

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování



*Analýza technologického postupu výroby hlavní dlouhých zbraní
v podmínkách ČR*

Analysis of Long Barrel Technology in Condition of ČR

Študent:

Štefan Hladek

Vedúci bakalárskej práce:

doc. Ing. Stanislav Procházka, CSc

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Štefan Hladek**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 50 Lovecké, sportovní a obranné zbraně a střelivo
Téma: **Analýza technologického postupu výroby hlavní dlouhých zbraní v podmínkách ČR**
Analysis of Long Barrel Technology in Conditions of ČR

Zásady pro vypracování:

1. Uved'te základní požadavky na hlaveň dlouhé palné zbraně, na základě toho uved'te, jak lze při výrobě hlavně tyto požadavky naplnit. Proveďte rešerši v oblasti technologií používaných na výrobu hlavní.
2. Popište základní technologické postupy výroby dlouhých hlavní s důrazem na výrobu vývrtu drážkované hlavně. Uved'te stav v podmínkách ČR. Dále uved'te, jaké strojní a nástrojové vybavení je pro tyto metody potřebné a zhodno'te dosahované jakostní a výkonnostní parametry.
3. Uved'te metody pro povrchovou úpravu dlouhých hlavní s důrazem na úpravu povrchu vývrtu hlavně, zejména pro dosahování vysoké životnosti hlavně, a uved'te výrobní metody spojování hlavní do svazků.
4. Analyzujte podrobněji metody výroby vývrtu hlavní protlačováním a rotačním kování zastudena zhodno'te stav v ČR.
5. Zhodno'te možnosti dosahování vyšší jakosti výroby hlavní s důrazem na kvalitu vývrtu v ČR

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.

Petruželka, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 30. 6. 2009 [cit. 2009-30-10]. Dostupný z www: <URL: <http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20ps%C3%A1t%20cerven%202009.pdf>.

Fišer, M., Procházka, S. *Projektování loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2007, 120 s.

Fišer, M.: *Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní*. [Skripta]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2006, 130 s.

Fišer, M., Procházka, S., Škvarek, J. *Hlavně palných zbraní*. [Učebnice]. Brno: UO, FVT, 2006, 201 s.

Souček, F. *Technologie I a II*. [Středoškolská učebnice]. Uherský Brod: COPT, 1996, 300 s.

Lidmila, Z., aj. *Strojírenská technologie II, Technologie ve výrobě zbraní a munice* [Skripta]. Brno: UO v Brně, 1999, 162 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Stanislav Procházka, CSc.**

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prehlásenie diplomanta

Prehlasujem, že som celú diplomovú prácu vrátane príloh vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a uviedol som všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave :.....

.....

Celé meno diplomanta

Prehlasujem, že

- bol som zoznámený s tým, že na moju diplomovú prácu sa v plnom rozsahu vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb. – autorský zákon, hlavne §35 – použitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a použitie diela školského a §60 – školské dielo.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB-TUO) má právo nezárobkove ku svojej vnútornej potrebe diplomovú prácu použiť (§35 odst. 3).
- súhlasím s tým, že jeden výtlačok diplomovej práce bude uložený v Ústrednej knižnici VŠB-TUO k prezenčnému nahliadnutiu a jeden výtlačok bude uložený u vedúceho diplomovej práce. Súhlasím s tým, že údaje o diplomovej práci, obsiahnuté v Zázname o záverečnej práci, umiestenom v prílohe mojej diplomovej práce, budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- bolo zjednané, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzavru licenčnú zmluvu s oprávnením použiť dielo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bolo zjednané, že použiť svoje dielo – diplomovou prácou alebo poskytnúť licenciu k jej využitiu môžu len súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takom prípade od mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).

V Ostrave :.....

.....

Plné meno diplomanta

Adresa trvalého pobytu diplomanta

Bakalárska práca
ANOTÁCIA BAKALÁRSKEJ PRÁCE

HLADEK, Š. *Analýza technologického postupu výroby hlavni dlhých zbraní v podmímkach ČR: bakalárska práca*. Ostrava : VŠB – technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2010, 58 s. Vedúci práce: Procházka, S.

Účelom bakalárskej práce je pojednať o výrobe hlavni a o problematike, ktorá s touto výrobou súvisí. V rešerši sa venujem všeobecne špecifickým technológiám používaným vo výrobe. V ďalších kapitolách popisujem technologicko-výrobný stav používaný v závode CZUB. Niektoré technológie nie sú v podniku aktuálne využívané, preto popisujem ich historický stav a možnosti ich využitia nového. Snažím sa poukázať a porovnať výhody a nevýhody jednotlivých možností vo výrobe hlavni. Text v posledných kapitolách venujem možnostiam dosahovania zvýšenia kvality vývrtu hlavni v nadväznosti na zlepšenie vlastností ako sú životnosť a rozptyl.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

HLADEK, Š. *Analysis of Long Barrel Technology in Condition of ČR : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Faculty of engineering, Department of production machines and construction, 2010, 58 p. Thesis head: Procházka, S.

Main goal of my bachelor thesis deals with production of rifle-barrels and problematics related to particular production. In my resume, i focused on specific technology used in the production process. In next chapters are described tech-production stages used in real company CZUB. Some of the technologies are not currently used in the production process , that is why i describe alternative options of their use. I am trying to compare advantages and disadvantages of particular options in production of rifle-barrels. Last chapters deals with possibilities of quality enhancement of rifle-barrels boring in connection to attributes enhancement such as durability and scattering.

OBSAH:

Zoznam použitých symbolov a skratiek	9
1 Úvod	10
2 Špecifikácia hlavne, základné požiadavky kladené na hlavne dlhej palnej zbrane a rešerš v oblasti technológií	11
2.1 Špecifikácia hlavne	11
2.2 Základné požiadavky kladené na hlavne dlhej palnej zbrane kladené, spôsoby ich plnenia pri výrobe	16
2.3 Rešerš v oblasti technológií používaných na výrobu hlavní	19
2.3.1 Vrtanie hlbokých otvorov	19
2.3.2 Vystružovanie hlbokých otvorov	23
2.3.3 Leštenie hlbokých otvorov	24
2.3.4 Honovanie hlbokých otvorov	25
2.3.5 Výroba drážok drážkovaním	27
2.3.6 Výroba drážok pretáňovaním	28
2.3.7 Výroba drážok pretlačovaním	28
2.3.8 Výroba drážok rotačným kovaním	29
2.3.9 Výroba drážok elektrochemickým obrábaním	29
2.3.10 Výroba nábojovej komory	30
2.3.11 Rovnanie hlavní	31
3 Technologické postupy výroby dlhých hlavní. Strojné a nástrojové vybavenie, akostné a výkonnostné parametre.	32
3.1 Základné technologické postupy výroby dlhých hlavní s dôrazom na výrobu drážkovanej hlavne	32
3.1.1 Príprava polotovaru pre výrobu	32
3.1.2 Výroba hlavní drážkovaním	33
3.1.3 Výroba hlavní pretlačovaním	33
3.1.4 Výroba hlavní kovaním	34
3.1.5 Výroba vonkajšieho tvaru hlavne, nábojovej komory a ústia	35

