činitelem přesnosti a dostřelu zbraně je použitá munice. Na tu jsou v praxi kladeny minimálně stejně vysoké nároky a jejich splnění bývá v muničkách zpravidla sledováno výstupní kontrolou. Z důvodů vysokých požadavků jsou na hlavní, pro zabezpečení přesnosti výroby obdobně jako v jiných průmyslových odvětvích, stanoveny tyto nároky:

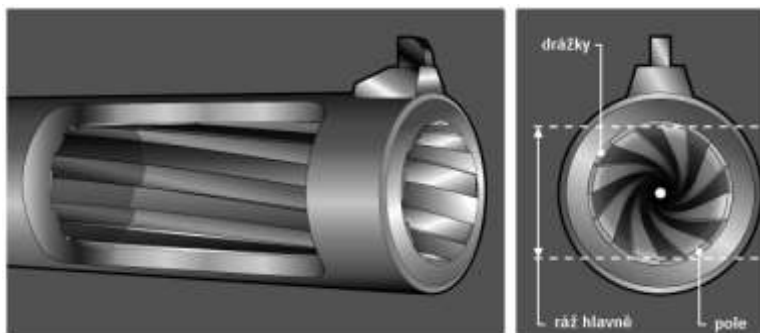
Pozn.: Jejich přesnější hodnoty a kategorizaci lze nalézt v publikaci Z. Lidmili a kol. [3].

- *úchytky rozměrů a tvarů povrchu,*
- *úchytky souososti mezi jednotlivými povrchy,*
- *úchytky v tloušťce stěn (tzv. různostěnnost),*
- *mezní dovolená křivost hlavně (přesnost vývrtu hlavně).*



1.2 Drážkovaný vývrt

Vodící část vývrtu hlavně (angl. - bore) zbraní určených pro jednotnou plášťovou střelu nebo střelu s vodící obroučkou je opatřena drážkovaním (angl. - rifling). **Drážkovaný vývrt hlavně je soustava vodících ploch ve tvaru šroubovice**, která má za úkol utěsnit střelu v hlavni jejím zaříznutím do drážek a udělit střele přesně definovanou rotaci kolem její podélné osy. Tato rotace vlivem gyroskopické síly stabilizuje let projektilu a tím zvyšuje přesnost a dostřel zbraně. Vnitřní povrch drážkovaného vývrt je rozdělen na dvě hlavní části – **drážky** (vzniknou odebráním materiálu z hlavně; angl. - groove) a **pole** (zbylé plochy výchozího průměru vývrtu; angl. - land). **Ráž hlavně** je potom definována průměrem vývrtu, resp. vnitřním průměrem měřený mezi dvěma protilehlými poli.



Obr. 1.4 Drážky a pole drážkované hlavně [5]

Počet drážek, jejich rozměry a tvar volí, podle mnoha hledisek, konstruktér zbraně. Doporučené konfigurace drážek v závislosti na ráži zbraně můžeme nalézt v normě ČSN 39 5020 [6]. Mezi základní prvky ovlivňující parametry drážek patří ráž hlavně, výrobní postup, typ munice, požadované otáčky střely, životnost a přesnost zbraně. Orientační pravidla pro volbu parametrů drážek popisuje ve svém díle také Z. Lidmila a kol. [3], nebo R. Jankových [1]. U malorážových zbraní se nedoporučuje velký počet drážek. Tato skutečnost se odvíjí od „malého“ průměru vývrtu hlavně. Pokud by byl velký počet drážek, šířka polí by byla malá, což by snížilo jejich pevnost. Taktéž nadměrná hloubka drážek by způsobovala velké přetvárné procesy střely a tím pádem i nežádoucí nárůst odporu střely při průchodu hlavní. Proto bývá do ráže 8mm počet drážek zpravidla 4, do ráže 20mm potom 6 až 8. Počet drážek bývá z výrobních důvodů sudý, existují ale i liché počty drážek. Šířka drážek bývá obvykle cca 1/2 průměru vývrtu hlavně, šířka polí potom cca 3 až 4,5 mm a hloubka drážek 0,015 až 0,025 násobek ráže. Oproti tomu hlavně dělových ráží (nad 20mm) bývají charakteristické velkým počtem drážek (obr. 1.5). Používají náboje s vodící obroučkou a tvar drážek bývá obvykle pravoúhlý. Počet drážek (n) se volí podle ráže $n = 3 \cdot d$ u houfnic a kanónů $n = 4 \cdot d$, kde d je ráže v centimetrech.



Obr. 1.5 Řez 105mm tankovou hlavní L70 [7]

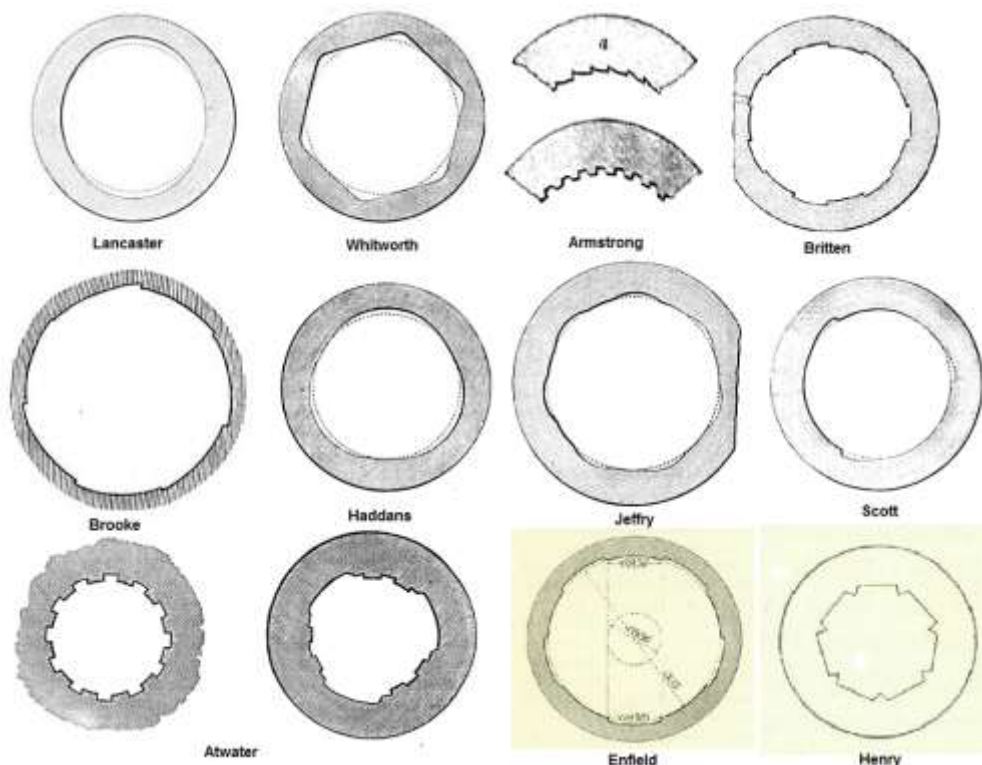


1.2.1 Tvary drážek

Tak jako každé konstrukční řešení prošla koncepce tvaru drážek v průběhu historie palných hlavních zbraní určitým vývojem. Vyzkoušela se celá řada různých tvarů, z nichž se osvědčili jen některé, které se používají i u dnešních zbraní. Zpočátku se nejvíce experimentovalo s drážkováním u kanónových a dělových hlavních v 19. století. S rozvojem lodního a pozemního dělostřelectva byla rozvíjena i teorie drážkovaných vývrtů. I přesto, že byl drážkovaný vývrt hlavně vynalezen už ke konci 15. století a poprvé použit Augustem Kotterem, zbrojířem z Norimberku [7], významnějšího použití se dočkal právě až v 19. století. Bylo vytvořeno nespočet různých systémů drážkování, zpravidla pojmenovaných podle konstruktéra. Za nejvýznamnější je považován Whitworth a Armstrong.

Sir. J. Whitworth vynalez a patentoval systém šroubovitého hexagonálního drážkování hlavně v r. 1854 [8]. Byl tak výrazně zlepšen dostřel i přesnost oproti tehdy známé palné zbrani Enfield vzor 1853. Pro takto tvarovanou hlavěň byl vytvořen projektil, jehož tvar odpovídal hexagonálnímu tvaru vývrtu a pro zlepšení dostřelu a průraznosti byla zmenšena jeho hmotnost i pozměněny rozměry. Tyto principy použil ve své vlastní pušce Whitworth, která měla nahradit anglické muškety Enfield, jež převyšovala. Nicméně z ekonomických důvodů byl tento model britskou vládou odmítnut. Anglie paradoxně později akceptovala pušky Martin – Henry, které využívaly Whitworthovy principy.

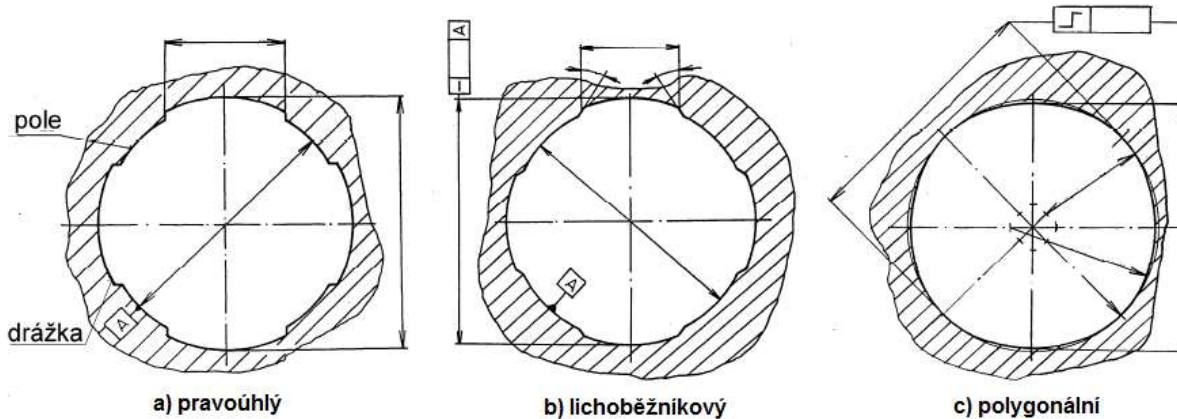
Dalším významným konstruktérem drážkovaných hlavních byl Sir W. G. Armstrong, jehož koncepce drážkování byla v listopadu r. 1858 přijata anglickou vládou. Tyto hlavně byly mnoho drážkové konstrukce šroubovitého tvaru od 8 drážek pro 3 liberní, 38 drážek pro 9 liberní a 78 drážek pro 100 liberní sedmipalcové dělo. Na obr. 1.6 jsou vyobrazeny nákresy nejvýznamnějších tvůrců drážkovaných hlavních té doby. Tyto konstrukce jsou velmi podrobně popsány v díle A. L. Holleye [9].



Obr. 1.6 Schémata nejznámějších drážkování hlavních 19. Století [9]



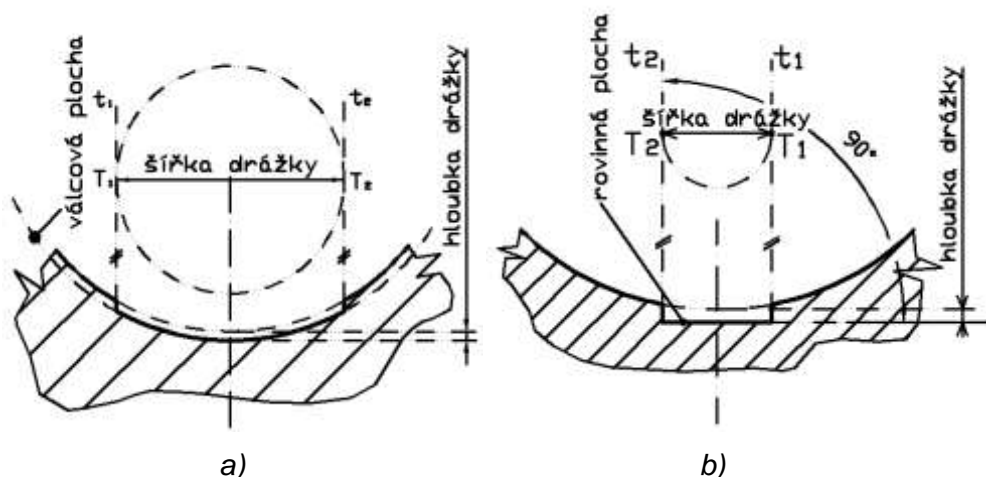
Na ruční palné zbraně se osvědčilo jen několik těchto principů drážkování a ty se dochovaly v určitých modifikacích až do dnešní podoby. S rozvojem výrobních technologií, munice a používaných materiálů se drážkování vodící části vývrtu ručních hlavnových palných zbraní ustálilo na třech základních tvarech [3], které jsou vyobrazeny na obr. 1.7.



Obr. 1.7 Nejpoužívanější tvary drážkování [10]

➤ pravouhlé drážkování

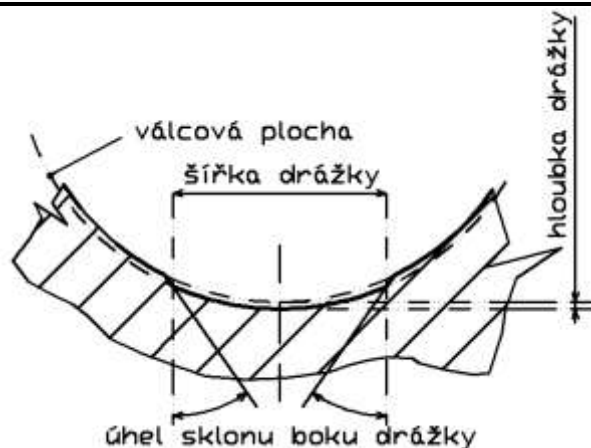
Nejrozšířenější typ drážek vhodný pro výrobu třískovým obráběním. Pracovní nástroje jsou výrobně relativně jednoduché. Boky drážek jsou rovnoběžné a jejich prodloužení jsou tečnami kružnice o průměru šířky drážky se středem ležícím na ose symetrie drážky. U malorážových hlavn bývá dnem drážek válcová plocha (obr. 1.8 a), u dělových hlavn to bývá rovinná plocha kolmá na boky drážek (obr. 1.8 b). Nevýhodou tohoto typu drážek je ztížené čištění přechodové části mezi bokem a dnem drážek, kde se drážkování nejvíc zanáší. Důvodem je špatná dostupnost tohoto prostoru pod ostrým úhlem.



Obr. 1.8 Detail pravouhlých drážek

➤ lichoběžníkové drážkování

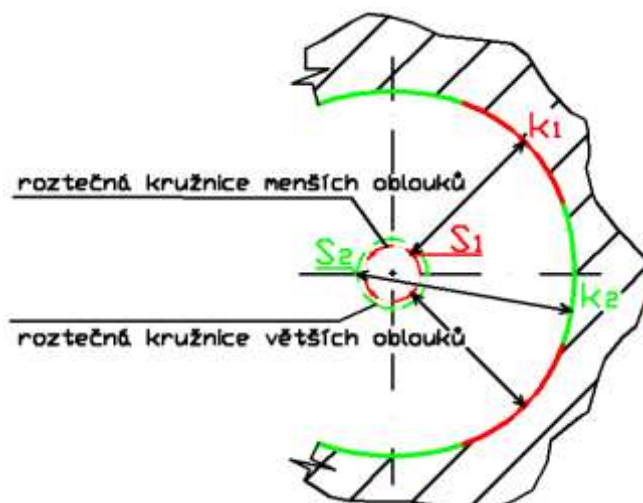
U lichoběžníkového drážkování jsou boky drážek skloněny oproti dnu o určitý úhel (obr. 1.9). Tento tvar je vhodný pro technologie radiálního a rotačního kování, protahování popř. protlačování. Tupý úhel přechodu mezi bokem drážky a jejím dnem totiž napomáhá „zatékání“ materiálu hlavně při tvářecím procesu. Díky šikmosti ploch boků je usnadněno čištění hlavně.



Obr. 1.9 Detail lichoběžníkové drážky

➤ polygonální vývrt

Příčný profil vodící části hlavně je nejčastěji složen z určitého počtu kruhových oblouků, které na sebe tečně navazují (popřípadě z mnohoúhelníku s oblými hranami). Tento profil je rotován do šroubovice obdobně jako drážkování vývrtu. Středů oblouků leží mimo osu hlavně. Na obr. 1.10 je schematicky znázorněno složení polygonálního vývrtu z osmi oblouků. Středů poloměrem menších (červených) oblouků leží na přilehlé straně roztečné kružnice středů těchto menších oblouků. Tyto oblouky tvoří ovšem větší ze dvou průměrů hlavně (na obr. 1.7 c) je to levý průměr pod úhlem). Naopak středů poloměrem větších (zelených) oblouků leží na protilehlé straně roztečné kružnice středů větších oblouků. Tyto poloměrem větší oblouky potom tvoří menší z průměrů hlavně (na obr. 1.7 c) je to svislý průměr).



Obr. 1.10 Detail polygonálního drážkování

Výhodou polygonálního vývrtu je menší tření při průchodu střely hlavní a tím i menší zahřívání při automatickém režimu střelby. Absence drážek přispívá k ukládání menšího množství reziduí v hlavni a lépe se čistí. Další výhodou je pomalejší pokles přesnosti opotřebením hlavně v závislosti na počtu výstřelů (vývrt nemá hrany drážek, které by se mohli opotřebit). Nevýhodou je složitější a tím pádem i dražší výroba. Složitá výroba přináší i komplikace vytvořit polygonální vývrt se stejnou přesností, jako špičkové drážkované hlavně. Dále je obecně citlivější na kvalitu střeliva, především na jeho tvrdost. Je-li střela moc měkká, tak se v hlavni



snadno deformuje a dochází k prokluzu střely. Je-li střela moc tvrdá, trvá dlouho (oproti hlavní drážkované) protlačení přechodovým kuželem, což je provázáno nárůstem tlaku. S tím souvisí i citlivost na homogenitu tvrdosti střely. Není-li střelivo zcela homogenní, dochází k nerovnoměrné deformaci a tím k odchýlení osy střely od osy hlavně. Polygonální vývrt má také omezené možnosti co se stoupání týká, především u vysokorychlostních střel. Na základě těchto charakteristik se polygonální tvar vývrtu ujal u některých vojenských zbraní a především pistolí.

1.2.2 Stoupání

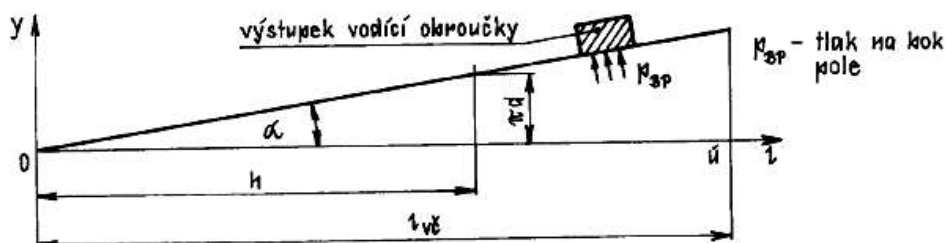
Charakteristickým rysem drážkovaného vývrtu je jeho stoupání (angl. – twist rate). Stoupání udává vzdálenost, jakou projektil urazí za jednu otočku kolem svojí podélné osy o 360° . Jeho jednotkou bývají v Evropě milimetry a zapisuje se ve formě 1:“stoupání v milimetrech“. Tedy například stoupání 1:200 mm znamená, že střela urazí za jedno otočení dokola dráhu 200 milimetrů. Oproti tomu v americké literatuře je stoupání udáváno v palcích. Stoupání je funkcí požadované ústové rychlosti střely, její hmotnosti, délky a tvaru. Závislosti těchto veličiny popisuje ve svém článku Ch. Hawks z firmy Remington [11]. Při vyšší ústové rychlosti stačí ke stabilizaci dané střely menší stoupání, než u nižší rychlosti. Obdobně delší projektil vyžaduje, při stejné rychlosti a hmotnosti, větší stoupání než kratší projektil. Těžší střela zase vyžaduje větší stoupání než lehčí střela stejného tvaru.

Doporučené technické parametry stoupání nalezneme v normě ČSN 39 5020 [6]. Každá ráž, nebo skupina ráží má svoji velikost stoupání. Přitom délka hlavně nemá na velikost stoupání vliv, je stejné pro danou ráž u všech délek hlavně.

$$n_{\dot{u}} = \frac{60 \cdot v_{\dot{u}}}{\pi \cdot d} \cdot \tan \alpha \text{ [ot/s]}$$

(1.11) Vztah pro výpočet ústových otáček [1]

S problematikou stoupání souvisí, jak uvádí R. Jankových [1], další činitelé obsažené ve výpočetním vztahu (1.11). Mírou stability jsou otáčky střely na ústí hlavně $n_{\dot{u}} \text{ [min}^{-1}\text{]}$. Tyto otáčky závisí na úhlu stoupání $\alpha \text{ [}^\circ\text{]}$ a na ústové rychlosti $v_{\dot{u}} \text{ [m/s]}$. Úhel stoupání je potřeba dosazovat do vztahu v radiánech. Jak je patrné z grafu 1.12, stoupání h je potom rovnou součinu kotangens úhlu stoupání α a obvodu drážkovaného vývrtu $\pi \cdot d$.

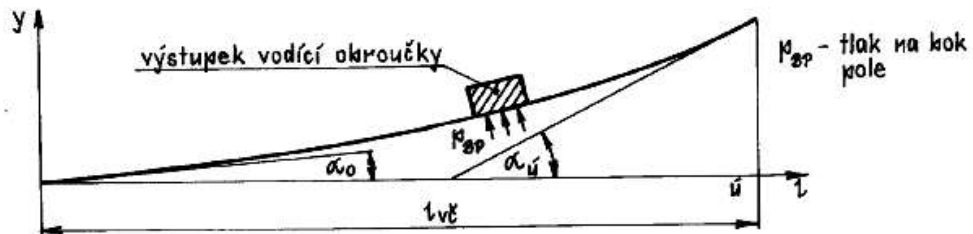


Obr. 1.12 Graf pro konstantní závit drážkování [1]

Graf 1.12 je ale platný pouze pro konstantní stoupání drážkování. To znamená, že udržuje neměnnou rotaci projektilu na celé délce vodící části hlavně. Existuje však i tzv. vývrt s progresivním stoupáním. Jeho úkolem je udělit projektilu vyšší otáčky na stejné délce hlavně (zvětšuje se stoupání). Rotace projektilu, při průchodu vývrtem s progresivním stoupáním, je urychlována směrem k ústí. Pro tento případ platí graf 1.13. Z hlediska směru rotace stoupání můžeme rozdělit na pravotočivé a levotočivé.



Vnitřní hrana vývrtu u ústí hlavně bývá obvykle zaoblena poloměrem větším, než je hloubka drážky. Z hlediska přesnosti střelby se ústí část odvrťává mírně nad poloměr drážek do hloubky dvou až pěti ráží, což zároveň chrání ústí před poškozením. Dále je potřeba zajistit, aby přední čelo hlavně bylo kolmé na osu hlavně.



Obr. 1.13 Graf pro progresivní závit drážkování [1]

1.3 Technologie drážkování vodící části vývrtu hlavně

Z technologického hlediska patří výroba drážkování vodící části vývrtu, spolu s hlubokým vrtáním, k nejnáročnějším operacím výroby hlavně. Jsou zde velmi přísné požadavky na dodržení rozměrových a geometrických přesností, na kvalitu povrchu a celkovou kvalitu zpracování. Každá ze známých metod má svá specifika, výhody a nevýhody, popřípadě různá omezení. Drážky v hlavních se můžou vyrábět těmito základními metodami:

- **tvářením**,
 - › radiální a rotační kování,
 - › protlačování /protahování/ tvářecího trnu,
 - › flow forming,
- **třískovým obráběním**,
 - › protahování vícebřitého nástroje,
 - › drážkování,
- **elektrochemickým vypalováním (obráběním)**.

1.3.1 Kování

Působením vnější síly dochází k deformaci materiálu (změně krystalické mřížky). Pokud dojde k dostatečnému posunu částic (více než o jeden parametr), přechází vratná elastická deformace v trvalou - plastickou. K posuvu dochází v kluzných rovinách pomocí kluzu. Deformaci napomáhají vakantní místa a dislokace v mřížce materiálu. Kování hlavně se provádí na speciálních rotačně kovacích strojích nejčastěji za studena. Proces tváření materiálu je uskutečňován nejčastěji čtyřmi tvarovými kovátky, které dostředivě kmitají.

Vstupním polotovarem je válcová trubka s hotovým otvorem, přičemž její vnější tvar (resp. tloušťka stěny) musí zaručovat konstantní deformaci po celé délce hlavně. Tato trubka je asi o 30% kratší, než je finální délka hlavně, a díra má asi o 20 % větší průměr, než bude vnitřní průměr vývrtu po dokončení. Polotovar musí být zároveň připraven s potřebnou přesností rozměrů a zároveň s dostatečnou kvalitou vnitřního povrchu. Ten se z těchto důvodů po vyvrtání zpravidla vystružuje nebo dokonce i strojově honuje. U kvalitně předchystaného polotovaru lze dosáhnout po vykování drsnosti povrchu vývrtu hlavně i $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ [2].



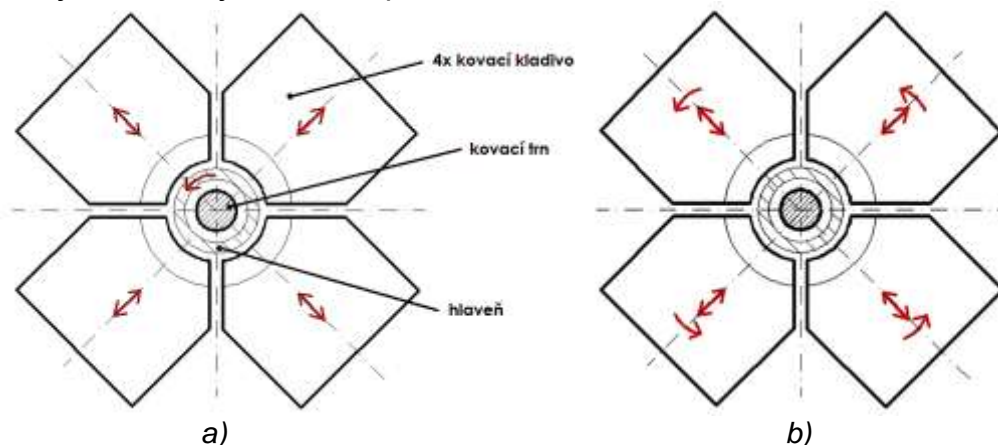
Doposud byla v české literatuře technologie kování hlavní označována souhrnně jako „rotační kování“. Ovšem na základě článku J. Higleyho a V. Briggse [12] autor práce vnímá rozdíl mezi dvěma odlišnými technologiemi kování.

○ Radiální kování

Pokud rotační pohyb koná obrobek s kovacím trnem, jedná se o radiální kování (angl. - (cold) radial forging). Kovací kladiva pouze dostředivě kmitají s frekvencí mezi 1000 až 1600 kmitů za minutu. Tato metoda je běžnější a užívá se GMF koncepce strojů. GMF kovací stroje jsou dnes vyráběny především firmou Gesellschaft Für Fertigungstechnik und Maschinenbau in Steyr, Rakousko. Radiální kování bylo vyvinuto v Německu během 2. Světové války a užívá se dodnes.

○ Rotační kování

U rotačního kování (angl. - (cold) rotary swaging /forging/) naopak koná rotační pohyb (zároveň s dostředivým kmitáním) soustava kovacích kladiv jako celek. Obrobek s kovacím trnem koná pouze posuvný pohyb. Za největší rozvoj této koncepce se zasloužila firma Winchester, USA.

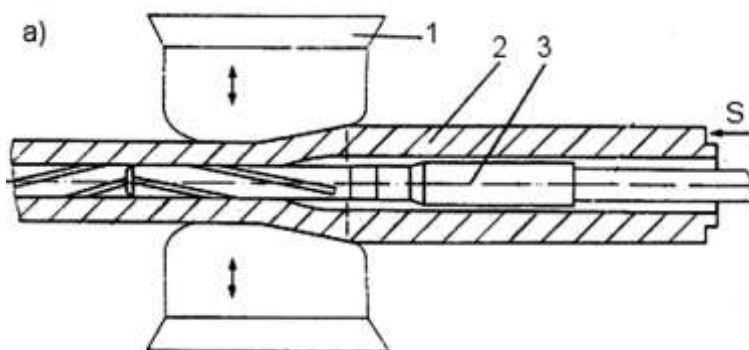


Obr. 1.14 a) radiální kování (GMF); b) rotační kování

Kováním lze z polotovaru vytvořit [2]:

a) celý vnitřní vývrt včetně nábojové komory

- tvar nábojové komory je vypracován na kovacím trnu a při kování komory se trn pohybuje zároveň s polotovarem hlavně

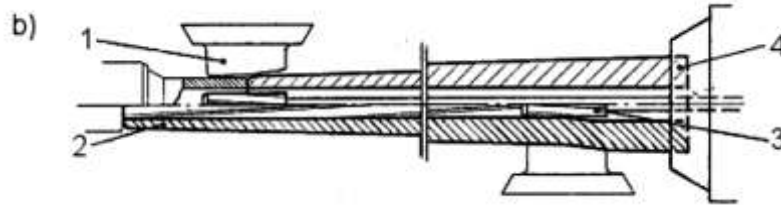


1 - kovací kladiva; 2 - polotovar hlavně; 3 - kovací trn; S - posuv

Obr. 1.15 a) [2]

**b) pouze drážkovaný vývrt bez nábojové komory**

- kovací trn má jednoduchý, mírně kuželový tvar

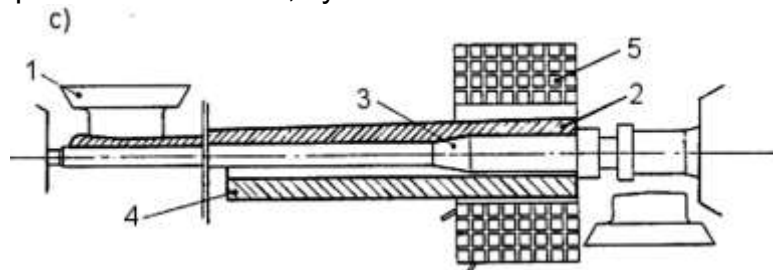


1 - kovací kladívko; 2 - hlaveň při kování; 3 - kovací trn; 4 - polotovar před kováním

Obr. 1.15 b) [2]

c) hladká hlaveň s komorou a zúžením na ústí

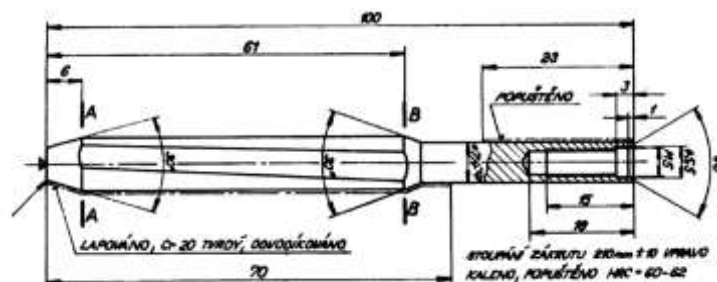
- typické pro brokové hlavně, využívá se ohřevu



1 - kovací kladívka; 2 - hlaveň při kování; 3 - kovací trn; 4 - polotovar před kováním;
5 - indukční ohřev

Obr. 1.15 c) [2]

Kovací trn má tvar negativního modelu vnitřní části hlavně (obr. 1.16). To znamená, že prohlubně na nástroji jsou výstupkem v hlavni a naopak. Na přesnosti tvarového trnu tedy závisí i přesnost vývrtu. Je vyroben nejčastěji ze slinutého karbidu. Kováním se zvyšuje pevnost materiálu. Například se začne kovat materiál při mezi pevnosti R_m 750 MPa a po překování má 900 MPa. Po přetvárném procesu zůstává ale v materiálu pnutí, proto je nutné (po kování) hlaveň tepelně upravovat žíháním pro odstranění tohoto pnutí (žíhá se ve vakuu, aby se nespálil vývrt, při teplotách cca 525 – 575 °C). Někteří výrobci hlavní používají ke stabilizaci místo ohřevu zmrazení materiálu (angl. – cryogenic stress relieving). Běžně používaným materiálem pro kované hlavně v ČR je ocel ČSN 15 230, která má dobrý poměr mezi pevností a houževnatostí a dobré možnosti tepelného zpracování. Na některé nerezové hlavně se používá nerezová ocel AISI 410 (DIN 1.4006) – má menší obsah chromu než obvyklá AISI 416, což zlepšuje její kujnost. Do technologického postupu kování hlavní bývá vloženo až několik operací rovnání, aby bylo dosaženo požadovaných přesností. Po kování se někdy hlavně ještě lapují.

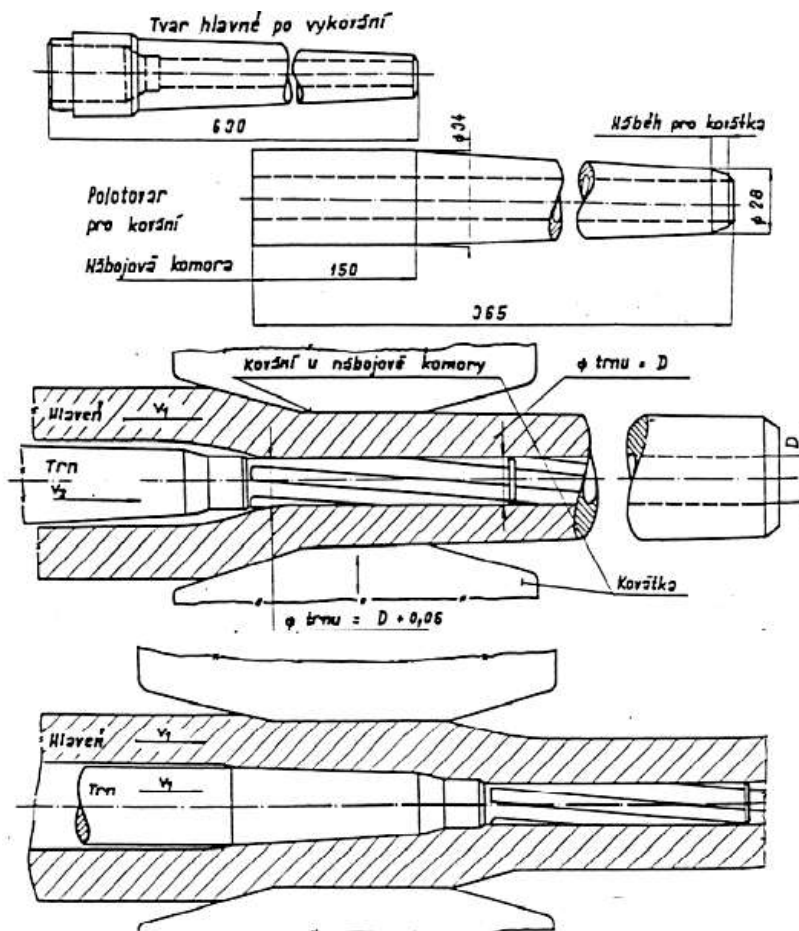


Obr. 1.16 Kovací trn pro polygonální vývrt, bez nábojové komory [2]



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Etapy radiálního /rotačního/ kování jsou schematicky ukázány na obr. 1.17. Při znázorněném postupu kování se na hotovo vykove nejen vodící část hlavně včetně drážek, nábojová komora, ale i se předkove vnější tvar hlavně a prodlouží se na požadovanou délku. Do upnutého trubkového polotovaru se vsune kovací trn a společně jsou posouvány do prostoru kovátek. Kovat se začíná v oblasti ústí hlavně, kde jsou i zkosené náběhy pro nástroje. Řízeným pohybem polotovaru s trnem a kmitáním kovátek je překována celá hlaveň na požadovaný tvar. Kovátka kmitají rychlostí 1000 až 1600 úderů za minutu dle typu stroje.



Obr. 1.17 Etapy kování hlavně [3]

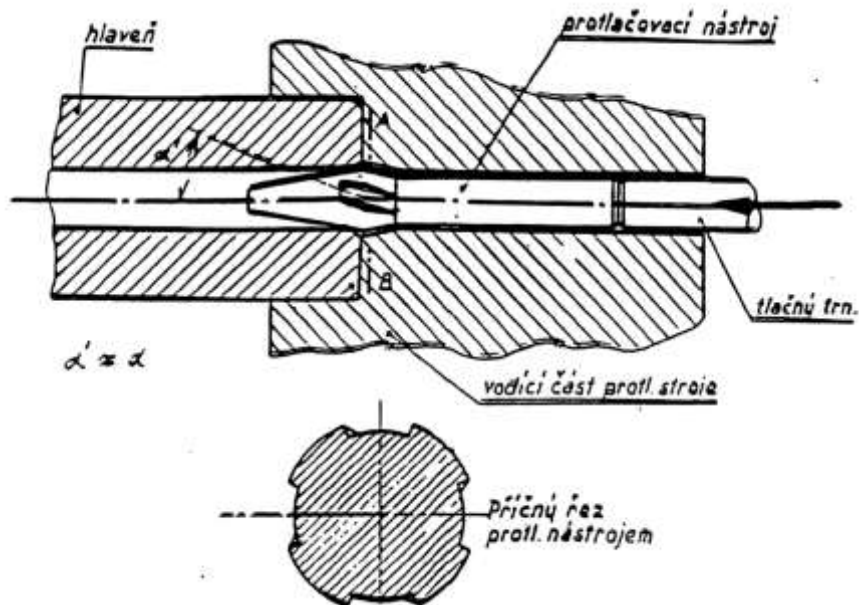
Mezi největší **výhody** metody kování hlavně patří produktivita (výroba jedné hlavně cca 3 až 4 minuty), dobrá přesnost vývrtu hlavně, dobré využití materiálu a zvýšení pevnosti hlavně. **Nevýhodou** je nutnost tepelného zpracování po kování. Dále lze technologii použít pouze na hlavně rotačního vnějšího tvaru bez výstupků, nebo musí mít dostatečný přídavek na následné obrobení na požadovaný vnější povrch. Na dostatečné prokování jsou potřeba velké síly, proto se rotační a radiální kování aplikuje na hlavně menších ráží, drážkované i hladké, s nábojovou komorou i bez ní. Touto metodou lze vyrobit i polygonální vývrt, rozdíl je pouze v nástroji (kovacím trnu). Nejvýznamnějším zástupcem na českém trhu, využívající technologii radiálního kování za studena je Česká zbrojovka Uherský Brod [4], ze známých světových a evropských výrobců můžeme zmínit třeba Winchester, Remington, Steyr, Sauer, Sako, Heckler and Koch a mnoho dalších. Pořízení strojů pro radiální /rotační/ kování je ale velmi nákladné, proto si je můžou dovolit jen velké podniky, jakou jsou například výše uvedené.



1.3.2 Protlačování /protahování/ tvářecího trnu

Tato metoda (angl. – button rifling) patří mezi tvářecí operací za studena a její vznik byl výsledkem úsilí o zrychlení procesu drážkování. Spolu s kovááním dnes stojí za většinou produkovaných hlavní a to především z ekonomických a produktivních důvodů. Drážky jsou vytlačeny do materiálu hlavně protlačením nebo protažením nástroje skrz vnitřní otvor hlavně.

Proces tažení je, s ohledem na namáhání nástrojové soustavy tahem a nikoli vzpěrem, nezanedbatelně výhodnější. Nástroj je upevněn na ocelovou tyč a je protažen nebo protlačen vodorovným hydraulickým lisem skrz obrobek za jeho současné rotace, čímž je vytvořeno požadované stoupání drážek. Jak popisuje Lilja [13], přední světový výrobce přesných hlavní touto metodou, je velmi důležité (pro dosažení přesnosti), aby byl trn protažen /protlačen/ konstantně. Pokud je neměnnost rotace nebo rychlosti posuvu porušena, projeví se to ve změně stoupání drážek. Toto vede k vybočení střely od osy rotace nebo kmitání projektilu při průchodu vodící částí vývrtu. S tím souvisejí i nároky na vysokou homogenitu materiálu. Pokud by existovala v obrobku místa s vyšší a nižší tvrdostí, vedlo by to ke změně rychlosti pohybu nástroje. Vývrt musí být vyleštěn (honování není dostatečné) a zhotoven s adekvátní přesností. Vnitřní povrch je potřeba (pro snížení tření) mazat. Vývrt se propláchne roztokem modré skalice (CuSO_4), aby se na něm vyloučila vrstvička amorfni mědi, která má lepší kluzné vlastnosti. Nebo se namísto pomědění povrch maže speciálními mazivy. Autorovi této práce se ale nepodařilo nalézt alespoň přibližné složení těchto maziv, protože jde o specifické výrobní tajemství každého z producentů hlavní.

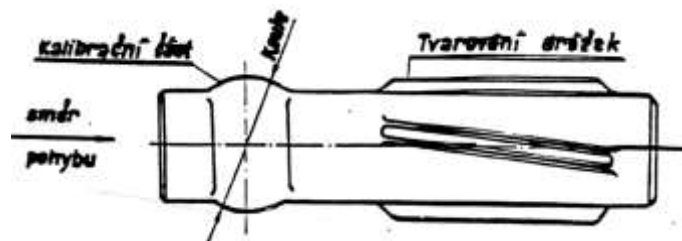


Obr. 1.18 Protlačování tvářecího trnu [3]

Jelikož je tato metoda tvářecím procesem, kde dosahované tlaky okolo 400 MPa nejsou výjimkou, je zřejmé, že se zde vnáší do materiálu stres jako u kováání. Ovšem v menší míře a je více lokálně rozmístěný v okolí vývrtu. Je nutné toto pnutí z materiálu po vytvoření drážek odstranit. K tomuto účelu se používá buď žihání, nebo kryogenní podchlazení zmíněné výše.



Nástroj (trn) je nejčastěji z tvrdokovu a liší se svou stavbou podle toho, je-li určen pro tažení nebo tlačení. Tvářecí část trnu je zpravidla kuželovitá na obou stranách a má negativní tvar vývrtu. Kromě tvářecích částí může nebo nemusí nástroj obsahovat **kalibrační část** (tzv. kuličku nebo soudeček) viz obr. 1.19. Tato kalibrační část dokončuje tvar a průměr vývrtu v polích. Kalibrační kulička se nachází vždy za tvářecí částí ve směru smyslu pohybu nástroje. Nástroj musí být o kousek větší, než je konečný rozměr drážkovaného vývrtu, protože dojde k určitému „odpružení“ materiálu vlivem elastické části deformace.



Obr. 1.19 Protlačovací trn s kalibrační kuličkou [3]

Největší **výhodou** jsou krátké výrobní časy, levnější nástroje, stroje a relativně dobré dosahované přesnosti. V neposlední řadě i zpevnění materiálu drážek. Naopak **nevýhodou** je již zmíněné vnášení stresu do materiálu. Pokud není správně odstraněn, na povrchu vývrtu hlavně se mohou začít tvořit trhliny. Další nevýhodou je náchylnost metody na homogenitu materiálu. Takto můžou být vyrobeny pouze drážky. Nábojová komora, kuželové plochy a vnější povrch musí být zhotoveny jiným postupem.

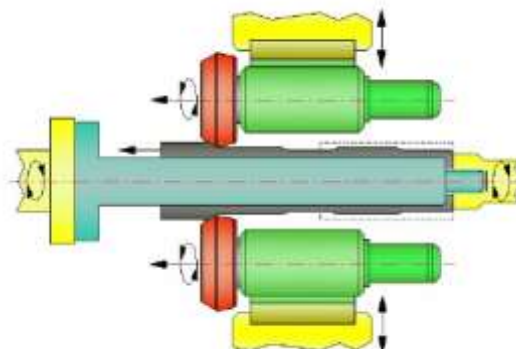
1.3.3 Flow forming

Jedná se o relativně novou metodu výroby vývrtu a vnějšího tvaru hlavně vynalezenou v 80. letech ve Švédsku [14]. Flow forming má technologicky nejbližší k válcování za studena. Je procesem tváření za studena a byl vytvořen pro výrobu válcových bezešvých dutých dílců přesných rozměrů. Jelikož hlavně splňují tyto předpoklady, začala se na jejich výrobu aplikovat i tato metoda.

Obecně existují dva typy flow formingu, které vznikly potřebou upevnění polotovarů různých tvarů.

- **Dopředný flow forming**

Používá se pro přetváření polotovarů, které mají tvar s jednou stranou částečně nebo plně uzavřenou. Je charakteristický sousledným tokem tvářeného materiálu s relativním axiálním posuvem tvářecích válců. Pro ukotvení polotovaru k formovacímu trnu se využívá speciální koník.

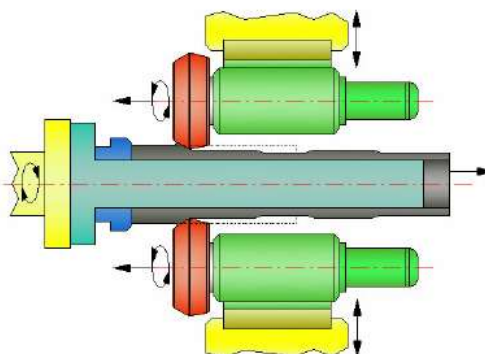


Obr. 1.20 a) Dopředný flow forming [14]



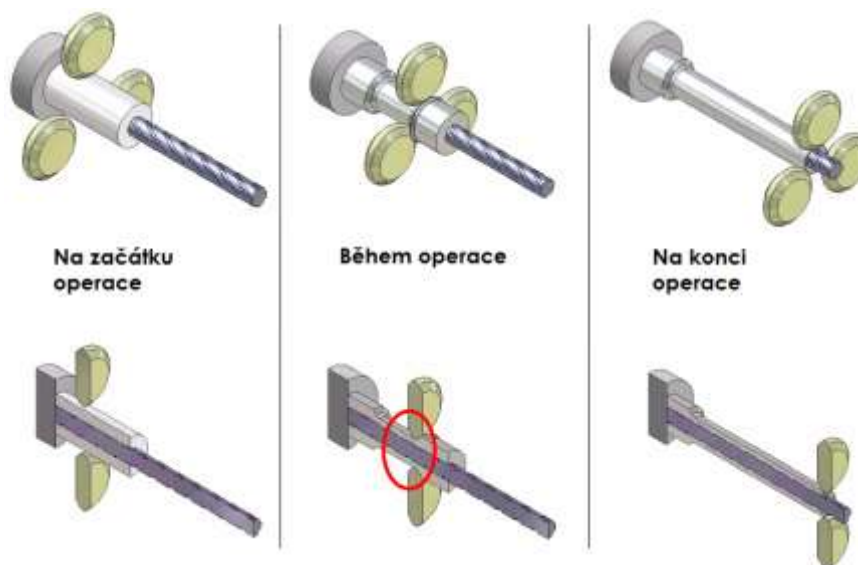
○ Zpětný flow forming

Využívá se u polotovarů s průběžnou vnitřní dírou po celé délce. Je naopak charakteristický nesousledným tokem přetvářeného materiálu s relativním axiálním posuvem tvářecích válců. Pro ukotvení polotovaru k tvářecímu trnu se využívá příruba se zuby. Ta se využívá i pro výměnu hotové hlavě za nový polotovar.



Obr. 1.20 b) Zpětný flow forming [14]

Dutý válcový polotovar z příslušného materiálu je převlečen přes **formovací trn**, který je vyroben z vysoko pevnostního materiálu (nejčastěji ze slinutého karbidu). Polotovar je o něco kratší a jeho stěny jsou tlustější, ze stejného důvodu jako u kování. Přetvořením je vytvarován do konečné delší podoby s tenčími stěnami. Formovací trn má negativní tvar vývrtu hlavně podobně jako u metod kování (viz výše). Pro tváření hlavně, které jsou relativně dlouhé, a je u nich požadavek na vysokou přesnost, se zpravidla používají tři **tvářecí válce** pootočené o 120°. Pro vytvoření vhodných tvářecích podmínek jsou jednotlivé válce radiálně a axiálně přesazeny. Na výrobu hlavně se využívá **dopředný flow forming**.

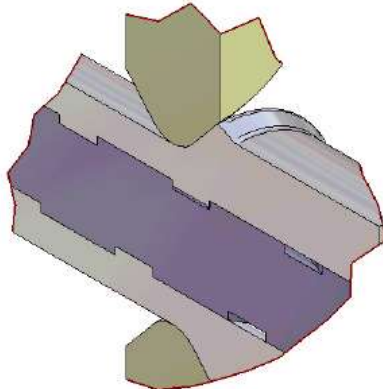


Obr. 1.21 Fáze procesu flow forming [14]

Na obr. 1.21 je schematicky ukázána operace a uspořádání elementů procesu flow formingu. Obrobek s trnem konají rotační pohyb a tři (zelené na obr.) válce vytváří tlak na materiál obrobku. Přítlak je vyvozován pomocí hydrauliky nebo kuličkových šroubů. Válce jsou potom pomalu posouvány v ose obrobku s trnem. Aby bylo dosaženo požadovaných přesností, je na celý proces aplikováno CNC



řízen. Výsledkem posuvu válců, přítlačných sil a rotace obrobku je jeho prodloužení, ztenčení a vytvoření vnitřního vývrtu s drážkami podle tvaru trnu. Ztenčení stěn původního polotovaru může (dle materiálu) dosahovat až 90% z původní tloušťky a prodloužení může být až několikanásobné. Celý postup přetvoření obrobku se může provádět na několikrát, až je dosaženo požadovaného tvaru hlavně.



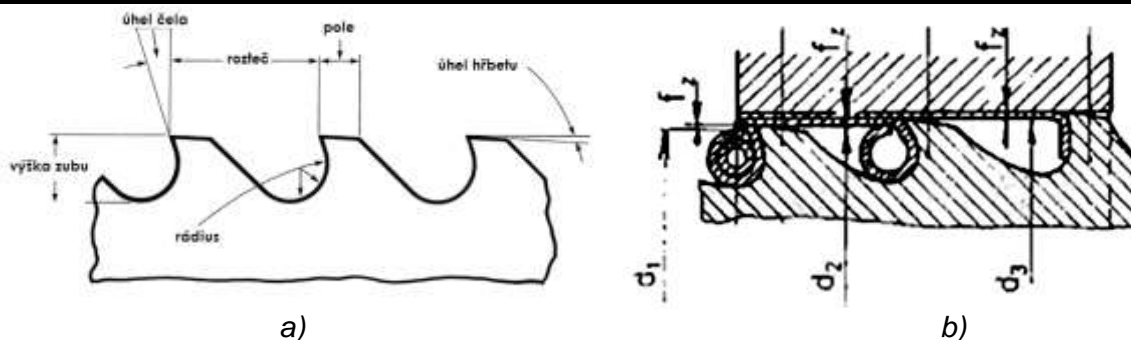
Obr. 1.22 Detail přetváření materiálu polotovaru [14]

U flow formingu jsou dosahovány dobré výsledky geometrických přesností a kvality povrchů. Kvalita povrchu vyrobeného vývrtu v podstatě odpovídá kvalitě povrchu formovacího trnu. Časová náročnost výroby hlavně (malorážové) se pohybuje v řádu desítek sekund. Vlivem velkého přetvoření materiálu a tření mezi obrobkem a válcem je vnášeno do materiálu velké teplo. Proto je nutné intenzivní chlazení. Největší **výhodou** je vysoká produktivita, velmi dobré výsledky přesnosti a kvality, zpevnění materiálu podobně jako u kování a menší pořizovací náklady technologie oproti radiálnímu kování. Vlivem velkého přetvoření se i zjemní zrna materiálu a je dosaženo výsledné stejnorodé mikrostruktury v axiálním směru. Pokud je to nutné, výsledná struktura může být ještě dodatečně upravena rekrytalizačními tepelnými úpravami. Vysokou výrobní kvalitou se i eliminují náklady na pracné dokončovací procesy. **Nevýhodou** je velké teplotní zatížení materiálu a možnost použití pouze na kratší malorážové hlavně.

1.3.4 Protahování

Výroba drážkovaného vývrtu hlavně je obdobná klasickému protahování, ale protahovaná délka je vzhledem k průměru větší a navíc jsou drážky ve šroubovici. To znamená, že nástroj (protahovák) musí konat kromě posuvného pohybu ještě rotační. Od toho se někdy tento proces nazývá **spirálové /šroubové/ protahování** (angl. – spiral /helical/ broach rifling). Tato kombinace pohybů přináší i konstrukční změny strojů a nástrojů na protahování drážek oproti klasickým.

Podobně jako metodou drážkování, se zde vytváří drážky třískovým obráběním vodící části hlavně. Konkrétně jednorázovým průchodem stupňovitého nástroje. Proces začíná zasunutím přední vodící části nástroje do díry polotovaru, potom je nástroj protažen obrobkem za jeho současné rotace. Výjimečně může být protahování nahrazeno protlačováním upraveného vícebřitého nástroje. Nicméně protahování je výhodnější z hlediska namáhání protahováku na tah, nikoli na vzpěr. Protahovák je poměrně dlouhý rotačně symetrický nástroj, který má po svém obvodu rozmístěno několik řad s řeznými elementy. Každá následující řada zubů je o něco větší, než ta předchozí. Konstrukce zubů je schematicky znázorněna na obr. 1.23 a.



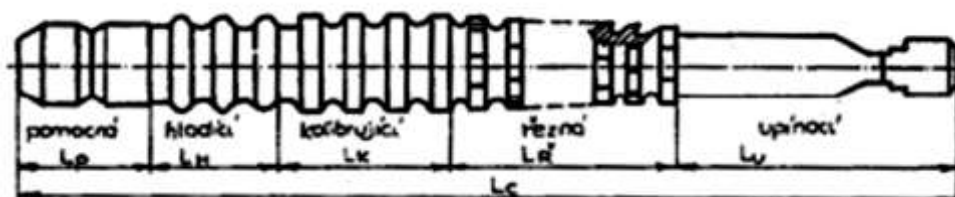
Obr. 1.23 Detail zubů protahováku [15]

Nástroj pro jednorázové protažení obsahuje obecně tři typy zubů. První jsou hrubovací zuby, které zaručují velký úběr materiálu, dále následují semi – dokončovací zuby tvořící kalibrační část a poslední jsou dokončovací zuby hladící části protahováku. Úběr materiálu probíhá současným záběrem několika břitů. Počet současně zabírajících zubů je dán délkou obráběné plochy a velikostí mezer mezi břitů. Velikost a tvar mezer závisí na objemu a utváření odebírané třísky, průřezu materiálu odebíraným jedním zubem, materiálu obrobku a rezných podmínkách. Schéma záběru více břitů je na obr. 1.23 b. Jak popisuje J. Mádl a kol. [15], protahováním lze dosáhnout přesností až IT5 a drsnosti povrchu R_a 0,1 μm . Je to ale podmíněno použitím hladících zubů na nástroji.

Podle konstrukce nástroje a rozsahu použití lze rozdělit protahováky na [3]:

➤ **do průměru vývrtnu cca 70 mm**

› **celistvý protahovák** – protahuje všechny drážky naráz; je u něj nutná velká rosteč mezi břitů, protože z důvodu velké délky obrobku vychází nástroj dlouhý; proto se používá vzhledem k vysokému namáhání a velké délce pouze u malých průměrů,

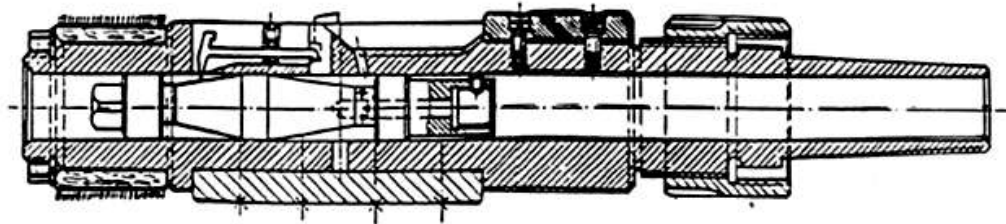


Obr. 1.24 Celistvý protahovák [3]

› **sekční protahovák** – protahuje drážky v sekcích (pouze 1/3 nebo 1/4 počtu drážek rovnoměrně rozdělených po obvodu; po vytvoření první skupiny drážek se musí nástroj nebo obrobek otočit o potřebnou rosteč,

➤ **průměr vývrtnu nad 70 mm**

› **tažná hlava** – nože jsou vkládány samostatně, jejich počet se odvíjí od počtu drážek a protahovaného průměru; nože se po každém tahu vysunou pomocí rozpěrného kuželu o šířku záběru ostří, potom se hlava otočí o příslušnou rosteč a proces se opakuje do vytvoření všech drážek,



Obr. 1.25 Tažná hlava pro velké ráže [3]

- › **tažné kroužky** – jednotlivé kroužky s břity se nasazují na tyč s distančními kroužky, tím se sestaví nástroj; každý kroužek má požadovaný profil s úplným počtem zubů odpovídající počtu drážek; rozměry kroužků jsou odstupňované jako klasický nástroj, jsou v sadách a jsou rozlišeny na hrubovací, kalibrovací a hladící.

Nespornou **výhodou** protahování oproti drážkování jsou výrobní časy. Protahování bylo aplikováno za války, díky velmi vysoké produktivitě této metody. Za **nevýhodou** můžeme považovat složitou výrobu a ostření nástrojů, což zvyšuje jejich cenu a tím posouvá použití této metody do oblasti větší sériovosti. Problém je také náročnost na počet nástrojů při výrobě více druhů a typů hlavních. Každému druhu totiž odpovídá specifický nástroj, který nelze zaměnit. Zároveň taky s rostoucí délkou vývrtu hlavně hodně narůstá délka nástroje, což přináší komplikace s přesností při jeho zatěžování. Proto je tato technologie dnes aplikována zejména na výrobu krátkých hlavních pistolí.

1.3.5 Drážkování

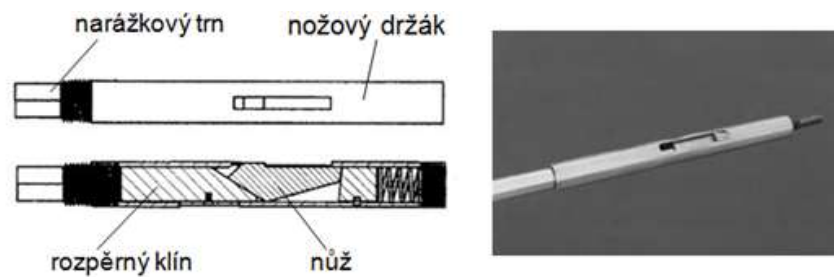
Proces drážkování (angl. – rifling cut) je jednou z nejstarších metod výroby drážek ve vývrtu hlavně. Tříska se původně řezala ručně tahem za rukojeť drážkovacího trnu. Při tahu se tento trn natáčel pomocí šroubové drážky na potřebné stoupání. Počet drážek se nastavoval kotoučovou dělicí hlavou. Dosahuje se zde velmi dobrých výsledků přesnosti, uniformity a kvality drážek. Mezi sportovními střelci na velké vzdálenosti patří hlavně vyráběné drážkováním, po boku hlavní protlačovaných / protahovaných tvářecím trnem, k nejvíce používaným.

Drážky se zhotovují třískovým úběrem materiálu na speciálních horizontálních strojích. Materiál je odebírán pomocí **nožů**, které jsou vedeny a zasazeny do **nožového držáku**, respektive hlavy. Nástrojová soustava koná rotační pohyb okolo své podélné osy a zároveň posuvný rovnoměrný přímočarý pohyb. Tím jsou drážky řezány ve šroubovici. Její stoupání je potom funkcí vzájemného poměru rotace a posuvu nástroje, viz kapitola 1.2.2. Hlavní řezný pohyb nástrojové soustavy je zajištěn **dutou vodící tyčí**. Na tuto tyč je upevněna nožová hlava (držák), která obsahuje drážky pro vsazení břitů. Počet drážek (resp. břitů) bývá zpravidla sudý. Na druhém konci je tyč ukotvena v univerzální upínací hlavě suportu stroje, který koná axiální posuvný (dopředný a zpětný) pohyb. Dutinou vodící tyče je k nožům přiváděna řezná kapalina. Stroj obsahuje **vodící pravítko** (rameno), ve kterém je drážka pro vedení kluzného kamene (kulisy, kladky). Rameno je vychýleno od podélné osy obrobku a nástrojové soustavy o určitý úhel. Velikostí vychýlení pravítka je definovaná rychlost otáčení nástroje v závislosti na uražené dráze suportu, tedy stoupání drážek. Posuvný pohyb kamene v drážce vodícího ramene je totiž převáděn ozubeným převodem na rotaci sklíčidla na suportu, v němž je upnutá nástrojová soustava. Větším vychýlením se dosahuje menšího stoupání šroubovice drážek [3]



a naopak. Pomocí vodícího ramene, jehož drážka má tvar části paraboly, lze vytvářet progresivní stoupání drážek.

Řezný proces probíhá pouze při zpětném protahování nástroje skrz hlavěň, aby docházelo pouze k tahovému osovému zatížení (obousměrný řezný proces je výjimečný). Po obrobení drážky /skupiny drážek/ je nástroj posunut do přední výchozí pozice. Pokud je počet drážek různý od počtu drážkovacích nožů, musí dojít k pootočení hlavěň o danou rozteč, aby se mohla obrábět další drážka /skupina drážek/. Toto je zajištěno pomocí dělicího mechanismu na stroji.

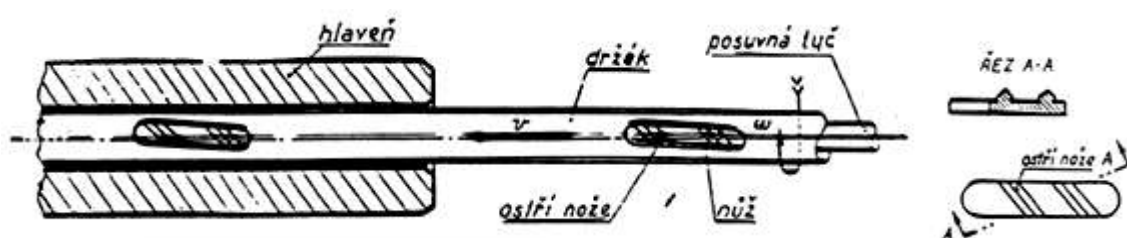


Obr. 1.26 Jednobřítý drážkovací nástroj [12]

Podle konstrukce nástroje se liší systém přísuvu nožů do záběru (přidávky úběru). Společným rysem je využití rozpěrného klínu nebo kuželu. Posuvem rozpěrného klínu nebo kuželu se (díky sklonu vnějšího tvaru) přidává úběr materiálu (nože se více vysunou z hlavěň).

Přisuvové systémy se ale liší metodou axiálního posuvu této rozpěrné části nástroje vůči axiálně statickým břitům. Prvním způsobem je vyvedení nárazkového trnu dopředu před nástroj. Tento trn je pevně spojen s rozpěrným klínem. Na konci stroje (ve smyslu přední polohy nástroje) je zařízení s posuvně uloženou nárazkou. Při dopředném posuvu nástrojové soustavy (skrz hlavěň) do přední polohy trn udeří do nárazky a tím se zasune rozpěrný klín do nástrojového držáku a rozepře nože. Přídavek úběru je vyvozen axiálním posuvem nárazky proti směru dopředného pohybu nástroje. Spojení nárazkového trnu a rozpěrného kuželu může být uskutečněno pomocí mikrometrického šroubu, čímž se celý proces zvyšování úběru zpřesní.

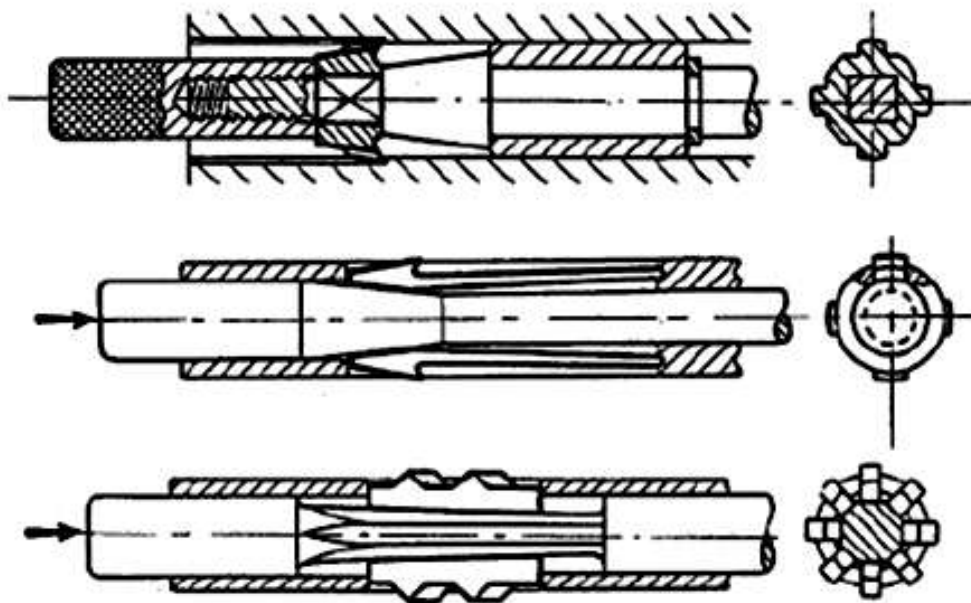
Druhou možností je upevnění rozpěrné části nástroje na táhlo, které prochází skrz vodící tyč. V tomto případě bývá na suportu (ve kterém je vodící tyč nástroje upnuta) nastavovací nonius, na kterém se nastavuje osový posuv táhla, tedy tím i posuv rozpěrného kužele a v konečném důsledku i přísuv nožů do záběru. Přidání úběru pro jeden cyklus řezání je řádově 0,002 mm.



Obr. 1.27 Nástrojová soustava pro malorážové hlavěň [3]



Nástroje můžeme rozdělit podle počtu nožů. První typ má nůž pouze jeden. Tímto musí být obráběna každá drážka zvlášť, což je velmi časově náročné. Můžeme ale, pokud k tomu máme uzpůsobenou děličku rotace obrobku, jednobřitým nástrojem vytvořit lichý počet drážek. Tyto nástroje se používají pro obrábění malorážových hlavní, které mají malý počet drážek. Tvar a konstrukce nože se může lišit. Pro zvýšení efektivity obrábění byly vytvořeny nástroje s více břity. Jejich počet může být různý (běžně od 2 až po 20). Pokud je počet drážek vyšší, než je počet břitů, je nutná rotace obrobku o dané rozteče mezi skupinami drážek. Opět se konstrukce nástrojové soustavy může lišit.



Obr. 1.28 Vícebřité nástroje pro drážkování hlavní [2]

Největší **výhodou** metody třískového drážkování hlavní je, že nevnaší do materiálu téměř žádný stres. Proto, jak uvedl známý výrobce T. Houghton z H-S Precision [40], není potřeba tepelné zpracování materiálu po obrábění drážek, a tedy stačí odstranění pnutí z materiálu od dodavatele. Další výhodou je, že jsme schopni relativně snadno vyrobit nestandardní počet drážek, jejich hloubku nebo rozměr. Možnou výhodou může být vzhledem k dnes modernímu vnějšímu drážkování (fluting) i to, že vnější drážkování lze provést před vnitřním drážkováním. Kdežto například u hlavní vnitřně drážkovaných protlačování / protahování trnu musí být vnější drážky vyrobeny až po vytvoření drážkovaného vývrtu a tepelným odstraněním pnutí. Proto může potenciální stres od flutingu ovlivnit vývrt. Nejvýraznější **nevýhodou** je časová náročnost a tedy i dražší výroba. Dále rychlé otupování nožů při obrábění pevnějších materiálů a nutné jejich časté ostření. U sériových výrob zbraní byla tato metoda nahrazena jinými z důvodu její nízké produktivity.

Dalšími významnými světovými producenty velmi přesných hlavní, využívající metodu drážkování, jsou Lilja [13], J. Krieger [16], nebo Rocky Mountain Arms [17]. Z českých výrobců snad pouze puškař P. Kuna [18], nebo firma Winston production s.r.o. [19].



1.3.6 Elektrochemické obrábění

Elektrochemické obrábění (ECR) je zvláštním typem výroby drážek. Provádí se na **elektroerozivní hloubičce**. Jako obráběcí elektroda se používá kovová (nejčastěji měděná) tyč s negativním tvarem vývrtu. V přední části je zkosená, aby docházelo k úběru na větší ploše elektrody [3]. Podle požadovaného stoupání se s ní ještě otáčí. Obrábění se děje ve vaně s vhodným dielektrikem. Dielektrikum je oproti elektrolytu výhodnější, protože nečiní tolik problémů při použití v technologické praxi. Přesnost a drsnost obrobeného povrchu je postačující. Je ale nutné po obráběcím procesu ošetřit povrchové vrstvy, které mohou být z výroby ovlivněny.



Obr. 1.29 Elektrochemické obrábění [3]

Výhodou je vysoká produktivita. Dále lze touto technikou obrábět i nestandardní materiály hlavní (např. titanové nebo kobaltové slitiny). Náklady na strojní zařízení jsou ale vysoké. Komplikací může být i chemické ovlivnění povrchových vrstev materiálu. Tato metoda je prozatím mezi výrobci velice vzácná.

1.4 Vnější drážkování hlavní - Fluting

Z hlediska technologie a vytvořených výsledků můžeme do oblasti metod výroby hlavní zařadit i tuto techniku. Proces úpravy vnější plochy je relativně nový a v dnešní době značně populární mezi malorážovými zbraněmi s dlouhou hlavní. Primárním účelem technologie drážkování vnějšího povrchu hlavní (angl. – barrel fluting), jak popisuje Lilja [13], je snížení hmotnosti hlavně a zvýšení tuhosti, tedy i přesnosti střelby.

Dalším účelem je i zvětšení jejího vnějšího povrchu, což přináší lepší odvod tepla z materiálu hlavně do okolí. Ovšem tyto benefity jsou podmíněny určitými fakty. Hlaveň s drážkovaným vnějším povrchem bude mít větší tuhost oproti hlavní bez drážkování při jejich stejné hmotnosti. Zvýšení tuhosti je ale podmíněno zvětšením vnějšího poloměru hlavně. Zatímco „plná“ hlaveň stejného vnějšího průměru jako tato drážkovaná hlaveň bude tužší. Toto je dáno odebráním materiálu (vytvořením drážek) z hlavně, což zmenší její osový kvadratický moment průřezu. Odebrání materiálu zapříčiní i zmenšení tloušťky stěny. Proto se teplo vznikající ve vývrtu hlavně kondukcí snáze přenáší k vnějšímu povrchu hlavně. Jelikož je tento povrch zvětšen o plochu drážek, předává se více tepla do okolí a tím se v konečném důsledku hlaveň lépe chladí. Zmíněné skutečnosti popisuje ve svém článku také J. Avila [20]. Drážky se vyrábí především frézováním tvarovou frézou, výjimečně broušením. Proces vnějšího drážkování nevnáší do materiálu stres. Ovšem může ho uvolnit v případě, že není předtím dobře odstraněn. To potom vede k nechtěným deformacím hlavně.



Obr. 1.30 Vlevo – rovné drážkování, vpravo – spirálové drážkování [21]

Úroveň odlehčení hlavně je funkcí její délky a hloubky vnějších drážek. Hloubka drážek je závislá na obrysu (resp. průměru) hlavně a ráži zbraně. Délka drážek závisí na konečné délce hotové hlavně. Jako základní tvary drážek můžeme považovat kruhový nebo obdélníkový. Kromě rovných drážek se používají i drážky ve šroubovici, které vymyslel a patentoval E. R. Shaw [21] (obr. 1.30). Snahou různých výrobců se odlišit a zlepšit design hlavní vzniklo mnoho různých tvarů vnějšího drážkování. Menší přehled uvádí například známý americký výrobce hlavní Hart [22]. Postup drážkování se nepoužívá jen na hlavně, ale i na některé další části zbraní, jako jsou třeba rotačně uzamykané závěry.

Od myšlenky vnějšího drážkování byly odvozeny různé deriváty. Hlavním představitelem z nich jsou „důlkované“ hlavně (angl. – dimpled barrels). Na vnějším povrchu je místo drážek vytvořeno pole prohlubní různých tvarů. Jejich úkolem je, obdobně jako u vnějšího drážkování, snížit hmotnost a zlepšit chlazení. Toho se dnes využívá především u ručních hlavňových palných zbraní, kde dochází k výraznému zahřívání hlavně v automatických a poloautomatických režimech střelby.



Obr. 1.31 „Důlkovaná“ hlaveň [23]



2 ÚVOD ANALÝZY DRÁŽKOVÁČKY ZS 151

2.1 Historické pozadí vzniku Zs 151


Patnáctého března 1939 došlo k obsazení zbylého území Čech a Moravy nacistickou armádou. Nejvýznamnějším aspektem okupace zbytku Československa bylo pro nacisty posílení hospodářských pozic říše. Českomoravský průmysl byl po 15. březnu začleněn do systému německého válečného řízeného hospodářství a byl po celou dobu války jedním z hlavních pilířů průmyslového a zbrojního arzenálu hitlerovského Německa. Jedním z nejvýznamnějších podniků zbrojního průmyslu byl, spolu se Škodovými závody, tehdejší koncern brněnské Zbrojovky (dále jen Zbrojovky). Během okupace českých zemí za druhé světové války vyráběla Zbrojovka z celého portfolia produkce převážně zbraně a stroje pro Třetí říši.

Ve Zbrojovce byla vytvořena celá řada různých typů strojů pro výrobu zbraní a munice. Jedním z nich byla právě drážkovačka hlavní. Drážkovačka Zs 151 (dále jen Zs 151) je jednoúčelový stroj na výrobu drážkování vodící části vývrtu hlavní palných zbraní třískovým obráběním. Byla vyrobena v roce 1942 pod výrobním číslem 10655. Stroj byl pravděpodobně navrhnut a vyroben v jednom ze závodů Zbrojovky: závod V – Kuřim. Jeho vývoj a původní účel byl zřejmě spjat s vývojem samočinného kanónu ZK 414 či ZB 303 [24]. Pro jeho výrobu bylo totiž nutné vytvořit stroj schopný obrábět větší ráže. Na základě událostí z roku 1940, kdy Zbrojovka nuceně přešla na výrobní program německých vzorů zbraní, byla Zs 151 nakonec pravděpodobně využívána pro výrobu velkorážných leteckých kulometů MG 131 a MG 151. Kulometry byly vyráběny ve vsetínském závodu a byly dodávány říšskému ministerstvu letectví.



Obr. 2.1 Drážkovačka Zs 151

Podle pamětníků byla Zs 151 vyrobena ve třech kusech, z nichž se funkční dochoval pouze jeden. Ten je nyní dislokován ve strojovém parku brněnské firmy Winston Production, s.r.o. [19] a je i po mnoha desetiletích nadále provozován a zapojen do výrobních procesů, což poukazuje na kvalitu tehdejší české konstrukční školy a průmyslu. Ke stroji se ale nedochovala vůbec žádná technická, výrobní ani výkresová dokumentace, návod k použití, údržbě a další. Proto byl ze strany vedení

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 34
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

firmy vznesen požadavek na vytvoření alespoň základní popisné dokumentace, tak aby stroj vyhověl podmínkám bezpečného provozu a používání strojů a technických zařízení dle české legislativy.



Obr. 2.2 Logo firmy Winston Production [19]

2.2 Rozbor legislativy pro provozované stroje

Splnění příslušných legislativních nároků je třeba věnovat značnou pozornost, neboť v rámci EU je výroba na zařízeních, které nesplňují požadavky aktuálních bezpečnostních předpisů, chápáno jako nekalá konkurence [39]. Kontrolní orgány mají, na základě Zákona č. 251/2005 Sb. o inspekci práce, pravomoc takovému strojnímu zařízení z provozu odstavit a udělit provozovateli pokutu až do výše dvou miliónů korun. Objem potřebných opatření, jejich časová a ekonomická náročnost se odvíjí od velikosti rizika spojeného s daným strojním zařízením. Odpovědnost za posouzení závažnosti těchto rizik a za provedené opatření a úpravy, potřebné ke splnění požadavků daných předpisy, nese jeho provozovatel (resp. majitel). Posouzení bezpečnosti provozovaných strojních zařízení s ohledem na splnění minimálních nároků na bezpečný provoz a používání se provádí dle těchto předpisů [40], které se zároveň týkají objektu zájmu této práce – stroje Zs 151:

• Nářízení vlády č. 378/2001 Sb. [35]

NV č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a náradí, vešlo v platnost podle §5 dnem 1.1.2003 a je jím do české legislativy přejímána původní Směrnice rady 89/655/EHS, která je od 16. Zář 2009 nahrazena Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2009/104/ES o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci. Toto nařízení je platné pro všechny zařízení bez ohledu na stáří nebo datum uvedení do provozu. V jednotlivých částech se nařízení (ve zkratce) věnuje těmto oblastem:

- § 2 – *definování používaných pojmů (mimo jiné průvodní a provozní dokumentace, místního provozního bezpečnostního předpisu a dalších)*
- § 3 – (1) – *minimální požadavky na bezpečný provoz a používání*
(2) – *opravy, seřizování, údržba a čištění*
(3) – *možnosti kontroly nebezpečných prostorů*
(4) – *ochranné zařízení*
(5) – *další požadavky na bezpečný provoz*
- § 4 – (1) – *způsob provádění kontroly bezpečnosti provozu před uvedením do provozu*
(2) – *provozní dokumentace, rozsah a četnost kontrol*
(3) – *uchovávání provozní dokumentace*

Pro splnění veškerých náležitostí popsanych v tomto předpisu je nutné u stroje Zs 151 provést především tyto kroky [39]:

- stanovit mezní hodnoty stroje
- vymežit a pojmenovat všechny nebezpečné prostory



- identifikovat a zhodnotit jednotlivá nebezpečí
- navrhnout a zrealizovat potřebná opatření pro snížení rizik
- zpracovat místní provozní bezpečnostní předpis (MPBP)
- vytvořit potřebnou dokumentaci

• **Zákon č. 262/2006 Sb. (zákoník práce) [36]**

Všeobecné požadavky na bezpečnost používaných zařízení na pracovišti stanovuje Zákon č. 262/2006 Sb. ze dne 21. dubna 2006. Nejdůležitější pasáž, která se dotýká bezpečnosti provozovaných zařízení je část pátá nazvaná „Bezpečnost a ochrana zdraví při práci“. Obsahuje celou řadu odstavců, z nichž autor publikace považuje za nejdůležitější tyto:

§101

(1) Zaměstnavatel je povinen zajistit bezpečnost a ochranu zdraví zaměstnanců při práci s ohledem na rizika možného ohrožení jejich života a zdraví, která se týkají výkonu práce (dále jen „rizika“).

(2) Péče o bezpečnost a ochranu zdraví při práci uložená zaměstnavateli podle odstavce 1 nebo zvláštními právními předpisy je nedílnou a rovnocennou součástí pracovních povinností vedoucích zaměstnanců na všech stupních řízení v rozsahu pracovních míst, která zastávají.

§102

(1) Zaměstnavatel je povinen vytvářet bezpečné a zdraví neohrožující pracovní prostředí a pracovní podmínky vhodnou organizační bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a přijímáním opatření k předcházení rizikům.


(2) Prevencí rizik se rozumí všechna opatření vyplývající z právních a ostatních předpisů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a z opatření zaměstnavatele, která mají za cíl předcházet rizikům, odstraňovat je nebo minimalizovat působení neodstranitelných rizik.

(3) Zaměstnavatel je povinen soustavně vyhledávat nebezpečné činitele a procesy pracovního prostředí a pracovních podmínek, zjišťovat jejich příčiny a zdroje. Na základě tohoto zjištění vyhledávat a hodnotit rizika a přijímat opatření k jejich odstranění a provádět taková opatření, aby v důsledku příznivějších pracovních podmínek a úrovně rozhodujících faktorů práce dosud zařazené podle zvláštního pracovního předpisu jako rizikové mohly být zařazeny do kategorie nižší. K tomu je povinen pravidelně kontrolovat úroveň bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, zejména stav výrobních a pracovních prostředků a vybavení pracovišť a úroveň rizikových faktorů pracovních podmínek, a dodržovat metody a způsob zjištění a hodnocení rizikových faktorů podle prováděcího právního předpisu.

(4) Není-li možné rizika odstranit, je zaměstnavatel povinen je vyhodnotit a přijmout opatření k omezení jejich působnosti tak, aby ohrožení bezpečnosti a zdraví zaměstnanců bylo minimalizováno. Přijatá opatření jsou nedílnou a rovnocennou součástí všech činností zaměstnavatele na všech stupních řízení. O vyhledávání a vyhodnocování rizik a o přijatých opatřeních podle věty první vede zaměstnavatel dokumentaci.

(5) Při přijímání a provádění technických, organizačních a jiných opatření k prevenci rizik vychází zaměstnavatel ze všeobecných preventivních zásad, kterými se rozumí:

- a) omezování vzniku rizik,
- b) odstraňování rizik u zdroje jejich původu,
- c) přizpůsobování pracovních podmínek potřebám zaměstnanců s cílem omezení působení negativních vlivů práce na jejich zdraví,
- d) nahrazování fyzicky namáhavých prací novými technologickými a pracovními postupy,
- e) nahrazování nebezpečných technologií, výrobních a pracovních prostředků, surovin a materiálů méně nebezpečnými nebo méně rizikovými, v souladu s vývojem nejnovějších poznatků vědy a techniky,
- f) omezování počtu zaměstnanců vystavených působení rizikových faktorů pracovních podmínek překračujících nejvyšší hygienické limity a dalších rizik na nejnižší počet nutný pro zajištění provozu,
- g) plánování při prevenci rizik s využitím techniky, organizace práce, pracovních podmínek, sociálních vztahů a vlivu pracovního prostředí,

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 36
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

h) přednostní uplatňování prostředků kolektivní ochrany před riziky oproti prostředkům individuální ochrany,

i) provádění opatření směřujících k omezování úniku škodlivin ze strojů a zařízení,

j) udílení vhodných pokynů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

(7) Zaměstnavatel je povinen přizpůsobovat opatření měnícím se skutečností, kontrolovat jejich účinnost a dodržování a zajišťovat zlepšování stavu pracovního prostředí a pracovních podmínek.

Zároveň nařízení, uvedené v dalších částech zákoníku práce:

- Zaměstnavatel je povinen zajišťovat svým zaměstnancům takové pracovní podmínky, aby mohli řádně plnit své pracovní úkoly bez ohrožení zdraví a majetku; zjistí-li závady, je povinen učinit opatření k jejich odstranění (§ 248).

- Zaměstnavatel je povinen informovat zaměstnance o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci v rozsahu stanoveném v §101 až §106 odst. 1 a §108 a zvláštním zákonem (§ 279).

- Zaměstnavatel je povinen se zaměstnanci projednat bezpečnost a ochranu zdraví při práci v rozsahu stanoveném v §101 až §106 odst. 1 a §108 a zvláštním zákonem (§ 280).

• **Zákon č. 309/2006 Sb. [38]**

Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, ze dne 23. května 2006, kterým se upravují další požadavky při práci a v pracovně právních vztazích a o zajištění bezpečnosti při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovně právní vztahy.


2.3 Vymezení úkolů ve prospěch Zs 151

► Výhledový cílový stav:

V rámci výrobního managementu firmy Winston Production je drážkovačka hlavní Zs 151 považována za perspektivní a chtějí ji i v následujících letech provozovat a zachovat ve strojovém parku podniku. Proto, aby mohlo být v ČR provozováno jakékoliv strojní zařízení, musí ovšem splňovat příslušné legislativní nároky. A to především v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví obsluhy, dále také v oblasti dokumentace ke stroji. V současné době musí podle předpisů jakýkoliv provozovaný stroj splňovat požadavky výše zmíněných technicko-právních dokumentů:

- **Nařízení vlády č. 378/2001 Sb.**, kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí.
- **Zákon č. 262/2006 Sb. (zákoník práce)**
- **Zákon č. 309/2006 Sb.**, o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Pokud bude Zs 151 v budoucnu retrofitována nebo se na ní provede generální oprava, bude muset splňovat přísnější nároky a to především směrnice 2006/42/ES [34], která je prováděna v národní legislativě pomocí Nařízení vlády č. 178/2008 Sb., které je dále měněno Nařízením vlády č. 170/2011 Sb. o technických požadavcích na výrobky. Dále by muselo být vypracováno ES prohlášení o shodě a doplněna technická dokumentace strojního zařízení do rozsahu, který je nutný k posouzení shody.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Podle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES [34] ze dne 17. května 2006, o strojních zařízeních a o změně směrnice 95/16/ES obsahuje konstrukční a výrobní dokumentace strojů s ES prohlášením o shodě tyto okruhy:

- celkový popis strojního zařízení;
- celkový výkres strojního zařízení a schémata ovládacích obvodů a příslušné popisy a vysvětlivky nezbytné pro pochopení provozu strojního zařízení;
- podrobné výkresy, případně doplněné výpočty, výsledky zkoušek, certifikáty apod., které jsou nezbytné pro kontrolu shody strojního zařízení se základními požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost;
- dokumentaci o posouzení rizik s uvedením postupu, včetně:
 - seznamu základních požadavků na ochranu zdraví a bezpečnost, které se vztahují na strojní zařízení;
 - popis ochranných opatření provedených k vyloučení zjištěného nebezpečí nebo ke snížení rizik a případně uvedení dalších rizik souvisejících se strojním zařízením;
- použité normy a ostatní technické specifikace, s uvedením základních požadavků na ochranu zdraví a bezpečnost, které jsou v těchto normách zahrnuty;
- veškeré technické zprávy s výsledky zkoušek, které provedl výrobce nebo subjekt vybraný výrobcem nebo jeho zplnomocněným zástupcem;
- výtisk návodu k používání strojního zařízení;
- případně prohlášení o zabudování pro začleněné neúplné strojní zařízení a příslušný návod k montáži tohoto zařízení;
- případně kopie ES prohlášení o shodě strojního zařízení nebo jiných výrobků zabudovaných do strojního zařízení;
- kopie ES prohlášení o shodě.

Je zřejmé, že dosažení stavu, kdy bude Zs 151 a její dokumentace splňovat tyto nároky, je časově a ekonomicky velmi náročné. Zpětná tvorba jakékoliv dokumentace a popisu stroje je navíc značně problematická. V současnosti především z důvodu jeho stálého provozu a výrobního vytížení, tedy časově omezeného přístupu ke stroji. Mnoho mechanismů je skryto uvnitř skříní, krytů a špatně dostupných míst. Pro vytvoření plnohodnotné dokumentace (obsahující výrobní výkresy, schémata, návod k použití, kusovníky, výrobní postupy a veškeré další náležitosti dle směrnice 2006/42/ES [34]) by ovšem bylo nutné stroj na relativně dlouhou dobu odstavit, rozebrat a podrobit celé řadě zkoušek. Toto ovšem není za současného stavu možné.