3.2	Strojné a nástrojové vybavenie a ich akostné a výkonnostné parametre	35
	3.2.1 Pretlačovačka hlavné	36
	3.2.2 Automatický sústruh CNC	36
	3.2.3 Leštička	37
	3.2.4 Kovací stroj.....	38
	3.2.5 Hlavná vrtáčka SIG	39
	3.2.6 Honovací stroj.....	40
4	Metódy pre povrchovú úpravu dlhých hlavné s dôrazom na úpravu povrchu vývrtu. Metódy spojovania hlavné do zväzku.....	40
	4.1 Metódy pre povrchovú úpravu dlhých hlavné	40
	4.1.1 Alkalické oxidačné černenie	41
	4.1.2 Kyslé černenie	41
	4.1.3 Niklovanie	42
	4.1.4 Lakovanie	42
	4.1.5 Chrómovanie	43
	4.1.6 Nitridovanie	43
	4.1.7 Karbonitridovanie, nitrocementovanie	44
	4.2 Metódy spojovania hlavné do zväzku.....	44
5	Analýza metód výroby vývrtu hlavné pretlačovaním a rotačným kovaním za studena.....	47
	5.1 Vrtanie polotovaru	47
	5.2 Pretlačovanie	49
	5.3 Rotačné kovanie	50
6	Zhodnotenie možností dosiahnutia vyššej akosti výroby s dôrazom na kvalitu vývrtu	52
	6.1 Materiál a tepelné spracovanie	52
	6.2 Úprava vodiacej časti vývrtu.....	53
	6.3 Valcové ukončenie ústia	55
	6.4 Povrchová úprava vývrtu	55
7	Záver.....	57
	Literatúra.....	58

Zoznam použitých symbolov a skratiek

V prehľade uvádzam zoznam symbolov a skratiek použitých práci.

Latinská abeceda

1. Veľké písmená:

C_0	[mm ³]	objem začiatočného spaľovacieho priestoru
DP	[mm]	vonkajší priemer polotovaru hlavne
DV	[mm]	vonkajší priemer výkovku
L_H	[-]	dĺžka hlavne
R	[%]	redukčný pomer
S_0	[mm ²]	prierez vodiacej časti

2. Malé písmená:

dp	[mm]	priemer otvoru v polotovare hlavne
dv	[mm]	stredný priemer vývrtu výkovku
l_{sk}	[mm]	nábojový priestor, uzamykacia dĺžka
$n_{\dot{u}}$	[ot·min ⁻¹]	otáčky strely
v_0	[m·s ⁻¹]	začiatočná rýchlosť strely
$v_{\dot{u}}$	[m·s ⁻¹]	úst'ová rýchlosť strely

Grécka abeceda

3. Veľké písmená:

Δ	[mm]	dobeh strely
----------	------	--------------

4. Malé písmená

α	[°]	uhol stúpania drážok
η	[m·s ⁻¹]	súčiniteľ balistického výkonu
χ	[-]	fľašovitosť nábojovej komory

1. Úvod:

Na vývoj hlavne sa vynakladalo a vynakladá značné úsilie s cieľom dosiahnuť čo najvyššie balistické výkony vo vojenskom ako aj civilnom sektore. Prioritami vo výrobe hlavní sú: obohatenie vlastného portfólia, zjednodušenie, zrýchlenie a najmä zlacnenie jej výroby. Sú odrazom konkurenčného boja a značného vplyvu hospodárskej krízy na strojársky priemysel. Naplnenie týchto požiadaviek je zložitou úlohou a vyžaduje dokonalý prehľad a znalosti nových technológií obrábania, z ktorých mnohé sú používané v závode Česká Zbrojovka v Uherskom Brode.

Cieľom mojej práce je pojednať o stavbe hlavne a rekapitulovať problematiku výroby hlavní ako aj pojednávanie o možnostiach zvyšovania akosti hlavní vo výrobe. V prvých častiach práce popisujem účel a stavbu hlavne, venujem sa tiež všeobecne rešerši technológii v oblasti výroby hlavní. V ďalších kapitolách popisujem technologické postupy používané pri ich výrobe, kapitolu člením podľa toku materiálu vo výrobe. Ďalej v krátkosti predstavujem strojné a nástrojové vybavenie potrebné na výrobu hlavní. Zameriavam sa najmä na ich technické, výkonnostné a akostné parametre. Neuvádzam všetky stroje, potrebné na výrobu hlavní, ale snažím sa popísať stroje špeciálne a jednoúčelové.

Ďalej popisujem jednotlivé metódy povrchových úprav vonkajšieho povrchu a povrchu vývrtnu. Závere kapitoly venujem metódam spojovania hlavní do zväzku. V následnej kapitole podrobnejšie analyzujem výrobu kovaného a pretlačovaného vývrtnu, zhodnocujem možnosti využitia jednotlivých technológií. Konečne v poslednej kapitole poukazujem na možnosti zvyšovania akosti výroby hlavní odzrkadľujúcich sa na kvalite vývrtnu. Kapitolu člením podľa navrhovaných možností od materiálu po povrchovú úpravu.

V práci sa zameriavam na popis stavu v podniku Česká Zbrojovka v Uherskom Brode, ktorá je v súčasnosti najväčším a tradičným výrobcom ručných palných zbraní v Českej Republike.

2 Špecifikácia hlavne, základné požiadavky kladené na hlavne dlhej palnej zbrane a rešerš v oblasti technológií

V tejto kapitole špecifikujem a popisujem jednotlivé časti hlavne. Pojednávam o účele hlavne, v nadväznosti na predošlú charakteristiku uvádzam požiadavky kladené na hlavne palných zbraní.

2.1 Špecifikácia hlavne

Zloženie a špecifikácia hlavni je podrobne popísané v učebnici Automatické zbrane [1]. Hlavne je základnou časťou každej hlavňovej zbrane a jej hlavným rozmerom je ráž, ktorá predstavuje priemer vodiacej časti vývrtu. Ďalším dôležitým parametrom je jej dĺžka L_H , s ktorou rastie začiatočná rýchlosť strely v_0 [m/s] podľa empirického vzorca:

$$v_0 = \eta \sqrt{L_H} \quad [\text{m/s}]$$

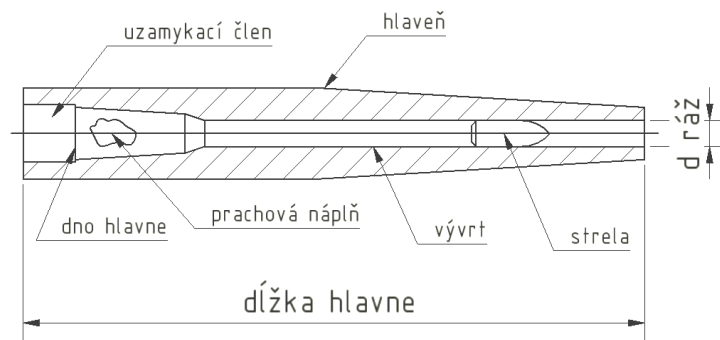
vzorec 2.1

Kde:

η -súčiniteľ balistického výkonu [90-130 m/s]

L_H -dĺžka hlavne v rážach [-] (pohybuje sa v širokých medziach 25-90 ráží)

Z principiálneho hľadiska je hlavne vlastne piestový spaľovací motor, ktorý pracuje s vyššími tlakmi (bežne 200-400 MPa). Hlavne vid' obr. 2.1 môžeme definovať ako hrubostennú valcovú tlakovú nádobu, v ktorej prebieha termodynamický dej výbušnej premeny chemickej energie prachovej náplne na kinetickú energiu strely.



obr. 2.1 Funkčný princíp hlavne palnej zbrane.

Vonkajší povrch hlavne tvorí:

- záverová časť
- vlastné teleso hlavne
- úst'ová časť

Jej vnútornú časť tvorí vývrt a skladá sa zo:

- záverovej časti (obvykle nie je priamo na hlavni),
- nábojovej komory

- prechodového kužela
- vodiacej časti
- a ústovej časti

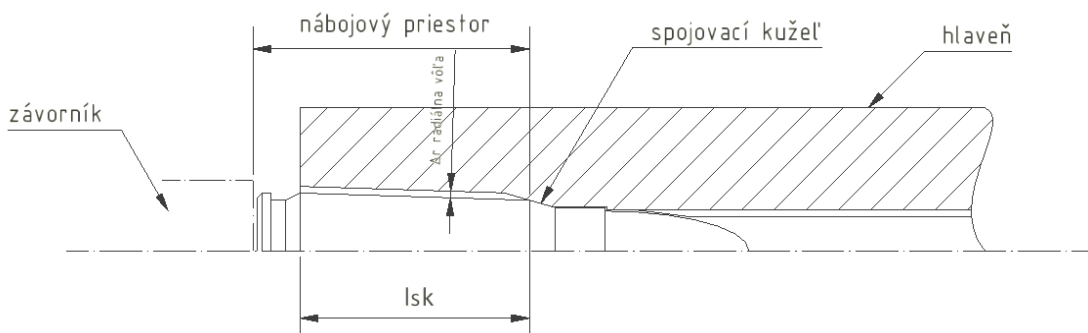
Vonkajšia záverová časť hlavne slúži k jej upevneniu na ostatné časti zbrane a môže slúžiť aj ako uzamykací člen. Vlastné teleso hlavne už môže byť súčasťou designu hlavne, alebo býva zakrytované.

Ústová časť vonkajšieho povrchu hlavne môže byť opatrená závitmi pre tlmiče hluku, tlmiče plameňa, kompenzátory, ústové brzdy či iné príslušenstvo. Vnútrná záverová časť hlavne slúži v interakcii so záverom k definovaniu nábojového priestoru, ktorého správna veľkosť je rozhodujúcim faktorom pre správnu funkciu zbrane. Väzba „záver -hlaveň“ môže byť realizovaná priamo týmito členmi alebo cez ďalší prvok, ktorým môže byť: lôžko, puzdro alebo rám zbrane.

Nábojová komora sa nachádza v zadnej časti a vytvára priestor na uloženie náboja, alebo strely a výmetnej náplne. Ďalej slúži na hermetické utesnenie priestoru za strelou, tlakom plynov sa nábojnica roztiahne a tak vymedzí vôľu medzi komorou. Prevedenie komory musí rozmerovo odpovedať predpísaným rozmerom náboja (napríklad CIP, SAAMI apod.). Axiálne zapolohovanie náboja v zbrani môžeme zaistiť štyrmi spôsobmi a charakterizovať pojmom nábojový priestor. Jedná sa o:

- dosadnutím plášťa nábojnice na dosadací kužel obr. 2.2

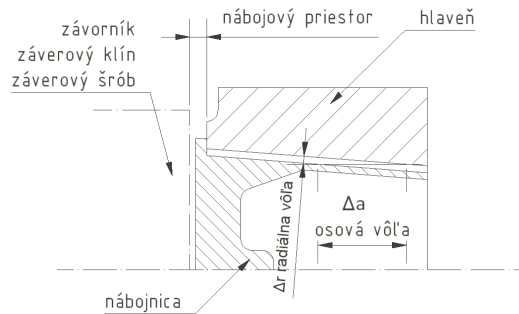
Fixácia dosadnutím nábojnice na dosadací kužel, miesto kde nábojnica hermeticky uzatvára priestor, je najpoužívanejší spôsob zaistenia polohy náboja v zbrani. Vyznačuje sa väčšou vzdialenosťou medzi čelom záporníku a miestom dosadnutia náboja v komore. V nábojnici je vytvorená drážka zabezpečujúca extrakciu, hlaveň preto nemusí obsahovať drážky alebo vybrania pre polohu vyhadzovača alebo pridržovača, to umožňuje značné zjednodušenie výroby. Nevýhodou je dodržiavanie vzdialenosti l_{sk} .



obr. 2.2 Dosadnutie náboja na dosadací kužel.

- dosadnutím okraja nábojnice na zád' komory obr. 2.3

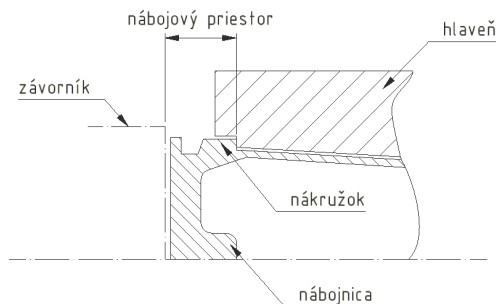
Zaisťuje spoľahlivo a jednoducho polohu okrajového náboja zovretím obruby nábojnice medzi kolmé čelo hlavne a záver. Z oblubou sa používa v kombinovaných (zlamovacích) zbraniach ako aj opakovacích guľovniciach a brokovniciach.



obr. 2.3 Dosadnutie náboja na obrubu nábojnice.

-dosadnutím nákrúžku do osadenia v komore obr. 2.4

Tento spôsob vznikol ako kompromis medzi vyššie spomínanými druhmi fixácie. Nákrúžok na nábojnici presahuje nábojnicu menej ako obruba okrajového náboja. Obruba spoľahlivo zaisťuje polohu náboja podobne ako u náboja s okrajom. Nevýhodou je drahá výroba nábojnice, preto sa tento spôsob rozšíril len v niektorých loveckých guľovniciach a leteckých automatických kanónoch.