Proto byla práce na Zs 151 po dohodě s vedením firmy rozfázována na jednotlivé **etapy**, které budou postupně plněny takto:

- 1.) Vytvoření vstupní analýzy konstrukce a funkce stroje Zs 151
- 2.) Vytvoření podkladů pro Analýzu rizik Zs 151
- 3.) Analýza rizik strojního zařízení
- 4.) Splnění veškerých nároků NV č. 378/2001 Sb.
- 5.) Vypracování ES prohlášení o shodě a doplnění dokumentace na požadovanou úroveň (při plánované generální opravě, popř. při retrofitingu stroje)



► **V rámci realizované první (a částečně druhé) etapy byly vymezeny tyto cíle:**

- Základ pro vytvoření obecného technického popisu stroje pro obsluhu a technický personál
- Podklady pro vytvoření návodu pro obsluhu a používání strojního zařízení
- Základ pro vytvoření technologického postupu pro údržbu a seřizování stroje
- Vytvoření popisu, příslušných schémat a vysvětlivek potřebných k pochopení funkce stroje

Pozn.: Potřebný "náhradní" návod pro používání strojního zařízení bude (podle NV č. 378/2001 Sb.) zpracován formou místního provozního bezpečnostního předpisu (dále jen MPBP). Ten bude obsahovat i pokyny k provádění kontrol a stanoví jejich rozsah.

Na provádění údržby a seřizování stroje může být vypracován samostatný dokument.

Na základě porady s vedoucím DP a ředitelem firmy Winston Production, s.r.o. bylo rozhodnuto, že vymezené úkoly ve prospěch Zs 151 nad rámec zadání DP budou splněny takto:


1.) Detailní fotodokumentace stroje Zs 151

2.) Na základě analýzy konstrukce a funkce:

- základní charakteristika stroje,
- vymezení předpokládaného použití,
- vytvoření seznamu základních technických specifikací,
- určení hlavních částí stroje a jejich popis,
- vytvoření popisných schémat konstrukčních uzlů:
 - lože,
 - vodící pravítka,
 - sestava suportu,
 - mechanismus přísuvu nástroje do záběru (integrováný na suport),
 - sestava vřeteníku (převodovky),
 - luneta obrobku,
 - koník,
 - narážkový mechanismu rozpínání nožové hlavy,
 - hydraulický okruh,
 - okruh řezné kapaliny,
 - ovládací prvky stroje,
- popis hydraulického okruhu,
- popis okruhu řezné kapaliny,
- popis ručních ovládacích prvků stroje,
- popis drážkovací soupravy,
- vytvoření seznamu příslušenství.

3.) Doplnující podklady pro MPBP

- návrh rozsahu MPBP,
- kontrola přesnosti ustavení stroje,
- elektrická výbava,
- funkční schéma hydraulického okruhu,
- pracovní technologický postup pro používání,
- návrh rozsahu pravidelných kontrol dle MPBP


	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 39
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Pozn.: Fotodokumentace drážkovačky Zs 151 je umístěna v přílohách práce.

Vytvořený text poskytne část nezbytných informací pro analýzu rizik ve smyslu jednoho z okruhů vstupních podkladů analýzy a sice: výkresová dokumentace nebo ostatní prostředky popisující charakter strojního zařízení [25]. Také může posloužit pro předběžnou vstupní analýzu například při generální opravě nebo retrofitingu stroje externí firmou a podobně. To znamená ke stanovení základních projekčních cílů a technických úprav strojního zařízení, kterých má být dosaženo. Na základě provedené analýzy se bude pracovat na chybějící dokumentaci a bezpečnosti stroje tak, aby byly splněny náležitosti pro vyhovění legislativním nárokům, především pak NV č. 378/2001 Sb., a to v etapách uvedených výše.

Pro vytvoření popisu stroje bylo nutné nejprve provést technickou prohlídku zařízení. Záznamový výstupní formulář z technické prohlídky je uveden v *příloze 2*.

Dále bylo nutné se seznámit s konstrukcí stroje a analyzovat ji. Na základě vyhledané a nastudované konstrukce různých obdobných funkčních celků u jiných strojů poté vytvořit řadu schémat. Pro správné vymezení pojmů nejrůznějších částí stroje bylo nutné vyhledat a volit vhodnou terminologii. Důležité vstupní informace poskytla vytvořená detailní fotodokumentace stroje. Ta bude dále intenzivně využívána i při tvorbě 3D modelu stroje. V neposlední řadě bylo nutné se i rámcově seznámit s procesem tvorby technické dokumentace a s reverzním inženýrstvím obecně.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 40
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3 POPIS KONSTRUKCE A FUNKCE DRÁŽKOVÁČKY ZS 151

3.1 Základní charakteristika Zs 151

Drážkovačka Zs 151 je zvláštním typem stroje pro výrobu drážkovaného vývrtu, tzn. soustavy polí a drážek na vnitřním povrchu hlavně (viz kap. 1.4). Konstrukcí je nejvíce podobný vodorovnému soustruhu s dlouhým vyložení nebo vodorovné protahovače. Z pohledu technologického principu výroby jej lze zařadit do kategorie výrobních strojů pro třískové obrábění materiálu, s geometricky definovaným břitem a kombinovaným hlavním řezným pohybem (řezný pohyb je kombinací přímočarého posuvného a rotačního pohybu drážkovací sady). Z hlediska stupně automatizace a řízení spadá do skupiny konvenčních jednoúčelových obráběcích strojů (bez číslicového řízení). S ohledem na druh třískové operace se jedná o stroj jednoúčelové.

Drážkovačka je schopná obrábět drážkování s konstantním stoupáním, nebo drážkování s progresivním stoupáním. Pro změnu stoupání z konstantního na progresivní (a naopak) je nutné vyměnit vodící pravítko. Velikost stoupání se nastavuje natáčením vodícího pravítka.

Svojí velikostí a koncepcí je Zs 151 zaměřena na obrábění hlavní větších ráží malorážových zbraní, konkrétně od ráže 12,5mm (velkorážové kulometry, letecké kulometry, lafetované kulometry na pozemní technice apod.) až po malorážové kanóny do ráže 50mm (letecké kanóny, kanóny pozemní techniky, granátometry apod.). Také je využíván na obrábění balistických hlavní pro testování munice, které se vyznačují velkou tloušťkou stěn. Stroj je určen pro obrábění běžných materiálů používaných na výrobu hlavní, tedy hlavnových ocelí a hliníkových slitin. Jelikož je Zs 151 schopna obrábět hlavně děl až do ráže 50mm, které jsou charakteristické také větší délkou, jeho celková délka dosahuje téměř deset metrů. Lze tedy konstatovat, že je středně náročná z hlediska zástavbového prostoru.

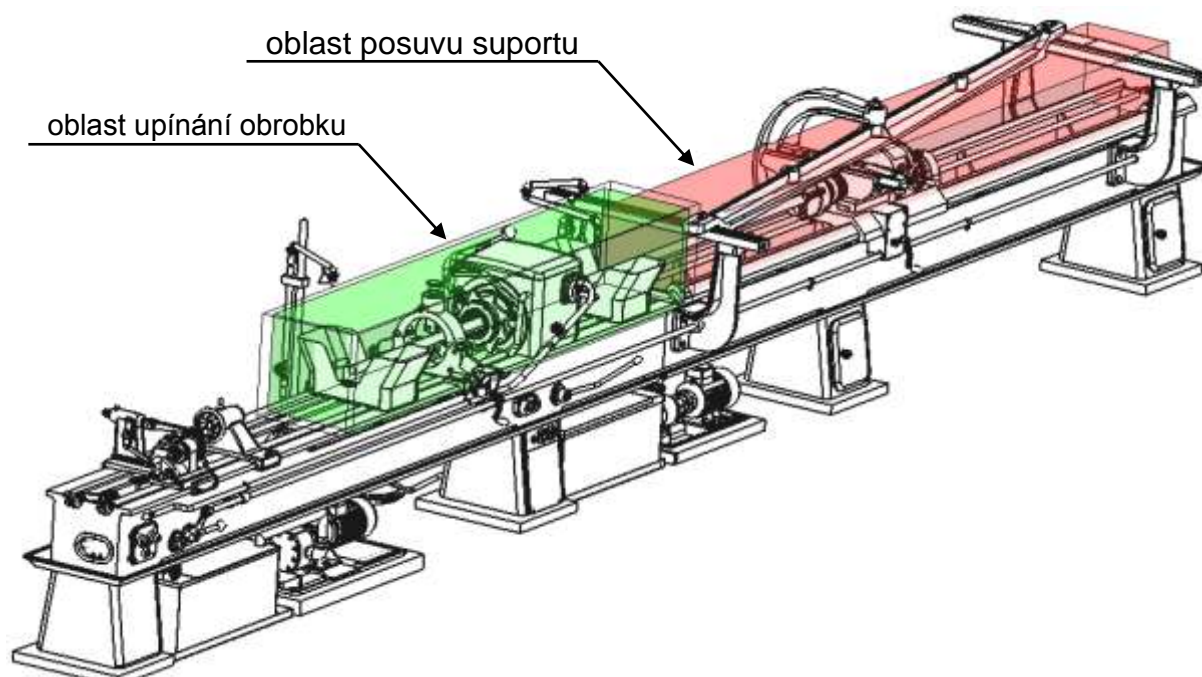
K třískovému odebírání materiálu jsou využívány drážkovací sady. Ty se skládají z nožové hlavy (držáku), ve které jsou zasazeny radiálně přesuvné nože. Uvnitř nožové hlavy je umístěna rozpěrná jehla s kuželovou plochou, na kterou nože dosedají. Axiálním posuvem jehly dojde k rozpírání a radiálnímu posuvu nožů, čímž je (dle smyslu posuvu jehly) přidán nebo snížen úběr drážkovací sady. Nožová hlava je ukotvena k duté vodící tyči drážkovací sady. Vodící tyč je opatřena kluznými pouzdry, které vedou nožovou hlavu uvnitř vodící části vývrtu hlavně. Dutinou vodící tyče prochází přísuvovalá tyč. Na stroji je možné využít i drážkovací soupravy jiných konstrukcí, uvedených v kap. 1.5.5. V původním stavu byl stroj schopen výroby i v režimu automatických cyklů. Do dnešních dnů se ovšem nezachovalo kompletní zařízení pro automatické rozpínání drážkovací soupravy, proto je tato činnost nyní vykonávána ručně obsluhou stroje. Pohyby částí stroje, které nejsou ovládány ručně, jsou řízeny pomocí mechanických vazeb. Ty jsou realizovány převážně pomocí táhel, narážek a vaček.

Stroj je určen pro obsluhu jednou osobou. Vkládání, upínání a ustavování obrobku je prováděno pracovníkem manuálně. Pro upnutí a ustavení obrobku je stroj vybaven podpěrnou lunetou a koníkem. Při změně obráběné ráže (se kterou zpravidla souvisí i změna počtu drážek) je nutné vyměnit drážkovací soupravu pro danou ráži a některé další komponenty související s úhlovým dělením rotace obrobku, což je prováděno obsluhou.



Hlavní pohyby stroje (posuv suportu a rotace obrobku) jsou vyvozovány pomocí dvojitých lineárních hydromotorů uložených v loži stroje a převodovce rotace obrobku. Kromě hydraulického okruhu je stroj vybaven okruhem řezné kapaliny. Proudění provozních kapalin okruhů je zajištěno zubovými hydrogenerátory, které jsou naháněné pomocí asynchronních elektromotorů. Pohyblivé části stroje jsou mazány ručně, stroj není vybaven okruhem centrálního mazání.

Pracovní prostor stroje můžeme rozdělit na dvě základní části – oblast upínání obrobku a oblast podélného pohybu suportu po vedení lože (obr. 3.1), který prostřednictvím vodící tyče vyvozuje pohyb nožové hlavy.

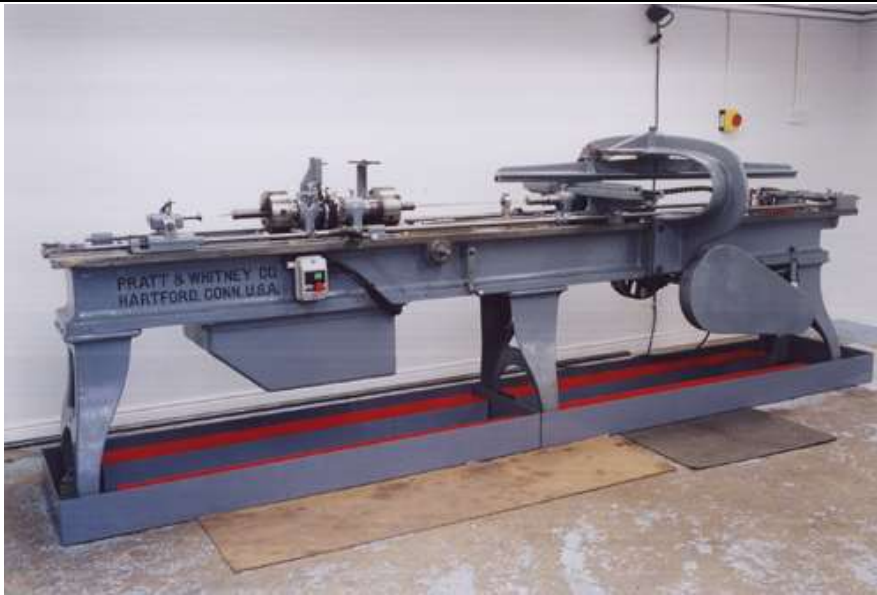


Obr. 3.1 Zobrazení pracovních oblastí Zs 151

Svým zaměřením a konstrukcí je drážkovačka Zs 151 unikátní. Stroj je navíc nestandardně poháněn hydraulicky. Tento typ strojů a technologie drážkování se příliš nerozšířil, protože byly během druhé světové války vymyšleny produktivnější a ekonomičtější metody výroby drážkovaných vývrtů hlavní. Nicméně dodnes je tato metoda výroby drážek považována za jednu z nejlepších s ohledem na dosahovanou kvalitu vývrtu a je značně populární například v USA.

Na obr. 3.2 je jako příklad uveden obráběcí stroj obdobné konstrukce. Americká firma Prett & Whitney vyráběla v polovině 20. století tzv. "Sine Bar" řadu drážkovacích strojů, z nichž se některé dochovaly dodnes a po generálních opravách jsou stále provozovány. Hlavní pohyby ale nebyly vyvozovány hydraulicky, nýbrž pomocí elektromotorů a dvouchodého trapézového šroubu (s využitím transmisních převodů). Stroje byly navíc určené pro obrábění pouze malorážových hlavních. Tomu odpovídala i subtilnější konstrukce a celkově menší rozměry.

V americké firmě Border Borells je provozován drážkovací stroj typu "1/2B30", který je poháněn hydraulicky obdobně jako Zs 151, ale na vyvozování rotace nástroje a nastavování stoupání nepoužívá vodícího pravítka. Využívá trapézových šroubů a je značně odlišné konstrukce. Stroj je od stejného výrobce Prett & Whitney a byl vyroben v roce 1939.



Obr. 3.2 Pratt & Whitney Sine Bar drážkovací stroj [26]

3.2 Vymezení předpokládaného použití Zs 151

Předpoklady pro použití Zs 151 byly uvažovány v oblastech dle normy ČSN EN ISO 12100:2010 [27]. Údaje zvýrazněné kurzívou vycházejí z odhadu a byly konzultovány s provozovatelem strojního zařízení. Ostatní vymezené hodnoty vycházejí z provedených měření nebo technických specifikací stroje.

➤ Vymezení používání:

- stroj je určen pro výrobu drážkování vodící části vývrtu hlavně,
- stroj je provozován pouze v režimu ruční obsluhy,
- u obsluhy se počítá pouze s osobami normálními (bez postižení a vysokého stáří),
- stroj může obsluhovat a seřizovat pouze řádně zaškolená osoba, detailně seznámená s návodem pro obsluhu, údržbu a seřizování a s nebezpečími spojenými se strojním zařízením,
- seřizování a údržba stroje se smí provádět pouze při vypnutém stroji a dle návodu na seřizování a údržbu,
- u stroje je předpoklad výskytu pouze takových třetích osob (kromě pracovníků obsluhy a seřizování), které mají dobré povědomí o specifických nebezpečích, např. obsluhující sousední strojní zařízení,
- čištění drážkovací sady se provádí pouze při vypnutém posuvu a pomocí nástrojů k tomu určených,
- při jakémkoliv zjištění poruchy nebo poškození stroje nebo jeho části obsluha neprodleně uvede zařízení do vypnutého stavu a informuje o dané skutečnosti vedoucí pracovníky,
- při hrozící kolizi nebo ohrožení bezpečnosti obsluha stroje neprodleně vypne posuv suportu ručním přestavením rozváděče blokace posuvu pomocí hlavní nebo vedlejší pákou (dojde k odtlakování soustavy a odklonu toku hydraulické kapaliny do nádrže, hydrogenerátor tou dobou tedy pracuje v odlehčeném stavu).



➤ **Vymezení prostoru:**

- rozsah pohybu suportu je 3600 mm,
- rozsah posuvu lunety je 1800 mm,
- *prostorové požadavky na instalaci stroje jsou 1,5 x 10 x 1,5 m,*
- obsluha stroje se primárně zdržuje v oblasti přední části stroje,
- *prostorové požadavky pro obsluhu, seřizování a údržbu stroje jsou min. 1,5 m okolo stroje,*
- *pro manipulaci s příslušenstvím stroje a s obrobky je vyžadován volný prostor nad strojem.*

➤ **Vymezení doby:**

- vizuální kontrolu technického stavu stroje musí provádět pracovník obsluhy při každém uvádění zařízení do chodu,
- rozsah a četnost detailních kontrol technického stavu zařízení je stanoven MPBP (nejméně však jednou za 12 měsíců).

➤ **Ostatní vymezení:**

- *stroj je určen pro třískové obrábění vodící části vývrtu hlavně z běžných hlavních materiálů (hlavně oceli třídy 11 až 16; slitiny hliníku),*
- stroj je určen pro provoz ve vnitřních suchých prostorech s nízkou prašností,
- stroj je napájen třífázovým střídavým napětím 230/400 V,
- potřebný příkon je 4,5 kVA,
- *stroj je určen k provozu při běžných teplotách v rozmezí 15°C až 30°C*
- *obsluha stroje je povinná udržovat na pracovišti pořádek a čistotu.*

3.3 Technická data Zs 151

Potřebné technické údaje ke stroji Zs 151 jsou uvedeny v tab. 3.3. Zmíněné rozměry vycházejí z provedených měření, takže se jejich absolutní skutečné hodnoty mohou mírně lišit. Hmotnosti s často manipulovanými částmi stroje byly odhadnuty na základě vytvořeného modelu. Skutečné hodnoty hmotností se rovněž mohou mírně lišit.

Pro případnou realizaci generální opravy nebo retrofitingu by bylo nutné soubor technických parametrů postupně doplnit. A to především o připojovací rozměry, půdorysné plochy, rozměry související s manipulací s jednotlivými částmi stroje, hmotnosti dílčích částí zařízení, apod. Pro samotné provozování stroje ale tyto parametry nejsou zásadní, proto je možné vytvořený soupis technických dat považovat (s ohledem na obsluhu, seřizování a údržbu) za postačující.


Pozn.: Původní hydrogenerátor hydraulického okruhu byl při generální opravě stroje Zs 151 vyměněn za nový, u kterého byly dohledány základní informace. Hydrogenerátor okruhu řezné kapaliny je ještě původní (zřejmě vlastní výroby Zbrojovky) a nejsou k němu dostupné informace.

Rovněž byly postupně nahrazeny původní hnací elektromotory hydrogenerátorů za modernější.



Tab. 3.3 Hlavní technické specifikace Zs 151

Hlavní technická data Zs 151

Winston Production, s.r.o.		
	Typ stroje:	kovoobráběcí
	Označení:	Drážkovačka DR 50/3300 (Zs 151)
	Výrobní číslo:	10655
	Rok výroby:	1942
Rozměry:		
délka stroje	9883	mm
výška stroje	1497	mm
šířka stroje	1422	mm
celková půdorysná plocha	1,5 x 10	m
rozsah posuvu suportu	3600	mm
oběžný \varnothing lunety	125	mm
vnitřní \varnothing univerzální upínací hlavy (upínání drážkovací sady)	55	mm
vnitřní \varnothing univerzální upínací hlavy (upínání obrobku)	125	mm
max. délka obrobku	3300	mm
max. \varnothing obrobku	124	mm
max. \varnothing obráběné ráže	50	mm
min. \varnothing obráběné ráže	12,5	mm
Hmotnost:		
vodící pravítko	180	kg
luneta obrobku	70	kg
koník	50	kg
pojistná matice – vřeteno	2,5	kg
rohatka dělicího mechanismu	9,5	kg
rohatka vnitřního mechanismu převodovky rotace vřetena	7,5	kg
pojistná matice – rohatka dělicího mechanismu	6	kg
Stoupání drážkování (pravé / levé):		
min. stoupání	0	st
max. stoupání	380/360	mm/st



Tab. 3.3 - pokračování

Elektrizace:		
připojovací napětí	400	V
celkový příkon	4,5	kVA
transformátor JNC	zdánlivý výkon	100 VA
	vstupní (prim.)	400 V
	výstupní (sek.)	24 V
elektromotor Siemens (okruh řezné kapaliny)	50 Hz	230/400 V Δ/Y
	0,55 kW	1,6/2,8 A
	$\cos \varphi$ 0,74	910 ot/min
elektromotor motor MEZ (hydraulický okruh)	50 Hz	230/400 V Δ/Y
	1,5 kW	3,6/6,2 A
	$\cos \varphi$ 0,82	1400 ot/min
hydrogenerátor ORSTA TGL 10859 (hydraulický okruh)	výstupní hřídel	103 mm
	pracovní tlak	16 MPa

3.4 Hlavní části Zs 151


Vymezení základních částí stroje, jejich pojmenování a definice vychází z názvosloví a základních pojmů v konstrukci obráběcích strojů dle publikace J. Marka a kol. [28]. Některé prvky Zs 151 je možné (s ohledem na plněnou funkci) označit i jinými termíny, než které jsou zde použity. Terminologie částí strojů v konstrukci obecně není vždy zcela jednoznačná. Proto je na vlastním kritickém přehodnocení čtenáře, zda se s některými zvolenými pojmy ztotožní. Názvosloví prvků okruhů provozních kapalin bylo čerpáno z publikace J. Vaňury [29].

Seznam hlavních částí Zs 151 je uveden v tab. 3.4. V následujících kapitolách je dále popsána jejich konstrukce a funkce v rámci stroje. Dispoziční výkres celého strojního zařízení je pak uveden v příloze 5.

Pozn.: Umístění jednotlivých částí v rámci konstrukčních uzlů stroje je vyobrazen na příslušných dispozičních schématech.

Většina nefunkčních ploch odlitků částí strojního zařízení je opatřeny ochranným nátěrem barvou. Tato skutečnost není u popisu dále zmiňována.

Tab. 3.4 Základní části Zs 151

Seznam hlavních částí Zs 151			
Winston Production, s.r.o.			
	Typ stroje:	kovoobráběcí	
	Označení:	Drážkovačka DR 50/3300 (Zs 151)	
	Výrobní číslo:	10655	
	Rok výroby:	1942	
č.	část stroje:	kapitola:	obr.:
1	lože	3.4.1	3.5; 3.6
2	ustavovací patka	3.4.2	3.5; 3.9
3	sběrná vana	3.4.2	3.5
4	vodící pravítka	3.4.3	3.10; 3.11
5	podpěra vodícího pravítka	3.4.5	3.12
6	„J“ konzola krajního uložení vodícího pravítka	3.4.5	3.12
7	„C“ konzola prostředního uložení vodícího pravítka	3.4.5	3.12
8	suport	3.4.6	3.13
9	saně suportu	3.4.6.1	3.14
10	vřeteník suportu	3.4.6.2	3.13; 3.14
11	univerzální upínací hlava drážkovací sestavy (sklíčidlo)	3.4.6.2	3.14
12	smykadlo	3.4.6.3	3.13; 3.14; 3.16 b
13	mechanismus rozpínání nožové sady	3.4.6.4	3.14; 3.17
14	nožová hlava	3.4.7	3.18
15	vodící tyč nástroje	3.4.7	3.14; 3.19
16	Vřeteník	3.4.8.1	3.20; 3.21
17	univerzální upínací hlava obrobku (sklíčidlo)	3.4.8.2	3.21
18	dělicí mechanismus rotace vřetena	3.4.8.2	3.22
19	převodovka rotace vřetena	3.4.8.3	3.23
20	luneta obrobku	3.4.9	3.24 a
21	koník	3.4.10	3.24 b
22	narážkový mechanismu rozpínání nožové sady	3.4.11	3.25
23	hydraulický okruh	3.5	3.26



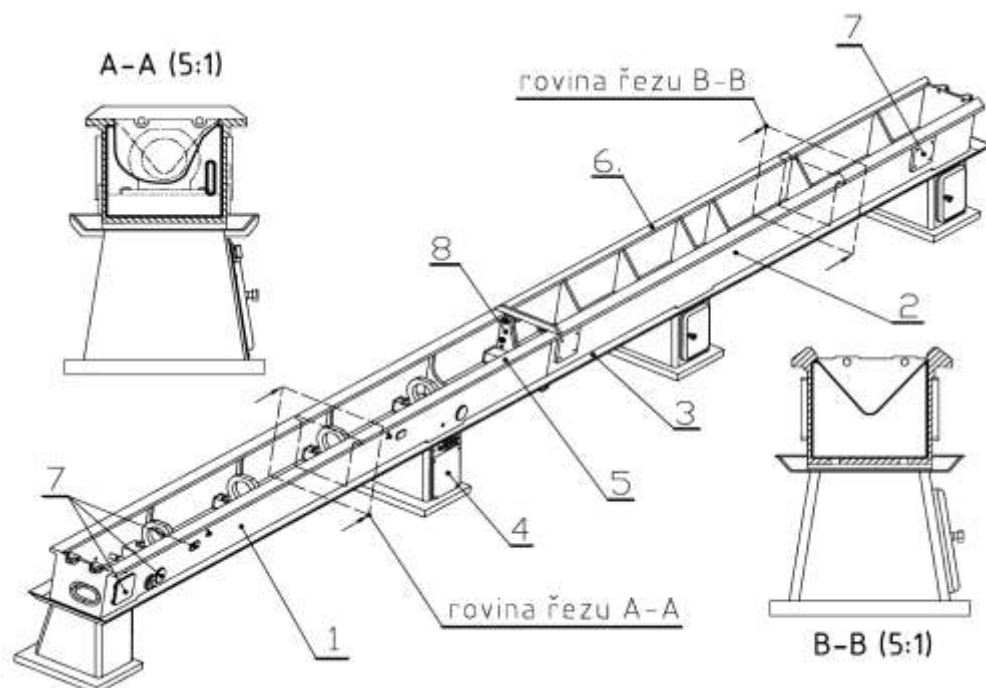
Tab. 3.4 - pokračování

24	hydromotor posuvu suportu	3.5	-
25	hydromotor rotace obrobku	3.4.8.3; 3.5	3.23
26	hydrogenerátor hydraulického okruhu	3.5	-
27	rozdávěcí blok	3.5	3.26
28	okruh řezné kapaliny	3.6	3.27
29	hydrogenerátor okruhu řezné kapaliny	3.6	3.27
30	sběrné nádoby	3.6	3.27
31	osvětlení	3.7	-

3.4.1 Lože

Lože je základní prvek Zs 151, který spojuje jednotlivé části stroje v jeden systémový celek. Jde o nejrozměrnější část stroje skříňovitého tvaru, u které výrazně převládá délka nad výškou (celková délka lože přesahuje 9,5 m). Vzhledem k tehdy dostupným technologiím a materiálům je lože vyhotoveno, i přesto že se jednalo o kusovou výrobu, jako odlitek z šedé litiny.

Z výrobních a manipulačních důvodů je lože vyrobeno, s ohledem ke svojí délce, ze dvou dílů. Jedná se tedy o lože dělené na levou a pravou část (1, 2). Tyto dvě části jsou k sobě spojeny šesti šrouby se šestihrannou hlavou v průchozích dírách umístěných na spojovacích čelech (8). Aby nebyla narušena tuhost, musí být šroubové spoje příslušně předepnuty. Spojované díly lože jsou ve správné vzájemné poloze zajištěny kuželovými kolíky, které jsou umístěny v mezerách mezi šrouby kolmo na dělicí rovinu odlitku.



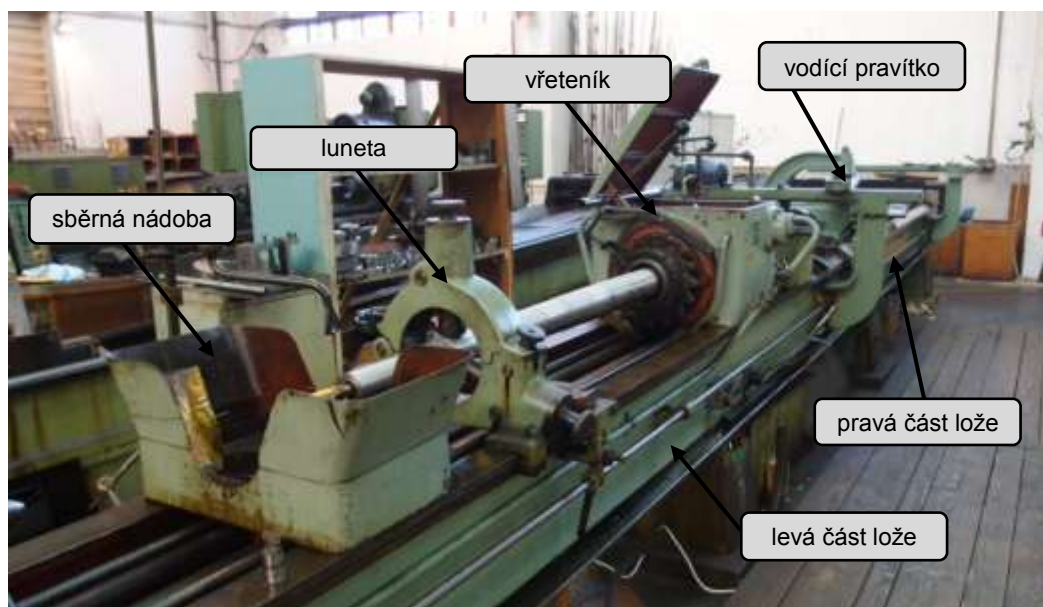
1 - levá část lože; 2 - pravá část lože; 3 - sběrná vana; 4 - ustavovací patka; 5 - ploché vedení;
6 - prizmatické vedení; 7 - přípojovací plochy; 8 - spojovací čelo

Obr. 3.5 Lože Zs 151



Lože obsahuje vodorovné vodící plochy (5, 6.) pro suport, lunetu, koník a další příslušenství. Dále také dosedací plochy (7) pro připojení dalších základních částí stroje (profily pro uložení ramene, vřeteník, polohovací mechanismy a další), které nejsou součástí odlitku lože. Tento přístup ke konstrukci umožňuje snazší montáž a demontáž stroje a přispěl ke snížení nároků na obrábění velkých odlitků lože. V poslední řadě umožnil samostatné obrábění ostatních částí na menších strojích.

Na levé části lože je uložen vřeteník, podpěrná luneta, koník a narážkový mechanismus rozpínání nožové sady. Uvnitř prostoru lože jsou nálitky s dosedacími plochami pro ukotvení lineárního hydromotoru posuvu suportu. Ve vnitřním prostoru krajní části levého lože je také ukotven rozváděcí blok hydraulického okruhu. Pravá část lože je spojena s uložením vodícího pravitka a suportu. Na svém krajním čele obsahuje ukotvení přívodních trubek rezné kapaliny k suportu.



Obr. 3.6 Rozmístění částí stroje spojených s ložem

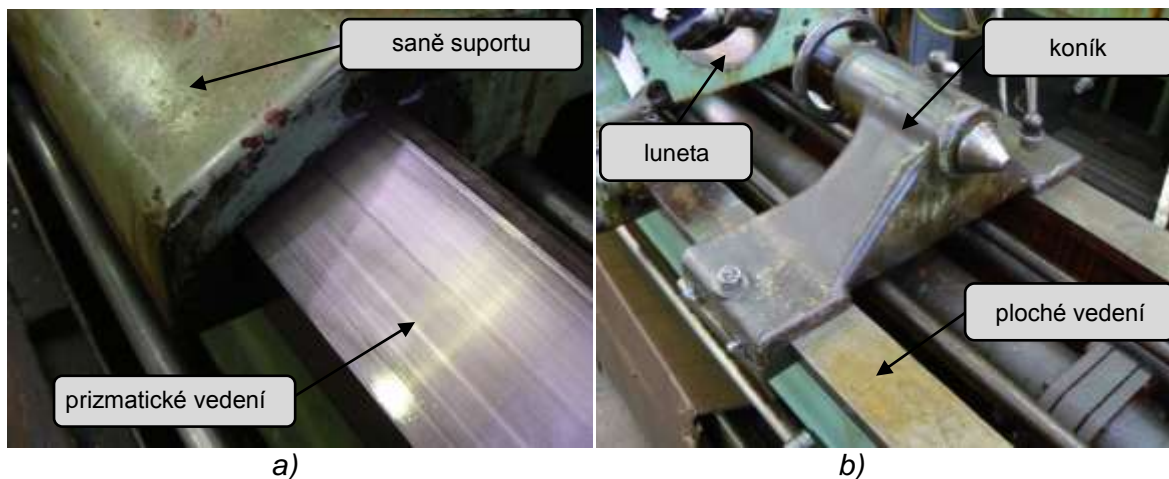
Jelikož statická tuhost (zde především v ohybu) a dynamická stabilita lože výrazně ovlivňuje výslednou výrobní přesnost stroje, jsou uvnitř profilu po celé délce vytvořena pravoúhlá žebra. V levé části lože je tvar žebířů přizpůsoben uložení lineárního hydromotoru (A-A), v pravé části je naopak tvar žebířů upraven pro ukotvení vysouvající se pístnice na suport (B-B), který se pohybuje po vodorovném vedení. Pro snížení celkové hmotnosti rozměrného lože jsou v jeho dně mezi žebry vytvořeny odlehčovací obdélníkové otvory.

Pozn.: Lože je pravděpodobně vyrobeno z litiny ČSN 42 2420 (DIN 1691 GG 20) nebo ČSN 42 2425 (DIN 1691 GG 25) [30]. Ty se běžně užívají ve výrobě odlitků namáhaných částí strojů, odlévané převážně do pískových forem.

Tloušťka bočních obvodových stěn odlitku lože je 14 mm, čelních stěn a žebířů pak 23 mm. Tyto hodnoty jsou vyšší, než by bylo třeba u svařovaného rámu, a to především z důvodu menšího modulu pružnosti litiny v tahu i ve smyku (řádově jen 70-100 GPa) a z technologických důvodů odlévání (nemožnost vytvoření zcela uzavřeného profilu).

**• Vedení na loži**

Vodorovná vedení Zs 151 vytváří přímočarý pohyblivý spojení a slouží k realizaci relativního axiálního pohybu nožové hlavy vůči obrobku hlavně. Dále také k pohyblivému uložení lunety, koníka a nárazkového mechanismu rozpínání nožové sady.



a) prizmatické vedení – levá část;
b) ploché vedení – pravá část;

Obr. 3.7 Detaily vedení na loži Zs 151

Veškerá vedení přesouvajících se částí stroje jsou kluzného (hydrodynamického) provedení. Plynulost pohybu je zde zatížena tzv. slipstickem a to při nízkých rychlostech posuvů. Tento trhavý pohyb je způsoben závislostí součinitele tření na rychlosti pohybu dané součástí po vodících plochách. Naopak výraznou výhodou je celková tuhost vedení a jeho schopnost tlumit vibrace. Delší vodící plochy bývají zpravidla tvrdší než kratší, sdružené plochy. Rozdílné tvrdosti přispívají ke snížení jejich opotřebování.

Pro posuvy suportu, pomocí něhož jsou vyvozovány hlavní řezné pohyby drážkovací sady, je na pravé části lože dvojitě vnější nesymetrické prizmatické vedení (obr. 3.7 a). Jeho základem je nesymetrický trojboký jehlan (A). Poskytuje zvýšenou přesnost přímočarého pohybu suportu, dobré vymezování vůle od radiálního gravitačního zatížení. Díky sklonu vodících ploch dochází i k automatickému vymezování vůle od opotřebení povrchu vedení. Nevýhodou je horší mazání, protože olej po šikmých plochách stéká.

Na levé části lože se naopak nachází dvojitě vnější ploché vedení (obr. 3.7 b), které slouží k uložení koníku, lunety, nárazkového mechanismu a dalších. Jeho základ je tvořen čtyřbokým hranolem s obdélníkovým průřezem (E). Ploché vedení je vhodné pro zachycování větších sil a momentů, musí se ale u něj vymezovat vůle. Zde je to řešeno pomocí vymezovacích lišt (H), přičemž jsou tyto lišty umístěny na nejméně zatěžovaných plochách.

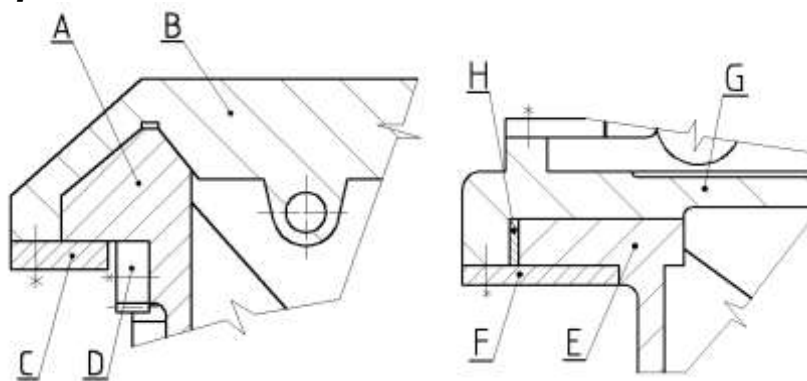
Prizmatické vedení je mazáno pomocí maznic umístěných na suportu stroje, které přes mazací drážky samočinně dávkují mazivo na vodící plochy. U plochého vedení nedochází k tak častému posuvu uložených částí stroje, proto postačuje mazání manuální.

Pozn.: Hydrodynamické vedení se vyznačuje relativně velikými pasivními odpory ($f=0,125$ až $0,30$) [31].



Pozn.: Aby byla zaručena vyšší tvrdost dlouhých vodících ploch lože (oproti krátkým vodícím plochám suportu, lunety, koníka a narážkového mech.) bude pravděpodobně odlitek lože v oblasti vodících ploch povrchově kalený (povrchová tvrdost 48~53 HRC, do hloubky 2 až 3 mm [31]).

Funkční plochy vodorovných vedení jsou po frézování rovině broušeny na drsnost R_a 0,8 μm [30]

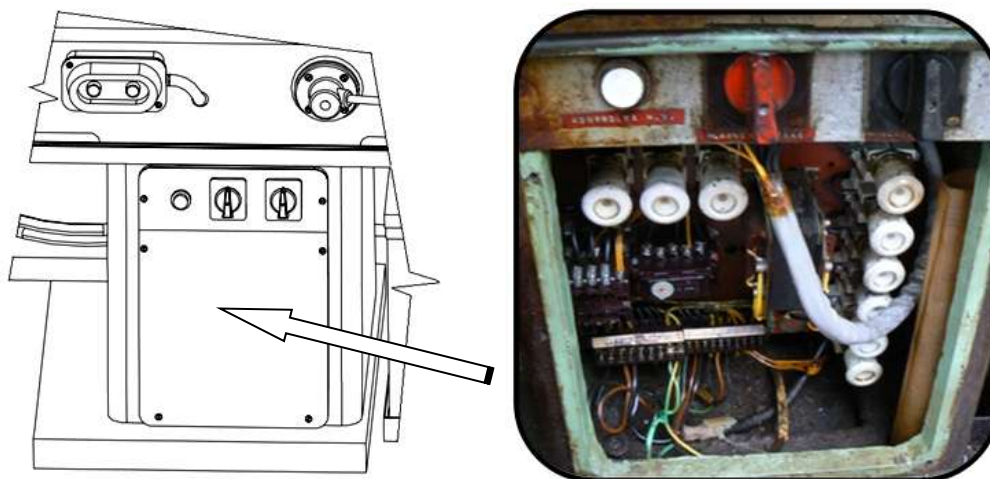


- a) vedení suportu: A- prizmatické nesymetrické vedení na loži stroje; B – tělo suportu; C-spodní vodící lišta; D-ozubený hřeben pro ruční posuv suportu
- b) vedení koníku, lunety, narážkového mechanismu: E-ploché vedení na loži stroje; F-spodní vodící lišta; G- základní deska narážkového mechanismu; H-vyomezovací lišta;

Obr. 3.8 Schématické znázornění vedení na loži Zs 151

3.4.2 Ustavovací patky

Ustavovací patka (obr. 3.9) je skříňovitá součást rámu stroje, která slouží k jeho uložení na podklad a vytvoření tuhého spojení zařízení se základní deskou. Sestava stroje je uložena na čtyřech patkách. Obdobně jako u lože se jedná o odlitky z litiny. Lože je ke každé z patek ukotveno pomocí čtyř závrtných šroubů, jejichž hlavy jsou přístupné zevnitř skříní patek. Patky stroje jsou usazeny v betonových nálitkách na podlaze haly. Betonová podlaha je postačující, pokud je dostatečně silná a nachází se na pevném podkladu. Volné ustavení stroje na základní desce haly umožňuje dostatečně tuhý a samonosný rám stroje.



Obr. 3.9 Detail ustavovací patky s elektrickým vybavením Zs 151



Jelikož jsou veškeré pohyblivé části stroje mazány ručně (nejedná se o uzavřený okruh), olej po stroji stéká. Mohl by narušovat betonový základ a znečišťovat pracoviště. Proto je mezi lože stroje a patky vložena dělená sběrná vana (obr. 3.5 - 3), ve které se olej a případné další nečistoty zachycují. Dvě poloviny sběrné vany jsou k sobě přichyceny pomocí šroubů.

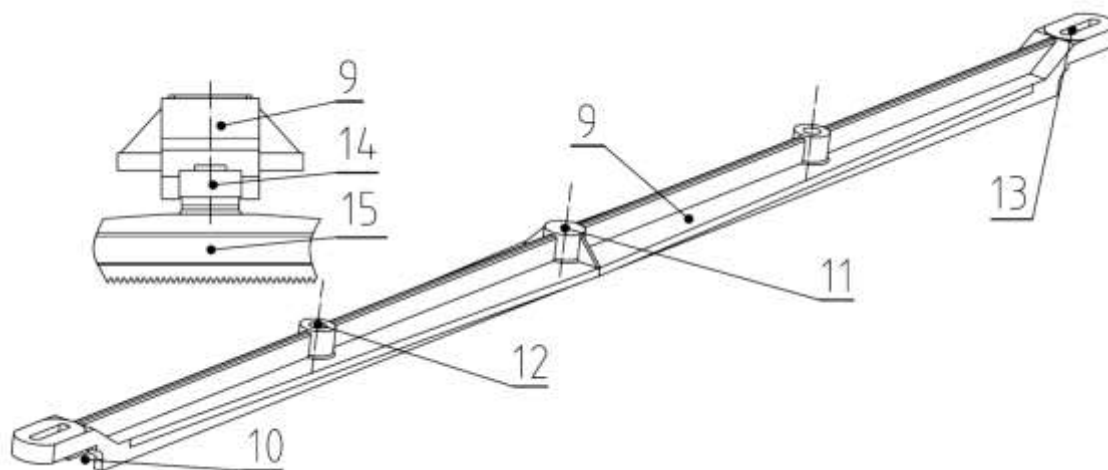
Obě nastavovací patky, ke kterým je ukotvena pravá část lože, jsou opatřeny dvířky. Po jejich otevření se zpřístupní vnitřní úložný prostor patek.

Ve stěnách krajní nastavovací patky levé části lože jsou (ze dvou stran) vytvořeny obdélníkové otvory, kterými je možné se dostat k trubkám hydraulického okruhu. Ty patkou procházejí od hydrogenerátoru a nádrže hydraulické kapaliny k rozváděcímu bloku hydraulického okruhu.

Jednou z prostředních patek (obr. 3.9) prochází ochranné trubky elektrických přívodů stroje a v jejím vnitřním prostoru je umístěn blok elektrického vybavení, který je přístupný po odšroubování čelního krytu. Obsahuje hlavní vypínač centrálního přívodu elektrické energie, vypínač elektromotoru hydrogenerátoru hydraulického okruhu, transformátor, stykače, pojistky a další.

3.4.3 Vodící pravítko

Vodící pravítko (9) je část stroje, kterou lze měnit stoupání šroubovice drážkování vodící části vývrtu. S úhlem, který svírá podélná osa vodícího pravítka s podélnou osou stroje, přímo souvisí otáčky nožové hlavy v závislosti na její uražené dráze. Větším vyosením pravítka (osa pravítka bude svírat větší úhel s podélnou osou stroje) dosáhneme nižšího stoupání drážkování a naopak. Stoupání drážkování je totiž funkcí velikosti dráhy, kterou drážkovací hlava urazí za jednu otáčku kolem své podélné osy. Smysl vychýlení pravítka doleva / doprava od podélné osy stroje určuje, zda půjde o pravotočivé nebo levotočivé drážkování.



9 - vodící pravítko; 10 - unášecí drážka; 11 - otvor pro kotevní čep; 12 - manipulační otvory;
13 - drážky pro kotevní šrouby; 14 - unášecí kámen; 15 - smykadlo

Obr. 3.10 Vodící pravítko

Ve vodícím pravítku je na jeho spodní straně vytvořena obdélníková vodící drážka (10), v níž se pohybuje unášecí kámen tvaru kvádrů (14). Ten je pevně spojený se smykadlem (16) na suportu. Axiální posuv suportu je prostřednictvím kamene, vedeného v drážce, převeden na radiální posuv smykadla kolmo na podélnou osu stroje. Toto smykadlo je ve spodní části opatřeno dvěma jemným



ozubeným hřebenem, který zabírá do pastorku spojeného přes převod s vřetenem drážkovací soupravy. Ve vřetení je upnuta vodící tyč nožové hlavy. V konečném důsledku je tedy posuv smykadla (kolmý na směr posuvu suportu) převeden na rotaci drážkovací soupravy. Drážka vodícího pravítka a unášecí kámen jsou mazány ručně.

Vodící pravítko je uloženo na krajních podpěrách, ke kterým je ukotveno pomocí dvou kotevních šroubů a matic skrz drážky (13). Uprostřed je vodící pravítko podepřeno pomocí čepu, který prochází otvorem ve válcové části (11). Pro hlavu čepu je ve vodící drážce pravítka vytvořené zahloubení.

Pro výrobu progresivního stoupání drážek (kap. 1.4.2) je nutné vyměnit rovné pravítko za druhé, jehož trajektorie vodící drážky je tvořena částí paraboly, nikoliv přímkou. Z tohoto důvodu jsou ramena opatřena manipulačními otvory (12) do nichž lze ukotvit manipulační prvky. Tyto otvory jsou zakryty pomocí víček, aby nedocházelo k jejich znečištění nebo poškozování.

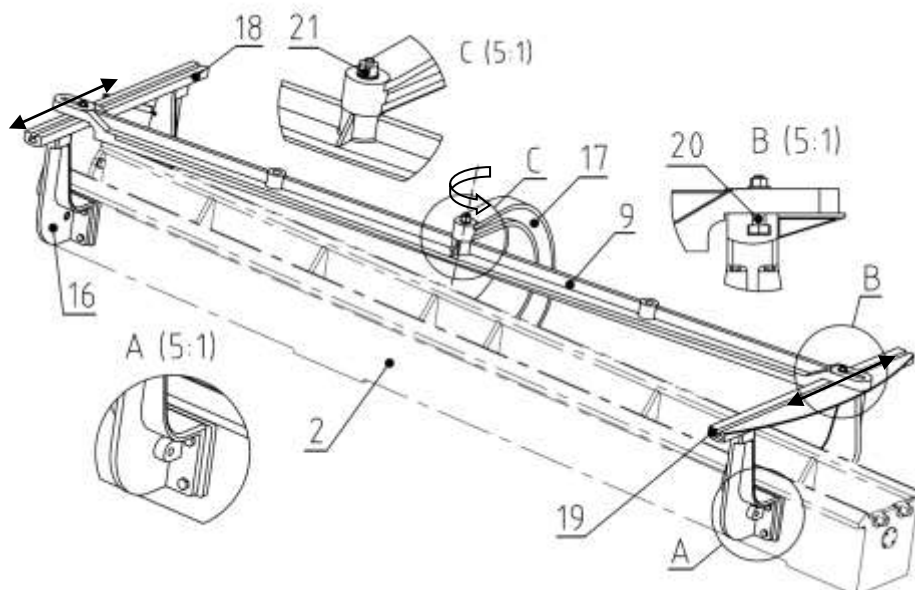


Obr. 3.11 Výměnná vodící pravítka pro výrobu progresivního drážkování

Pozn.: Plochy vodící drážky jsou opracovány na nižší drsnost povrchu (R_a 1,6 μm [31]) než ostatní připojovací funkční plochy pravítka. Ty mají drsnost povrchu dosaženou po základním obrábění 6,3 μm .

3.4.4 Uložení vodícího pravítka

Vodící pravítko (9) je na svých koncích uloženo na dvou podpěrách (18,19). K podpěrám je ukotveno pomocí dvou šroubů a matic (20). Čtyřhranné hlavy šroubů jsou uloženy v „T“ drážkách podpěr (detail B). Zadní podpěra (19) vodícího pravítka je opatřena oboustrannou úhlovou stupnicí nastavování stoupání drážkování (vyosením pravítka). Každá podpěra je uložena na dvou nosných „J“ konzolách (16), které jsou k loži stroje (2) ukotveny pomocí zavrtaných šroubů se šestihlannou hlavou (detail A). Uprostřed je vodící pravítko podepřeno rotačním ukotvením k nosné „C“ konzole (17) čepem s válcovou hlavou (21). Pokud tedy budeme vychylovat pravítko, osa jeho rotace bude kolineární s osou tohoto ukotvení. Při potřebě změny stoupání drážkování povolíme matice kotevních šroubů a lehce matici prostředního čepu. Pravítko přestavíme dle úhlové stupnice na žádanou hodnotu stoupání drážkování a matice opět dotáhneme.



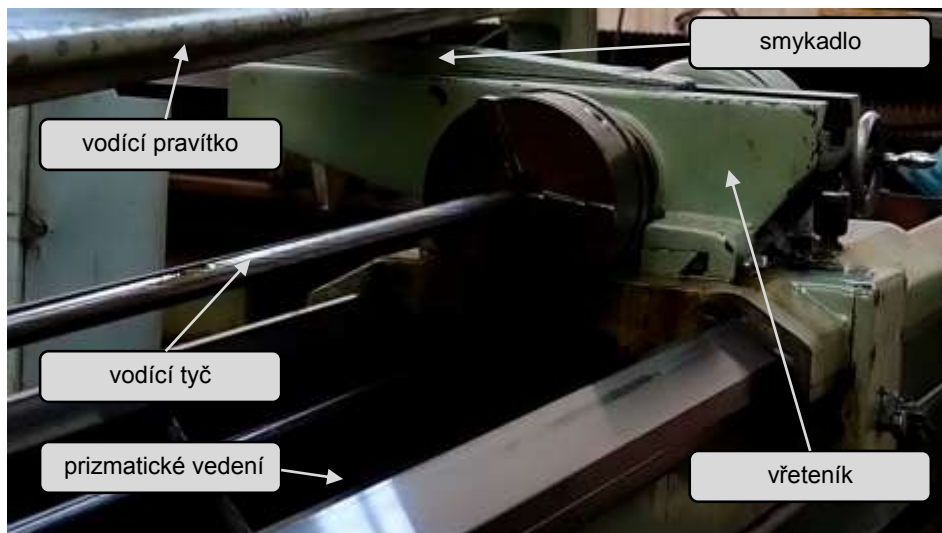
2 - lože; 9 - vodící pravítka; 16 - nosná „J“ konzola; 17 - nosná „C“ konzola; 18 - levá podpěra;
19 - pravá podpěra s úhlovou stupnicí; 20 - kotevní šroub; 21 - středový čep;
A - detail ukotvení konzol k loži; B - detail „T“ drážky podpěr; C - detail prostředního uložení vodícího pravítka

Obr. 3.12 Uložení vodícího pravítka

Pozn.: Funkční a připojovací plochy těchto dílců mají drsnost povrchu dosaženou základním obráběním $R_a 6,3 \mu\text{m}$.

3.4.5 Sestava suportu

Suport (obr. 3.13) jako celek je sestaven z několika hlavních částí a mechanismů stroje. Jeho úlohou v procesu výroby je nastavit drážkovací soupravu do žádané polohy vůči obrobku a zajistit její pohyb v definovaných směrech a smyslech. Suport se pohybuje po vodorovném vedení na pravé části lože a jeho dopředný a zpětný pohyb je vyvozován dvojčinným přímočarým hydromotorem uloženým v levé části lože. Kromě nastavování polohy a vyvozování pohybu drážkovací soupravy obsahuje suport mechanismus pro nastavování úběru materiálu a systém přívodu řezné kapaliny k nožové hlavě nástroje.



Obr. 3.13 Sestava suportu Zs 151



3.4.5.1 Saně suportu

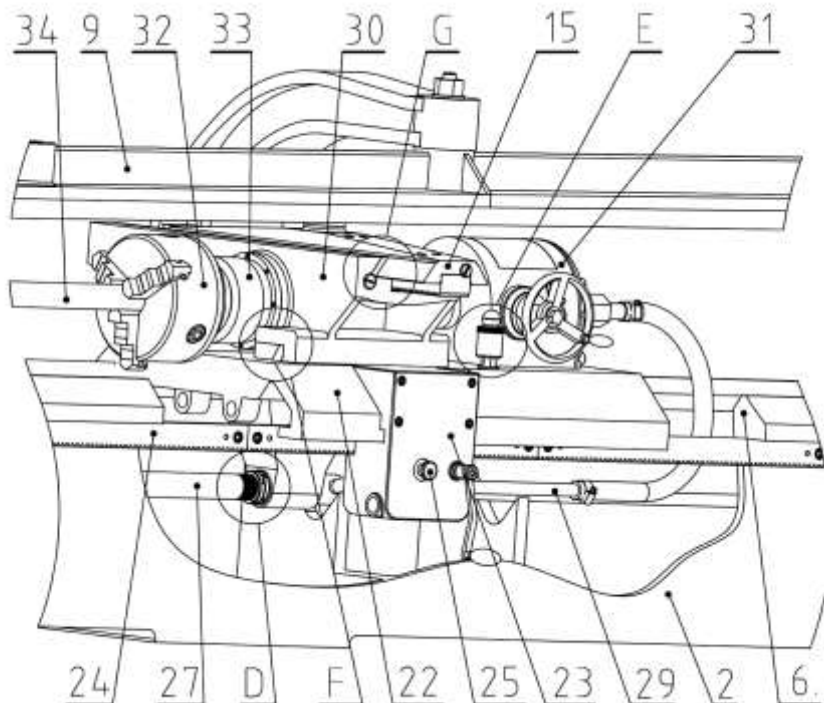
Saně (22) jsou základní a nosnou částí suportu, která spojuje ostatní díly v jeden celek. Pohybují se po hydrodynamickém vedení pravé části lože (2) popsané v kap. 3.4.1. Krajiní polohy posuvu suportu jsou vymezeny pomocí dvou pevných dorazů ukotvených k prizmatickému vedení dvěma šrouby.

Z pravé strany je na saních umístěn boční blok (23), v němž je uložen mechanismus ručního posuvu suportu. Základem mechanismu je ozubený pastorek s evolventními přímými zuby. Tento pastorek je spojen s klikou ručního posuvu a zabírá do ozubených hřebenů (24) s rovnobokými přímými zuby. Hřebeny jsou zavrtány šrouby ukotveny k loži stroje. Součástí bloku posuvu je i mechanismus aretace polohy suportu (25), který se nachází nalevo od kliky ručního posuvu.

Pozn.: Ruční posuv suportu se využívá při kontrole souososti upnutí obrobku a drážkovací sady, při nastavování poloh narážek reverzačního táhla a k případnému přesunutí suportu při manipulaci s částmi stroje.

Pro strojní posuv suportu je žádoucí kliku ručního posuvu z hřídele pastorku odebrat.

Ve spodní části bloku je průchozí otvor pro ovládací táhlo reverzování posuvu suportu. Na táhlu jsou umístěny dvě narážky. Při dojetí do nastavených krajiních poloh suport (přes narážky) přesune táhlo reverzace. Táhlo dále (přes soustavu pák) přestavuje rozváděč hydraulické kapaliny přímočarého hydromotoru a tím mění smysl posuvu suportu. Krajiní polohy reverzace chodu se nastavují v závislosti na délce obrobku. Pro změnu těchto poloh je nutné povolit svěrné šrouby na narážkách a přestavit je na táhlu do žádaných poloh.

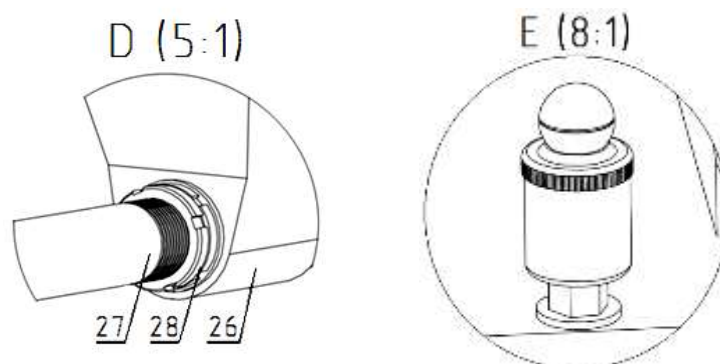


2 - pravá část lože; 6 - prizmatické vedení suportu; 9 - vodící pravítka; 15 - smykadlo;
22 - saně; 23 - blok ručního posuvu; 24 - ozubený hřeben; 25 - aretace polohy suportu;
27 - pístnice hydromotoru; 29 - přívod řezné kapaliny; 30 - skříň vřeteníku; 31 - skříň mechanismu rozpínání nožové hlavy; 32 - sklíčidlo; 33 - úhlová stupnice; 34 - vodící tyč nožové hlavy; D - ukotvení pístnice na suport; E - maznice; F - uložení vřeteníku; G - rybinové vedení smykadla

Obr. 3.14 Sestava suportu



Ve spodní části saní se nachází tažný /tlačný/ blok (26), ke kterému je ukotvena pístnice (27) přímočarého hydromotoru. Ta je opatřena na svém konci závitem, kterým je do bloku zašroubována. Ve správné poloze je zajištěna dvěma pojistnými maticemi se čtyřmi drážkami (28), jež jsou dotaženy protisměrně, aby nedošlo k povolení (detail B). Z druhé strany bloku je ukotven přívod řezné kapaliny (29), jehož teleskopická část při posuvu suportu zasouvá do dutiny pístnice. Dále se na spodní ploše saní nachází kluzné podpěry pro dvě hřídele související s rozpínáním nožové hlavy při automatickém režimu výroby.



Obr. 3.15 Vlevo – detail D ukotvení pístnice na saně; Vpravo – detail E maznice

Na horní ploše saní je uložena skříň vřeteníku (30), ve které je uloženo vřeteno drážkovací soupravy a převodovka rotace vřetena. Za vřeteníkem se nachází skříň mechanismu rozpínání drážkovací hlavy (31). Jsou zde také, nad oběma vedeními saní suportu, samočinné tlakové maznice (detail E). Slouží k mazání prizmatického vedení (6.) suportu plastickým mazivem. Plynule dávkuje mazivo do mazacího místa pomocí vnitřní manžety pod tlačnou pružinou. Horní plocha saní obsahuje i uložení pro skříň vřeteníku v podobě rybinového vedení.

Pozn.: Především funkční plochy vnitřního prizmatického vedení saní a rybinového vedení vřeteníku jsou opracovány na nižší drsnost povrchu R_a 0,8 μm [31].

Saně suportu jsou vyrobeny jako odlitek z litiny.

3.4.5.2 Vřeteník suportu

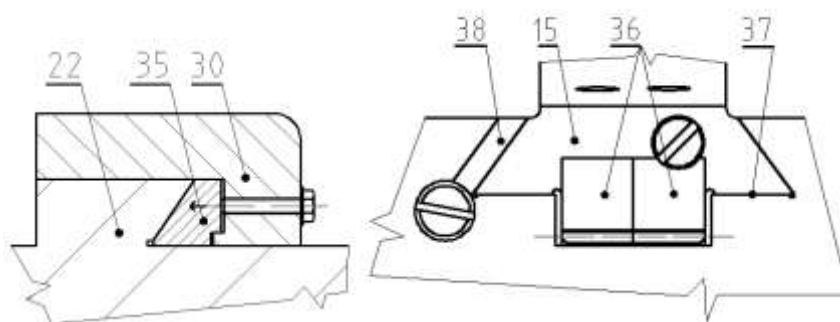
Vřeteník (30) suportu zde není proveden jako typická skříňovitá součást kvádrového charakteru. Jeho celkový tvar je uzpůsoben vnitřnímu uložení převodovky rotace a především radiálně posuvného smykadla (15).

Samotné těleso vřeteníku je uvolněně uloženo na saních suportu (22) pomocí dvojitého rybinového hydrodynamického vedení (obr. 3.16 a). Vůle ve vedení je zde vymezována pomocí lišty bez úkosu (35) a čtyř přitlačných šroubů. Pohyblivé uložení vřeteníku slouží k axiálnímu nastavení jeho polohy při montáži sestavy suportu. Za běžných provozních podmínek je poloha vřeteníku aretována dostatečným utažením přitlačných šroubů. Vymezovací lišta je vložena na pravé straně vedení, a sice mezi segment, jež je součástí odlitku saní (22) a část na vřeteníku (30). Vedení je mazáno ručně pomocí kulových přímých mazacích hlavíc umístěných zvenku po obou stranách skříň vřeteníku.

Ve skříni vřeteníku je uloženo vřeteno drážkovací soupravy s převodovkou jeho rotace. Vřeteno je vybaveno univerzální upínací hlavou (sklíčidlem) s manuálním upínáním a třemi jednodílnými čelistmi (32). Do tohoto sklíčidla se upíná vodící tyč nožové hlavy (34). Skrz vřeteno prochází přísuvová tyč drážkovací



soupravy. Skrz vřeteno a mechanismu rozpínání nožové hlavy je do přísuvové tyče přiváděna řezná kapalina přes kuželový rotační převodník. Mezi sklíčidlo a vřeteník je na vřetení vložena úhlová stupnice (33) ze které je možné odečítat hodnotu jejího natočení od 0 do 360°. Toho se využívá při kontrole nastavení úhlu stoupání šroubovice drážkování. Ručním posuvem suportu ujedeme takovou vzdálenost, aby se vřeteno pootočilo jednou dokola o 360°. Poté odměříme přesnou hodnotu vzdálenosti, kterou suport urazil. Z toho je možné odvodit nastavenou velikost stoupání.



a)

b)

a) F: uložení skříňě vřeteníku: 22 - saně suportu; 30 - vřeteník; 35 - vymešovací lišta,

b) G: uložení smykadla na vřeteníku: 15 - smykadlo; 36 - ozubené hřebeny;

37- dosedací plochy rybinového vedení; 38 - vymešovací lišta

Obr. 3.16 Schematické znázornění vedení

Rotace vřetene drážkovací soupravy je odvozena od dvou ozubených hřebců na spodní straně smykadla (15), které zabírají do pastorku, který je součástí vnitřní převodovky. Pastorek ale není uložen přímo na hřídeli vřetena, nýbrž bokem od osy vřetena posunut ve vodorovném i svislém smyslu. Pastorek dále zabírá do čelního ozubeného kola uloženého na hřídeli vřetena, se kterým tvoří čelní soukolí. Toto ozubené kolo je zde vloženo z důvodu reverzace smyslu otáčení vřetena vzhledem ke smyslu radiálního posuvu smykadla a ke zpřevodování rotace do rychla (aby byl rozsah posuvu smykadla dostatečný vzhledem k velikosti rozsahu posuvu suportu).

Pozn.: Skříň vřeteníku je zhotovena jako odlitek z litiny.

Plochy obou rybinových vedení a dosedací plochy pro ložiska uložení vřetena a hřídele pastorku jsou obrobeny s příslušnou geometrickou přesností a drsností povrchu.

3.4.5.3 Smykadlo

Smykadlo (15) je radiálně posuvná část suportu, která vyvozuje (přes převodovku) rotaci vřetene suportu, ve kterém je upnutá drážkovací souprava. Radiální pohyb smykadla je vytvářen unášením kamene (14) v drážce vyoseného vodícího pravítka (9).

Smykadlo je uloženo na vnitřním rybinovém vedení (obr. 3.16 - b) na horní straně skříňě vřeteníku. Tento typ vedení dobře zachytává kombinované namáhání smykadla ve vodorovném i svislém směru. Od unášeného kamene vznikají klopné momenty, které toto vedení musí přenášet. Další výhodou je nízká konstrukční výška. Nevýhodou je naopak vyšší pasivní odpor oproti jiným typům vedení. Vůle ve vedení je vymezena pomocí vymešovací lišty (38). Na spodní straně smykadla je obdélníková drážka, ve které jsou uloženy dva ozubené hřebce (36) vedle sebe.



Hřebeny mají rovnoboké přímé zuby. Ke smykadlu je každý z nich ukotven pomocí čtyř zavrtaných šroubů. K horní části smykadla je ukotven unášecí kámen.

Pozn.: Plochy vedení jsou pravděpodobně povrchově kaleny na vyšší tvrdost a opracovány na nižší drsnost povrchu.

3.4.5.4 Mechanismus rozpínání nožové hlavy

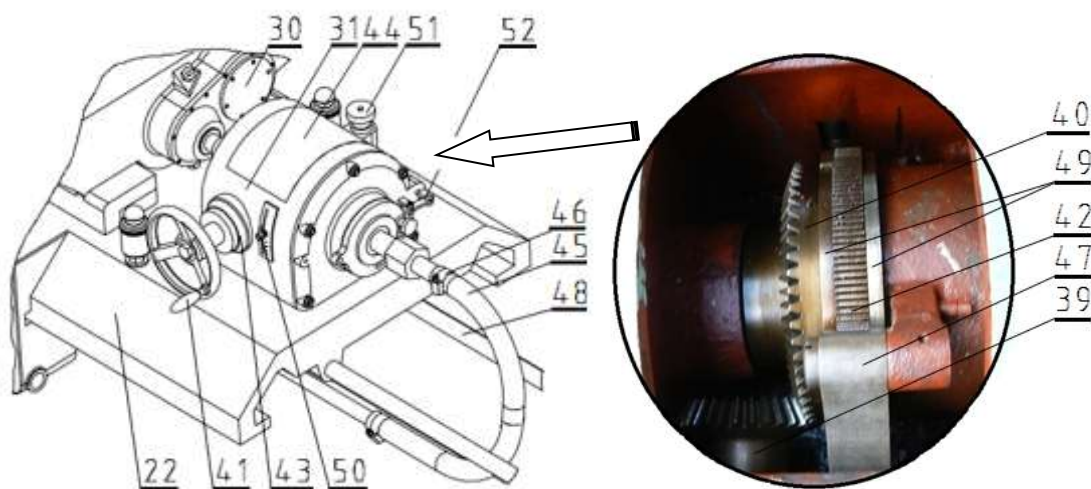
Mechanismus rozpínání nožové hlavy (obr. 3.17) je podsestava celku suportu, která slouží k přestavování úběru nožů drážkovací soupravy. Využívá se při použití drážkovací soupravy konkrétní konstrukce, která k radiálnímu výsuvu nožů využívá posuvu rozpěrné jehly.

Uvnitř skříň mechanismu (31) je zařízení (obr. 3.17 vpravo) umožňující axiálně posouvat přísuvovou tyč, která na svém opačném konci posouvá rozpěrnou jehlu. Skříň je k horní straně suportu ukotvena pomocí šroubů. Přísuvová tyč vede skrz celou dutou vodící tyč až k rozpěrné jehle umístěné uvnitř nožové hlavy.

Vnitřní zařízení původně obsahovalo celou řadu dílů. Část z nich se ovšem do současnosti nedochovala. Protože zařízení není kompletní, nelze jej využívat v automatickém chodu Zs 151, kde plnilo funkci samočinného rozpínání drážkovací sady. Popis automatické funkce je odhadnut v poznámce níže.

Pro ruční nastavování úběru nožů je vnitřní mechanismus doplněn kuželovým soukolím (39,40). Otáčením kličky (41) je přes kuželové soukolí otáčeno vnitřní rohatkou (42). Ta svým rotačním pohybem otáčí mikrometrickým šroubem, který přestavuje přísuvovou tyč. Ústrojí je doplněno o nonius (43) s rozsahem stupnice 0 až 80 setin podle něhož obsluha nastavuje úběr nožů. Skříň je zakrytovaná snímatelným krytem (44) po jehož odebrání je vnitřní zařízení přístupné.

Středem mechanismu rozpínání nožové hlavy je přiváděna řezná kapalina k drážkovací sadě. Kapalina je vedena skrz mechanismu do zadní části vřeteníku (30) a dále skrz vřeteno do přísuvové tyče. Pružná hadice přívodu řezné kapaliny (45) je na trubkách zajištěna pomocí sk pásek (46).



22 - saně; 30 - vřeteník; 31 - skříň mechanismu; 39,40 - kuželové soukolí; 41 - klička; 42 - rohatka; 43 - nonius; 44 - kryt; 45 - hadice; 46 - sk pásek; 47 - západka; 48 - hřídel s drážkou; 49 - vačky; 50 - páčka přestavování vaček; 51 - aretační ústrojí; 52 - zajišťovací páčka aretačního ústrojí

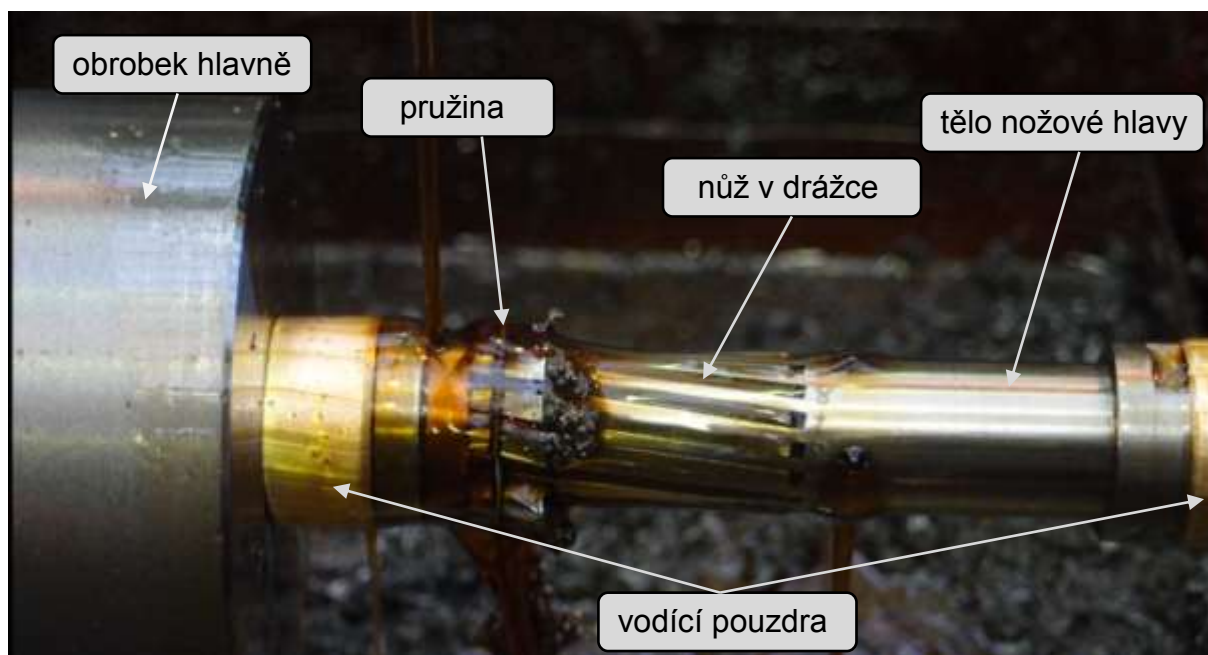
Obr. 3.17 Mechanismus rozpínání nožové hlavy



Pozn.: Základem vnitřního mechanismu pro automatické rozpínání drážkovací hlavy je ozubená rohatka (42). Rohatka byla v automatickém režimu stroje pravděpodobně pootáчена klikovým mechanismem se západkou (47). Kývavý pohyb ramena klikového mechanismu byl odvozený od natáčení hřídele s drážkou (48) a byl dál přes západku transformován na pootáčení rohatky. Aby nedocházelo ke zpětnému pohybu rohatky, byl mechanismus zřejmě doplněn o druhou zadržovací západku. Dále mechanismus obsahuje dvě vačky (49), jejichž vzájemnou polohou můžeme měnit velikost automatického přídávku úběru. Vačky mají na většině svého obvodu větší průměr než je hlavová kružnice ozubení na rohatce, takže nadzvedávají západku klikového mechanismu a ta do rohatky nezabírá. Jejich vzájemným pootočením pomocí přestavovací páčky (50) vznikne vybrání pro západku, kterému odpovídá daný počet zubů, do kterých zabere. Pomocí přestavovací páčky jdou nastavit čtyři vzájemné polohy vaček, tedy čtyři různé velikosti přídávku. Při ručním nastavování úběru nožů ale nebylo žádoucí, aby ústrojí do rohatky zabíralo. Doho šlo pravděpodobně docílit pomocí aretačního ústrojí (51), které se zajistí přesuvným čepem (52).

3.4.6 Drážkovací souprava

Drážkovací sada slouží k odebrání materiálu z obrobku hlavně třískovým obráběním. Vlastní konstrukce se mohou lišit, u Zs 151 se využívá provedení vyobrazené na obr. 3.18.

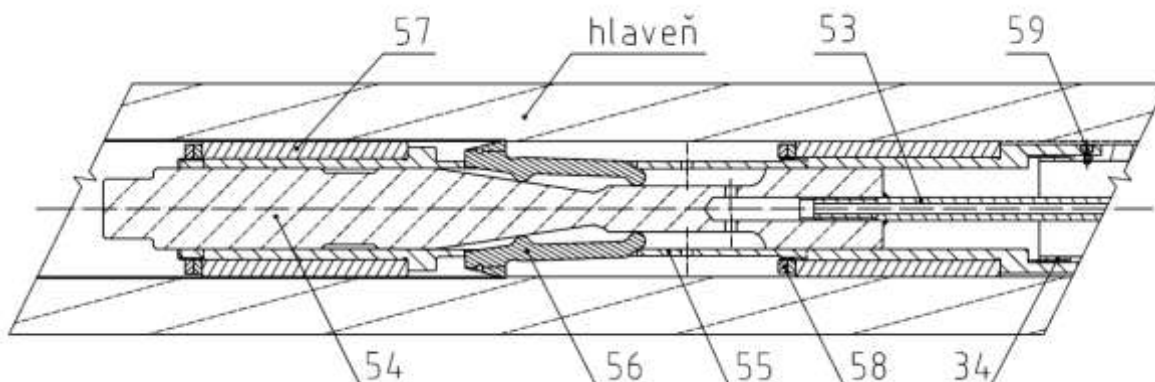


Obr. 3.18 Drážkovací souprava Zs 151

Základní nosnou částí je vodící tyč (34), která je upnuta ve vřeteni na suportu. Jejím středem je vedena přísuvová tyč (53), která je pevně spojena s rozpěrnou jehlou (54) nožové hlavy. Rozpěrná jehla je umístěna uvnitř nožové hlavy (55) a obsahuje kuželovou plochu, na kterou dosedají nože (56). Axiálním posuvem jehly (vyvozeným přes mechanismus 3.4.6.4) se nože radiálně vysouvají /zasouvají/ z nožové hlavy a tím se mění velikost ubírané třísky. Nože jsou uloženy v drážkách nožové hlavy a pro zajištění zpětného zasouvání jsou po obvodu hlavy staženy pružinou. Nožová hlava obsahuje na obou svých stranách vodící pouzdra (57), která zajišťují správnou polohu hlavy při jejím průchodu vodící částí vývrtu. Vodící pouzdra



jsou na nožové hlavě zajištěna pomocí dvou pojistných matic (58). Celek drážkovací hlavy je k vodící tyči upevněn pomocí vnitřního závitu a je zajištěn pomocí šroubu (59) s imbusovou hlavou.



34 - vodící tyč; 53 - přísuvová tyč; 54 - rozpěrná jehla; 55 - nožová hlava; 56 - nože;
57 - vodící pouzdra; 58 - pojistné matice; 59 - šroub

Obr. 3.19 Nákres drážkovací soupravy

Pro účely mazání a chlazení řezného procesu je k nožové hlavě přiváděna řezná kapalina. Rozpěrná jehla obsahuje průchozí díry, kterými kapalina proudí z jejího vnitřního prostoru k nožům a vodícím pouzdrům.

Velikosti obráběné ráže odpovídá počet vytvářených drážek. Podle toho se volí různé drážkovací sady s příslušným počtem nožů. Velikosti ráže odpovídají také velikosti vodících pouzder nožové hlavy.

3.4.7 Sestava vřeteníku

Sestava vřeteníku (obr. 3.20) je konstrukční uzel Zs 151, který slouží k upnutí obrobku ve specifické poloze vůči drážkovací soupravě a zároveň zajišťuje jeho pootočení o určitou úhlovou rozteč v rámci každého provedení pracovního cyklu stroje. Skrz obrobek cyklicky prochází při procesu obrábění vodící tyč s nožovou hlavou. Pootáčením obrobku o danou rozteč je zajištěn proces obrábění následující série drážek v hlavni. Obrobek hlavně je na jednom konci upnut v průchozím dutém vřetenu a na opačném v lunetě. Vřeteno je uloženo ve skříni vřeteníku, jenž je ukotven k pravé části lože stroje.

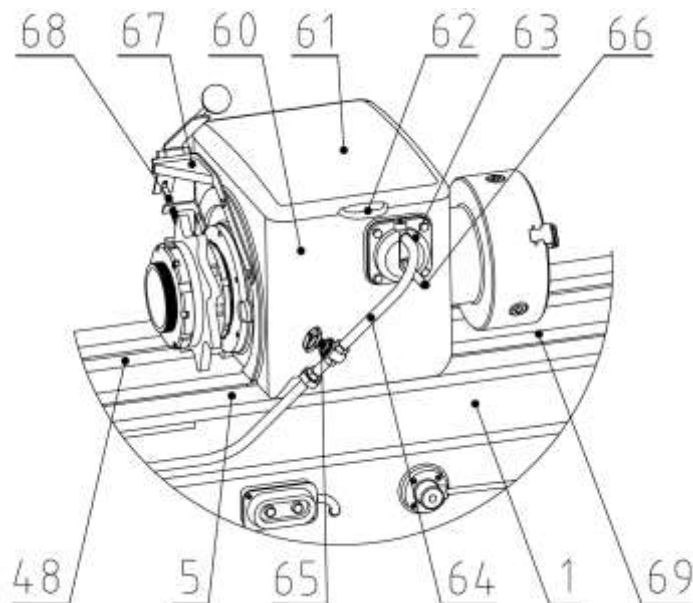


Obr. 3.20 Levá strana celku vřeteníku s upnutou hlavní



3.4.7.1 Vřeteník

Vřeteník (60) je část stroje skříňovitého tvaru, ve které je uloženo průchozí vřeteno obrobku, převodové ústrojí pro změnu otáček vřetena a hnací přímočarý hydromotor. Je ukotven na plochem vedení (5) levé části lože (1) Zs 151. Přístup do vnitřního prostoru je možný skrz horní výklopné víko (61) pomocí madla víka (62). Uvnitř vřeteníku je také umístěna nádržka pro přepadové mazání ložisek a hřídele přepákování západky dělicího mechanismu.



1 - levá část lože; 5 - ploché vedení; 48 - hřídel s drážkou; 60 - vřeteník; 61 - víko; 62 - madlo víka; 63 - příruba; 64 - přívod hydraulické kapaliny; 65 - ventil; 66 - stavěcí šroub; 67 - držák páky; 68 - tlačný trn; 69 - táhlo

Obr. 3.21 Sestava vřeteníku

Rotační pohyb vřetena je vyvozován pomocí lineárního hydromotoru. Proto jsou ke skříni vřeteníku z obou stran ukotveny (pomocí přírub (63)) přívody hydraulické kapaliny (64) z rozváděcího bloku. Pravou tlakovou větev hydromotoru je možné uzavřít ručním zatažením ventilu (65), čímž dojde k blokaci jeho polohy (pokud je hydraulický obvod zahlcen kapalinou). Z vřeteníku jsou také vyvedeny stavěcí šrouby (66) rozsahu posuvu hnacího hydromotoru. Ty se využívají k přestavování vnitřních dorazů pístnice, čímž se přestavuje velikost posuvu hydromotoru (tedy velikost úhlové rozteče pootočení obrobku). Ze strany dělicího mechanismu rotace vřetena je ke skříni vřeteníku ukotven držák ruční páky (67), která je spojena s tlačným trnem západky dělicího mechanismu (68). Ze spodní strany obsahuje vřeteník vodící pouzdra pro hřídel s drážkou (48) pohonu mechanismu rozpínání drážkovací sady a pro hřídel táhla (69) posuvu narážkového mechanismu. Na čelní ploše skříně je umístěn štítek s označením a výrobním číslem stroje.

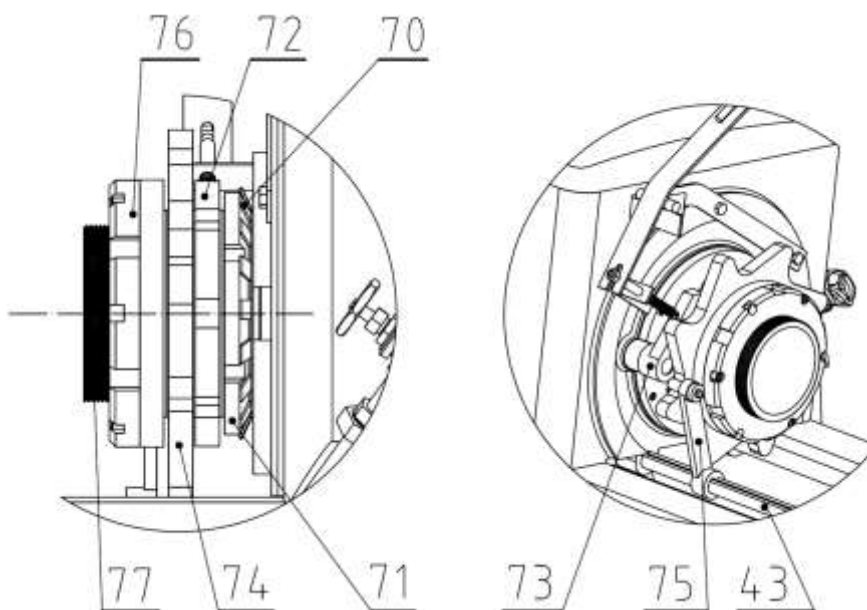
Pozn.: Vzhledem k občasnému pohybu vřetena, navíc vždy jen o určitý úhel, je pravděpodobně uloženo v hydrodynamických ložiskách. Jejich výhodou je totiž vysoká přesnost, dobré tlumení kmitů a malé vnější rozměry.

Skříň vřeteníku je zhotovena jako odlitek z litiny. Funkční plochy vřeteníku (především dosedací plochy pro ložiska a ukotvení lineárního hydromotoru) jsou opracovány na příslušnou drsnost povrchu.



3.4.7.2 Vřeteno obrobku

Protože musí z důvodu technologie obrábění procházet vodící tyč s nožovou hlavou skrz hlavěň, je vřeteno nestandardně provedeno jako průchozí. U Zs 151 neplní obrobkové vřeteno klasickou funkci jako u většiny obráběcích strojů. Zajišťuje (kromě upnutí) pouze pootáčení obrobku o potřebnou úhlovou rozteč v požadovaném směru tak, aby v dalším cyklu protahování drážkovací soupravy obrobkem mohla být obráběna následující skupina drážek.



43 - hřídel s drážkou; 70 - pojistná podložka; 71 - pojistná matice; 72 - rohatka; 73 - západka;
74 - vačka; 75 - páka; 76 - matice; 77 - volný konec vřetene se závitem

Obr. 3.22 Levá strana vřetene

Pro upnutí hlavně je na pravé straně vřeteno opatřeno klasickou univerzální upínací hlavou s manuálním upínáním obrobku v provedení se třemi jednodílnými čelistmi. Opačná část vřetene, vystupující na levé straně z vřeteníku, je opatřena závitem. Vřeteno je axiálně zajištěno pomocí pojistné podložky s přímým ozubem (70) a pojistné matice se šesti drážkami (71). Dále je na vřeteni nasunuta rohatka dělicího mechanismu s rovnobokými drážkami (72), jejichž počet odpovídá počtu obráběných drážek (je třeba ji měnit podle počtu drážek obráběné hlavě). Je upevněna dvěma šrouby a proti pootáčení je zajištěna perem.

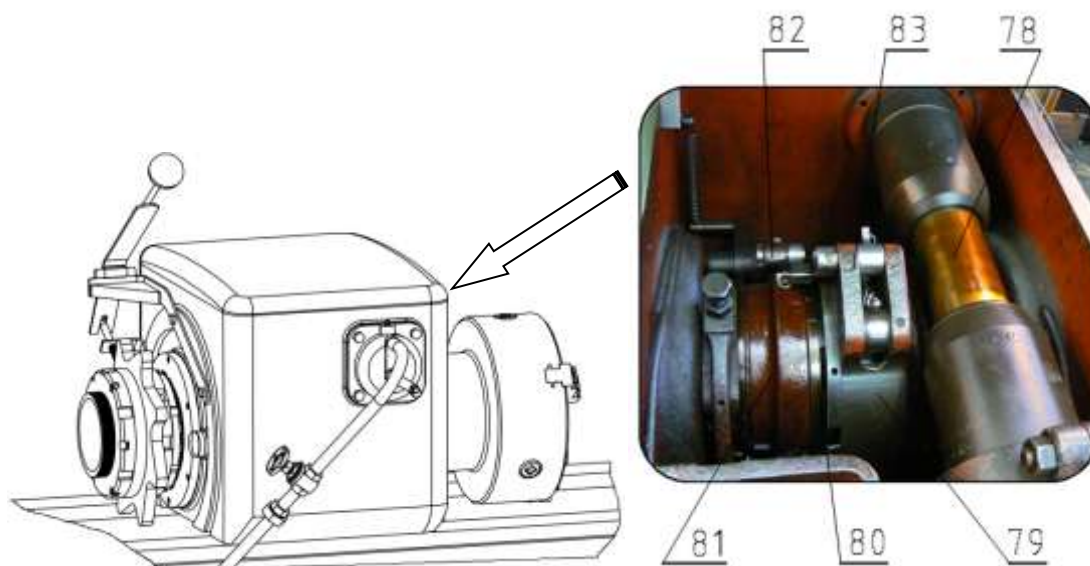
Do drážek rohatky zapadá západka (73) dělicího mechanismu, která blokuje otáčení vřetene. Součástí rohatky je ještě tvarová vačka (74), která slouží na aretaci polohy hřídele s drážkou (43) a k rohatce je připevněna pomocí dvou šroubů. Na vačky dosedá prst páky (75), která je pevně spojena s hřídelí a tím ji aretuje v konkrétní poloze. Rohatka s vačkou je dotazena pomocí matice s drážkami (76). Na zbylou část vřetene se závitem (77) je možno našroubovat ještě doplňkovou přírubu se šrouby (kolmými na osu vřetene) pro dodatečné ukotvení obrobku. Tohoto se využívá především u krátkých obrobků, které nelze na opačném konci podepřít lunetou, protože dostatečně nevyčnívají z vřetene.