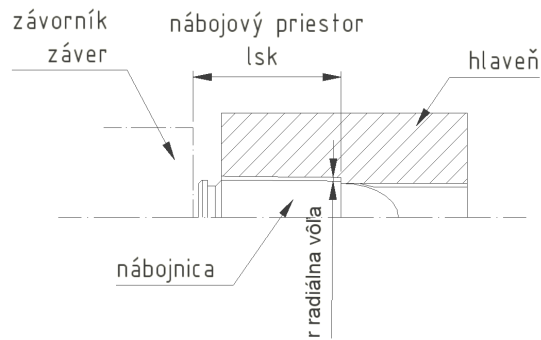


obr. 2.4 Dosadnutie náboja na nákrúžok.

-dosadnutím čela nábojnice na osadenie na dne nábojovej komory obr. 2.5

Dosadnutie na čelo nábojnice do komory využívajú najmä krátke zbrane na pištoľové náboje. Pištoľové strelivo využívajú niektoré vojenské samopaly. Krátka nábojnica je spoľahlivo fixovaná v zbrani, náboje s menším výkonom uzatvára väčšinou dynamický záver, ktorý vymedzuje záverovú vôľu. Nevýhodou je malá dosadacia plocha, tvorená hrúbkou steny nábojnice, čo spôsobuje ťažkosti pri dodržiavaní rozmeru l_{sk} .

Bakalárska práca



obr. 2.5 Dosadnutie čela nábojnice na osadenie na dne nábojovej komory.

Vlastná nábojová komora je tvorená sústavou kužeľov. Kužeľovitosť základného kužeľa obvykle dosahuje hodnôt 1:30-1:60. Kužeľovitosť spojovacieho kužeľa závisí na fľašovitosti nábojovej komory χ , určuje sa pomocou vzorca:

$$\chi = \frac{l_0}{l_{kom}} \quad [-]$$

vzorec 2.2

$$l_0 = \frac{C_0}{S_0} \quad [\text{mm}]$$

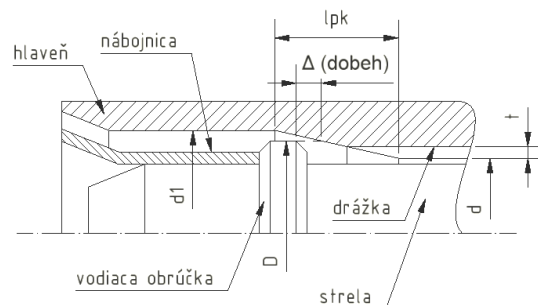
vzorec 2.3

C_0 = objem začiatočného spaľovacieho priestoru [mm^3]

S_0 = prierez vodiacej časti [mm^2]

pohybuje sa v rozmedzí $\chi = 1,05 - 2,5$.

Kužeľovitosť spojovacieho kužeľa medzi základným kužeľom a krčkom sa pohybuje v rozmedzí 1:1,1 – 1:2,5. Krčková časť má malú kužeľovitosť 1:200 až valec. Prechodový (zvaný aj spojovací) kužeľ, vid' obr. 2.6, slúži na plynulé zarezanie strely do drážok. Utesnenie je zabezpečené vytvorením plynulej deformácie strely a hlavne.

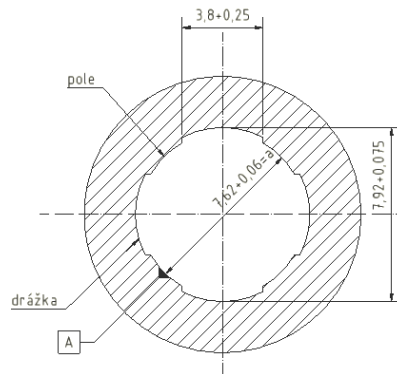


obr. 2.6 Tvar prechodového kužeľa plášťovej strely.

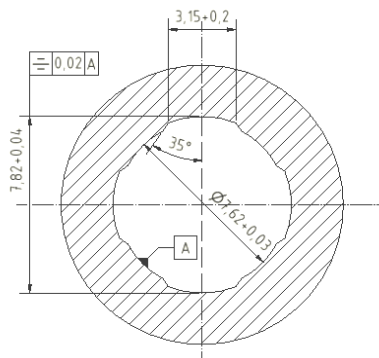
Vodiaca časť (obrúčka) s priemerom väčším ako je ráž hlavne sa vtlačuje do vývrtu, tento presah vyvolá medzi hlavňou a strelou radiálny tlak zabraňujúci prefuku plynov. Na jeho presných rozmeroch (priemere, sklone a polohe) záleží veľkosť dobehu strely.

Nedodržaním alebo nadmerným opotrebovaním môže nastať strhávanie drážok a následná strata stability a prienik prachových plynov pred streľou.

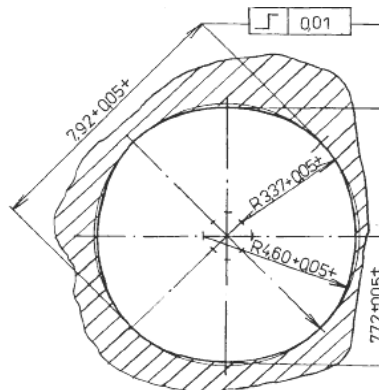
Vodiaca časť hlavne slúži na vedenie strely, strele sa v nej udeľuje rýchlosť a prípadné stabilizačné otáčky. Streľa je po opustení hlavne rôzne stabilizovaná, stretávame sa s tromi druhmi stabilizácie: guľovou, šípovou a stabilizáciou rotáciou okolo jej pozdĺžnej osy. Jednotlivým druhom stabilizácie je rôzne upravená vodiaca časť vývrtu, poznáme tri druhy vývrtu: hladký, drážkovaný a kombinovaný. Výrobne je najnáročnejšia hlavneň pre použitie striel stabilizovaných rotáciou, v tomto prípade je vývrt tvorený drážkami alebo oblúkmi stočenými do šróbovice vid' obr. 2.7, 2.8 a 2.9.



obr. 2.7 Tvar drážok pravouhlého vývrtu.



obr. 2.8 Tvar drážok lichobežníkového profilu.



obr. 2.9 Profil polygonálneho vývrtu.