3.4.7.3 Převodovka rotace vřetena

Rotace vřetena je zajištěna pomocí dvojčinného lineárního hydromotoru umístěného uvnitř vřeteníku. Pístnice hydromotoru (78) má zespodu vnitřní přímé ozubení, které zabírá do vnějšího ozubeného kola kluzně uloženého na vřetení. Kolo je pevně spojeno se speciální válcovou západkou převodovky (79), která je kluzně uložená na těle rohatky (80). Rohatka je uložena na vřetení a proti pootočení je zajištěna pomocí drážky a pera. Lineární posuv pístnice hydromotoru je tedy přes soustavu ozubeného kola, západky a rohatky pevně spojené s vřetenem převeden na rotaci vřetena.

Velikost pootočení vřetene se odvíjí od úhlové rozteče drážek a je definována rozsahem posuvu pístnice a tvarem rohatky převodovky. Proto je nutné při změně počtu drážek (což je provázáno změnou potřebného natočení) seřadit chod hydromotoru pomocí dorazů (66) a vyměnit příslušnou rohatku převodovky. Z tohoto důvodu je rohatka konstruována jako dělená, spojená pomocí dvou šroubů s podložkou. Rohatku je možné vyměnit po sejmutí dělené příruby (81).



78 - pístnice; 79 - válcová západka; 80 - dělená rohatka; 81 - dělená příruba; 82 - úhlová páka s kladkou; 83 - výkyvná kulisa

Obr. 3.23 Převodovka rotace vřetena

U natáčení vřetene je žádoucí, aby probíhalo pouze jedním směrem. Při dopředném chodu hydromotoru je rotace vřetene blokována vnější západkou (73) dělicího mechanismu a vnitřní západka převodovky (79) proklouzne bez záběru.

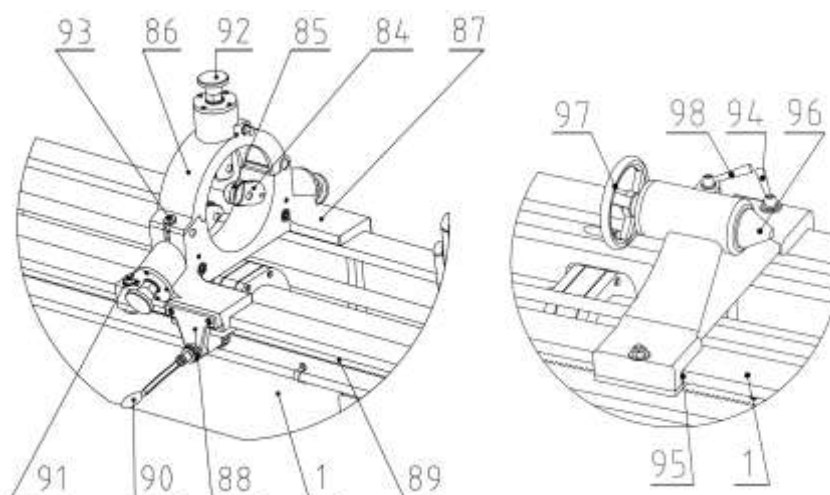
Vnější západka dělicího mechanismu je uložena na hřídeli, na jejímž druhém konci (uvnitř vřeteníku) je pevně ukotvená úhlová páka opatřená koncovou kladkou (82). Při zpětném chodu hydromotoru je výkyvnou kulisou (83), přes kladku a zmíněnou úhlovou páku, vnější západka nadzvednuta a tím se uvolní blokáce pohybu vřetene. Jakmile vnější západka opustí drážku vnější rohatky dělicího mechanismu, je vřeteno s obrobkem pootočeno o daný úhel. Při dotočení vřetena o potřebnou rozteč je vnější západka zatlačena do následující drážky na vnější rohatce, čímž dojde k opětovné blokaci polohy. Vnější západka je zatlačována trnem s tlačnou pružinou vně vřeteníku. Tento cyklus pootáčení obrobku hlavně je opakován až do obrobění drážek na požadovaný rozměr dle výrobního výkresu.



3.4.8 Luneta obrobku

Luneta (obr. 3.24 a) je část Zs 151, která slouží k podepření dlouhých obráběných hlavních, aby nedocházelo k jejich průhybu a kmitání. Je tříbodového provedení, a protože obrobek koná rotační pohyb kolem své podélné osy, prsty lunety (84) jsou opatřeny rolnami (85).

Rám lunety je dělený na dvě části, z nichž horní (86) je výklopná tak, aby se do ní dal vložit obrobek při jeho ustavování na koník. Spodní díl lunety (87) je opatřen plochým vedením, přes které je luneta uložena na levé části lože (1) stroje. Vůle mezi vedením je vymezena pomocí distanční lišty. Dále je ke spodnímu dílu ukotvena konzola ručního posuvu (88). V ní je uložena hřídel s pastorkem. Pastorek s přímým evolventním ozubením zabírá do ozubených hřebenů (89) ukotvených na loži stroje. Na výstupní část hřídele pastorku lze nasadit kliku (90) a celou lunetu posouvat po loži v axiálním směru dle potřeby. Před posuvem lunety je potřeba povolit kotevní šrouby (91). Nastavování polohy prstů je manuální (92). Horní a spodní díl jsou k sobě staženy pomocí šroubu s plochou maticí (93).



a)

b)

- a) luneta: 1 - levá část lože; 84 - výsuvný prst; 85 - rolna; 86 - horní část; 87 - dolní část; 88 - konzola ručního posuvu; 89 - ozubený hřeben; 90 - klika ručního posuvu; 91 - kotevní šroub; 92 - manuální posuv prstu lunety; 93 - stahovací šroub
- b) koník: 1 - levá část lože; 94 - aretační páka; 95 - vymežovací lišta; 96 - hrot pinoly; 97 - kolo ručního posuvu pinoly; 98 - aretační páka pinoly

Obr. 3.24 Luneta a koník Zs 151

3.4.9 Koník

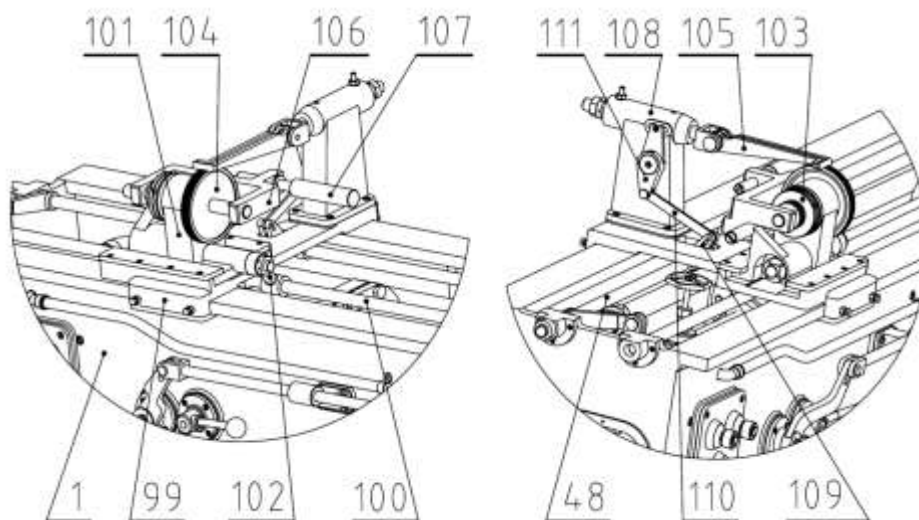
Koník (obr. 3.24 b) slouží k podepření obrobku před jeho upnutím do lunety a je využíván v postupu osového ustavování hlavně podle vývrtu. Koník je uložen na plochém vedení levé části lože (1) Zs 151. Poloha koníku je na stroji nastavována ručně a zpevněna pomocí zajišťovací páky (94) a šroubu na protější straně. Vodorovná vůle mezi plochým vedením lože a koníku je vymezena pomocí vnitřní vymežovací lišty (95). Koník je vybaven výsuvnou pinolou (hrotovou objímkou) na jejímž konci je kuželový hrot /špička/ (96) pro podepření obrobku za jeho vnitřní průměr. Dle velikosti ráže hlavně lze hroty pinoly vyměnit. Pinola je uložena ve válcovém vedení v těle koníku. Axiální posuv pinoly lze nastavovat otáčením ručního kola (97) a v požadované poloze ji lze aretovat stavěcí pákou (98). Podélná osa pinoly koníku je koaxiální s osou vřetena obrobku a drážkovací soupravy.



3.4.10 Narážkový mechanismus rozpínání nožové hlavy

Na konci levého lože stroje je umístěn druhý mechanismus rozpínání nožové hlavy (obr. 3.25). Tento mechanismus se dá využít ale pouze u konkrétního typu drážkovací soupravy. Nožová hlava musí mít ve své přední části vyvedenou rozpěrný klín. Jeho zatlačováním do nožové hlavy jsou, přes šikmou plochu klínu, nože radiálně rozpínány. Základní deska (99) mechanismu je uložena na plochém vedení levé části lože (1) Zs 151. Vodorovná vůle v plochém vedení je, jako u předchozích, vymezena pomocí vnitřní vymezovací lišty a rozpěrných šroubů. Na spodní straně desky jsou vytvořeny vodící pouzdra pro táhlo (100) a hřídel s drážkou (48). Jejich využití je popsáno níže.

Rám (101) mechanismu je uložen na dalším plochém vedení na základní desce. Na rám dosedá páka (102), která je dále pevně spojena s hřídelí táhla (100). Táhlo má na svém opačném konci stroje ručně přestavitelnou narážku. Pomocí této narážky je táhlo saněmi suportu (22) axiálně posouváno. Přes páku (102) je zároveň s táhlem posouván i rám (101) mechanismu uložený na vedení. Při zpětném chodu suportu (resp. táhla) je rám mechanismu vrácen do původní polohy pomocí tlačné pružiny. Účel tohoto axiálního vratného pohybu rámu mechanismu je vysvětlen v poznámce.



1 - levá část lože; 48 - hřídel s drážkou; 99 - základní deska; 100 - táhlo; 101 - rám; 102 - páka; 103 - pojistné matice; 104 - rohatka; 105 - západka; 106 - podpěra; 107 - narážka; 108 - stojan; 109, 110 - přepákování; 111 - vahadlo

Obr. 3.25 Narážkový mechanismus rozpínání nožové hlavy

V rámu mechanismu je uložena pevná matice posuvu rohatky. V matici je veden šroub, který je zajištěn pomocí vzájemně dotažených pojistných matic (103). Se šroubem je pevně spojená jemně ozubená rohatka (104). Rohatka je pootáčena pomocí západky (105) a díky pevnému spojení se šroubem je rotační pohyb převeden na jejich axiální posuv.

Na koncích šroubu je upevněna podpěra (106), ke které je dále ukotvena narážka (107). Do narážky naráží vyvedený konec rozpěrného klínu z nožové hlavy, čímž se při dopředném posuvu drážkovací soupravy o kousek zatlačí. Zatlačením klínu dojde k příslušnému radiálnímu vysunutí nožů z hlavy. Míra vysunutí nožů (přidání úběru) je funkcí axiálního posuvu narážky spojené se šroubem a rohatkou.



Západka (105) zabírající do rohatky je zdvojena tak, aby zabírala i při větším pootočení rohatky. Z důvodu výše uvedeného vratného pohybu těla mechanismu jsou zabírající části západky ještě prodlouženy, aby nevypadly ze záběru. Západka je ukotvena k posuvné hřídelce. Hřídelka je kluzně uložena v kruhovém vedení ve stojanu (108). Posuv hřídelky (a tedy i západky) je vyvozován přes soustavu pák (109,110) s vahadlem (111) a je odvozen od natáčení hřídele s drážkou (48). Rotace hřídele s drážkou je přes palec aretována pomocí tvarové vačky (74) na vřetení obrobku. Západka je do výchozí polohy vracena otočením hřídele s drážkou do původní polohy. Stojan je k základní desce upevněn pomocí zavrtaných šroubů.

Proces pootáčení rohatky, tím odvozené osové posunutí narážky směrem k obrobku a v konečném důsledku přidání úběru drážkovací sady je cyklicky opakován v závislosti na počtu pootočení obrobku. Veškerá posuvná uložení mechanismu jsou mazána ručně.

Pozn.: U stávající konfigurace Zs 151 se narážkový mechanismus nevyužívá a vratný pohyb rámu mechanismu neplní žádný účel. Proto je i narážka táhla odstavena. Vratný pohyb mechanismu slouží k vytvoření časové prodlevy.

Mechanismus koná díky táhlu sousledný pohyb spolu s drážkovací soupravou unášenou suportem ve stejném směru. Při dopředném posuvu suportu je vzájemný relativní pohyb nožové hlavy a narážky mechanismu po určitou dobu „nulový“.

Tato časová prodleva vzájemné polohy je využívána u konstrukce nožové hlavy s vyvedeným čtvercovým trnem před nožovou hlavu. Trn je spojený s mikrometrickým šroubem uvnitř hlavy. Na čele narážky mechanismu je vytvořena kapsa, do které se zasune trn šroubu. Tím, že je nožová hlava (v době kdy je trn šroubu rotačně znehybněn zasunutím do kapsy statické narážky) stále pootáčena, dojde k vzájemnému pootočení hlavy vzhledem k trnu mikrometrického šroubu. Spolu s trnem je pootočen i zmíněný šroub, čímž dojde k axiálnímu posuvu rozpěrného klínu.

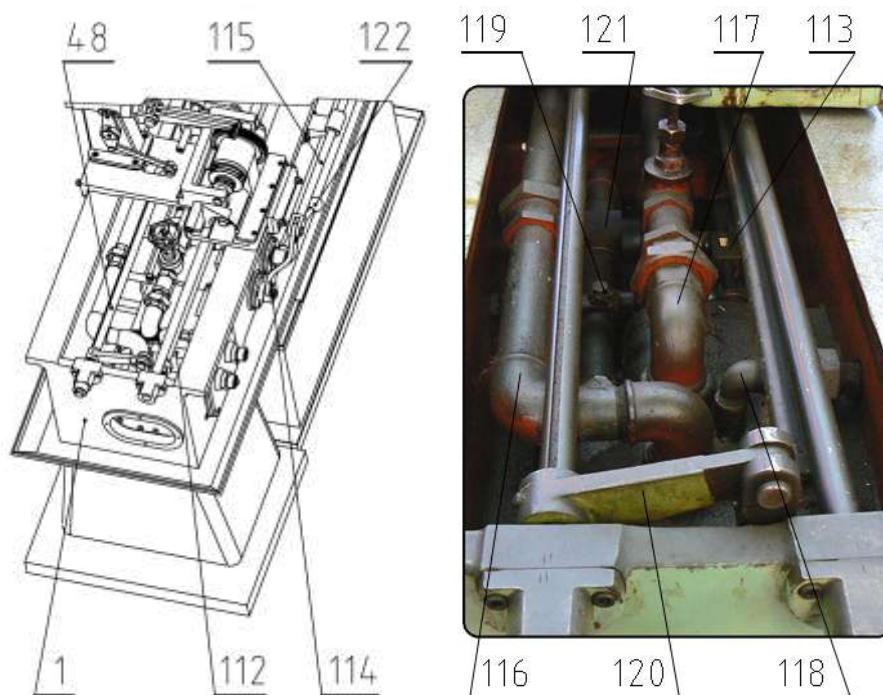
Aby se tento proces stihl vykonat, než trn nástroje opustí při zpětném chodu suportu kapsu narážky, je k tomu potřeba popsán časový interval „nulového“ vzájemného pohybu. Ovšem u mechanismu Zs 151 současná narážka není opatřena kapsou pro trn nástroje. Tudíž nelze pro tento princip rozpínání nožů využít. Pokud má být vratný pohyb mechanismu využit, musí být vyměněna stávající narážka mechanismu za jinou, která bude opatřena potřebnou kapsou pro trn. Tomu potom musí odpovídat i konstrukce samotného nástroje.



3.5 Hydraulický okruh

V základním výkonovém hydraulickém okruhu Zs 151 se stejnosměrným proudem je přeměňována energie tlakové hydraulické kapaliny na mechanickou práci posuvu sestavy suportu a rotaci obrobku podél jeho podélné osy. Na základě principu využívání tlaku kapaliny k přenosu energie lze okruh tohoto stroje označit za hydrostatický [29]. Podle vzájemného propojení zdroje tlakové kapaliny a výkonových prvků se dále jedná o obvod otevřený, ve kterém se kapalina po každém pracovním cyklu vrací zpět do nádrže.

Soustava obsahuje tři hydrostatické převodníky. Zdrojem tlakové kapaliny je hydrogenerátor s konstantním proudem v podobě zubového čerpadla ORSTA typu TGL 10 859 se stálým pracovním tlakem 16 MPa. Naháněný je asynchronním jednotáčkovým elektromotorem MEZ se jmenovitým výkonem 1,5 kW a jmenovitými otáčkami 1400 za minutu. Původní elektromotor a hydrogenerátor byly vyměněny za stávající pravděpodobně při generální opravě někdy v osmdesátých letech. Výkonové prvky jsou zastoupeny dvěma lineárními hydromotory. První přímočarý dvojčinný hydromotor s jednostrannou pístnicí slouží k posuvu suportu. Je uložen v levé části lože (1) a jeho pístnice je ukotvena k bloku suportu (26), viz obr. 3.14 detail D. Tento hydromotor se vyznačuje velkým zdvihem (řádově kolem 4 metrů). Druhý přímočarý dvojčinný hydromotor, který je uložen ve skříni vřeteníku (60), je plunžrové konstrukce (obr. 3.23) a slouží k vyvozování rotace obrobku.



1 - levá část lože; 48 - hřídel s drážkou; 112 - rozváděcí blok; 113 - přestavovací pístek; 114 - vnější páka reverzace; 115 - reverzační táhlo; 116, 117 - přívod kapaliny k hydromotoru posuvu suportu; 118, 119 - přívod kapaliny k hydromotoru rotace vřeteníku; 120 - páka natáčení hřídele s drážkou; 121 - předřazený rozváděč, 122 - jedna ze čtyř ovládacích pák přestavování rozváděče (121)

Obr. 3.26 Části hydraulického okruhu

Hydraulický obvod dále obsahuje několik prvků pro řízení směru proudu a hrazení průtoku. Kromě ručních ventilů v tlakových přívodních větvích k hydromotorům a jednoho předřazeného rozváděče, jsou všechny ostatní řídicí prvky situovány v jednom rozváděčím bloku (112). Ten je ukotven na konci levé části



lože stroje (1). Rozváděcí blok pravděpodobně obsahuje hlavní dvoupolohový čtyřcestný rozváděč. Ten reverzuje smysl chodu lineárních hydromotorů a je přestavován pomocným pístkem (113), který je přestavován pomocí vnitřní páky. Vnitřní páka je přes hřídel spojená s venkovní pákou (114), na kterou je připojeno reverzační táhlo (115). Toto dlouhé táhlo je na opačném konci stroje opatřeno dvěma přesuvnými narážkami a prochází blokem suportu (23). Takže když suport dojíždí do jedné z požadovaných krajních poloh, díky narážce posune táhlem a přes kombinaci pák a vnitřních pomocných pístků je přestavena poloha hlavního rozváděče.

K rozváděcímu bloku jsou připojeny přívody kapaliny k hydromotoru posuvu suportu (116,117) a hydromotoru rotace vřetene (118,119). Jeden z přívodů je vždy opatřen ručním uzavíracím ventilem, pomocí něhož lze zastavit přísun kapaliny k hydromotorům. Před přívod kapaliny do hydromotoru posuvu suportu jsou vřazeny škrťací ventily, pomocí kterých je možné regulovat množství protékající kapaliny.

Rozváděcí blok dále pravděpodobně obsahuje druhý dvoupolohový třicestný rozváděč, jehož úlohou je přestavovat pístek, který je spojený s pákou (120) a přes ni tak natáčet hřídel s drážkou (48). Hřídel s drážkou slouží k pohonu mechanismů automatického rozpínání nožové hlavy. Do rozváděcího bloku je integrovaný i přepouštěcí ventil hydraulického okruhu, jenž je umístěn na přívodu kapaliny do bloku.

Mezi přívod hydraulické kapaliny do rozváděcího bloku a hydrogenerátor je vřazen ještě jeden dvoupolohový třicestný rozváděč (121). Ten je přestavován ručně pomocí soustavy pák a táhel (122). Páky jsou umístěny po obou stranách a na obou koncích levé části lože a jsou spojené pomocí dvou plochých táhel, z nichž jedno je uvnitř lože a druhé (zadní) vně stroje. Tento rozváděč blokuje přívod kapaliny do zbytku hydraulického okruhu. Ručním přestavením jedné z ovládacích pák do svislé polohy se spouští hlavní pohyby stroje (posuv suportu a rotace obrobku). Pokud je přívod kapaliny do zbytku soustavy tímto rozváděčem uzavřen, hydrogenerátor pracuje v odlehčeném stavu a proud kapaliny je odkloněn do nádrže.

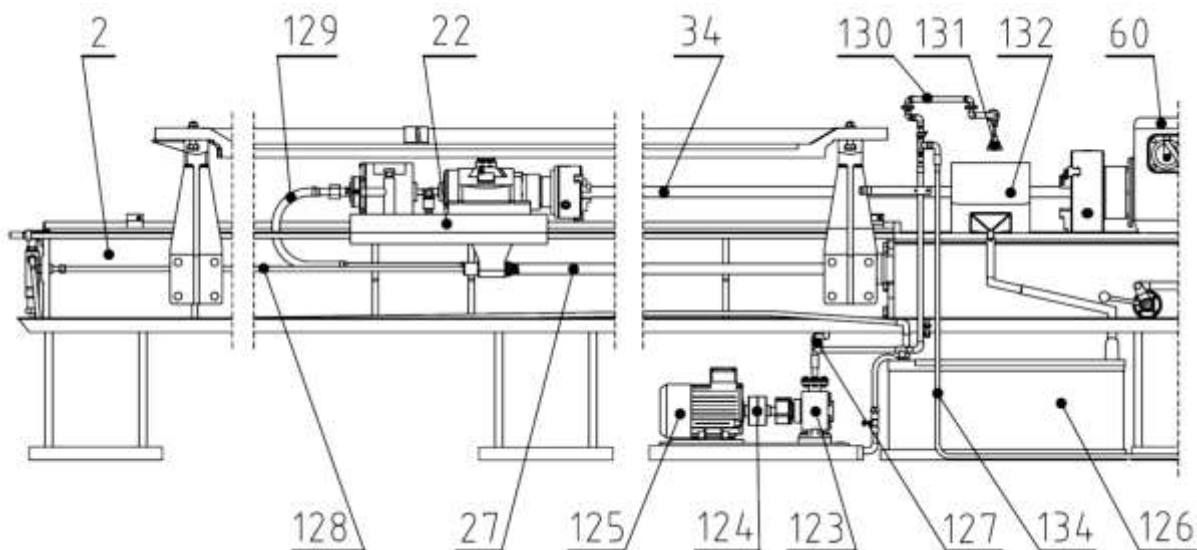
Obvod také obsahuje pomocné prvky v podobě nádrže na hydraulickou kapalinu, sacího filtru, škrťacích ventilů a spojovacího materiálu (trubky, šroubení, fitinky). Nádrž na kapalinu je svařovaná, vanovitého tvaru. Její objem bývá u otevřených okruhů 2 až 4 násobek minutového proudu hydrogenerátoru [53]. Kapalina se v nádrži uklidňuje, chladí a stabilizuje. Zpětný odvod kapaliny do nádrže je tvořen svodovými trubkami vyústujícími pod hladinou kapaliny.



3.6 Okruh řezné kapaliny

Z důvodu zlepšení odvodu tepla z místa obrábění a mazání řezného procesu je stroj vybaven otevřeným okruhem se stejnosměrným proudem řezného oleje (obr. 3.27). Okruh se skládá z celé řady prvků, z nichž základní je objemový zubový hydrogenerátor (123) s konstantním proudem kapaliny, který je provedení s vnějším ozubením.

Hydrogenerátor je přes pevnou spojku (124) hnaný asynchronním jednootáčkovým elektromotorem (125) Siemens se jmenovitým výkonem 0,55 kW a jmenovitými otáčkami 910 za minutu. Aby nedocházelo k rychlému opotřebování hydrogenerátoru částicemi v kapalině, je přívodní část opatřena sacím košem s filtrem. Zásoba oleje je udržována v nádrži (126) umístěné pod ložem Zs 151. V nádrži dochází k uklidňování kapaliny, odvodu pohlceného vzduchu v kapalině a k částečnému pročištění sedimentací. Pro zlepšení procesu usazování a odpěnění oleje jsou ve svařované nádrži mezi odpadní a sací část potrubí vloženy přepážky.



2 - pravá část lože; 22 - saně suportu; 27 - pístnice; 34 - vodící tyč; 60 - vřeteník;
123 - hydrogenerátor; 124 - spojka; 125 - elektromotor; 126 - nádrž; 127 - rozvětvení;
128 - teleskopický převodník kapaliny; 129 - přívodní hadice; 130 - přívod kapaliny pro oplach nožové hlavy; 131 - výtoková tryska; 132 - sběrná nádoba; 134 - přívodní hadice kapaliny ke stojanu

Obr. 3.27 Okruh řezné kapaliny

Za hydrogenerátorem se trubky rozdělují do dvou větví (127). První větví je řezný olej přiváděn do lineárního teleskopického převodníku (128), který se zasouvá do pístnice (27) přímočarého hydromotoru přesouvajícího sestavu suportu (22). Pomocí trubek a hadice (129) je z převodníku kapalina vedena (skrze mechanismy suportu) až do přísuvové tyče, která je umístěna v duté vodící tyči (34). Jejím vnitřkem je olej přiváděn až k nožové hlavě.

Sekundární větev napájí vnějším oplach nožové hlavy. Pomocí soustavy trubek a rotačních kloubových spojů (130) je kapalina přiváděna až do výtokové trysky (131) nad jednu z krajních poloh nástroje („zadní“). Zde dochází k oplachu nožové hlavy od třísek a nečistot proudící kapalinou. Olej je spolu s třískami zachycován do sběrné nádoby (132), která je opatřena ručně vyjímatelnou vnitřní vložkou z děrovaného plechu. Ta v sobě zachycuje třísky a odděluje je od řezné kapaliny. Oddělená kapalina je poté ze sběrné nádoby sváděna zpět do nádrže pomocí odpadního

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 69
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

potrubí. Konec svodového potrubí vyústí pod hladinou oleje v nádrži. Díky rotačním kloubům lze polohu výtokové trysky ručně přestavovat.

Druhá koncová poloha posuvu drážkovací soupravy („přední“) se odvíjí od délky obrobku a je vždy u jiného obrobku různá. Proto lze druhou sběrnou nádobu ručně přemísťovat do místa konce hlavně. Sběrná nádoba je položena na plochem vedení lože stroje. Se změnou délky obrobku se, kromě polohy druhé sběrné nádoby, musí měnit i poloha druhé výtokové trysky k oplachu nástroje v přední koncové poloze. K tomuto je uzpůsobený jak přívod kapaliny k trysce, tak i odpadní odvod z druhé sběrné nádoby. Přívod je řešen pomocí stojanu (133) se soustavou přívodních trubek, rotačních kloubových spojů a trysky podobně jako v předchozím případě. Stojan lze ovšem ručně přesouvat dle potřeby. Aby jej bylo možné takto přemísťovat, je soustava stojanu napojena na přívod kapaliny pomocí gumové hadice (134). Stojan je umístěn ze zadní strany stroje. Množství přiváděné kapaliny do celého okruhu řezné kapaliny je možné regulovat nebo zcela uzavřít na více místech pomocí řady ručních ventilů. Ty jsou umístěny v jednotlivých větvích potrubního systému.



Obr. 3.28 Stojan s přívodem řezné kap. k přední koncové poloze nástroje

3.7 Osvětlení

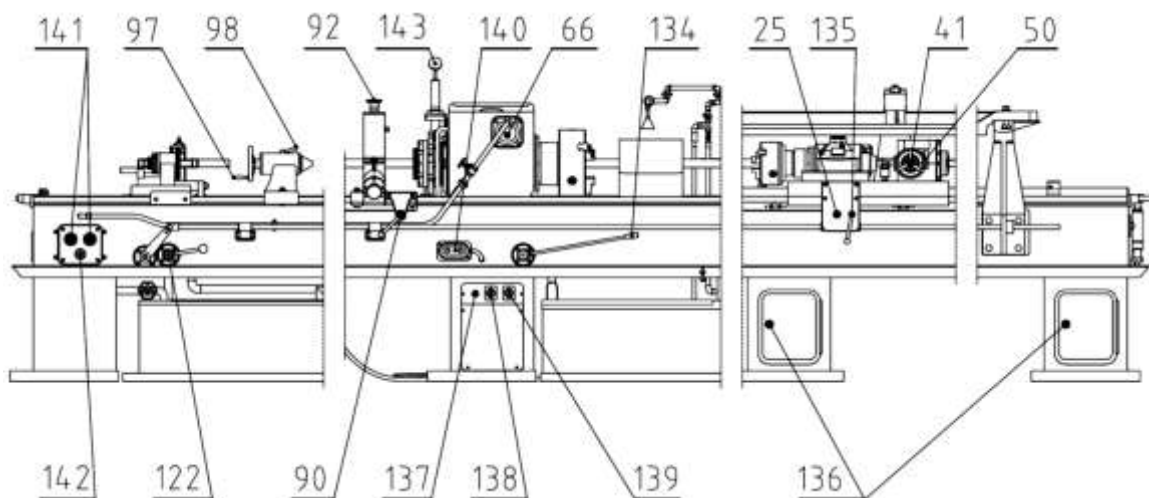
Na Zs 151 je osvětlení řešeno pomocí dvou lamp na kloubových ramenech. Lamy jsou ukotveny ze zadní strany levé části lože a slouží k osvětlení prostorů konců obrobku hlavně spolu s koncovými polohami posuvu drážkovací soupravy. Vypínače jsou umístěny na horních stranách stínítek pracovních lamp. Napájení žárovek lamp je 24 V z transformátoru umístěného v patce stroje.



3.8 Základní prvky ručního ovládání

Stroj obsahuje, kromě celé řady ručních uzavíracích ventilů na okruhu hydraulické a řezné kapaliny, narážek a dorazů, tyto základní součásti pro obsluhu stroje:

- 25/ aretace polohy sestavy suportu
- 41/ ruční kolo mechanismu rozpínání nožové hlavy
- 50/ páčka nastavování velikosti přísuvu přestavováním vačky uvnitř skříně mechanismu
- 66/ šroub ručního přestavování chodu přímočarého hydromotoru rotace vřetena
- 90/ klička ručního podélného posuvu lunety
- 92/ přestavování prstů lunety
- 97/ ruční kolo vysouvání pinoly koníka
- 98/ páka aretace polohy pinoly koníka
- 122/ páka přestavování rozváděče přívodu hydraulické kapaliny do rozváděcího bloku
- 134/ hlavní páka přestavování rozváděče přívodu hydraulické kapaliny do rozváděcího bloku /je spojena plochými táhlem s pákou 122 a dalšími dvěma na zadní straně lože stroje/
- 135/ klička ručního podélného posuvu sestavy suportu
- 136/ ručka skříně patky stroje
- 137/ kontrolka hlavního vypínače
- 138/ hlavní vypínač elektrického obvodu /připojeni Zs 151 k el. síti/
- 139/ vypínač elektromotoru čerpadla hydraulického okruhu
- 140/ tlačítka zapnutí/vypnutí okruhu řezné kapaliny
- 141/ šrouby ručního nastavování škrčení přívodů hydraulické kapaliny k hydromotoru posuvu suportu
- 142/ šroub nastavování tlaku přepouštěcího ventilu
- 143/ páka přítlačného trnu západky dělicího mechanismu rotace obrobku




Obr. 3.29 Součásti pro obsluhu stroje (viz popis v kap. 3.8)




3.9 Příslušenství stroje

Seznam příslušenství ke stroji je uveden v tab. 3.30. Jedná se především o výměnné části stroje, které se mění podle ráže obráběné hlavě. Se změnou ráže je svázaná i změna počtu obráběných drážek. Z toho důvodu se musí měnit i některé části stroje spoje s obráběcí soupravou. Jednotlivé součásti jsou také zachyceny ve fotodokumentaci Zs 151.

Tab. 3.30 Příslušenství Zs 151

Seznam příslušenství		
Winston Production, s.r.o.		
	Typ stroje:	kovoobráběcí
	Označení:	Drážkovačka DR 50/3300 (Zs 151)
	Výrobní číslo:	10655
	Rok výroby:	1942
součást:	poznámky:	počet (ks):
výměnná kola dělicího mechanismu (vačka + rohatka)	různé počty drážek rohatky; mění se na základě změny počtu obráběných drážek	7
výměnné rohatky převodovky rotace včetně	při změně počtu obráběných drážek je nutno vyměnit i příslušnou vnitřní rohatku převodovky rotace včetně	7
doplňková příruba (včetně)	lze našroubovat na volný konec včetně se závitem; slouží k doplňkovému upnutí krátkých obrobků	1
výměnné vodící tyče nožové hlavy	odstupňované průměry podle ráží	10
výměnné nožové hlavy s příslušnými sadami nožů	různé průměry a počty nožů; mění se dle obráběné hlavě; nože vlastní výroby	
vodící pravítka (progresivní)	obsahují šablonu s vodící drážkou tvaru části paraboly; pro výrobu progresivního drážkování vodící části vývrtu hlavě	2
rám narážkového mechanismu rozpínání nožové hlavy	obsahuje menší rohatku a část rámu	1
výměnné hroty koníka	-	2
pevná luneta	pevné prsty; uložení na prizmatické vedení pravé části lože	1

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 72
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

4 DOPLŇUJÍCÍ PODKLADY PRO MPBP (ZS 151)

Ve čtvrté kapitole jsou uvedeny doplňující podklady potřebné pro vytvoření „Místního provozního bezpečnostního předpisu“ (dále jen MPBP) pro strojní zařízení Zs 151. Tento předpis nahrazuje v souladu s NV č. 378/2001 Sb. chybějící návod pro používání strojního zařízení.

4.1 Návrh rozsahu MPBP

U starších provozovaných strojů, které nevyhovují normám aktuálně platným pro nově vytvářené zařízení, smí být uplatňován princip, že pokud bezprostředně neohrožují svoje okolí, je povoleno je dále používat podle zvláštních místních pracovních, provozních a bezpečnostních předpisů. Jedním z těchto předpisů je právě MPBP, kterým se definují základní požadavky na bezpečný provoz, obsluhu a práci na zařízeních nebo v jejich blízkosti, dále při aktivitách, jako je provoz, údržba, měření, revize a změny uspořádání nebo struktury.

4.1.1 Opora MPBP v legislativních předpisech

Zpracování potřebných informací pro bezpečnou obsluhu a používání strojních zařízení formou dokumentu MPBP (jako předpisu zaměstnavatele) má oporu především v těchto technicko - právních dokumentech:

- **NV č. 378/2001 Sb.**, o bližších požadavcích na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a náradí, a to v § 2 písm. g): místním provozním bezpečnostním předpisem se rozumí předpis zaměstnavatele upravující zejména pracovní technologické postupy pro používání zařízení a pravidla pohybu zařízení a zaměstnanců v prostorech a na pracovištích zaměstnavatele (v souladu s právem Evropské unie, směrnice 2009/104/ES o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci).
- **Zákon č. 262/2006 Sb.** v § 102 odst. 5 písm. j): udílení vhodných pokynů k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Dále také v § 101 až § 106 odst. 1 a § 108 a zvláštním zákonu (§ 279), kterými je stanoven rozsah informací o bezpečnosti a ochraně zdraví při práci, které je zaměstnavatel povinen se zaměstnanci projednat.

Seznámení se s předpisy a požadavky zaměstnavatele k zajištění BOZP je nutnou a stálou součástí kvalifikačních předpokladů zaměstnance (zákoník práce § 106 odst. 4). Při nástupu do práce je zaměstnavatel povinen se zaměstnance důkladně seznámit s pracovním řádem a s ostatními předpisy k zajištění BOZP, které musí při práci dodržovat.

Pro zaměstnance je potom stanovena povinnost dodržovat veškeré předpisy vztahující se k práci jimi prováděné, pokud s nimi byli řádně seznámeni (zákoník práce § 301). Tato skutečnost platí i pro další osoby, které se s vědomím zaměstnavatele pohybují na jeho pracovištích. Z toho plyne závaznost rozsahu MPBP pro zaměstnance za předpokladu, že byli s jejich rozsahem a významem řádně seznámeni.



4.1.2 Stanovení rozsahu MPBP

NV č. 378/2001 Sb. stanovuje rozsah MPBP pouze rámcově a to v §2 písm. g). Nespecifikuje však dále detailnější požadavky a tak volba obsahu zůstává na pouze na zaměstnavateli. Níže uvedený obsah částečně vychází ze zobecněných myšlenek z Přílohy č. 1 dnes již zrušeného NV č. 170/1997 Sb. a dále pak z harmonizované bezpečnostní normy ČSN EN ISO 12100:2011. MPBP musí být vypracován v českém jazyce a jeho rozsah byl stanoven takto:

- základní informace odpovídající typu zařízení (výrobce, označení série a typu, výrobní číslo, rok výroby apod.),
- informace potřebné pro jeho bezpečné používání (technické parametry stroje),
- předpokládané použití strojního zařízení,
- informace týkající se samotného stroje (popis strojního zařízení, jeho výzbroje a elektrického vybavení),
- informace potřebné pro používání stroje (popis ovládacích prvků, funkce a umístění ovládačů, instrukce pro nastavení a seřízení, popis prostředků pro zastavení pohybů stroje, instrukce pro používání OOPP apod.),
- informace o prostředcích připojení /odpojení/ ke zdrojům energií a jejich umístění,
- stanovení rozsahu a četnosti pravidelných kontrol,
- charakteristika pracoviště a popis místa, které má být obsazeno obsluhou,
- popis technologického postupu pro používání,
- v případě nutnosti popis zakázaných způsobů použití (např. zakázané manipulace)
- vymezení nebezpečných prostorů strojního zařízení,
- instrukce pro seřizování, mazání a údržbu,
- zapracování požadavků bezpečnostních norem, zejména pak ČSN EN ISO 12100:2011 (formou zapracování zbytkových rizik do MPBP vyplývajících z provedené analýzy rizik strojního zařízení) a z toho plynoucí bezpečnostní pokyny,
- informace o příslušenství stroje.

4.2 Kontrola přesnosti ustavení stroje

Jednou z podmínek klidného chodu a výrobní přesnosti stroje je jeho přesné ustavení a vyrovnání na základní desce. Správné ustavení stroje je možné zkontrolovat přesnou vodováhou, která se pokládá na očištěné vodící plochy lože.

Doporučená přípustná úchylka v podélné vodorovnosti je 0,02 až 0,03 mm/1000 mm, vodorovnost příčná 0,02 mm na 1000 mm.

Mimo tohoto měření je možné provést kontrolu rovnoběžnosti axiálního posuvu suportu s osou vřetena v rovině svislé i vodorovné. K tomuto účelu je možné využít trn s válcovou částí dlouhou 500 mm. Při tomto měření jsou doporučené přípustné úchyly v obou rovinách 0,02 mm/300 mm.



4.3 Elektrická výbava

○ Technický popis

Drážkovačka Zs 151 je připojena k nízkonapěťové trojfázové soustavě typu TN-C s provozním napětím 3x400V, 50 Hz. Hnací elektromotor hydrogenerátoru hydraulického okruhu (dále jen M1) o výkonu 1,5 kW je spouštěn přímým přivedením plného napětí ze sítě na statorovou svorkovnici, po vypnutí doběh volný. Spouštění elektromotoru okruhu řezné kapaliny (dále jen M2) je řešeno pomocí stykače a ovládacích prvků, po vypnutí doběh volný. Zásuvka pro osvětlení pracovního prostoru 24 V, 50 Hz, je připojena k transformátoru 400/24 V, 50 Hz, o výkonu 100 VA. Cívka stykače je vinuta pro provozní fázové napětí 230 V mezi fází a středním vodičem. Primár transformátoru je vinut pro provozní sdružené napětí 400 V mezi 2 fázemi.

○ Popis částí elektrické výbavy

Hlavní spínač Q1 slouží k připojení /odpojení/ celé elektrické části Zs 151 na síťové napětí, při čemž přívodní svorky zůstávají pod napětím. Poloha rukojeti spínače na "0" (svislá) značí vypnuto, "I" (vodorovná) zapnuto. Hlavní vypínač je umístěn na přední straně prostřední ustavovací patky a je označen příslušným štítkem.

Signální žárovka H1 hlavního vypínače signalizuje připojení stroje na síťové napětí. Žárovka je napájena fázovým napětím 230 V. Nachází se na přední straně ustavovací patky vedle hlavního vypínače.

Spínač Q2 slouží k připojení /odpojení/ elektromotoru M1 k síťovému napětí. Poloha rukojeti spínače na "0" (svislá) značí vypnuto, "I" (vodorovná) zapnuto. Spínač je umístěn na přední straně ustavovací patky vedle hlavního spínače.

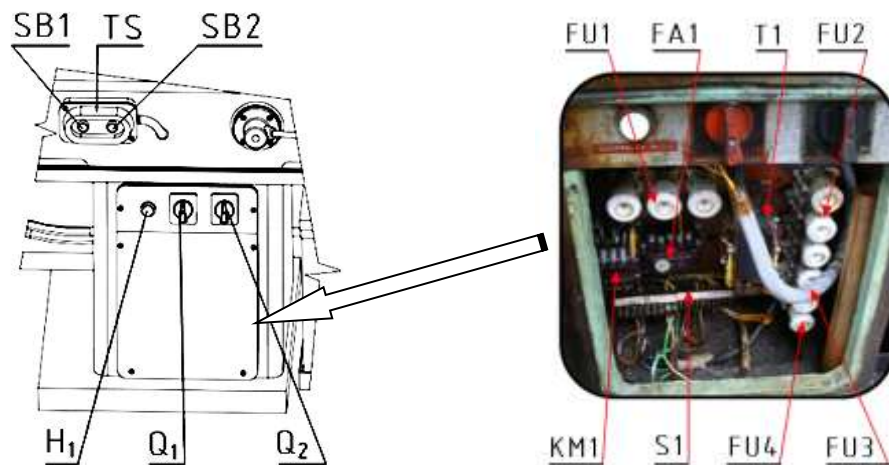
Stykač KM1 pro elektromotor M2 s nadproudovou ochranou F1, která chrání motor před přetížením, je ovládaný tlačítkovým spínačem TS. Stykač je umístěn ve vnitřním prostoru ustavovací patky.