Drážky sa vyrábajú rôznymi spôsobmi, zvyčajne pretlačovaním, kovaním či drážkovaním. Stúpanie závitú drážok býva spravidla konštantné, uvádza sa ako dĺžka jedného zákrutu v mm. Pre dosiahnutie požadovaných otáčok je rozhodujúci uhol stúpania, ktorý sa volí na základe požiadavky na stabilný let strely. Uhol stúpania α určujeme podľa vzorca [1]:

$$\alpha = \arctg \frac{\pi \cdot d \cdot n_{\dot{u}}}{v_{\dot{u}}} \quad [1]$$

vzorec 2.4

Kde záleží na ústovej rýchlosti $v_{\dot{u}}$ [m/s] a stabilizačných otáčkach strely $n_{\dot{u}}$ [ot./min.].

Ústovou časťou hlavne rozumieme jej prednú časť, ktorou opúšťa strela vývrt. Prevedenie ústia ovplyvňuje presnosť strelby, preto je nutné dbať na jeho perfektnom prevedení. Dôležité je dodržanie kolmosti čela vývrtu voči osi hlavne. U niektorých presných zbraní napríklad odstrelovacích pušiek sa v dĺžke niekoľkých ráží odvrta ústová časť vodiacej časti vývrtu.

2.2 Základné požiadavky kladené na hlavne dlhej palnej zbrane, spôsoby ich plnenia pri výrobe

Základné požiadavky kladené na hlavne sú:

- *Pevnosť*
- *Pravidelné vymetenie strely*
- *Primeraná životnosť*
- *Optimálna hmotnosť hlavne*
- *Dobré prevádzkové vlastnosti*
- *Nízke výrobné náklady*
- *Tepelná a chemická odolnosť*

Pevnosť:

Pevnosť je vlastnosť hlavne, závislá na tepelnom spracovaní a odvíja sa od použitého materiálu hlavne. Nepripúšťa sa vznik trvalej deformácie pri maximálnom možnom zaťažení znásobenému o bezpečnostný koeficient. Zabezpečí sa správnym výberom materiálov, presným vnútro balistickým a pevnostným výpočtom, účelnou konštrukciou, dokonalou výrobou a správnym tepelným spracovaním. Dodržanie pevnosti hlavne predpísanej konštruktérom patrí medzi dôležitú úlohu technologického postupu výroby hlavne.

Najpoužívanejším materiálom je chrómvanadiová oceľ zušľachtená na rôznu pevnosť v závislosti na ráži hlavne a zvolenej technológii výroby. Dnes sa stretávame aj s nerezovými hlavňami. Pretlačované hlavne sa vyrábajú z oceli 13 242.9 a kované

hlavne z oceli 15 230.9 (15 142.9) a zušľachtujú sa na 850 až 1300 MPa. Pri výrobe pretlačovaných hlavní je nutné dbať na správne stanovenie veľkosti otvoru, ktorým sa pretlačí pretlačovací trň, pretože výsledná stopa po trni:

- 1) musí odpovedať rozmerom vývrtu podľa noriem
- 2) musí zabezpečiť také spevnenie materiálu, pri ktorom nedôjde k prekročeniu plasticity pretváranej vrstvy a tým k znehodnoteniu vlastného vývrtu.

Pri výrobe hlavní kovaním je nutné dbať na optimálny redukčný pomer vedúci k pretvoreniu materiálu v procese kovania. Pri prekročení tohto pomeru totiž hrozí vyčerpanie plasticity materiálu a následné skrehnutie výkovku hlavne. Kované hlavne sa preto musia medzioperačne popúšťať alebo stabilizovať (podrobnejšie popisujem v piatej kapitole).

Pri výrobe hlavní drážkovaním je nutné zaistiť optimálnu obrobitelnosť materiálu aby bolo možné zaistiť trieskovým obrobením čo najkvalitnejší povrch. Pevnostné požiadavky na hlaveň sa potom zaistia tepelným spracovaním, prípadne povrchovou úpravou vývrtu (chrómovanie, nitridácia a pod.).

Pevnosť hlavne závisí na tvrdosti materiálu a je predpísaná konštrukčným výkresom. S pevnosťou (bezpečnosťou) úzko súvisí rovnorodosť materiálu. Pred začatím výroby sa materiál necháva „vyríeť“ a to buď prirodzene, kedy je materiál vystavený poveternostným vplyvom, alebo umelo žíhaním či stabilizáciou podľa druhu materiálu a zvolenej technológie výroby. Po dokončení do finálneho stavu sa prevádza defektoskopická skúška, materiál nesmie obsahovať žiadne vady.

Pravidelné vymetenie strely

Pravidelné vymetenie strely závisí na kvalite vyrobenej hlavne. Patria sem vlastnosti:

- vysoká priamosť vývrtu
- malá rôznorodosť a ovalita
- vysoká čistota a presnosť opracovania povrchu vývrtu

Najdôležitejším z nich je návrh a dodržanie požadovaných rozmerov vývrtu, uzamykacích dĺžok, záverových vôlí a veľkosť dobehu strely. Dôležitá je tiež stabilita hlavne z hľadiska kmitania. Ďalej treba brať do úvahy rad faktorov súvisiacich z nábojmi vkladnými do zbrane. Na tieto síce hlaveň vplyv nemá, ale je potrebné ich posudzovať ako príčinu možných chýb alebo zlyhačov. Ďalšie príčiny nepravidelného vymetenia strely môže spôsobiť samotná zbraň.

Z technologického hľadiska to znamená zaistiť správny tvar a geometriu nástrojov, stanovenie technologických prídavkov, sled operácií a správne tepelné spracovanie finálneho výrobku ako aj medzioperačné rovanie a tepelné spracovanie. Dôležité je hlaveň pri výrobe pravidelne kontrolovať; to je prevádzané vizuálnou a rozmerovou

kontrolou. Pravidelné vymetanie strely dosahujeme aj povrchovou úpravou vývrtu a to buď chrómovaním alebo nitridovaním. Ďalším faktorom je starostlivosť o zbraň jedná sa o pravidelné čistenie a konzervovanie, ktoré zvyšuje spoľahlivosť a predlžuje životnosť hlavne.

Primeraná životnosť

Je zabezpečená racionálnou konštrukciou hlavne, kvalitou materiálu, opracovaním vývrtu a jeho povrchovou úpravou. Dôležitá je najmä presnosť výroby a dodržiavanie rozmerov vývrtu, ktoré zamedzí nežiaducemu predbiehaniu prachových plynov pred strelou. Ďalším kritériom vplývajúcim na životnosť hlavne je povrchová úprava vývrtu, často používaná v automatických zbraniach. Jedná sa o zlepšenie klzných a chemických vlastností povrchu vývrtu a je dosahovaná chrómovaním, nitridovaním alebo karbonitridovaním. Nezávisle na výrobných faktoroch má na životnosť hlavne vplyv používané strelivo, predovšetkým racionálna konštrukcia náboja. Ďalej má na životnosť vplyv aj vhodná starostlivosť a ošetrovanie zbrane.