Pozn.: Při poklesu o cca 35% jmenovitého napětí sítě stykač vypne a může být znovu zapnut pouze stisknutím příslušného tlačítka na TS.

Nadproudové relé FA1 je montováno přímo na svorky stykače KM1 a jistí nadproudově motor M2. Při přetížení relé rozpojí obvod ovládací cívky stykače a tím odpojí motor od sítě. Stykač je možné znovu zapnout pouze po restartování relé stisknutím příslušného tlačítka na TS.

Tavné pojistky jsou předřazeny oběma motorům M1 a M2 ve všech třech fázích, dále stykači KM1 ve fázové větvi a také transformátoru T1 v obou fázích primáru. Slouží k hrubé ochraně. Zkratové proudy mohou být podstatně vyšší, než je odpojovací schopnost tepelné ochrany stykače a při plném zkratu by mohl být stykač poškozen, čemuž se předejde hrubou ochranou pomocí tavných pojistek. Hodnoty použitých pojistek je udáno v tabulce 4.3.

Tlačítkový spínač TS slouží ke spouštění /zastavení/ motoru M2 prostřednictvím stykače KM1. levé tlačítko "0" slouží k zastavení, "I" ke spuštění. Tlačítkový spínač je umístěn na levé části lože stroje, nad ustavovací patkou.



H₁ - signalizační žárovka; Q₁ - hlavní spínač; Q₂ - spínač motoru M1; TS - tlačítkový spínač; SB1 - start motor M2; SB2 - stop motor M2; KM1 - stykač; S1 - svorkovnice; FA1 - nadproudové relé; T1 - transformátor; FU1, FU2, FU3, FU4 - pojistky

Obr. 4.1 Elektrická výbava Zs 151

○ Udržování stykačů

Odstraňte vyfoukáním prach ze součástí stykače a nadproudové ochrany, kterými prochází proud. Výměna kontaktů zahrnuje nahrazení jak pevných, tak i pohyblivých kontaktů. Částečná výměna kontaktů působí vadné dosedání, odlišné rozložení tlaků v kontaktech a tím i jejich rychlejší opotřebení.

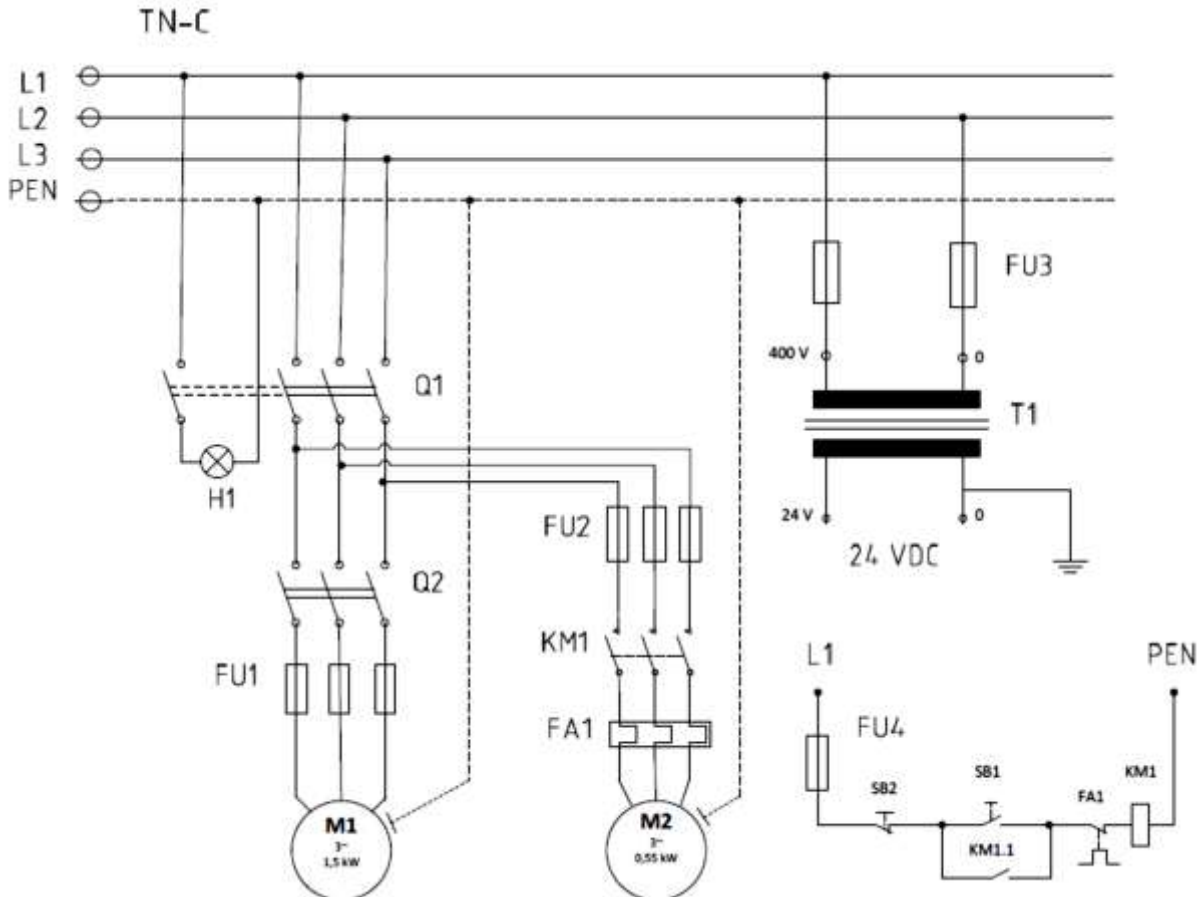
Pozn.: Nejčastější závady:

- *stykač „bručí“ – může vzniknout připojením na nesprávné napětí, přítomností nečistot a prachu, nebo přičením některé pohyblivé části,*
- *stykač nespíná – způsobeno vadným zapojením řídicího okruhu, vadnou předřazenou pojistkou, nebo poškozeným vývodem cívky stykače,*
- *nadproudové relé není v pohotovosti – stisknout tlačítko relé,*
- *motor neběží, přesto že stykač spíná – může být způsobeno závadou na vedení nebo vadnými předřazenými pojistkami,*
- *ochranné relé vypíná okamžitě po zapnutí – zkrat v motoru nebo v přívodech od stykače.*



○ Základní elektrické schéma

Schéma bylo sestaveno na základě použitých prvků elektrického obvodu Zs 151.



Obr. 4.2 Základní elektrické schéma Zs 151

Tab. 4.3 Pojistky

	400 V
FU1	5 A
FU2	2 A
FU3	4 A
FU4	2 A

○ DŮLEŽITÁ UPOZORNĚNÍ

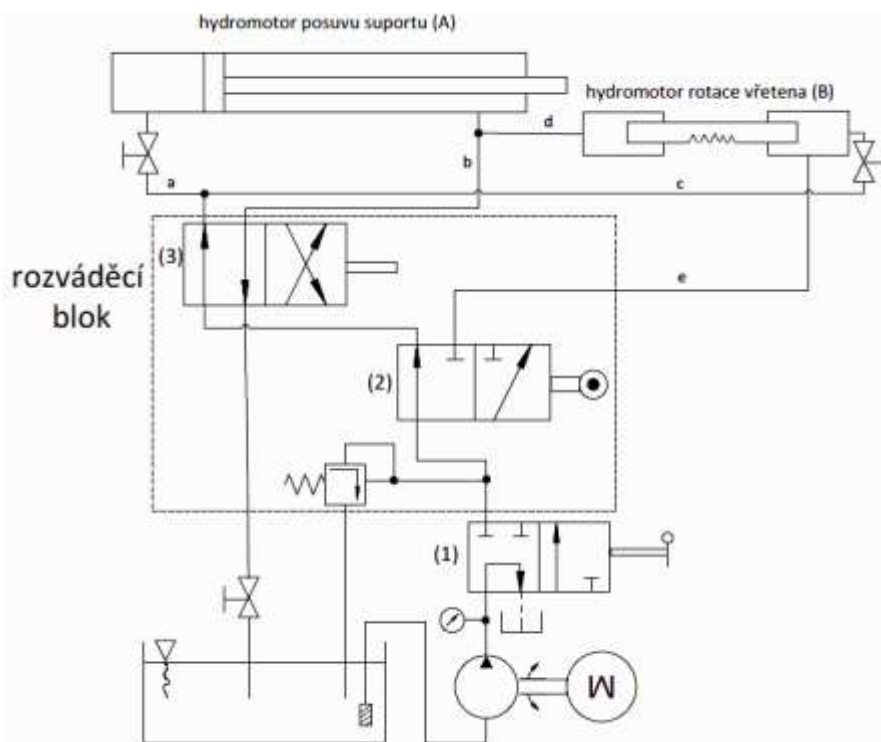
Jakékoliv úpravy v elektroinstalaci Zs 151 se smí provádět pouze při odpojení stroje od sítě hlavním vypínačem Q1 v poloze "0".

Zásahy do elektroinstalace stroje smí provádět pouze osoba s příslušnou elektrotechnickou kvalifikací.



4.4 Funkčního schéma hydraulického okruhu

Jelikož se ke stroji nedochovala žádná dokumentace, vytvořené schéma je pouze orientačním odhadem. Kombinace rozváděčů integrovaných do rozváděcího bloku tak může být odlišná. Toto schéma bylo vytvořeno tak, aby obvod plnil požadované funkce v konkrétním sledu úkonů.



Obr. 4.4 Funkční schéma hydraulického okruhu Zs 151

Slovní popis jednoho pracovního cyklu hydraulického obvodu:

Kapalina je hydrogenerátor nasávána z nádrže a je přiváděna do předřazeného rozváděče (1) před těleso rozváděcího bloku. Ten ve výchozí poloze odklání tok kapaliny zpět do nádrže a hydrogenerátor tak pracuje v odlehčeném stavu. Obsluha stroje ručně přestaví rozváděč (1) pomocí hlavní páky posuvu nebo jedné ze soustavy spřažených pomocných pák. Tím se otevře přívod kapaliny do rozváděcího bloku. Zde protéká přes přepouštěcí ventil, který jistí motor proti přetížení a dále přes druhý rozváděč (2) do hlavního rozváděče (3). Hlavní rozváděč (3) převádí tok kapaliny (ve výchozí poloze schématu) do přívodních větví (a, c) hydromotorů. Přívodem kapaliny do větve (a) se začne vysouvat pístnice hydromotoru posuvu suportu (A) (drážkovací souprava začíná konat pohyb ve zpětném směru - protahování obrobkem). Na stejné tlakové větvi je připojen i přívod kapaliny (c) hydromotoru rotace vřetena (B) a vřeteno obrobku tak začíná konat rotační pohyb. Na vřeteni je ale tvarová vačka přes kterou se přestaví, pomocí hřídele s drážkou a páky druhý rozváděč (2) do opačné polohy. Tím je chvíli zkratován přívod k hydromotoru posuvu suportu (A), zatímco tok kapaliny je přesměrován do třetí přívodní větve (e) hydromotoru rotace obrobku. To znamená, že suport se v danou chvíli nepohybuje a rotace vřetena stále probíhá. Jakmile se vřeteno s obrobkem pootočí o danou rozteč, je vačkou druhý rozváděč (2) přestaven zpět do původní polohy a opět se otevře přívod kapaliny k hydromotoru (A) a suport pokračuje v posuvu. Toto chvilkové pozastavení posuvu nástroje slouží k tomu, aby se stihla



dokonat rotace obrobku a přísuv nožů drážkovací sady dřív, než nožová hlava zajede do vývrtu obrobku a začne odebírat materiál. Po protažení nástroje celým obrobkem dojíždí suport do zadní krajní polohy definované narážkou na táhlu reverzace. Přes narážku je táhlo posunuto suportem a tím dojde (přes soustavu spojených pák) k přestavení hlavního rozváděče (3) do druhé polohy, čímž je reverzován směr pohybu obou hydromotorů. Kapalina je odkloněna do přívodních větví (b, d) a hydromotory jsou přesunuty do výchozí polohy.

4.5 Pracovní technologický postup pro používání

○ Před započítím práce

Před začátkem práce je obsluha stroje povinna provést vizuální kontrolu technického stavu strojního zařízení, jeho přívodů energií, množství a stavu provozních kapalin. Dále je povinna se ujistit, že se v nebezpečných prostorech nezdržuje žádná osoba. Také je povinna na pracovišti odstranit překážky bránící volnému pohybu kolem stroje (palety, krabice, nářadí apod.) a vytvořit pořádek potřebný pro obsluhu stroje za bezpečných podmínek (olejové skvrny na zemi, volně odložené nářadí na stroji atd.). Teprve poté je možné započítí práce na stroji. Při jakékoliv nesrovnalosti práce nesmí být zahájena. O nastalé události je pracovník povinen neprodleně informovat nadřízeného.

○ Seřízení stroje před uvedením do chodu

Veškerá činnost seřízení stroje před jeho uvedením do chodu se smí provádět pouze při odpojeném stroji od sítě hlavním vypínačem v poloze "0".

Podle počtu obráběných drážek vodící části vývrtu hlavně pracovník upevní vnitřní rohatku (80) převodovky rotace vřetena. Rohatka je ukotvena dvěma šrouby s podložkou a na vřetení je zajištěna perem. Rohatku je možné vyměnit po sejmutí dělené příruby (81) povolením jejich spojovacích šroubů. Dále pracovník vymění příslušnou vnější rohatku (72) dělicího mechanismu s potřebným počtem drážek pro západku (73). Vnější rohatku je možné vyměnit po povolení pojistné matice (76). Spolu s rohatkou je vyměněna i vačka (74) dělicího mechanismu.

Poté následuje nastavení stoupání šroubovice drážkování pomocí vyosení vodícího pravítka (9) od podélné osy stroje dle úhlové stupnice na podpěře (19) pravítka. K tomu je nutné povolit matice kotevních šroubů (20) a prostředního čepu (21). Po nastavení požadovaného úhlu je nutné matice opět dotáhnout. Správnost nastavení stoupání je možné zkontrolovat pomocí změření uražené dráhy sestavy suportu po vedení, které přísluší pootočení vřetena drážkovací soupravy o 360°. Pracovník pomocí kliky (135) ručního posuvu posune suport, přičemž pootočení vřetena kontroluje na stupnici úhlového natočení (33). Pro výrobu progresivního drážkování je nutné vyměnit příslušné vodící pravítko. K ukotvení pravítka ke zvedacímu zařízení slouží manipulační otvory (12) na vodícím pravítku. Při této činnosti je obsluha povinna dodržovat bezpečnostní pokyny pro práci se zařízeními pro zdvihání břemen a manipulaci s těžkými předměty.

Následně je nutné namazat vodící drážku pravítka olejem (každou směnu), zkontrolovat stav maziva v maznicích na saních (22) suportu a stav oleje ve skříni vřeteníku (60) pro mazání převodovky broděním. Také je nutné dolít olej do nádoby ve skříni vřeteníku pro přepadové mazání ložisek vřetena a hřídele západky dělicího mechanismu (každou směnu).



- **Uvedení stroje do chodu**

Strojní zařízení je možné uvést do chodu pouze při správném provedení předchozích úkonů a jen záměrným úkonem obsluhy pomocí ovládacích prvků k tomu určených. Stroj se připojí k trojfázové síti přestavením rukojeti hlavního spínače Q1 do polohy "I" zapnuto. Připojení k napětí je indikováno signální kontrolkou H1 vedle hlavního vypínače. Následně se spustí hnací elektromotor hydrogenerátoru hydraulického okruhu přestavením rukojeti spínače Q2 do polohy "I" zapnuto. Po spuštění motoru se nechá cca 5 minut běžet systém naprázdno, aby se okruh natlakoval. Při tom pracovník kontroluje správnou funkci prvků obvodu a jeho těsnost. Přestavením hlavní páky (134) strojního posuvu suportu (nebo jedné sprážené pomocné páky) do svislé polohy se spustí hlavní pohyby stroje naprázdno (bez upnuté drážkovací soupravy a obrobku), aby došlo k odvodušnění hydraulického okruhu a zahřátí na provozní teplotu. Naprázdno se nechá stroj běžet cca 20 minut a pak se stroj zastaví přestavením hlavní páky posuvu do vodorovné polohy.

- **Upnutí obrobku a drážkovací soupravy**

Zavěšený obrobek hlavně na zdvihacím zařízení zasuneme do dutého vřetena stranou s nábojovou komorou napřed. Obrobek upneme do čelistí univerzální upínací hlavy s takovým přesahem, aby zadní čelo nábojové komory (konec obrobku) bylo nad sběrnou nádobou (132). K polohování čelistí upínací hlavy použijeme příslušný klíč. Na opačném konci podepřeme hlaveň za vnitřní průměr pomocí hrotu koníku (96). Vysunutí pinoly koníka je možné pomocí ručního kola (97), aretace polohy pinoly je provedena dotažením páky (98). Po upnutí a vystředění obrobku je možné z něj sejmout manipulační prostředky (vázací textilní popruhy, řetězové úvazky, břemenové magnety). Po pečlivém vystředění obrobkem podepřeme lunetou. Pracovník pomocí kliky ručního posuvu (90) lunetu přesune do žádané polohy podle délky obrobku, manuálně přestaví prsty lunety s rolnami (92). Poté povolí páku aretace polohy (94) koníka a koník odsune. Následně je nutné znovu překontrolovat a případně doladit vystředění a házivost obrobku na jeho obou koncích. Měření se provádí pomocí úchylkoměru na stojánku, který je postavený na plochem vedení (5) levé části lože. Stykové plochy měřidla s obrobkem musí být očištěny od nečistot, aby nedošlo ke zkreslení výsledků. Při procesu ustavování obrobku je nutné dbát na bezpečnostní pokyny pro práci se zdvihacími zařízeními a manipulaci s těžkými břemeny. Následuje upnutí drážkovací soupravy do upínací hlavy (32) na suportu stroje a překontrolování úplnosti nožové hlavy a dotažení zajišťovacího šroubu (59) na vodící tyči (34) spolu s překontrolováním stavu nožů (56) a jejich vsazení v drážkách nožové hlavy.

- **Kontrola sousostí upnutí**

Pomocí kola (41) mechanismu ručního rozpínání nožové hlavy nastavíme na drážkovací soupravě průměr o 0,1 mm menší než je průměr vodící části vývrtu hlavně. Pomocí kliky ručního posuvu (135) suportu manuálním posuvem najedeme drážkovací soupravou k čelu nábojové komory hlavně a opatrně vyzkoušíme, zda je drážkovací souprava správně vystředěna vůči obrobku (aby šla vodící pouzdra nožové hlavy bez kolize s obrobkem vsunout) a jestli je průměr drážkovací soupravy nastavený s dostatečnou vůlí. Pokud ano, ručním posuvem suport vrátíme do výchozí polohy. V případě nesprávného vystředění je nutné opakovat proces



ustavení obrobku. Při nedostatečné vůli mezi noži a vnitřním povrchem obrobku je nutné snížit průměr drážkovací soupravy ručním kolem (41) mechanismu rozpínání.

Bez kontroly vystředění drážkovací soupravy vůči obrobku a potřebné vůle nesmí být využíváno strojního posuvu, protože by mohlo dojít ke kolizi mezi obrobkem a drážkovací soupravou, což by vedlo k poškození obrobku i soupravy.

○ **Dokončovací úkony před samotným obráběním**

Podle délky obrobku předběžně nastavíme polohy narážek na reverzačním táhle (115). Pomocí levého tlačítka "I" na tlačítkovém spínači TS spustíme motor okruhu řezné kapaliny a zpomaleným strojním posuvem najedeme s drážkovací soupravou do krajních poloh. Při tom zkontrolujeme dostatečný přeběh soupravy a doladíme polohu narážek na reverzačním táhlu. Podle koncových poloh nastavíme rovněž správnou polohu sběrných nádob (132) a výtokových trysek (131) okruhu řezné kapaliny. Podle správnosti funkce dělicího mechanismu (natočení o správnou úhlovou rozteč, aby západka (73) zapadla do drážky na rohatce (72)) případně doladíme pomocí regulačních šroubů (66) zdvih hydromotoru rotace vřetena.

Poté opět zpomaleným strojním posuvem přesuneme drážkovací soupravu do přední krajní polohy u ústí hlavně a zastavíme. Ručním kolem (41) mechanismu rozpínání nožové hlavy přidáme 5 dílků podle noniu mechanismu a soupravu protáhneme hlavní. Tento postup opakujeme do doby, než se na nožích soupravy objeví první třísky. Tuto hodnotu průměru si na noniu označíme jako výchozí. Tímto je stroj připraven k obrobení hlavně.

○ **Proces obrábění**

Proces obrábění se odehrává v opakujících se cyklech. Vzhledem k nekompletnosti mechanismu pro automatické rozpínání drážkovací soupravy celý proces provádí obsluha stroje manuálně.

Pracovní cyklus začíná s drážkovací soupravou v zadní krajní poloze na straně nábojové komory (vpravo). Pracovník z nožové hlavy odstraní zachycené třísky a nečistoty, překontroluje stav nožů a hlavy. Odstranění třísek je možné pouze při zastaveném posuvu a pomocí nástrojů k tomu určených. Zároveň je snahou minimalizovat kontakt rukou s řeznou kapalinou, která může způsobit podráždění pokožky. Kolem (41) rozpínání nožové hlavy ubereme na průměru jednou dokola (na noniu 80 dílků) a strojním posuvem projedeme soupravou obrobkem do přední krajní polohy na straně ústí hlavně. Hlavní pákou (134) posuv zastavíme po najetí suportu na levou narážku reverzačního táhla a pootočení vřetena s obrobkem. Překontrolujeme úplnost dotočení a správnou polohu západky (73) dělicího mechanismu (je-li v drážce). Kolem (41) rozpínání přidáme jednou dokola (80 dílků) na výchozí průměr plus přídavek 1 dílek na noniu. Zpomaleným strojním posuvem opatrně najíždíme do ústí hlavně a kontrolujeme plynulost vsunutí nožové hlavy do obrobku hlavně. V případě jakékoliv kolize mezi nožovou sadou a obrobkem neprodleně vypínáme hlavní pákou (134) strojový posuv. Pokud proběhne vsunutí plynule, páku posuvu přestavíme do svislé polohy a plným strojním posuvem protáhneme drážkovací soupravu hlavní. Po najetí do zadní krajní polohy posuv zastavíme. Očistíme soupravu od třísek, u nichž kontrolujeme tvar a velikost (při nepoškozených a správně nabroušených nožích by se měly utvářet spirálové třísky). Tím je dokončen jeden pracovní cyklus.



Vždy po několika provedených cyklech vyčistíme hlaveň a překontrolujeme průměr obrobených drážek a kvalitu jejich povrchu. Celý proces opakujeme až do obrobení drážek na požadovaný průměr podle výrobního výkresu.

4.6 Návrh rozsahu pravidelných kontrol dle MPBP

Cílem provádění pravidelných kontrol je zachování bezpečného stavu stroje a jeho řádného, spolehlivého a hospodárného provozu. Kontroly mohou odhalit různé nedostatky stroje a případně tak předcházet nežádoucím nehodám a poruchám. Rozsah a četnost pravidelných kontrol musí stanovovat dle NV č. 378/2001 Sb. MPBP (nejméně však jednou za 12 měsíců) a jejich provádění a výsledky musí být řádně dokumentovány. Provádění plánu kontrol stroje zajišťuje pověřený zaměstnanec podle předpracovaného harmonogramu v MPBP.

Záznamový formulář o provedené periodické kontrole strojního zařízení je uveden v příloze 3.


► Zásady pro provádění kontrol

1. Při kontrole se musí dodržovat bezpečnostní pokyny.
2. Kontroly provádí zpravidla dvě osoby - údržbář a elektrikář.
3. Zjištěný aktuálního stavu zaznamenají do příslušného formuláře o provedené kontrole.
4. Záznamové dokumenty o provedených kontrolách se zakládají do provozní knihy stroje (případně u odpovědného vedoucího pracovníka v dokumentaci BOZP).
5. O případných opatřeních vedoucích k odstranění zjištěné závady rozhoduje odpovědný pracovník a provede o tomto příslušný zápis do formuláře. U vážnějších a finančně náročnějších zásahů do stroje rozhodne o jejich provedení vedoucí zaměstnanec s odpovídající pravomocí.
6. Část kontroly (stavu pracoviště) provádí pověřený pracovník.

► Rozsah kontroly

Periodickou kontrolu můžeme rozdělit do dvou oblastí.

1. Kontrola samotného strojního zařízení
 - Kontrola mechanického stavu základních částí stroje,
 - při poškození obvykle dochází k porušení soudržnosti materiálu součásti lomem (statickým, cyklickým, únavovým), trhlinami a deformacemi (elastickými /pružnými/, plastickými /trvalými/), stav provozní degradace materiálu, stav opotřebení, koroze, dotažení šroubových spojů apod.
 - Kontrola kluzných ploch lineárních vedení
 - stav opotřebení a povrchu.
 - Kontrola ozubených kol v mechanismech stroje,
 - vylomené a opotřebované zuby, veliké vůle a hlučnost soukolí.
 - Kontrola plynulosti a přesnosti rotace vřeten,
 - možné provést měřením házení, nepřesnosti mohou být způsobené poškozenými či vychozenými ložisky, také opotřebovanými dosedacími plochami ložisek, což může způsobit jejich volné uložení.
 - Manipulační vlastnosti,
 - kontrola rozsahu pohybů.
 - Kontrola plynulosti chodu a těsnosti hydromotorů a hydrogenerátorů.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 82
DIPLOMOVÁ PRÁCE		


- Kontrola těsnosti okruhů provozních kapalin.
- Kontrola stavu provozních kapalin,
 - především míry znečištění a množství.
- Kontrola funkčnosti a úplnosti ovládacích prvků,
 - zda plní svoji funkci a jejich ovládání není ztíženo přílišným mechanickým odporem.
- Revize elektrické výbavy,
 - na základě příslušných elektrotechnických předpisů (ČSN 33 1500 Revize elektrických zařízení; ČSN 33 2000-6 (332000) Elektrické instalace nízkého napětí - Část 6: Revize).
- Kontrola stavu mazání příslušných částí stroje.
- Kontrola stavu a úplnosti příslušenství stroje.

2. Kontrola stavu pracoviště se strojním zařízením,
- volnost a bezpečnost pohybu, pořádek, osvětlení, dostupnost, logičnost uspořádání apod.

► **Obecný postup při zjištění a odstranění závad**

Je-li při kontrole zjištěna závada, je nutné ji před dalším používáním stroje odstranit (např. seřazením, dotažením spojů, výměnou dílu nebo součásti apod.). O dané skutečnosti je nutné provést záznam v příslušném formuláři.

V případě zjištění závažnější závady, která je v rozporu s bezpečným provozem stroje a ochranou zdraví při práci, a která nelze běžným postupem odstranit, je nutné stroj odstavit z provozu a zabezpečit ho před možným uvedením do chodu. Stroj je možné používat až po odstranění zjištěných závad a přezkoušení jeho bezpečného provozu. O způsobu odstranění závad rozhoduje odpovědný vedoucí zaměstnanec.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 83
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5 VIZUALIZACE STROJE ZS 151

5.1 Potřeba vizualizace a její využití

Prvotní myšlenka vizualizace drážkovačky Zs 151 vychází z potřeb technického popisu a vytvářeného návodu pro bezpečné používání stroje. Ten musí obsahovat schémata potřebná pro pochopení funkce stroje, vyobrazení ručních ovládacích prvků a další informační obrazový materiál. Z těchto nároků vyplynul požadavek na vizualizaci stroje, která potřebný obrazový materiál poskytne.

Kromě využití při tvorbě technického popisu (kap. 3) bude vytvořený model v navazujících pracích použit pro vytvoření virtuální simulace procesu výroby na tomto stroji. Tento záměr vychází z podobného projektu, který vzniknul na institutu American Precision Museum, Vermont [32]. Společností Demonstratives, Inc. byla vytvořena vizualizace výrobního procesu na starším a jednodušším stroji Robinson & Lawrence z roku 1853, který obrábí hlavně principiálně stejnou metodou. Budoucí virtuální simulace stroje Zs 151 bude využívána, kromě prezentačních účelů, taky k výukovým potřebám v předmětu „Hlavňové palné zbraně“ v oblasti technologií drážkování vývrtu hlavní na FSI VUT v Brně. Uplatnění nalezne i při pravidelných seminářích s českými výrobci zbraní a munice pořádaných na půdě fakulty v rámci výuky konstrukce a výroby zbraní, kdy může sloužit k představení práce studentů v této oblasti.

5.2 Tvorba 3D modelu

Vytváření počítačového modelu na základě již existujícího reálného objektu je typická činnost pro reverzní inženýrství, které je charakteristické opačným sledem úkonů oproti běžné konstrukční práci [33]. Pro tento účel by se jako vhodný prostředek digitalizace podoby stroje nabízelo využití 3D skeneru, který funguje na principu kvantování a vzorkování snímaného obrazu. Výstupem 3D digitalizace je datový soubor, jehož vizualizací lze získat relativně dobrý digitální model původního objektu s určitými omezeními rozměrové přesnosti, detailnosti prokreslení a celkové využitelnosti bez aplikace dalších úprav. Tuto metodu vizualizace ale nebylo možné využít, především z důvodu provozu stroje a tedy nemožnosti jej rozebrat pro potřeby skenování.

S ohledem na absenci možnosti hrubších zásahů do stroje byl zvolen způsob ručního vytvoření modelu. Tento postup je navíc výrazně méně náročný na použité vybavení. Výsledný model stroje byl vytvářen v 3D CAD modelovacím prostředí SolidWorks na základě velkého množství provedených měření rozměrů přímo na stroji.

Výraznou nevýhodou zvolené metody vizualizace je ale značná časová náročnost měření a ruční tvorby sestavy modelu. Další významnou nevýhodou je nižší rozměrová přesnost vstupních dat z měření. Bylo využíváno převážně ručního laserového dálkoměru a digitálního posuvného měřítka. Tomuto faktu odpovídá i celková rozměrová přesnost modelu stroje. Ovšem vzhledem ke skutečnosti, že model slouží převážně k vizualizačním a prezentačním účelům a jeho případné využití například při reprodukci stroje se zdá být krajně nepravděpodobné, je rozměrová přesnost modelu stroje k těmto účelům postačující. Některé vnitřní mechanismy stroje jsou uloženy uvnitř skříní, krytů nebo (bez demontáže) na nedostupných místech. Těmito faktory byla limitována možnost detailnosti měření a posléze i prokreslení některých konstrukčních celků stroje. Proto byla tvorba



modelu pojata jako obálková, s co možná největším počtem detailů dle daných možností.

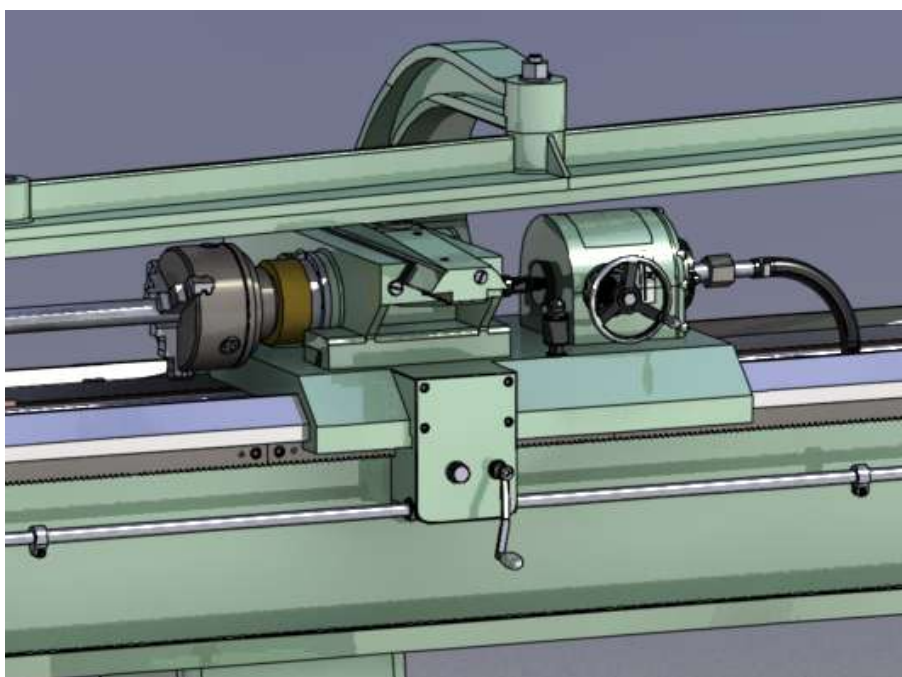
Pro vytvoření počítačového modelu stroje Zs 151 bylo nutné provést zmíněné velké množství rozměrových měření částí a prvků stroje s tím, že každé měření bylo několikrát opakováno tak, aby bylo dosaženo co možná nejlepší přesnosti. Během technické prohlídky stroje byla vytvořena rozsáhlá detailní fotodokumentace, která byla v této části práce intenzivně využívána. Pro modelování konstrukčně-typizovaných součástí bylo využíváno příslušných norem. Některé z nich byly z časových důvodů a možnosti dohledání v technických normách vytvářeny zjednodušeně (šroubové spoje, spojovací prvky okruhů provozních kapalin, elektromotory apod.). Při tvorbě některých částí modelu byly využívány také podklady od obdobných konstrukčních prvků jiných výrobních strojů.

5.3 3D model - ukázky

Zde jsou představeny pouze dva vybrané příklady vizualizace různých konstrukčních uzlů drážkovačky. Více výstupů z tohoto úseku práce je možné nalézt v jednotlivých částech *přílohy 6*. Celkový model stroje Zs 151 je potom součástí elektronických příloh.

○ **Konstrukční uzel stroje: sestava suportu**

Hlavní nosnou částí sestavy suportu jsou saně, které se pohybují po prizmatickém vedení na loži stroje. Na levé části saní je uložen vřeteník s uložením pro vřeteno opatřené univerzální upínací hlavou se třemi čelistmi. Uvnitř skříně vřeteníku je uložena převodovka rotace vřetena a v horní části skříně je umístěno rybinové vedení pro smykadlo. Smykadlo je ve spodní části vybaveno dvěma ozubenými hřebeny, které zabírají do soukolí převodovky. Radiální posuv smykadla je vyvozován pomocí unášecího kamene uloženého ve vodící drážce pravítka. V pravé části sestavy suportu je vidět mechanismus rozpínání nožové hlavy drážkovací soupravy spolu s přívodem řezné kapaliny.

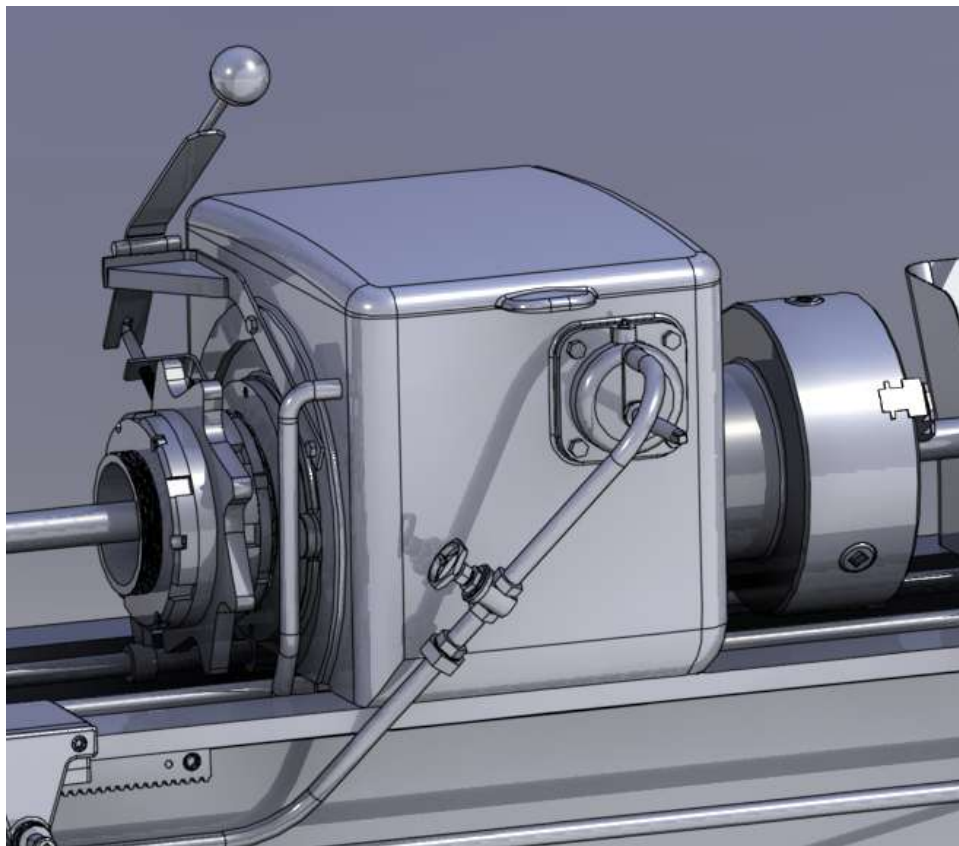


Obr. 5.1 Detail vizualizace sestavy suportu Zs 151




- **Konstrukční uzel stroje: sestava vřeteníku**

Skříň vřeteníku je ukotvena na plochem vedení lože stroje. Uvnitř obsahuje uložení průchozího vřetená, převodovku a lineární hydromotor. Hydromotor vyvozuje rotaci vřetená. Pravá část vřetená je vybavena univerzální upínací hlavou pro ukotvení obrobku hlavně, levá část potom obsahuje dělicí mechanismu pro indexování natáčení obrobku. Z přední a zadní strany jsou ke skříni vřeteníku ukotveny přívody hydraulické kapaliny pro vnitřní hydromotor. V horní části je skříň vybavena výklopným krytem, aby byly přístupny vnitřní mechanismy vřeteníku. V tomto případě není model sestavy vřetená opatřen povrchovými barvami a je zachycen tak, jak je zobrazován v modelovacím prostředí.



Obr. 5.2 Detail vizualizace sestavy vřeteníku (provedení bez povrchových barev)

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 86
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

6 ZÁVĚR

Prvním hlavním cílem předložené DP bylo posouzení technologií drážkování vodící části vývrtu hlavní palných a plynových zbraní. Uvedený úkol byl vyřešen v rámci úvodní (první) kapitoly, která obsahuje ucelený přehled současných metod výroby drážkování vodící části vývrtu hlavní. U každé z těchto metod byly zdůrazněny jejich hlavní výhody a nevýhody. Nejvýraznějším přínosem této části práce je terminologické odlišení radiálního a rotačního kování, které byly doposud v české odborné literatuře souhrnně označovány pouze jako rotační kování ([2], [3], [13]). Kapitola dále obsahuje objasnění poměrně moderní technologie flow formingu, která je v české literatuře, zabývající se výrobou zbraní, zcela opomíjena. V závěru první kapitoly je nad rámec zadání DP okrajově zmíněna i dnes velmi oblíbená technologie vnějšího drážkování, tzv. fluting.

Na základě rozhodnutí vedoucího DP byl dále řešen problém řady výrobců hlavní palných a plynových zbraní, kteří využívají výrobní stroje staré i několik desetiletí a u kterých jsou pouze rámcově, častěji vůbec, plněny aktuální požadavky na bezpečnost a ochranu zdraví obsluhy. Mezi takové výrobce hlavní patří i s FSI VUT spolupracující firma Winston Production, s.r.o. (dále jen Winston). Po poradě s ředitelem firmy jsme zvolili drážkovačku hlavní Zs 151 (dále jen Zs 151) vyrobenou v r. 1942, která je zařazena do skupiny perspektivních strojů. Proto bylo navrženo zahájit proces spojený se splnění legislativních nároků na provoz uvedeného stroje v souladu s aktuálními technicko – právními předpisy pro výrobní stroje.

Na základě uvedeného je ve druhé kapitole provedena analýza technicko – právních předpisů, do jejichž působnosti vybraný zájmový stroj Zs 151 spadá a dále rozbor požadavků plynoucích z těchto předpisů. Požadavky předpisů pro bezpečný provoz strojních zařízení musí být splněny bez ohledu na stáří výrobních strojů. Jejich splnění je ovšem relativně náročným a dlouhodobějším procesem, proto byla práce po dohodě s vedením spolupracující firmy Winston rozfázována na jednotlivé etapy, jež budou řešeny postupně v následujících letech. Dále jsou zde vytyčeny sekundární úkoly vyplývající z potřeb firmy, které byly splněny v rámci této DP ve prospěch stroje na výrobu drážek Zs 151.

Na základě navrženého harmonogramu jednotlivých etap procesu spojených s doplněním technické dokumentace stroje Zs 151 byla vytvořena detailní fotodokumentace stroje a jeho hlavních částí (celkem 158 ks fotografií, které jsou součástí elektronických příloh – seznam viz *příloha 4*).

Dále bylo ve třetí kapitole v rámci vytvořeného technického popisu konstrukce a funkce drážkovačky Zs 151 zpracováno:

1. základní technická charakteristika stroje,
2. vymezení předpokládaného použití stroje,
3. seznam základních technických specifikací stroje,
4. určení hlavních částí stroje a jejich popis,
5. popisná schémata konstrukčních uzlů (lože, vodící pravítko, sestava suportu, mechanismu rozpínání drážkovací hlavy, sestava vřeteníku, luneta, koník, kapaliny a ovládací prvky stroje),
6. popis hydraulického okruhu,
7. popis okruhu řezné kapaliny,
8. popis ručních ovládacích prvků stroje,
9. popis drážkovací soupravy,



10. seznam příslušenství stroje.

Technický popis drážkovačky Zs 151 byl vytvořen na základě provedené technické prohlídky stroje a analýzy konstrukce a funkce jednotlivých celků za plného provozu.

O provedené technické prohlídce byl vyhotoven záznamový formulář, který je uveden v *příloze 2*. Požadavek na realizaci technického popisu stroje pramení především z nutnosti jeho zařazení do provozní dokumentace stroje a z potřeby vstupních podkladů pro budoucí analýzu rizik (požadavek plynoucí z [34], [35], [36]).

Nejpracnější bylo shromažďování potřebných údajů o stroji a vytváření příslušných schémat, která usnadňují orientaci v rámci celého popisu stroje a přidružených textech, proto tuto část považuji rovněž za přínosnou pro praxi.


Pro vytvoření místního provozního bezpečnostního předpisu (dále jen MPBP) byly ve čtvrté kapitole vypracovány tyto praktické výstupy:

1. návrh rozsahu MPBP (na základě analýzy příslušných předpisů),
2. kontrola přesnosti ustavení stroje,
3. technický popis elektrické výbavy stroje (s vytvořením základního elektrického schématu spolu s metodikou údržby některých částí),
4. funkční schéma hydraulického okruhu,
5. pracovní technologický postupu pro používání (úkony před započítáním práce, seřízení stroje před uvedením do chodu, metodika upínání obrobku a drážkovací soupravy, postup kontroly přesnosti upnutí, dokončovací úkony před samotným spuštěním stroje a proces obrábění),
6. návrh rozsahu pravidelných kontrol dle MPBP (včetně vytvoření záznamového protokolu o provedené prohlídce, který je uveden v *příloze 3*).