Optimálna hmotnosť hlavne

Vyplýva z požiadavkou na pevnosť; snahou je dosiahnuť čo najmenšiu, pretože ovplyvňuje hmotnosť celej zbrane a materiálovú náročnosť výroby. U automatických zbraní je však často potrebné zväčšiť rozmery a tým aj hmotnosť hlavne a pevnosť ju predimenzovať z hľadiska jej tepelnej kapacity alebo manipulačnej pevnosti. Z výrobného hľadiska je potrebné dodržať výkresom stanovený tvar hlavne ktorý konštruktér, resp. užívateľ požaduje. Konštrukčné riešenia v tomto ohľade úzko súvisia s dostupnými obrábacími prostriedkami. Najmä na ústi hlavne je hlaveň z pohľadu bezpečnosti predimenzovaná, kvôli zaisteniu jej tuhosti pri obrábaní, to jest zaisteniu priamosti vývrtu.

Dobré prevádzkové vlastnosti

Určujú požadovaný komfort zbrane, ktorý na trhu zbraň presadzuje a zvyšuje jej cenu. Patria tu vlastnosti ako: ľahké čistenie, rozoberanie, výmena hlavne a nastreľovanie zbrane. Komfortnosť týchto vlastností nepriamo zvyšuje životnosť zbrane. Vlastnosti sú však dané konštrukčným riešením, podiel výrobné - technologický na ich zaistení je nízky.

Nízke výrobné náklady

Sú podmienené jednoduchosťou výroby, výberom materiálov a úsporným dimenzovaním. Súhrnom ich vymedzujeme pojmom technologičnosť konštrukcie. V každej dobe je totiž snaha o zníženie výrobných nákladov na čo najnižšiu hodnotu. Patrí sem vhodný výber výrobných prostriedkov a návrh technologického postupu výroby. Ďalším znakom je snaha konštrukčne a rozmerovo zjednodušiť finálny výrobok v čo

najväčšom rozsahu rôznymi spôsobmi napríklad výberom vhodného bezpečnostného koeficientu. Z technologického hľadiska je to snaha prevádzať jednotlivé operácie na číslicovo riadené stroje. Takto docieľujeme skrátenie výrobného cyklu a minimalizujeme chyby vzniknuté ľudskými faktormi. Ďalšou výhodou je zníženie počtu upnutí, čo podstatne zvyšuje presnosť výroby, znižuje potrebu upínačov a meradiel. Je však nutné mať na zreteli, že výroba hlavní je natoľko špecifická od výroby ostatných dielov zbrane, že nemožno využívať v plnej miere iné progresívne technologické postupy. Mám na mysli uplatnenie plastových dielov, dielov vzniknutých tvárením (objemovým alebo plošným), či dielov vzniknutých práškovou metalurgiou (MIM).

Tepelná a chemická odolnosť

Tepelné namáhanie je nezanedbateľným faktorom najmä u automatických zbraní. Zdrojom ohrevu sú horúce prachové plyny a trenie strely o vývrt hlavne. Tieto javy súčasne pôsobia na stenu vývrtu erozívne, abrazívne a chemicky.

Rozhodujúci význam má pri tom prestup tepla z teplých prachových plynov do steny hlavne prúdením. Prestup tepla má význam aj u odstrelovacích pušiek a niektorých športových zbraní. U týchto zbraní je potrebné zaručiť čo najrovnomernejší prestup tepla do celého objemu hlavne, nerovnomerné zahrievanie hlavne spôsobuje nežiaduce prehýbanie a nepravidelnosť zásahov. Táto problematika sa rieši rovnomerným rozložením materiálu (hrúbky steny hlavne).

Erozívny a chemický účinok prachových plynov spočíva v cementácií a nitridácií povrchu vývrtu. Vytvára krehkú mikrovrstvu, ktorá je prachovými plynmi a strelou vymieľaná a odieraná, a tým vedie k znehodnoteniu vývrtu a hlavne. Tieto javy môžeme eliminovať jednak vhodnou voľbou materiálu hlavne, ako aj technológiou výroby.

Nežiaduci účinok má aj prestup tepla z hlavne do okolitého vzduchu, spôsobuje chvenie vzduchu nad hlavňou, ktoré má negatívny vplyv na presné zamierenie zbrane.

2.3 Rešerš v oblasti technológií používaných na výrobu hlavní

Technológia obrábania materiálu pri výrobe hlavní vyžaduje znalosti v oblasti vŕtania hlbokých otvorov ako aj z hľadiska obrábania povrchu dlhých, štíhlych a prevažne rotačných súčastí. V tejto kapitole sa budem venovať výrobe vývrtu. Vývrt je z hľadiska obrábania najnáročnejšou časťou hlavne, ako vodiaca časť strely musí byť vyrobená v odpovedajúcej presnosti.

2.3.1 Vŕtanie hlbokých otvorov

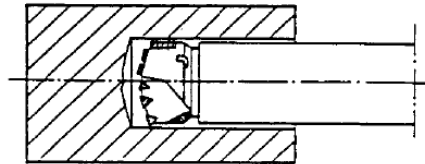
Technológia vŕtania hlbokých otvorov sa odvíja od technológie klasického vŕtania, pre rad odlišností ju však radíme ako samostatnú technologickú oblasť. Za hlboký otvor sa považuje otvor, ktorého priemer D a dĺžka L sú v pomere min. 10. U vŕtaných otvorov

hlavní dosahuje tento pomer vyšších hodnôt, až 100. Táto technológia našla uplatnenie nielen vo výrobe hlavní, ale aj v rôznych priemyslových odvetviach. Nároky kladené na finálny otvor sú: priamosť osy, kruhovitosť a drsnosť povrchu. Polotovár musí zaručovať perfektnú kolmosť čela voči osy hlavne. Vrták musí mať dostačujúcu tuhosť a jeho rezná časť musí zaručovať dokonalú tvorbu triesok, ako aj ich lámanie. Rezná kvapalina je k reznej časti privádzaná troma spôsobmi: vyvrtaným otvorom pri prerušovanom vrtaní, telom vrtáku alebo medzikružím tvoreným telom vrtáku a stenou otvoru. Vyvrtávaný materiál je z otvoru odvádzaný pomocou prúdu reznej kvapaliny, ktorá je privádzaná k reznej časti nástroja. To sa však netýka delových vrtákov, kde sú triesky odstraňované vytiahnutím z otvoru. Proces odvodu triesok je závislý na zvolenej technológii a druhu vrtáku. Vrtanie hlbokých otvorov rozdeľujeme od troch kategórií:

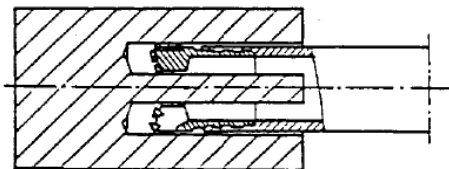
- *vrtanie do plného materiálu vid'. Obr. 2.10*

- *vrtanie na jadro vid'. Obr. 2.11*

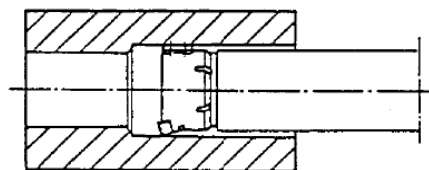
- *vyvrtávanie vid'. Obr. 2.12*



obr. 2.10 Vrtanie do plného materiálu



obr. 2.11 Vrtanie na jadro



obr. 2.12 Vyvrtávanie

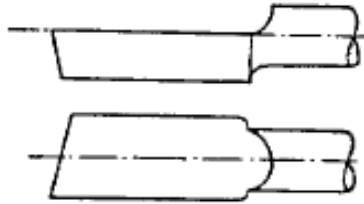
Voľba technológii hlbokého vrtania závisí na požadovaných vlastnostiach otvoru (priemer, materiál súčasti, požadovanej tolerancii a na výkone stroja).