Závěrečná (pátá) kapitola je věnována splnění druhého hlavního cíle DP – vytvoření CAD modelu zvoleného stroje (vizualizace). V této kapitole je objasněna potřeba vytvoření 3D modelu, jeho využití a v neposlední řadě také i postupy, které vedly ke shromáždění vstupních dat a k jeho vytvoření. Tvorba 3D modelu se v průběhu zpracování DP ukázala jako časově nejnáročnější úsek i přesto, že byl po dohodě s vedoucím DP vytvářen pouze jako obálkový. Tuto část DP považuji za nejpřínosnější pro školení v obsluze stroje a pro výukové potřeby v předmětu „Hlavní palné zbraně“ v oblasti technologií drážkování vývrtu hlavní na FSI VUT v Brně.

Počítačový model je součástí elektronických příloh práce a jeho tištěná podoba je součástí *přílohy 6*. Vytvořený model stroje Zs 151 obsahuje tyto následující hlavní sestavy:

1. sestava lože stroje a jeho ustavení,
2. sestava vodícího pravítka,
3. sestava suportu,
4. sestava vřeteníku,
5. sestava hydraulického okruhu,
6. sestava okruhu rezné kapaliny,
7. sestava lunety,
8. sestava koníka,
9. sestava nárážkového mechanismu rozpínání drážkovací hlavy.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 88
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

6.1 Návrh na pokračování řešené problematiky


Předpokládáme, že na tuto DP bude navazovat analýza rizik strojního zařízení Zs 151. Jedním z významných výstupů této analýzy bude seznam zbytkových rizik, která musí být uvedena v návodu pro používání a údržbu stroje. Teprve po získání výstupů analýzy je možné zformulovat konečnou podobu MPBP pro Zs 151.

Vytvořený 3D model navrhuji v budoucnu využít pro tvorbu virtuální simulace výroby na drážkovačce obdobně, jako tomu bylo v případě projektu na americkém institutu *American Precision Museum* ve Vermontu [32].

Na tuto DP může rovněž navazovat studie možného retrofitingu stroje realizovaná v rámci oborového zaměření na retrofiting a technologičnost konstrukce na ÚVSSR FSI VUT v Brně.


Za vhodné také považuji provést analýzu krátkodobé a dlouhodobé způsobilosti výroby hlavní ve firmě Winston.

Při případném plánovaném odstavení stroje je možné rozšířit a upřesnit technický popis a zároveň zvýšit úroveň detailnosti počítačového modelu vypracovaného v této DP.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 89
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] JANKOVÝCH, R.: Hlavňové zbraně a střelivo. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství - Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky, 2012. 115 s. ISBN 978-80-260-2384-5
- [2] FIŠER, M., PROCHÁZKA, S., ŠKVAREK, J.: Hlavně palných zbraní. Brno: Univerzita obrany, 2006, U-3103.
- [3] LIDMILA, Z., LUKEŠ, J., SVOBODA, E.: Strojírenská technologie II: Technologie ve výrobě zbraní a munice. Brno: Vojenská akademie v Brně, 1999. S-995
- [4] Česká zbrojovka a.s. – Polotovary hlavní [online].c2009-2012 [cit. 2012-10-9]. Dostupné z: < <http://www.czub.cz/cz/catalog/293-ostatni/OP-OP/CZ-polotovary-hlavni.aspx>>
- [5] Hunter Course – Educating hunters online [online]. c2012 [cit. 2012-10-04]. Dostupné z: < <http://www2.huntercourse.com/minnesota/study?chapter=3&page=7>>
- [6] ČSN 39 5020 Náboje a vývrty hlavní – Rozměry, tlaky a energie. Praha: ČNI
- [7] Gfm Beteiligungs- Und Management Gmbh & Co Kg. Schmiedemaschine. EP1008772 B1 [online]. [cit. 2012-10-18]. Dostupné z: <<http://www.google.com/patents/EP1008772B1?cl=de&hl=cs>>
- [8] Robinson, J.S. – The influence of rifling on artillery [online]. [cit. 2012-11-2]. Dostupné z: <http://corregidor.org/acgq/web_redirect_3628.3645.8883/forum_pages/student%20of%20arms/soa_rifling_02.html>
- [9] HOLLEY, A. L.: A Treatise on Ordnance and Armo [online]. [cit. 2012-11-2]. Dostupné: <http://books.google.cz/books?id=DBY5opvFChQC&pg=PA465&lpg=PA465&dq=shunt+rifling+scott+rifling&source=bl&ots=WZCXgc3TAn&sig=ByvwhsNSq2SUIMcPRzOiCByxjZ8&hl=en&sa=X&ei=SGfOT-LoHuOA2wW7zb3FDA&redir_esc=y#v=onepage&q=shunt%20rifling%20scott%20rifling&f=false>
- [10] FIŠER, M.: Malorážové zbraně, Základy konstrukce. Brno: Vojenská akademie v Brně, 2003, U-1172.
- [11] Hawks, Ch. – Rifling twist rate. Remington. [online]. [cit. 2012-11-6]. Dostupné z: < http://www.chuckhawks.com/rifling_twist_rate.htm>
- [12] Higley, J., Briggs, V.: *Notes on Hammer Forget Barrels*. Purdue University Calumet, Hammond.
- [13] Lilja – Precision Rifle Barrels, Inc. [online]. [cit. 2012-11-11]. Dostupné z: < <http://www.riflebarrels.com/>>
- [14] Gün, B., Güveli, I.: RIFLING BY FLOW FORMING – A new developed method for rifling barrels [online]. [cit. 2012-11-10]. Dostupné z: <<http://www.firearmsid.com>>
- [15] MÁDL, J., KAFKA, J., VRABEC, M., DVOŘÁK, R.: Technologie obrábění - 3 díl. Praha: České vysoké učení technické v Praze. Fakulta strojní, 2000. 80 s.
- [16] Kriegers Barrels, Inc. [online]. [cit. 2012-11-16]. Dostupné z: < <http://www.kriegerbarrels.com/>>
- [17] Rocky Mountains Arms, Inc. [online]. [cit. 2012-11-16]. Dostupné z: < <http://www.rockymountainarms.us/>>
- [18] Puškařství Kuna [online]. [cit. 2012-11-16]. Dostupné z: < <http://www.volny.cz/zbrane-kuna/>>
- [19] Winston Production s.r.o [online]. [cit. 2012-11-16]. Dostupné z: < <http://www.winston.cz/>>
- [20] J. Avila – The real benefits of fluting barrels [online]. [cit. 2012-11-17]. Dostupné z: < <http://www.snipercountry.com/articles/realbenefitsbarrelfluting.asp>>
- [21] E. R. Shaw Custom Barrels [online]. [cit. 2012-11-17]. Dostupné z: < <http://www.ershawbarrels.com/scb-fluted-barrels.php>>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 90
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [22] Hart Rifled Barrels, Inc. [online]. [cit. 2012-11-17]. Dostupné z:
< <http://www.hartbarrels.com/barrels.php> >
- [23] Gunworks [online]. [cit. 2012-11-17]. Dostupné z:
< http://www.gunworks.co.nz/news/?page_id=98 >
- [24] FRANĚK, O.: Koncern brněnské Zbrojovky v letech 1939/1945. Brno. 280 s, 47-018-73
- [25] KOLÍBAL, Z., KNOFLÍČEK, R., BLECHA, P., VAVŘÍK, I: Technologičnost konstrukce a retrofiting výrobních strojů. Vysoké učení technické v Brně, 2010. ISBN: 978-80-214-3765-4
- [26] Kolbe, G. – The making of a rifled barrel [online].c2010 [cit. 2012-10-27]. Dostupné z: <<http://www.border-barrels.com/articles/bmart.htm>>
- [27] ČSN EN ISO 12100:2011: Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika. UNMZ červen 2011
- [28] MAREK, J. a kol.: Konstrukce CNC obráběcích strojů. První vydání, 2006. ISBN: 1212-2572
- [29] VAĎURA, J.: Hydraulické a pneumatické mechanismy, skriptum FS VUT v Brně, 1987
- [30] HRDLIČKA, M.: Technologičnost konstrukce součástí vyráběných na NC strojích ORBIS VTEI INPRO Praha, 1988
- [31] BORSKÝ, V.: Základy stavby obráběcích strojů. Skripta, ES VUT Brno, 1986
- [32] American Precision Museum [online].c2013 [cit. 2013-04-2]. Dostupné z: < <http://www.americanprecision.org/> >
- [33] PÍŠKA, M.: Speciální technologie obrábění. Vysoké učení technické v Brně, 2009. ISBN: 978-80-214-4025-8
- [34] EUR-lex. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES ze dne 17. Května 2006, o strojních zařízeních a o změně směrnice 95/16/ES.* [online] 2008, [cit. 2013-4-5]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/cs/oj/2006/l_157/l_15720060609_cs00240086.pdf>
- [35] *Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., kterým se stanoví bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí.*
- [36] *Zákon č. 262/2006 Sb. (zákoník práce)*
- [37] *Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.*
- [38] *Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.*
- [39] MM Průmyslové spektrum: *Nařízení vlády č. 378/2001 Sb. – konec průmyslu v Čechách?* Článek v rubrice Servis/Legislativa. Duben 2002. Číslo článku: 020422
- [40] MM Průmyslové spektrum: *Management rizik v konstrukci výrobních strojů.* Speciální vydání, září 2009. ISSN: 1212-2572

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obr. 1.1 Hlaveň a její nábojová komora pro náboj s drážkou.....	11
Obr. 1.2 Řez hlavní s vymezením základních částí.....	12
Obr. 1.3 Ukázka polotovarů hlavní	13
Obr. 1.4 Drážky a pole drážkované hlavně	14
Obr. 1.5 Řez 105mm tankovou hlavní L70	14
Obr. 1.6 Schémata nejznámějších drážkování hlavní 19.století.....	15
Obr. 1.7 Nejpoužívanější tvary drážkování	16
Obr. 1.8 Detail pravoúhlých drážek	16
Obr. 1.9 Detail lichoběžníkové drážky	17
Obr. 1.10 Detail polygonálního drážkování	17
Obr. 1.12 Graf pro konstantní závit drážek	18
Obr. 1.13 Graf pro progresivní závit drážkování.....	19
Obr. 1.14 a) radiální kování (GMF); b) rotační kování	20
Obr. 1.15 a)	20
Obr. 1.15 b)	21
Obr. 1.15 c)	21
Obr. 1.16 Kovací trn pro polygonální vývrt, bez nábojové komory	21
Obr. 1.17 Etapy kování hlavně	22
Obr. 1.18 Protlačování tvářecího trnu	23
Obr. 1.19 Protlačovací trn s kalibrační kuličkou	24
Obr. 1.20 a) dopředný flow forming.....	24
Obr. 1.20 b) zpětný flow forming	25
Obr. 1.21 Fáze procesu flow formingu	25
Obr. 1.22 Detail přetváření materiálu polotovaru.....	26
Obr. 1.23 Detail zubů protahováku.....	27
Obr. 1.24 Celistvý protahovák.....	27
Obr. 1.25 Tažná hlava pro velké ráže	28
Obr. 1.26 Jednobřítý drážkovací nástroj.....	29
Obr. 1.27 Nástrojová soustava pro malorážové hlavně.....	29
Obr. 1.28 Vícebřité nástroje pro drážkování hlavní.....	30
Obr. 1.29 Elektrochemické obrábění	31
Obr. 1.30 Vlevo – rovné drážkování; vpravo – spirálové drážkování	32
Obr. 1.31 „Důlkovaná“ hlaveň	32
Obr. 2.1 Drážkovačka Zs 151.....	33
Obr. 2.2 Logo firmy Winston Production	34
Obr. 3.1 Zobrazení pracovních oblastí Zs 151	41
Obr. 3.2 Prett & Whitney Sine Bar drážkovací stroj.....	42
Tab. 3.3 Hlavní technické specifikace Zs 151	44
Tab. 3.4 Základní části Zs 151	46
Obr. 3.5 Lože Zs 151	47
Obr. 3.6 Rozmístění částí stroje spojených s ložem	48
Obr. 3.7 Detaily vedení na loži Zs 151	49

Obr. 3.8 Schématické znázornění vedení na loži Zs 151	50
Obr. 3.9 Detail ustavovací patky s elektrickým vybavením Zs 151	50
Obr. 3.10 Vodící pravítko	51
Obr. 3.11 Výměnná vodící pravítka pro výrobu progresivního drážkování.....	52
Obr. 3.12 Uložení vodícího pravítka.....	53
Obr. 3.13 Sestava suportu Zs 151	53
Obr. 3.14 Sestava suportu	54
Obr. 3.15 Vlevo – detail D ukotvení pístnice na saně; vpravo – detail E maznice.....	55
Obr. 3.16 Schématické znázornění vedení	56
Obr. 3.17 Mechanismus rozpínání nožové hlavy	57
Obr. 3.18 Drážkovací souprava Zs 151	58
Obr. 3.19 Náskres drážkovací soupravy	59
Obr. 3.20 Levá strana celku vřeteníku s upnutou hlavní	59
Obr. 3.21 Sestava vřeteníku	60
Obr. 3.22 Levá strana vřetene	61
Obr. 3.23 Převodovka rotace vřetena	62
Obr. 3.24 Luneta a koník Zs 151.....	63
Obr. 3.25 Narážkový mechanismus rozpínání nožové hlavy	64
Obr. 3.26 Části hydraulického okruhu.....	66
Obr. 3.27 Okruh řezné kapaliny	68
Obr. 3.28 Stojan s přívodem řezné kapaliny k přední koncové poloze nástroje.....	69
Obr. 3.29 Součásti pro obsluhu stroje.....	70
Tab. 3.30 Příslušenství Zs 151	71
Obr. 4.1 Elektrická výbava Zs 151	75
Obr. 4.2 Základní elektrické schéma Zs 151.....	76
Tab. 4.3 Pojistky	76
Obr. 4.4 Funkční schéma hydraulického okruhu Zs 151.....	77
Obr. 5.1 Detail vizualizace sestavy suportu Zs 151	84
Obr. 5.2 Detail vizualizace sestavy vřeteníku.....	85



9 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbole:

n	počet drážek	[-]
D	ráže	[cm]
$n_{\dot{u}}$	otáčky na ústí hlavně	[min ⁻¹]
α	úhel stoupání	[°]
$v_{\dot{u}}$	úst'ová rychlost	[m/s]
h	stoupání	[mm]
π	Ludolfovo číslo	[-]
d	průměr drážkovaného vývrtu	[mm]
p_{BD}	tlak na bok pole	[N/mm ²]
R_a	střední aritmetická úchylka profilu	[μ m]
R_m	mez pevnosti	[MPa]
f	součinitel tření	[-]

Zkratky:

r.	roku
CNC	computer numerical control
IT5	toleranční stupeň přesnosti 5
kol.	kolektiv
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
NV	nařízení vlády
č.	číslo
MPBP	místní provozní bezpečnostní předpis
el.	elektrický
BOZP	bezpečnost a ochrana zdraví při práci
OOPP	osobní ochranné pracovní prostředky
CAD	computer added design
FSI	fakulta strojního inženýrství
VUT	Vysoké učení technické
EU	Evropská unie
ČR	Česká republika
DP	diplomová práce



10 SEZNAM PŘÍLOH

Tištěné přílohy:

- Příloha 1 Výroba hlavní
- Příloha 2 Výstupní formulář technické prohlídky
- Příloha 3 Záznamový formulář pravidelných kontrol
- Příloha 4 Seznam fotodokumentace Zs 151
- Příloha 5 Dispoziční výkres Zs 151
- Příloha 6 Výkresy vizualizace konstrukčních uzlů Zs 151

Elektronické přílohy:

- Fotodokumentace stroje Zs 151
- 3D model stroje Zs 151
- Poster diplomové práce



PŘÍLOHA 1

Příloha č. 1 obsahuje oddíly rozšiřující oblast popisu výroby hlavní. Obsahuje vymezení materiálů používaných v konstrukci hlavní a možností úprav jejich povrchů. Dále popisuje další technologie používané ve výrobě hlavní, které předcházejí a následují po samotném procesu drážkování vodící části vývrtu. Cílem přílohy č. 1 je poskytnout případnému méně zkušenému čtenáři v oblasti konstrukce a výroby zbraní širší vhled do obsáhlé problematiky.

Příloha 1 - 1. Základní materiály hlavní

V konstrukcích zbraňových systémů se využívá celá řada různých materiálů. Výběr typu materiálu se odvíjí od funkce, dále od druhu a intenzity namáhání dané součásti. Jelikož hlaveň patří do kategorie nejvíce namáhaných součástí, uplatňují se při jejich výrobě zejména zušlechtné kovové materiály. Obecně musí hlavňové materiály splňovat tyto předpoklady [1]:

- vysoká pevnost,
- dostatečná houževnatost,
- požadovaná tvrdost,
- odolnost vůči tepelnému namáhání (žárupevnost, nízký součinitel tepelné roztažnosti),
- chemická stálost,
- odolnost proti otěru a erozi od prachových plynů,
- dobrá obrobiteľnosť.

Svoje vlastnosti si musí materiál zachovávat i při velkém tepelném rozpětí. Teplota hořících plynů ve vývrtu hlavně se běžně pohybuje v rozmezí 2000 až 2800 K. Z tohoto důvodu je žárupevnost jednou z důležitých vlastností. Zároveň se ale zbraň může ve ztížených podmínkách dostat i do provozu při teplotách okolo -40°C . V této situaci nesmí hlaveň ztratit vrubovou houževnatost (KVC nesmí klesnout pod $20 \text{ J}\cdot\text{cm}^{-2}$). Pevnost materiálu ovlivňuje tloušťku stěn hlavně, která musí odolávat poměrně velkým tlakům (až 500 MPa, u děl i více). Z hlediska životnosti jsou klíčovými charakteristikami odolnost proti otěru a erozi. Jelikož je převážná většina palných zbraní konstruována na dlouhodobý provoz, nesmí být ani tyto specifika opomenuta. Dosažení vysokých hodnot pevnosti oceli dnes není problém, ale limitujícím faktorem je zachování dobré obrobiteľnosti. Nejlépe tyto vlastnosti splňují ocelové slitiny (běžně tříd 11 až 16). Oproti běžným ocelím jsou na ně kladeny velké nároky na homogenitu, čistotu a předepsané chemické složení. Nerovnoměrnosti v průřezu materiálu mohou způsobovat nechtěné deformace při náročném provozu. Přehled základních hlavňových ocelí je možno nalézt v publikaci [1].

V tab. 1 jsou vyobrazeny základní používané přísady a jejich přínos k vlastnostem slitin.

Tab. 1 Hlavní přísady do hlavňových ocelí [1]

prvek	značka	běžný obsah	přispívá k :
chrom	Cr	do 1,5 %	zvýšení žárupevnosti a odolnosti proti otěru
nikl	Ni	do 4 %	snížení poklesu houževnatosti s poklesem teploty
molybden	Mo	do 0,6 %	zmírnění citlivosti k popouštění křehkosti
vanad	V	do 0,3 %	zjemnění zrna



Kromě těchto přísad se používají ještě např. wolfram, titan, křemík nebo měď. Chemické složení, tedy i procentuální obsah přísad, rozhoduje o jejich základních mechanických vlastnostech. Mez pevnosti R_m dosahuje od 750 do 1100 MPa, u vysokovýkonných děl až 1700 MPa. Pevnost se dá dále upravovat tepelným zpracováním, popř. kováním. Přední český výrobce zbraní Česká zbrojovka a.s. [2] vnímá základní oceli na výrobu hlavní dle tab. 2.

Tab. 2 Základní hlavňové oceli – Česká zbrojovka a.s. [2]

Typ materiálu podle DIN	Chemické složení							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	ostatní
32 Cr Mo V 1210	0,3-0,35	0,6 max	0,35	2,8-3,2		0,8-1,2	0,25-0,35	
21 Cr Mo V 511	0,17-0,25	0,3-0,6	0,3-0,6	1,2-1,5	0,6 max	1-1,2	0,25-0,35	
42 Cr Mo 4	0,38-0,45	0,6-0,9	0,4 max	0,9-1,2		0,15-0,3		
14 Ni Cr 14	0,17	0,55	0,4 max	0,75	3,25			
50 Cr V 4	0,5	0,9	0,25	1,1			0,12	Pb
C 45	0,45-0,5	0,5-0,8	0,4 max	0,4 max	0,4 max	0,1 max		

Příloha 1 - 2. Jiné materiály ve výrobě hlavní

Tento přehled poukazuje na nejpoužívanější materiály na výrobu hlavní mimo slitinové oceli. Pro specifické účely se také používají i jiné materiály, nebo jejich kombinace s hlavňovými oceli.

- **Al** – hliník (jako prvek), vzhledem ke svým mechanickým vlastnostem (nízká pevnost a její pokles při ohřevu, malá odolnost proti mechanickému opotřebení) se používá velmi omezeně. Lze prakticky použít pouze pro zbraně s omezeným počtem výstřelů nebo zbraně jednorázové. Proto se častěji používá v podobě hliníkových slitin, zejména pak různých duralů nebo slitin s hořčíkem (pevnost v tahu až 600 MPa, ale pracovní teploty do 300 °C, což je značně limitující).
- **Ti** – titan má dobrý poměr mezi pevností a hmotností (podobně jako dural). Jeho nevýhodou je ale ztráta pevnosti se zvyšující se teplotou a poměrně vysoká cena. Dále při vyšších teplotách (vlivem vysokého součinitele tření f) má sklon k zadírání a tím i k výraznému opotřebování vytvářením mikrospojů v místech styků materiálů a jejich následném porušování vlivem vzájemného pohybu. Dochází k vytrhávání drobných částic z povrchu hlavní a tím k její degradaci. Proto se používá pouze pro nižší stupně tepelného namáhání. Stejně jako hliník, se i titan používá ve formě slitin. Dle typu krystalické struktury se slitiny dělí na alfa fázi (hexagonální mřížka) a beta fázi (kubická – plošně středěná mřížka). Nejběžnější je slitina Ti6Al4V s kombinovanou $\alpha - \beta$ strukturou.
- **Kompozitní materiály** – jedná se o progresivní materiály, uplatňující se v moderních konstrukcích, kde je kladen požadavek na co možná nejmenší hmotnosti. Nejčastěji je využíváno uhlíkového kompozitu, buď v jeho čisté podobě, nebo častěji v jeho kombinaci s ocelovou vložkou hlavně. Karbonový kompozit má dobré vlastnosti co se týká pevnosti v poměru k hmotnosti, tepelné a korozní odolnosti. Nevýhodou uhlíku je jeho křehkost, proto se využívá jeho kombinace s kovovými materiály. Základ tvoří tenkostěnná ocelová nebo duralová hlaveň s vývrtem. Na ni je následně namotán uhlíkový roving (tkanina s křížovou vazbou uhlíkových vláken) v několika vrstvách a prosycen pryskyřicí. Tato směs je v autoklávu (zařízení umožňující vakuové laminování) vytvrzena za běžných teplot, nebo za zvýšené teploty (dle typu pryskyřice). Takto vytvořená hlaveň se může dále



tepelně zpracovat v pecích (tzv. post curing), kdy dojde ke zlepšení mechanických vlastností kompozitu, resp. pryskyřice. Nejznámější výrobci hlavní využívající technologie kompozitů jsou Pac-nor [3] a Christensen [4]. Kromě uhlíku se používá ještě tzv. „fiberglass“ v kombinaci s ocelí. To je kompozitní materiál složený ze skelných vláken a polyesterové živice. Tento kompozit využívá například výrobce Winchester [5].



Obr. 3 Uhlíková hlaveň pro AR15 / M16 [6]

- **Keramika** – patří zde například oxidová zirkoniová keramika, kterou se ve své práci zabývá M. Grujicic a kol. [7, 8]. Její vlastností je výborná odolnost proti vysokým teplotám a mechanickému opotřebení, ale jejímu širšímu praktickému využití brání náchylnost ke tvorbě defektů a celková křehkost.

- **HRSA slitiny** – HRSA (Heat resistant super alloys) se vyznačují extrémní odolností proti teplotním deformacím a dostatečnou pevností a mechanickou odolností. Používají se v třeba v leteckém průmyslu. Existují na bázi niklu (Inconel 718, 706 Waspaloy, Udimet 720 apod.), na bázi kobaltu (Haynes 25, Stellite 31) nebo tantalu (Ta-2.5W) [7, 9]. Jejich výroba je ale velmi nákladná a jejich složení hospodářským tajemstvím výrobců, proto jsou aplikovány pouze ve speciálních případech.

Příloha 1 - 3. Úpravy povrchu hlavní

Rozsáhlou a samostatnou kapitolou jsou materiály na povrchovou úpravu nebo povlakování vývrtu a povrchu hlavní. Nejčastějším účelem úprav povrchů je zvýšení korozivzdornosti, mechanické odolnosti proti otěru nebo zlepšení vnitrobalistických vlastností hlavně. Způsoby úprav povrchu hlavní ručních palných zbraní popisuje ve své publikaci M. Fišer [10].

- **Galvanické chromování / niklování** – dříve nejpoužívanější metoda úpravy vývrtu hlavní, též nazývaná jako „tvrdochrom“. Jedná se o elektrolytické nanášení vrstev na povrch hlavně. Principem je vyloučení kovové vrstvičky při elektrolýze vodného roztoku soli. Tvrdochrom je katodickým typem ochranného povlaku. Chromová vrstvička bývá tlustá do 0,15 mm. Proto je nutné, aby byl vývrt zhotoven o něco větší. Vyloučená vrstvička se opracovává pomocí dokončovacích operací na požadovaný rozměr. Díky dobré otěruvzdornosti a tvrdosti chromové vrstvy je zvýšena životnost hlavně. Jelikož je vrstva vyloučena na povrchu materiálu hlavně (není její součástí), může časem docházet k odlupování. Pro mikrorážové zbraně nelze tuto metodu z technologického hlediska aplikovat.

- **Plynová / plazmová nitridace** – je formou iontového nitridování. Atomární dusík je schopen přes povrchovou absorpční vrstvičku nitridů pronikat (při zvýšené teplotě) do mřížky základního kovu a difundovat dále do oceli. Při iontové nitridaci jsou zpracovávány hlavně uloženy izolovaně ve vakuové nádobě (recipientu) a zapojeny jako katoda. Recipient je zapojen jako anoda a udržuje se v něm snížený tlak zředěné směsi plynů potřebných pro proces nitridace. Nejčastěji je to směs dusíku a vodíku (čpavková atmosféra). Probíhá při teplotách 500 – 550 °C. Proces



nitridování je ovlivněn přesným řízením dávkování množství plynu. U iontové nitridace, která probíhá v silnoproudém doutnavém výboji, se dusík jako nitridační médium vyskytuje v plynné fázi ionizovaných atomů – ve formě plazmy. Metodu plazmové nitridace popisuje Z. Pokorný a kol. [11].

• **Teniferace** – proces se obecně nazývá karbonitridací, protože do povrchu materiálu vstupuje jak dusík, tak uhlík. Solná lázeň (tavenina), v které proces probíhá, obsahuje pouze 1-3% kyanidu, který se v závěru technologie oxiduje na neškodný uhličitán. Teniferace probíhá za předehřevu v solné lázni na 350 °C a prohřátí při samotné teniferaci na 580 °C. V této fázi do materiálu proniká dusík a částečně také uhlík. Oba tvoří sloučeniny s prvky, které jsou v materiálu, tedy nitridy a karbidy. Difúze prvků se časem zastaví, protože se na povrchu vytvoří tzv. sloučeninová vrstva, která zamezí dalšímu pronikání dusíku a uhlíku do povrchu materiálu. Tato vrstva je složená z nitridu železa (FeN) a je silná podle materiálu 5 - 20 mikrometrů. Poskytuje materiálu otěruvzdornost, odolnost proti korozi a tvrdost. Vrstva s nižším obsahem dusíku a uhlíku, která je pod vrstvou sloučeninovou pak poskytuje materiálu pevnost a další mechanické vlastnosti. Povrchová vrstva je teplotně odolná do 540 °C.

U některých zbraní může nastat problém, že jsou vyrobeny z materiálu s větším obsahem legujících prvků, který má popouštěcí teplotu kolem 560 °C. Což znamená, že by během teniferace došlo ke ztrátě tvrdosti, ale i pevnosti. Proto se většinou u částí zbraní, vyrobených z tohoto druhu materiálu, provádí tzv. nízkoteplotní teniferace za snížené teploty. Celková doba procesu nízkoteplotní teniferace ovšem trvá delší dobu.

Teniferace se vyskytuje ve třech modifikacích - Q, QP a QPQ [12]:

- Q = jde o předehřev a karbonitridaci s ochlazením do vody. V tom případě je obrobek šedý. Drsnost povrchu se během karbonitridace zvýší o 2-4 mikrometry, pokud nebyla již před ní vyšší. Dále je možné ochlazování do oxidační lázně, kde dojde k vytvoření cca 1-2 mikrometrů vrstvy oxidů železa, která dává dílcům černý povrch a zvyšuje korozní odolnost. Tím již vrstva nenarůstá.
- QP = pro snížení drsnosti lze jako další stupeň zařadit mechanické opracování (leštění, otryskávání, vibrační, atd.), kdy se odstraní cca polovina vrstvy oxidů a sníží se drsnost na 2 mikrometry. Samozřejmě výsledná drsnost závisí na způsobu mechanického opracování, tedy může být i nižší.
- QPQ = jelikož často dochází k poškození vrstvy oxidů až na sloučeninovou vrstvu, zařazuje se jako poslední stupeň druhá oxidace v oxidační lázni. Pak už jen následuje oplach a konzervace. Druhou oxidací se již drsnost ani síla vrstvy nezvyšuje.

Mezi základní metody úprav vnějších povrchů hlavní potom můžeme zařadit **alkalické černění** (brynýrování) ponořením do vroucího roztoku hydroxidu a oxidujících solí. Nebo **fosfátování**, které se hodí jako konverzní povrch pro následné práškové lakování.



Příloha 1 - 4. Výroba vnitřní části hlavně

Vytvoření vodící části vývrtu a nábojové komory patří mezi nejnáročnější operace výroby hlavně. Od jejich kvality a přesnosti se odvíjí i kvalita zbraně. Vnitřní část hlavně se může vyrobit několika metodami. Jejich volba je odvozena především od materiálových charakteristik hlavně a od požadovaných vlastností a přesnosti zbraně. Za elementární postupy výroby považujeme následující tři (přičemž třetí postup z technologického hlediska přidružíme ke druhému):

- **kováním** z trubkového polotovaru,
- **vrtáním** z plného materiálu,
- **vyvrtáváním** z trubkového polotovaru.

Trubkový polotovar lze získat předvrtáním vnitřní díry z plného materiálu, nebo předlitím díry při odlévání polotovaru. S rozvojem technologií jsme schopni dnes dosáhnout uspokojující přesnosti a kvality všemi výše uvedenými technikami. Proto bývá zvolení metody výroby náročný proces zpravidla podložený technicko – ekonomickou analýzou.

➤ **Kování hlavní**

Objemové tváření zaujímá ve výrobě zbraní tradiční místo. Využívá se jak kování hlavní za studena, zpravidla pro menší ráže, tak i za tepla u větších ráží. Oproti jiným metodám má výhodu ve zvýšení pevnosti materiálu při dostatečném prokování (nedochází k přerušování vláken jako při řezném procesu), dále v odstranění nehomogenit hustoty materiálu, které mohou při zahřívání hlavně způsobovat nechtěné deformace. To se odráží i ve zvýšené životnosti. Dále v produktivnosti výroby, která je výrazně vyšší, než u třískového obrábění. V neposlední řadě i efektivita využití materiálu je u kovaných hlavní příznivější. Avšak pro velmi přesné aplikace mají obráběné hlavně nad tvářenými stále navrch. Navíc zůstává po procesu kování v materiálu napěťový stres, který se musí dalším tepelným zpracováním odstraňovat.

Z hlediska použité technologie můžeme kování hlavní rozdělit na:

- > ***kování velkorážových hlavní,***
- > ***kování malorážových hlavní.***

Kování velkorážových hlavní má svá odlišná specifika a využívá se zpravidla pouze k vytvoření vnějšího tvaru hlavně volným kováním za tepla, která se dále zpracovává obráběním. Tato práce se zaměřuje pouze na kování malorážových hlavní, kde se nejvíce uplatňuje v Evropě za války vyvinutý princip rotačního kování za studena. Tato metoda se realizuje na speciálních rotačních kovacíh strojích s převažující GMF koncepcí. Čtyři kovací nástroje jsou naháněny mechanismy ukotvenými v rámu stroje. Materiál je tvářen jejich dostředivým kmitáním a polotovar je do prostoru kovátek posunován pomocí upínacích kleštin. Tato technologie je detailněji popsána v kap. 1.3.1.

➤ **Hluboké vrtání hlavní**

Hluboké vrtání patří k nejnáročnějším technologiím obrábění kovů. Vyznačuje se totiž vysokými požadavky na celkovou přesnost obrábění. Často je z hlediska úspory času vyžadován velký úběr materiálu při zachování vysoké přesnosti s ohledem na přímost otvoru, rozměrové tolerance a kvalitu obrobeneho povrchu. A to vše při kombinovaném namáhání soustavy obrobek, nástroj a stroj. Výraznou

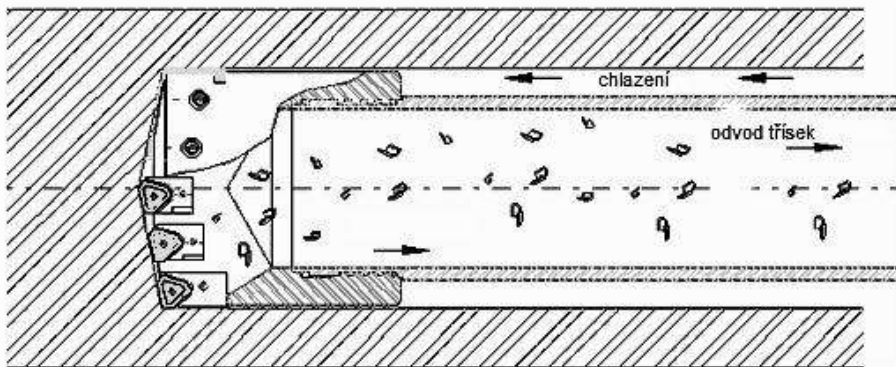


část tvoří namáhání na vzpěr. Zároveň musí být vedení nástroje velmi precizní, aby nedošlo k vytrhání materiálu na vnitřní ploše, nebo k vytvoření stop po nástroji. Tyto náročné podmínky kladou vysoké nároky na kvalitu nástrojů, stroje a jeho příslušenství. V procesu výroby hlavní termín „hluboký otvor“ nabývá zpravidla odlišných rozměrů než je v průmyslu běžné. Hlavně mají běžně poměr délky a průměru (L/D) v rozmezí 50:1 až 100:1 [1]. V mnoha aplikacích je ale tento poměr několikanásobně větší, až 500:1. Vrtání takto hlubokých otvorů, při tolerancích IT8 až IT10 s drsností $R_a = 0,1$ až $3 \mu\text{m}$, je velmi náročné.

Využívá se třech základních technologií hlubokého vrtání:

- **vrtání do plného materiálu**

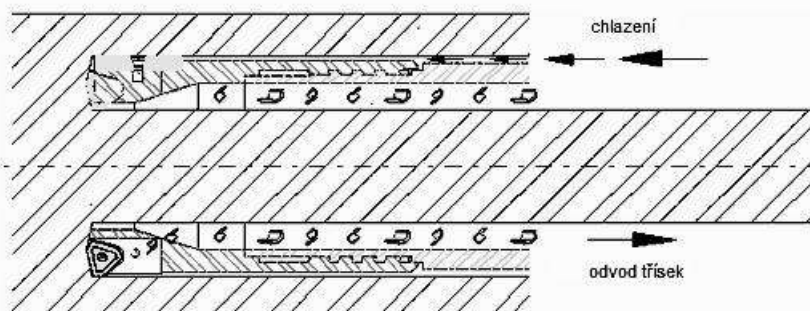
Vrtání do plného materiálu (angl. - solid drilling /boring/) je nejčastější metoda pro malé průměry, používá se k vrtání otvoru v jedné jednoduché operaci. Nejčastěji se stojícím nástrojem a rotací obrobku.



Obr. 4 Detail vrtání do plna [13]

- **vrtání na jádro**

Vrtání na jádro (trepanační vrtání, angl. - trepanning) se užívá hlavně pro velké průměry otvorů, protože požadavky na výkon stroje jsou u něj nižší, než při vrtání do plného materiálu. Trepanace se provádí také v jedné operaci, ale místo odvrtání materiálu ve tvaru třísek zůstává ve středu otvoru jádro.

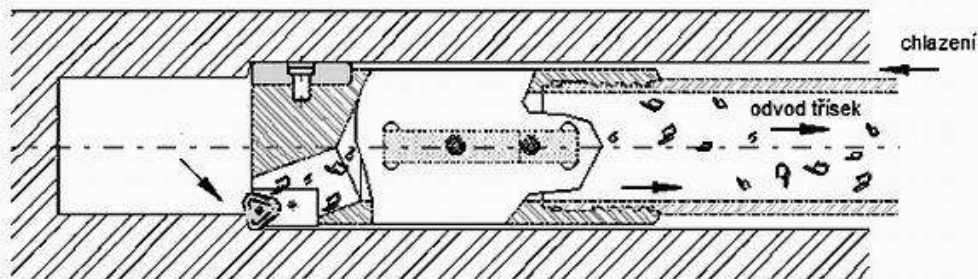


Obr. 5 Detail trepanačního vrtání [13]



o vyvrtávání

Vyvrtávání (rozšíření předvrtaného otvoru, angl. - counterboring) se užívá především pro dosažení lepší drsnosti povrchu a přesnosti otvoru. Jestli je výkon stroje nedostatečný pro vrtání do plného materiálu během jedné operace, otvor se může předvrtat menším vrtákem, a pak rozšířit na konečný průměr tlačným nebo tažným vyvrtáváním. Otvor se může předpřipravit i při odlévání polotovaru.



Obr. 6 Detail vyvrtávání [13]

Vrtání díry pro kování se provádí na větší průměr, než je budoucí ráž zbraně, aby se do ní vešel kovací trn. Naopak pro třískové obrábění drážek vývrtu se vrtá díra menší (přídavek pro hrubování a vystružování, popř. další dokončovací operace). Z důvodu neefektivního využití břitu uprostřed vrtáku (resp. vrtací hlavy), kde se řezná rychlost blíží k nule, se využívá asymetrické geometrie nástroje. Tím ovšem vzniká nevyvážení axiálních a radiálních řezných sil. Proto jsou vrtáky opatřeny opěrnými ploškami, které jednak zachytávají zbytkové radiální síly a zároveň plní funkci vedení ve vrtaném otvoru. Dále bývají nástroje s výměnnými destičkami opatřeny utvářečem třísky, který napomáhá k jejímu dobrému lámání (dělení).

Podle M. Píška [14] se pro vrtání hlubokých otvorů používají tři základní systémy:

- **hlavňový vrták,**
- **systém BTA/STS,**
- **ejektorové vrtání (DTS).**

Oblasti použití různých nástrojů je zobrazeno v tab. 7.

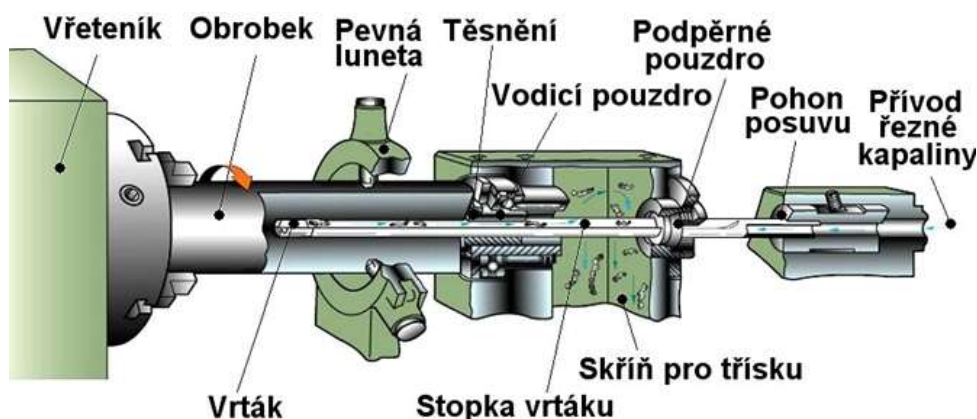
Tab. 7 Přehled nástrojů pro hluboké vrtání [1]

Druh vrtáku	Průměr vrtáku d		Otvor			Řezná kapalina	
	rozsah [mm]	nejčastější použití	hloubka vrtání [mm]	stupeň přesnosti [IT]	drsnost povrchu R_a [μm]	tlak ^{*5} [Mpa]	množství ^{*5} [l min ⁻¹]
Šroubovitý	0,15 - 80	1 - 20	$(5-10)d^{*4}$	12 - 13	6,3 - 15	-	-
	2 - 10	4 - 8	20d	12 - 13	6,3 - 15	-	-
	10 - 40 ^{*1}	16 - 30	10d	12 - 13	6,3 - 15	0,4-0,3	-
Kopinatý (SK)	16 - 250	25 - 80	$10d^{*2}/40d$	13 - 14	15 - 40	0,4-0,3	-
Frézovací (SK)	16 - 75	25 - 60	$(2-3)d$	13 - 14	6,3 - 15	0,4-0,2	20-50
Dělový	0,08 - 25	0,15 - 12	$3d^{*2}/10d$	10 - 11	0,63-1,25	-	-
Hlavňový	1 - 50	4 - 20	200d	8 - 10	0,1 - 3,2	10-5	3-50
BTA	5 - 300 ^{*3}	12 - 200 ^{*3}	100d	8 - 10	1 - 3,2	6-2	50-900
Ejektorový	18 - 500	20 - 200	$(50-100) d$	10 - 12	1,6 - 3,2	2-0,5	50-500
Trepanační	45 - 600	70 - 250	100d	10 - 12	3,2	2-0,3	300-600



• Hlavňový vrták

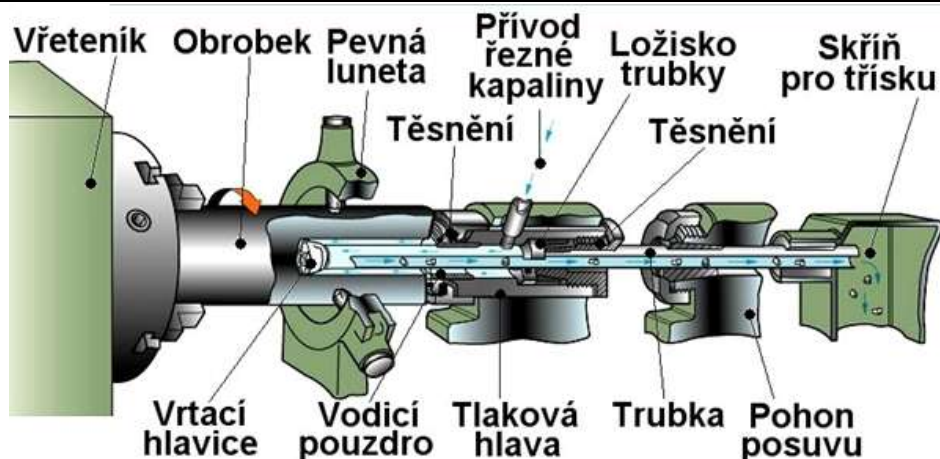
Metoda je vhodná pro menší průměry hlavní (až 50mm do plna) a i pro konvenční obráběcí stroje s dostatečnou délkou lože a výkonem. Vrtáky jsou v provedení jako monolitické (pro malé průměry děr), nebo osazené břitovými destičkami (nejčastěji ze slinutých karbidů). Jako u všech typů vrtání je zde nutné intenzivní chlazení a mazání reznými kapalinami. Zpravidla se tvoří menší třísky (dáno malým posuvem na otáčku). Jelikož vrták nemá symetrické ostří, je nutné do obrobku zhotovit pilotní díry do hloubky $1,5xD$ s mírně větším průměrem, než je průměr vrtáku. Hlavňový vrták se potom zavede (bez rotace obrobku) do předvrtané díry. Kapalina je přiváděna do místa řezu vnitřkem vodící trubky a nástroje (velké množství – 100 l/min při tlaku řádově 10 MPa), třísky jsou odváděny pomocí „V“ drážky na nosné trubce vrtáku. Odvod třísek je největší nevýhodou této technologie, protože může dojít k degradaci obrobeného vnitřního povrchu při pohybu třísek mezi žlábkem a stěnou hlavně. Nástroj je veden v díře pomocí vodiček.