Vrtanie do plného materiálu

Na túto technológiu technológiu používame rôzne druhy vrtákov. Najpoužívanéjšie sú hlavňové vrtáky. Ďalej spomeniem vrtáky typu BTA a vrtanie ejektorovým systémom. Tieto metódy sa používajú u väčších ráží a vo výrobe ručných zbraní sa nevyužívajú.

- Vŕtanie delovým vrtákom

Delový vrták vid' obr. 2.13 sa používa na vŕtanie otvorov menších hĺbok. Jeho rezná časť je upevnená na tyči valcového prierezu, neobsahuje otvor na prívod reznej kvapaliny. Ostrie je buď kolmé, mierne sklonené prípadne lomené k ose vrtáku. Po zavŕtaní do určitej hĺbky je nutné ho vytiahnuť, kvôli odstráneniu triesok z vyvŕtaného otvoru.



obr. 2.13 Delový vrták

S touto technológiou sa v dnešnej dobe stretávame pomerne málo. Jej nevýhodou je nízka produktivita a kvalita vyvŕtaného otvoru.

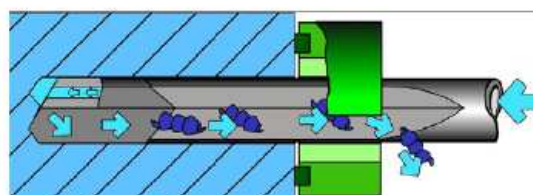
- Vŕtanie hlavňovým vrtákom

Hlavňový vrták je najpoužívanejším vrtákom vo výrobe malorážových hlavní. Používa sa na vŕtanie presných dier malých priemerov, umožňuje vŕtať aj materiály veľkých tvrdostí. Vŕtacia tyč je opatrená kanálom pre prívod reznej kvapaliny a pozdĺžnou drážkou v tvare V pre odvod reznej kvapaliny a triesok vid' obr. 2.14.



obr. 2.14 Detail hlavňového vrtáku

Nevýhodou tohto systému je, že odchádzajúce triesky môžu poškodiť povrch vŕtaného otvoru vid' obr. 2.15.



obr. 2.15 vŕtanie hlavňovým vrtákom

- Vŕtanie vrtákmi typu BTA

Pri vŕtaní sa používa BTA hlavica, alebo BTA vrták vid' obr. 2.16. Systém BTA je vhodný na vŕtanie otvorov väčších priemerov, vo výrobe malorážových hlavní sa nepoužíva.

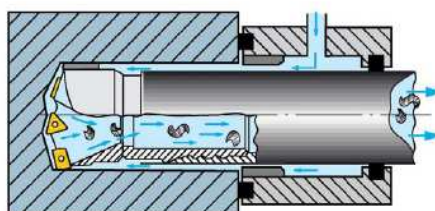


BTA vrták

BTA vŕtacia hlavica

obr. 2.16

Nástroje sú upevnené na dutej trubke, ktorá slúži na odvod reznej kvapaliny a triesok. Prefiltrovaná rezná kvapalina sa privádza k reznej časti medzikružím tvoreným telom vrtáku a stenou otvoru vid' obr. 2.17.

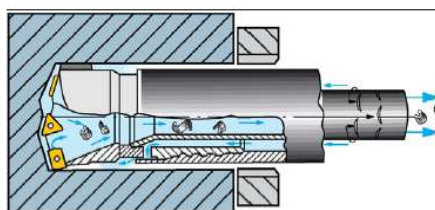


obr. 2.17 vŕtanie systémom BTA

Vŕtacie puzdro musí zaručovať dostatočné utesnenie pri prietoku reznej kvapaliny medzi vŕtacím puzdrom a obrobkom. BTA hlavice sa vyrábajú v prevedení s výmennými (stála geometria ostria) alebo spájkovanými doštičkami (geometriu je možné upraviť pri prebrusovaní) zo spekaných karbidov.

- Vŕtanie ejektorovými vrtákmi

Jedná sa o podobnú technológiu ako vŕtanie systémom BTA, využíva sa na väčšie priemery. Rozdiel je akurát v tvare vrtáku a privode reznej kvapaliny. Rezná kvapalina je privádzaná pomocou koaxiálnej trubky a odvádzaná prierezom vnútornej trubky, pričom časť je odvedená do vnútornej trubky už pred hlavicom. Takto vzniká ejektorový efekt vid' obr. 2.18.

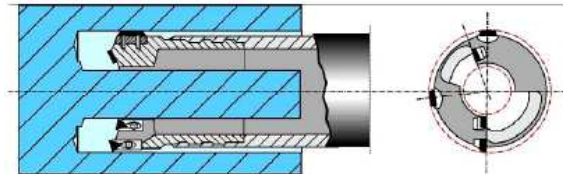


obr. 2.18 vŕtanie ejektorovým systémom

Výhodou tohto systému je, že triesky nepoškodzujú vyvŕtaný otvor a vŕtacie puzdro nemusí zaručovať utesnenie reznej kvapaliny ako v predošlom systéme.

Vŕtanie na jadro

Nazýva sa tiež trepanačné vŕtanie, používa sa najmä pri vŕtaní otvorov veľkých priemerov. Pri vŕtaní ostáva v otvore jadro, požiadavky kladené na výkon stroja sú preto nižšie ako pri vŕtaní do plného materiálu vid' obr. 2.19.



obr. 2.19 Vŕtanie na jadro

Jadro sa dá využiť na rôzne účely napr. analýzu alebo skúšky materiálu. Vŕtacia hlava je podobne umiestnená na dutej trubke.

Vyvrtávanie

Slúži na zväčšenie priemeru už vyvŕtaného materiálu. Používa sa na dosiahnutie lepšej drsnosti, alebo pri nedostatočnom výkone stroja, kedy sa otvor najskôr predvŕta a následne sa vyvŕta na požadovaný priemer. Existujú dva druhy vyvrtávania: ťažné a tlačné.