Obr. 8 Vrtání hlavňovým vrtákem [14]

• BTA / STS systém vrtání

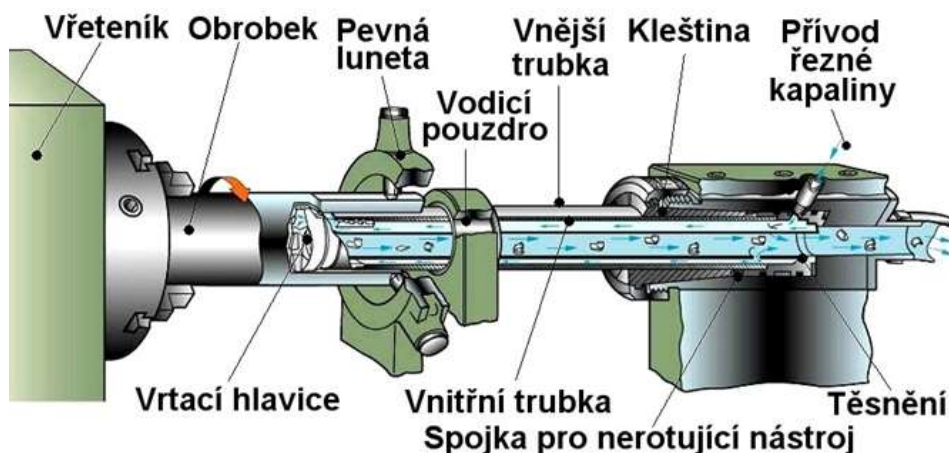
BTA / STS (angl. - Boring and Trepanning Association /Single Tube System/) je metoda hlubokého vrtání pomocí jednotrubkového systému, vhodná pro těžkoobrobitelné materiály, pro materiály se zhoršenou lámavostí třísky a pro průměry děr víc jak 200mm (i pro extrémní délky). Jedná se i o jediný systém vhodný pro vrtání na jádro (trepanační vrtání). Využívají se zde vrtací hlavice s jedním nebo více břity (pájené nebo vyměnitelné). Upínají se pomocí čtyřchodého závitu k nosné tyči. Řezná kapalina je dopravována prostorem mezi nástrojem a vnitřní plochou hlavně (od tlakové hlavy), třísky jsou odváděny vnitřkem vrtací trubky. Pro tuto technologii je potřebný speciální stroj s výkonným chlazením a příslušenstvím. Vyznačuje se velkou tuhostí (větší než DTS) a proto je systém vhodný pro vrtání velmi hlubokých děr. Umožňuje i využití větších posuvových rychlostí a s tím související vyšší výrobní výkonosti. Je také charakteristický lepší kvalitou obrobeného povrchu (běžně Ra 0,1 μ m), minimálním chvěním a vibracemi, minimálními náběhy a přeběhy.



Obr. 9 Vrtání BTA/STS systémem [14]

• Ejektorové vrtání (DTS)

DTS (angl. - Double Tube System) je založen na principu vrtání pomocí dvoutrubkové nosné tyče vrtací hlavy. Způsob upínání nástroje je podobný, ale vrtací systém neobsahuje speciální těsnění mezi obrobkem a pouzdrům, ani tlakovou hlavici. Procesní kapalina je totiž vedena mezi stěnami vnitřní a vnější nosné trubky. Díky vznikajícímu „Venturiho ejektorovému efektu“ (zpětným prouděním kapaliny otvory ve vnitřní trubce vzniká podtlak a dochází k odsávání třísek s kapalinou z místa řezu) nejsou potřebné tak velké tlaky a množství kapaliny. Tato technika se využívá v místech, kde dochází k problémům s těsněním a přerušovaným vrtáním BTA metody. Přesnost dosahovaná pomocí DTS vrtání je nižší (vlivem nižší tuhosti dvoutrubkové tyče) než u BTA/STS.



Obr. 10 Vrtání DTS systémem [14]

Příloha 1 - 5. Dokončování vývrtu hlavně

Pro zlepšení kvalitativních vlastností vyrobeného vývrtu hlavně se využívá několik různých dokončovacích metod. Pro doladění geometrické přesnosti (kruhovitosti, kuželovitosti) se vodící část a nábojová komora vystružují pomocí speciálních nástrojů – výstružníků. Pro dokonalejší kvalitu povrchu se vývrt hlavně může lapovat nebo honovat. Zlepšení mechanických vlastností hlavně se může ještě dodatečně dosáhnout válečkováním (zpravidla u velkorážových hlavně).



○ Vystružování

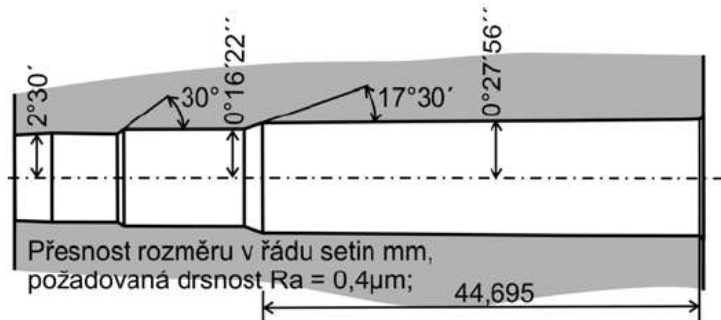
Technologie vystružování [1] (angl. - reaming) slouží ke zlepšení geometrické přesnosti vývrtné hlavy v aplikacích, kde dosahované přesnosti při samotném vrtání nestačí. V těchto případech se vyvrtá otvor s určitým přídavkem pro následné vystružení. V procesu výroby vnitřní části hlavně je tedy technologie vystružování situována po vytvoření vývrtné hlavy a před technologií drážkování vodící části. Procesem vystružení můžeme také snížit přídavek a pracnost honování. Tato metoda se používá pro dokončování jak vodící části hlavně, tak i nábojové komory. Od toho, pro kterou část hlavně je nástroj určen, se odvíjí jeho tvar. Pro vystružování nábojové komory (angl. - chambering) se používají speciální nástroje (angl. - chamber reamer), které mají tvar nábojnice, resp. žádané nábojové komory (obr. 11).



Obr. 11 Výstružník nábojové komory [15]

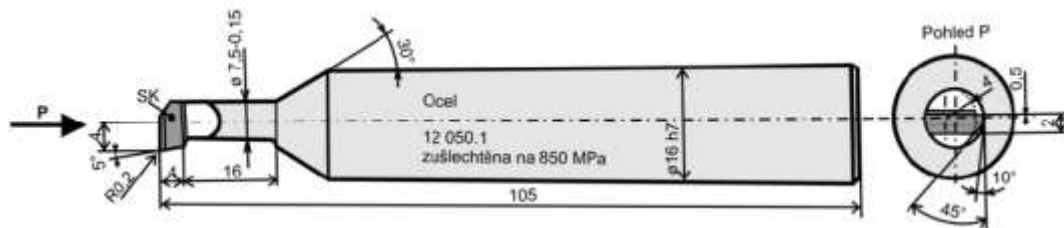
Nástroje pro vystružování vodící části vývrtné hlavy jsou v celistvém provedení z rychlořezných ocelí (HSS) nebo dnes častěji s karbidovými reznými břity, případně s cermentem. Nástroj je uchycen na vodící tyči. Skrz ni je dopravována rezná kapalina do místa obrábění. Pro zajištění přesnosti je nutné, aby byl nástroj s obrobkem dokonale souosý. Proto se někdy používají výstružníky s plovoucím středícím trnem (blokem), které se sami vycentrují. Dále nesmí docházet k ohýbání nebo vibrování nástroje a jeho vedení. Jinak mohou vzniknout na povrchu hlavně stopy od břitů. Jako příslušenství k výstružníku jsou někdy dodávány tzv. „go“ a „no go“ kalibry (obr. 11 „go“ kalibr se zeleným proužkem). Díky nim lze odzkoušet geometrickou přesnost vystružené komory.

Operace vyhrubování a vystružování je také základní metoda výroby kuželových ploch ve vývrtné hlavě. Takto se vytváří spojovací a přechodový kužel v nábojové komoře. Mezi známé výrobce hlavních výstružníků patří firma Pacific Tool & Gauge [16]. Výroba takto tvarově složitých a na přesnost náročných nástrojů je nákladná. Požadované tolerance geometrické přesnosti ploch nábojové komory jsou totiž v řádu setin milimetrů a drsnost povrchu běžně $R_a = 0,8 \mu\text{m}$ viz obr. 12.



Obr. 12 Obrys sduženého kužele nábojové komory [17]

Z ekonomických důvodů lze drahé vystružovací nástroje nahradit obráběním vnitřními noži. Toto nahrazení jinou technologií obrábění může přinést i větší efektivitu s ohledem na výrobní časy. Nahrazení bylo úspěšně realizováno například v dnes již neexistující firmě Zbrojovka Brno. CNC obrábění vnitřními noži bylo aplikováno na výrobu krátkých pistolových hlavních ráže 9mm. Provádělo se hrubování a dokončování vnitřními noži dle předem připraveného programu. Pro hrubování byl použit vnitřní soustružnický nůž s VBD (SK) firmy ISCAR (držák: 80710H SWUBR – 06, VBD: WBMT). Obrábění načisto bylo realizováno vnitřním nožem vlastní konstrukce s břitem z SK (viz obr. 13). Doba vnitřního soustružení trvala méně jak dvě minuty. Díky tomu došlo k značnému snížení času výroby, což se podstatnou měrou projevilo na ceně hotového výrobku. U dělových hlavních se kuželové plochy vytváří většinou pomocí tvarové vrtací hlavy BTA systémem. Tato hlava může být zároveň kombinovaná s válečkovacím nástrojem. Metodou válečkování se zpevňuje vnitřní povrch dělové hlavně.



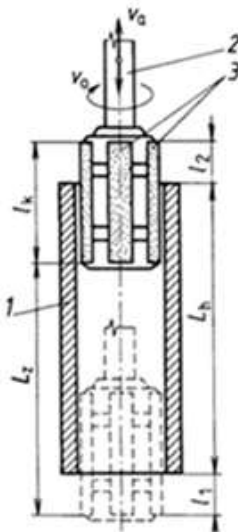
Obr. 13 Dokončovací vnitřní nůž pro výrobu nábojové komory [18]

○ Honování

Při honování (angl. - Honing) se zvyšuje kvalita opracovávaného vývrtu jemným přebroušováním honovacími kameny, které jsou upevněny v honovací hlavě. Honovací hlava provádí přímočarý vratný pohyb ve směru osy otvoru v_a a současně pohyb rotační v_o (obr. 14); na opracovaném povrchu jsou proto paralelní křížující se mikrostopy po brusných zrnech. Oproti klasickému broušení se honování vyznačuje malými přítlačnými tlaky (0,2 až 1,5 MPa). Při honování se vždy používají řezné kapaliny, kdy se využívá jejich schopnost odplavit uvolněná brusná zrna a oddělený materiál.



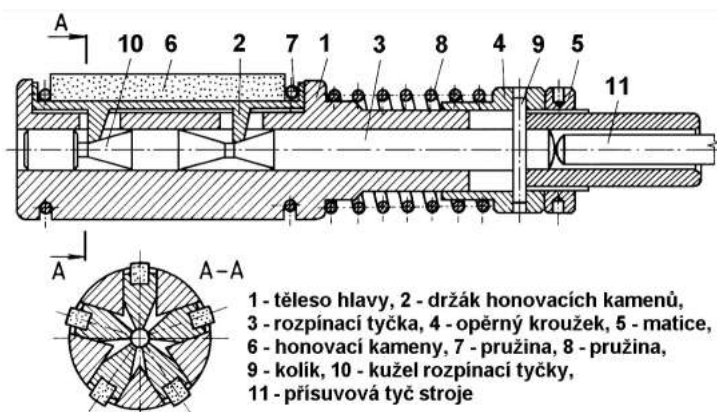
DIPLOMOVÁ PRÁCE



1 - obrobek; 2 - honovací hlava; 3 - honovací kameny

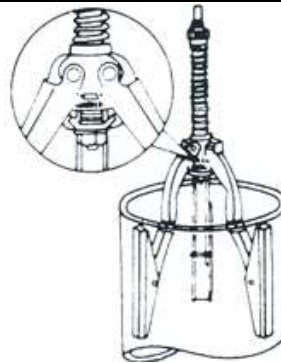
Obr. 14 Schéma vnitřního honování [19]

Přídavky na honování činí 0,02 až 0,20 mm na průměr, poměr mezi obvodovou rychlostí ($20 - 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$) a axiální rychlostí ($4 - 20 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$) se volí zpravidla v rozmezí 1,5 - 4. Dosahovaná přesnost rozměrů podle A. Humára [19] činí IT4 až IT5 a drsnost povrchu $R_a = 0,1$ až $0,2 \text{ } \mu\text{m}$. Přeběh honovacích kamenů přes oba okraje otvoru by měl být v délce cca 1/3 délky kamene. Při nestejném přeběhu vzniká kuželovitá nebo soudečkovitá tvarová nepřesnost okrajů obrobku. Je třeba ale myslet na to, že honováním nelze spravit směr a polohu osy díry. Mezi současné progresivní materiály honovacích kamenů patří syntetický diamant a kubický nitrid bóru. Počet kamenů bývá u nástrojů 3 až 12 podle průměru hlavně.



Obr. 15 Honovací hlava s pěti kameny [19]

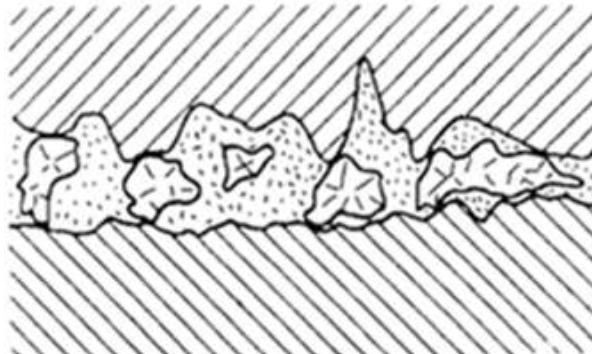
Proces honování se používá u malorážových hlavních jako mezioperace zpřesnění díry před kováním vývrtu nebo před technologií drážkování (pro dobré vedení drážkovacího nástroje). U dělových hlavních se využívá pro zpřesnění vedení protahovacího nástroje na výrobu drážkování. Dále se honování používá i jako dokončovací operace již nadrážkované hlavně (zlepšení tvarové přesnosti polí). V neposlední řadě se honování používá pro zlepšení kvality povrchu před povrchovými úpravami materiálu povlakováním, zejména chromováním. Mezi známé výrobce honovacích hlav pro hlavně patří firma Sunnen [20]. Pro honování vodící části hlavních brokovnic s hladkým vývrtem se hojně používají nástroje dodávané firmy Brownells [21] (obr. 16).



Obr. 16 Flexní nástroj pro honování hlavní brokovnic [21]

○ **Lapování / Leštění**

Lapování (angl. - Lapping) je dokončovací proces typu velmi jemného broušení. Opracování povrchu materiálu je zajištěno volným brusivem, které je ve formě kapaliny nebo lapovací pasty přiváděno mezi pohybující se nástroj a obrobek. Podle charakteru lapovacího procesu ho můžeme rozdělit na hrubovací lapování, kdy dochází k oddělování mikronerovností velkým počtem zrn brusiva a velmi jemné lapování, při kterém se povrch leští. Proto je často velmi složité technologicky jednoznačně vymezit rozdíly mezi lapováním a leštěním (angl. - Polishing). Tyto způsoby se prolínají a liší v literatuře a terminologii podle autorů a různých zdrojů. Jistým kritériem pro rozlišení může být fakt, že při leštění je úběr materiálu velmi minimální a dochází „pouze“ k odstranění stop po předchozím obrábění a možných mirovrstviček oxidů a jiných látek na povrchu hlavně.



Obr. 17 Princip lapování [22]

Ke zlepšení struktury povrchu přispívá i plastická deformace mikronerovností vznikající tlakem pohybujících se brusných zrn. Přítlačný tlak se při lapování volí podle materiálu a pohybuje se dle J. Mádra a kol. [22] v rozsahu od 0,2 MPa (pro hrubovací lapování) až po 0,005 MPa (pro velmi jemné lapování křehkých materiálů). Přidávky na lapování se pohybují běžně v rozmezí 0,005 až 0,03 mm. Jak uvádí ve své publikaci A. Humár [22] dosahované přesnosti se pohybují v řádech IT4 – IT1 a drsnosti povrchu $R_a = 0,4 - 0,01 \mu\text{m}$. Lapovací /leštící/ kapaliny a pasty mají nejrůznější složení. Obsahují brusná zrna nejčastěji z umělého korundu (Al_2O_3 pro broušení ocelí), kubického nitridu bóru nebo syntetického diamantu (pro zvláště tvrdé materiály). Kromě zrn mohou obsahovat živočišné tuky, oleje, petrolej nebo některé druhy kyselin. Kyselina chemicky narušuje povrchovou vrstvu obráběného materiálu a usnadňuje tak jeho opracování.



Lapování a leštění se aplikuje převážně u malorážových zbraní. Z hlediska mechanizace procesu je můžeme rozdělit na:

- **ruční** – využíváno v malosériových a zakázkových výrobcích,
- **strojní** – v sériových výrobcích a větších podnicích; provádí se na speciálních strojích (lapovačka hlavní) s vodorovným uspořádáním (výjimečně vertikálním).

Nástroje se liší podle materiálu a metody použití. Mezi nejpoužívanější patří:

- **olověný odlitek** – do vývrtu se zasune tyč asi 8cm od okraje hlavně, poté se do hlavně ve svislé poloze nalije roztavené olovo; po zchladnutí olova se vytvoří trn (odlitek), který přesně odpovídá vnitřnímu průměru; po vytlačení trnu se do jeho povrchu zatlačí jemné brusivo a po opětovném zavedení do vývrtu se s ním koná střídavý krouživý pohyb se současným posouváním v ose díry,
- **lapovací trn** – pro vylapování díry je potřeba několik pevných lapovacích trnů s odstupňovanými průměry a lapovací olej /pasta/ s jemným brusivem,
- **lešticí kroužky** – kombinace dvou pružných kroužků, kdy vnější je z materiálu s přimíchaným brusivem; na vnitřní kroužek se nasadí vnější a deformací toho vnitřního je vyvozena potřebná přítlačná síla,
- **tvárové nástroje** – pro leštění nábojových komor a kuželových ploch, na povrch nástroje je nanášena smirkovací hmota nebo plátno s brusivem; obrobek koná rotační pohyb a přítlak je většinou vyvozen ručním tlačáním na nástroj.

Lapování a leštění patří ke stěžejním dokončovacím postupům menších výrobců přesných hlavně a výrobců hlavně na zakázku. Nevýhodou je ale velká pracnost, malá produktivita a vysoké náklady na jednotku plochy v porovnání s ostatními dokončovacími metodami obrábění. Proto se nahrazuje u větších výrobců (kde to je možné z hlediska požadované přesnosti a drsnosti povrchu) strojním honováním.

K problematice lapování a leštění se vážou ještě dva další procesy, které většinou provádí až koncoví uživatelé nové zbraně zpravidla pro přesnou střelbu, pokud hlaveň není lapovaná již z výroby. První z nich popisuje F. Bohl [23] – **lapování střelbou** (angl. - Fire – lapping). Jedná se o postup, kdy se systematicky opakuje nanášení lapovací pasty různé jemnosti do vodící části vývrtu a střelba. Celý proces je prokládán čištěním. Nanášení pasty do hlavně lze nahradit speciální municí se střelami povlakovanými brusnými materiály s různou zrnitostí.

Druhým procesem je metoda - **zastřílení hlavně** (angl. - Break – in). Postupy vlastních „break-in“ metod se liší, ale lze je shrnout jako střídavé čištění a lapování po určitém počtu výstřelů. Hlavně se lapují flanelovým hadříkem s nanášenou lapovací pastou, který je namotaný na vytěráku. Po několika protaženích se hlaveň vyčistí čisticími prostředky a znovu se ze zbraně střílí. Někteří přední výrobci hlavně, jako např. G. McMillan [24], ale tento proces nedoporučují, protože výrazně snižuje životnost hlavně. Světoznámý výrobce přesných hlavně Lilja [25] dokonce tvrdí, že se lapováním opotřebí kritická místa hlavně (ústí a přechodový kužel) namáháním od nástroje, a tak se zhorší přesnost zbraně.

Příloha 1 - 6. Seznam použitých zdrojů

- [1] LIDMILA, Z., LUKEŠ, J., SVOBODA, E.: Strojírenská technologie II: Technologie ve výrobě zbraní a munice. Brno: Vojenská akademie v Brně, 1999. S-995
- [2] Česká zbrojovka a.s. – Polotovary hlavní [online].c2009-2012 [cit. 2012-10-9]. Dostupné z: < <http://www.czub.cz/cz/catalog/293-ostatni/OP-OP/CZ-polotovary-hlavni.aspx>>
- [3] Pac-nor Barreling [online].c1998-2012 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: < <http://www.pac-nor.com/>>
- [4] Christensen [online].c2011 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: < <http://www.christensenarms.com/>>
- [5] Winchester Ammunition [online].c2012 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: < <http://www.winchester.com/Pages/Home.aspx>>
- [6] Briley [online].c2012 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: < <http://www.briley.com/ar-15m16carbonfiberhandguard.aspx>>
- [7] The AMPTIAC Quarterly, Volume 8, Number 4 [online].c2004 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <http://ammtiac.alionscience.com/pdf/AMPQ8_4ART08.pdf>
- [8] M. Grujicic, J. R. Delong, W. S. Derosset - Reliability analysis of hybrid ceramic/steel gun barrels [online].c2002 [cit. 2012-10-12]. Dostupné z: < http://myweb.clemson.edu/~gmica/Publications/Ref_99.pdf>
- [9] Heat resistant super alloys – HRSA. Sandvik Coromant [online].c2012 [cit. 2012-10-10]. Dostupné z: <http://www2.coromant.sandvik.com/coromant/pdf/aerospace/gas_turbines/C_2920_18_ENG_009_042.pdf>
- [10] FIŠER, M.: Konstrukce hlavní malorážových zbraní. Brno, 2002
- [11] Pokorný, Z., Hrubý, V., Kusmič, D. – Plazmová nitridace vývrtů hlavní malorážových zbraní. Brno: Univerzita obrany v Brně. Katedra strojírenství [online]. [cit. 2012-10-13]. Dostupné z: <<https://appl.vojenskaskola.cz/Guarantee/Pages/PDF/ShowPublikaceA2.aspx?ID=9f9601ed-8e9b-4de0-805b-3ac96ac08a96>>
- [12] HEF – Durfferit s.r.o [online]. [cit. 2012-11-17]. Dostupné z: <<http://www.hef-durferit.cz/>>
- [13] American Heller corporation [online].c2011 [cit. 2012-10-17]. Dostupné z: <<http://www.americanheller.com/deepholedrilling-tools.html>>
- [14] PÍŠKA, M. a kol.: Speciální technologie obrábění. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2009. ISBN 978-80-214-4025-8
- [15] The Rifelmans Journal [online]. c2012 [cit. 2012-10-24]. Dostupné z: <<http://riflemansjournal.blogspot.cz/>>
- [16] Pacific Tool & Gauge, Inc. [online].c2012 [cit. 2012-10-24]. Dostupné z: <<http://shop.pacifictoolandgauge.com/>>
- [17] Návodka pro mechanické obrábění – hlaveň 35 Whelen. Zbrojovka Brno.
- [18] Nůž. Výrobní výkres číslo 5-249_0627/0. Zbrojovka Brno.
- [19] HUMÁR, A.: Technologie obrábění - 3 část, Interaktivní multimediální text. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2005. 57 s.
- [20] Sunnen [online].c2012 [cit. 2012-10-26]. Dostupné z: <<http://www.sunnen.com/default.aspx>>

- [21] Brownells [online].c2012 [cit. 2012-10-26]. Dostupné z: <<http://www.brownells.com/>>
- [22] MÁDL, J., KAFKA, J., VRABEC, M., DVOŘÁK, R.: Technologie obrábění - 3 díl. Praha: České vysoké učení technické v Praze. Fakulta strojní, 2000. 80 s.
- [23] BOHL, F.: Rifle bore lapping/polishing [online].c2005 [cit. 2012-10-27]. Dostupné z: <<http://www.twincityrodandgun.com/PDF%20files/Rifle%20Bore%20Lapping.pdf>>
- [24] McMillan, G.: How to break-in barrel [online]. [cit. 2012-10-27]. Dostupné z: <<http://www.6mmbr.com/GailMcMbreakin.html>>
- [25] Lilja – Precision Rifle Barrels, Inc. [online]. [cit. 2012-11-11]. Dostupné z: <<http://www.riflebarrels.com/>>


Příloha 1 - 7. Seznam symbolů a zkratk

<i>KVC</i>	vrubová houževnatost	[J·cm ⁻²]
<i>R_m</i>	mez pevnosti	[MPa]
HRSA	Heat resistant super alloys	
<i>L</i>	délka hlavně	[mm]
<i>D</i>	průměr hlavně	[mm]
IT1	toleranční stupeň přesnosti 1	
IT4	toleranční stupeň přesnosti 4	
IT5	toleranční stupeň přesnosti 5	
IT8	toleranční stupeň přesnosti 8	
IT10	toleranční stupeň přesnosti 10	
<i>R_a</i>	drsnost povrchu	[μm]
HSS	High speed steel (rychlořezné oceli)	
VBD	výměnné břitové destičky	
SK	slinutý karbid	
CNC	Computer numerical control (číslicové řízení)	
<i>v_a</i>	přímočarý vratný pohyb honovací hlavy v ose otvoru	[m/min]
<i>v_o</i>	rotační pohyb honovací hlavy kolem její podélné osy	[m/min]

**PŘÍLOHA 2**

Výstupní formulář záznamu technické prohlídky strojního zařízení Zs 151.

DRÁŽKOVAČKA VODOROVNÁ				
Provozovatel			Winston Production, s.r.o.	
NÁZEV A ÚDAJE	JEDN.	ZJIŠTĚNÝ ÚDAJ	FUNKČNÍ SKUPINY	SKUTEČNÝ STAV
Výrobce	-	Zbrojovka Brno	Lože	bez známek nadměrného mech. opotřebení, lokální oprýskání barvy a povrch. koroze
Typ / označení	-	DR 50/3300 (Zs 151)		
Výrobní číslo	-	10655	Vodící pravítko	lokální oprýskání barvy a povrch. koroze, mírné mech. opotřebení vodící drážky
Rok výroby	-	1942		
Pracovní zdvih podélný	mm	3600	Suport	mírné mech. opotřebení funkčních ploch, znečištění od maziv, lokální oprýskání barvy a povrch. koroze
Průměr vrtání vřetene	mm	125		
Max. průměr obrobku	mm	124	Ozubené hřebeny ručního posuvu suportu	plošná povrchová koroze
Max. délka obrobku	mm	3300	Reverzační táhlo	lokální povrchová koroze
Max. průměr obráběné ráže	mm	50	Vřeteník	lokální oprýskání barvy
Max. stoupání	mm/st	380/360	Vřeteno	rovnoměrný chod, mírné opotřebení závitu levé části
Celkový příkon	kVA	4,5		
Připojovací napětí	V	400	Skříň (tříčelistové)	plně funkční
Výkon elektromotoru (hydraulického okruhu)	kW	1,5	Výměnné části převodovky	bez známek výrazného opotřebení
Výkon elektromotoru (okruh řezné kapaliny)	kW	0,55	Dělicí mech. rotace vřetene	plně funkční
Pracovní tlak hydrogenerátoru	MPa	16	Výměnná kola dělicího mech.	bez známek výrazného opotřebení
Prováděné operace	-	drážkování hlavní	Přívody el. energií	bez známek poškození, krytované
Stávající přesnost	mm	0,01	Hydraulický okruh	plně funkční, bez známek netěsností
Využití stroje	%	75		
Poznámky: nekompletní mech. automatického rozpínání nožové hlavy integrovaný na suport, z tohoto důvodu není stroj provozován v automatickém režimu obrábění			Okruh řezné kapaliny	plně funkční, lokální drobné netěsnosti
			Hydromotory	plně funkční, mírné opotřebení pístnic
Fotodokumentace: ANO provedena dne: 14. 11. 2012			Nádrže provozních kapalin	těsnost v pořádku, horší zakrytování (není dosaženo prachotěsnosti)
			Luneta	plně funkční
Technická pomoc při prohlídce: obsluha stroje DR50/3300 (Zs 151)			Koník	plně funkční
			Narážkový mech. rozpínání nožové hlavy	bez známek výrazného mech. opotřebení, lokální oprýskání barvy a koroze
Prohlídku provedl: Petr Loutocký, FSI VUT v Brně			Osvětlení	částečně funkční, nevyužíváno
			Prvky ručního ovládání stroje	všechny plně funkční, bez známek výrazného opotřebení
Datum prohlídky: 14. 11. 2012				

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 112
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Pozn.: Podoba formuláře záznamu technické prohlídky strojního zařízení Zs 151 volně myšlenkově vychází z příkladů uvedených v publikaci [1] a obsahuje základní údaje a stav částí stroje, který byl při prohlídce zjištěn.

Příloha 2 - Seznam použitých zdrojů

- [1] KOLÍBAL, Z., KNOFLÍČEK, R., BLECHA, P., VAVŘÍK, I: Technologičnost konstrukce a retrofiting výrobních strojů. Vysoké učení technické v Brně, 2010. ISBN: 978-80-214-3765-4

Fotodokumentace stroje Zs 151

**PŘÍLOHA 3**

Návrh záznamového formuláře o provedené periodické kontrole strojního zařízení Zs 151.

WINSTON Production, s.r.o.

Hudcova 78

612 00 BRNO

	ZÁZNAM O KONTROLE STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ	Stran
		3

Provozovatel:	Winston Production, s.r.o.
Název stroje:	drážkovačka DR 50/3300 (Zs 151)
Typ:	kovoobráběcí
Výrobní číslo:	10655
Rok výroby:	1942
Výrobce:	Zbrojovka Brno
Umístění stroje:	strojový park

Výsledky kontroly - části		V pořádku	Nedostatek	Poznámka
A. MECHANICKÁ ČÁST STROJE				
1.	mechanický stav základních částí			
2.	plochy kluzných vedení			
3.	ozubená kola (soukolí)			
4.	plynulost chodu vřeten			
5.	manipulační vlastnosti			
6.	chod a těsnost hydromotorů			
7.	chod a těsnost hydrogenerátorů			
8.	stav a těsnost hydraulického okruhu			
9.	stav a těsnost okruhu řezné kapaliny			
10.	stav provozních kapalin			
11.	funkčnost a úplnost ovládacích prvků			
12.	stav mazání			
13.	stav a úplnost příslušenství			
14.	stav a úplnost drážkovacích souprav			



DIPLOMOVÁ PRÁCE

15.				
B. ELEKTRICKÁ VÝBAVA STROJE				
1.	stav izolace přívodů			
2.	funkčnost připojení /odpojení/ stroje od sítě			
3.	ochrana před dotyky živých částí elektroinstalace			
4.	viditelnost a rozpoznatelnost ovládacích prvků			
5.	bezpečnost při výpadku a obnovení přívodu el. energie			
6.	ochrana proti působení vnějších vlivů			
7.	revize elektrické instalace (ČSN 33 2000-6)			
8.	revize elektrických zařízení (ČSN 33 1500)			
9.	stav osvětlení			
10.				
11.				
C. PRACOVISTĚ				
1.	přístup ke stanovišti obsluhy volný			
2.	volný pohyb v okolí stroje možný			
3.	podlaha rovná, pevná, protiskluzová			
4.	odklizení odpadů, čistota pochozích ploch			
5.	otvory v podlaze zakryty			
6.	vybavenost pracoviště OOPP, ustrojení obsluhy			
7.	celkový pořádek na pracovišti			
8.	kvalita osvětlení pracoviště			
9.	hladina hluku a vibrací na pracovišti v normálu			
10.				
11.				

**SOUPIS ZÁVAD A NEDOSTATKŮ****NEPODSTATNÉ VADY**nebrání bezpečnému užívání
(např. estetické vady jako oprýskání barvy, znečištění)**PODSTATNÉ VADY**

brání bezpečnému provozu

Z toho jsou tyto:

ODSTRANITELNÉ

bez výraznějších zásahů do stroje

NEODSTRANITELNÉ

stroj musí být odstaven

SOUPIS PŘIJATÝCH OPATŘENÍ

	Opatření	Odpovědnost	Termín	Poznámka
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

Datum předchozí kontroly:

Datum provedení kontroly:

S výsledky kontroly byl seznámen:

Kontroly provedl:

Formulář vypracoval:

Schválil:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**PŘÍLOHA 4**

Seznam fotodokumentace stroje Zs 151:

Zs151-1	Sestava suprotu
Zs151-2	Mechanismus rozpínání nožové hlavy
Zs151-3	Prizmatické vedení – detail 1
Zs151-4	Prizmatické vedení – detail 2
Zs151-5	Zadní podpěra vodícího pravítka s úhlovou stupnicí
Zs151-6	Úhlová stupnice zadní podpěry
Zs151-7	T-drážka zadní podpěry
Zs151-8	Levá nosná „J“ konzola
Zs151-9	Zadní čelo lože s přívodem řezné kapaliny
Zs151-10	Pravá nosná „J“ konzola
Zs151-11	Spodní strana podpěry
Zs151-12	Detail bloku ručního posuvu suportu
Zs151-13	Táhlo reverzace posuvu suportu
Zs151-14	Kotevní čep „C“ konzoly
Zs151-15	Nosná „C“ konzola
Zs151-16	Zadní strana vřeteníku suportu
Zs151-17	Unášecí kámen smykadla
Zs151-18	Uložení vřetena drážkovací soupravy
Zs151-19	Drážka vodícího pravítka
Zs151-20	Zadní strana suportu
Zs151-21	Detail pístnice
Zs151-22	Teleskopický přívod řezné kapaliny
Zs151-23	Vnitřní prostor pravé části lože
Zs151-24	Vnitřní strana zadního čela lože
Zs151-25	Detail ukotvení pístnice na saně suportu
Zs151-26	Detail tlačného /tažného/ bloku suportu
Zs151-27	Detail ukotvení teleskopického přívodu řezné kapaliny na suport
Zs151-28	Přední uložení vodícího pravítka
Zs151-29	Kotevní drážka vodícího pravítka
Zs151-30	T-drážka přední podpěry vodícího pravítka
Zs151-31	Uložení reverzačního táhla v „J“ konzole
Zs151-32	Spoj děleného lože – detail 1
Zs151-33	Spoj děleného lože – detail 2
Zs151-34	Ukotvení přední části hydromotoru posuvu suportu
Zs151-35	Sběrná nádoba
Zs151-36	Detail drážkovací hlavy
Zs151-37	Označení drážkovací hlavy
Zs151-38	Ustavovací patka stroje
Zs151-39	Název výrobce stroje
Zs151-40	Univerzální upínací hlava vřetena obrobku
Zs151-41	Detail vysouvání pístnice
Zs151-42	Detail ukotvení univerzální upínací hlavy
Zs151-43	Přední strana vřeteníku
Zs151-44	Převodovka rotace vřetena – detail 1
Zs151-45	Převodovka rotace vřetena – detail 2
Zs151-46	Převodovka rotace vřetena – detail 3



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zs151-47	Detail výkyvné kulisy
Zs151-48	Detail páky s kladkou
Zs151-49	Detail vratné pružiny
Zs151-50	Hydromotor rotace vřetena
Zs151-51	Detail uložení vřetena
Zs151-52	Otevřený vřeteník
Zs151-53	Levá část vřetena
Zs151-54	Dělicí mechanismus rotace vřetena
Zs151-55	Rohatka s vačkou
Zs151-56	Prostor pod vřeteníkem
Zs151-57	Detail vnější části skříně vřeteníku
Zs151-58	Pohled skrz duté vřeteno obrobku
Zs151-59	Přední sběrná nádoba
Zs151-60	Tlačítka spuštění /vypnutí/ toku rezné kapaliny
Zs151-61	Patka s elektrickou výbavou stroje
Zs151-62	Průběžné uložení hydromotoru posuvu suportu – detail 1
Zs151-63	Detail žebra v levé části lože stroje
Zs151-64	Průběžné uložení hydromotoru posuvu suportu – detail 2
Zs151-65	Detail přepákování hlavní páky strojního posuvu
Zs151-66	Zadní pomocná páka strojního posuvu
Zs151-67	Zadní strana sběrné nádoby
Zs151-68	Rozvody rezné kapaliny
Zs151-69	Zadní strana lože stroje
Zs151-70	Detail dělicího mechanismu rotace vřetena
Zs151-71	Ploché táhlo pomocných pák strojního posuvu
Zs151-72	Detail ozubeného převodu převodovky rotace vřetena
Zs151-73	Koník - 1
Zs151-74	Koník - 2
Zs151-75	Luneta - 1
Zs151-76	Luneta - 2
Zs151-77	Průběžné uložení hydromotoru posuvu suportu – detail 3
Zs151-78	Detail žebrování levé části lože - 1
Zs151-79	Ozubený hřeben ručního posuvu lunety
Zs151-80	Ovládací prvky rozváděcího bloku
Zs151-81	Přední čelo lože stroje
Zs151-82	Přední čelní strana stroje
Zs151-83	Detail plochého vedení na levé části lože
Zs151-84	Uložení lunety
Zs151-85	Narážkový mechanismus rozpínání nožové hlavy - 1
Zs151-86	Narážkový mechanismus rozpínání nožové hlavy - 2
Zs151-87	Narážkový mechanismus rozpínání nožové hlavy - 3
Zs151-88	Narážkový mechanismus rozpínání nožové hlavy - 4
Zs151-89	Rozváděcí blok – detail 1
Zs151-90	Rozváděcí blok – detail 2
Zs151-91	Rozváděcí blok – detail 3
Zs151-92	Páka rotace pomocné hřídele s drážkou
Zs151-93	Prvky hydraulického okruhu - 1
Zs151-94	Prvky hydraulického okruhu - 2
Zs151-95	Prvky hydraulického okruhu - 3




DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zs151-96	Prvky hydraulického okruhu - 4
Zs151-97	Prvky hydraulického okruhu - 5
Zs151-98	Uložení přední části hydromotoru posuvu suportu
Zs151-99	Pracoviště se strojem Zs 151 - 1
Zs151-100	Pracoviště se strojem Zs 151 - 2
Zs151-101	Pracoviště se strojem Zs 151 - 3
Zs151-102	Ukotvení přední části hydromotoru posuvu suportu
Zs151-103	Přívodní větev hydraulické kapaliny k hydromotoru
Zs151-104	Segment hydromotoru posuvu suportu uložený v loži
Zs151-105	Detail žebrování levé části lože - 2
Zs151-106	Detail uložení lože na ustavovací patku
Zs151-107	Nádrž hydraulické kapaliny
Zs151-108	Umístění nádrže hydraulické kapaliny
Zs151-109	Odvod z nádrže hydraulické kapaliny
Zs151-110	Mechanismus rozpínání nožové hlavy - 1
Zs151-111	Mechanismus rozpínání nožové hlavy - 2
Zs151-112	Mechanismus rozpínání nožové hlavy - 3
Zs151-113	Přívodní větev řezné kapaliny
Zs151-114	Kluzné uložení táhla
Zs151-115	Uložení hřídele s drážkou
Zs151-116	Hydrogenerátor a elektromotor okruhu řezné kapaliny - 1
Zs151-117	Hydrogenerátor a elektromotor okruhu řezné kapaliny - 2
Zs151-118	Výměnné vodící pravítka pro výrobu progresivního drážkování
Zs151-119	Detail kotevního šroubu vodícího pravítka
Zs151-120	Vodící pravítko
Zs151-121	Detail vodící drážky pravítka
Zs151-122	Štítek hnacího elektromotoru okruhu řezné kapaliny
Zs151-123	Hydrogenerátor okruhu řezné kapaliny
Zs151-124	Pevná spojka - 1
Zs151-125	Pevná spojka - 2
Zs151-126	Detail spoje dělené vany
Zs151-127	Svodové potrubí řezné kapaliny
Zs151-128	Uložení zadní části hydromotoru posuvu suportu - 1
Zs151-129	Uložení zadní části hydromotoru posuvu suportu - 2
Zs151-130	Výrobní štítek Zs 151
Zs151-131	Hydrogenerátor a elektromotor hydraulického okruhu - 1
Zs151-132	Hydrogenerátor a elektromotor hydraulického okruhu - 2
Zs151-133	Hydrogenerátor a elektromotor hydraulického okruhu - 3
Zs151-134	Hydrogenerátor a elektromotor hydraulického okruhu - 4
Zs151-135	Hydrogenerátor a elektromotor hydraulického okruhu - 5
Zs151-136	Hydrogenerátor hydraulického okruhu
Zs151-137	Svodové potrubí hydraulické kapaliny
Zs151-138	Potrubí hydraulické kapaliny
Zs151-139	Detail napojení levé tlakové větve hydromotoru rotace obrobku
Zs151-140	Výměnné vodící pravítka pro výrobu progresivního drážkování
Zs151-141	Výměnná kola vřetena - 1
Zs151-142	Výměnná kola vřetena - 2
Zs151-143	Výměnná kola vřetena - 3
Zs151-144	Pomocná pevná luneta



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Zs151-145	Elektroinstalace Zs 151 - 1
Zs151-146	Elektroinstalace Zs 151 - 2
Zs151-147	Elektroinstalace Zs 151 - 3
Zs151-148	Elektroinstalace Zs 151 - 4
Zs151-149	Elektroinstalace Zs 151 - 5
Zs151-150	Elektroinstalace Zs 151 - 6
Zs151-151	Elektroinstalace Zs 151 - 7
Zs151-152	Drážkovací hlavy
Zs151-153	Detail drážek pro nože - 1
Zs151-154	Detail drážek pro nože - 2
Zs151-155	Rozpěrná jehla nožů
Zs151-156	Detail nože - 1
Zs151-157	Detail nože - 2
Zs151-158	Detail nože - 3

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 120
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

PŘÍLOHA 5

Dispoziční výkres stroje Zs 151 s hlavními rozměry:

3 – ZS151 – 01/01

Dispoziční výkres Zs 151



PŘÍLOHA 6

Výkresy vizualizace konstrukčních celků stroje Zs 151:

3 – ZS151 – 01/10	Celkový pohled
4 – ZS151 – 02/10	Detail - suport
4 – ZS151 – 03/10	Detail - vřeteník
4 – ZS151 – 04/10	Detail - luneta
4 – ZS151 – 05/10	Narážkový mechanismus
4 – ZS151 – 06/10	Detail - koník
4 – ZS151 – 07/10	Hydrogenerátor (okruh řezné kapaliny)
4 – ZS151 – 08/10	Hydrogenerátor (hydraulický okruh)
4 – ZS151 – 09/10	Rozváděcí blok
4 – ZS151 – 10/10	Hlavní ovládací prvky