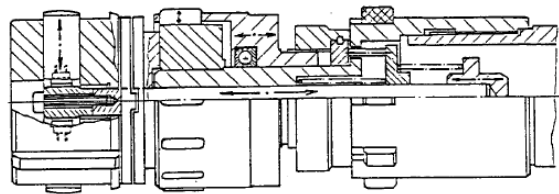
2.3.2 Vystružovanie hlbokých otvorov

Vystružovanie patrí medzi dokončovacie operácie, prevádza sa z dôvodu zlepšenia geometrického tvaru otvoru (kruhovitosti, kuželovitosti). Vo výrobe hlavni sa používa strojné vystružovanie. Otvor sa vystružuje najmä pred honovaním, slúži tiež na zníženie prídavku a zjednodušenie nasledujúcich operácií. U kovaných hlavni je finálny rozmer daný kovacím tŕňom, od vystružovania za účelom presného rozmeru sa tu preto upúšťa, vyvŕtaný otvor sa vyleští alebo vyhonuje kvôli zlepšeniu drsnosti povrchu. Prídavok na vystružovanie sa volí podľa ráže hlavne a pohybuje sa v rozmedzí do 0,2 do 1,35 mm. Prídavok musí byť dostatočne veľký, aby nedochádzalo k vytlačovaniu materiálu, ale k jeho dorezávaniu. Otvor by nedosahoval požadované vlastnosti. Pre zaistenie schopnosti výstružníku obrábať veľmi presne sa výstružníky po prebrúsení lapujú. Vystružuje sa buď v jednej operácii jediným výstružníkom, alebo vo viacerých operáciách pomocou odstupňovaných výstružníkov. Z hľadiska zlepšenia presnosti vystruženého otvoru je vhodné, aby bolo vystružovanie pri poslednom zábere prevádzané metódou ťahaného výstružníka.

U malorázových hlavní sa používajú klasické výstružníky s predĺženou stopkou. „Pre dosiahnutie čo najväčšej tvarovej presnosti je vhodné, aby výstružník mal nerovnomerné rozteče jednotlivých zubov, alebo aspoň nepárny počet zubov“ [3].

U väčších ráží sa používa vystružovacia hlava. Teleso vystružovacej hlavy obsahuje 4 až 6 po obvode pravidelne rozmiestnených drážok pre vodiace lišty. Teleso je upevnené plávajúco (môže sa radiálne chybovať) a unáša dva nože s lúpajúcou geometriou. Plávajúce uloženie umožňuje eliminovať ovalitu a nepriamosť osy otvoru. Vystružovanie sa najčastejšie prevádza v dvoch operáciách.

Združené vystružovacie a valčekovacie nástroje vid' obr. 2.20 slúžia na dokončovacie operácie. Pracovnou časťou sú nielen vystružovacie nože, ale aj valčeky. Sú umiestnené v rozpínacej hlave, rotačný a osový pohyb koná nástroj.



obr. 2.20 Združený vystružovací a valčekovací nástroj

2.3.3 Leštenie hlbokých otvorov

Leštenie slúži na dosiahnutie požadovanej drsnosti povrchu. Prevádza sa u drážkovaných aj u hladkých hlavní pred zhotovovaním jej vývrtu. U hlavní, na ktoré sú kladené zvláštne požiadavky na vzhľad a funkčnosť, sa leštenie zaraďuje ako ukončovacia operácia sledu operácií výroby vývrtu hlavne. Leštenie sa v súčasnej dobe prevádza troma spôsobmi:

1. pomocou oloveného negatívu

Prevádza sa kombinovaným rotačným a osovým pohybom oloveného valca umiestneného na trní. K lešteniu dochádza vplyvom abrazívneho účinku zmesi oleja a brusiva, privádzanej do hlavne počas leštenia. Abrazívny materiál sa do mäkkého olova vtlačuje.

2. leštenie na špeciálnych strojoch

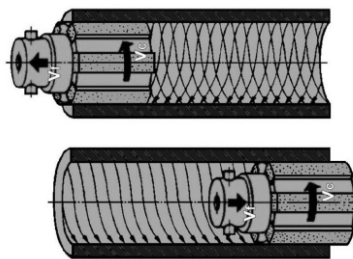
Leští sa podobným nástrojom akým je honovacia hlava vid' kap. 2.3.4 na honovacom stroji vid' príloha H. Rozdiel je v rezných podmienkach, nástroj je upravený na dosahovanie vysokého lesku.

3. leštenie pomocou leštiacich krúžkov

Používajú sa dva plastové krúžky nasunuté na seba. Do vonkajšieho je pri výrobe primiešané brusivo, tento krúžok musí byť pružný. Vnútorňý krúžok je nasadený na tyčinke a pomocou nej je deformovaný. Táto deformácia sa prenáša na krúžok vonkajší, a tým sa nastavuje prítlak a priemer.

2.3.4 Honovanie hlbokých otvorov

Honovanie je poslednou operáciou pred vlastnou výrobou vývrtu a prevádza sa kvôli zlepšeniu drsnosti povrchu vyvrtaného otvoru. Princíp spočíva v brúsení jemným brúsivom pri malých rezných rýchlostiach s intenzívnym využitím reznej kvapaliny. Pri honovaní dochádza k odberu materiálu z povrchu pomocou brúsnych kameňov, líšt alebo teliesok (vlákien na tenkej valcovej stopke) rotujúcich okolo osy nástroja, resp. hlavne. Samotný proces obsahuje mnoho zvláštností ako napríklad: veľká obrábaná plocha, dlhý čas zdvihu, veľký pomer honovanej plochy k ploche honovacích kameňov a iné. Pracovný posuv sa skladá z rotačného posuvu honovacej hlavy v kombinácii s jej cyklickým osovým pohybom. Honovacie kamene teda konajú zložený šroubový posuv vid' obr. 2.21.



obr. 2.21 Schéma princípu honovania

Pracovné pohyby vykonáva nástroj, materiál je abrazívnymi účinkami brusiva odoberaný. Otvor má po honovaní vysokú akosť povrchu a presnosť geometrického tvaru. Pre dosiahnutie vysokej akosti je dôležité, aby boli správne hodnoty nábehu a prebehov honovacích kameňov (1/4 až 1/3 dĺžky kameňa) cez okraj otvoru. Všeobecne sa honuje postupne na troch vretenách:

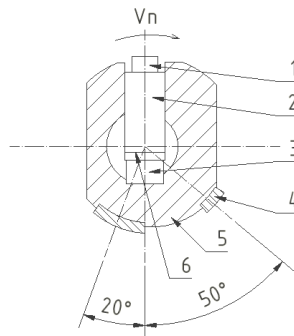
- predhonovacie vreteno
- pracovné vreteno
- dokončovacie vreteno

Jednotlivé vretená sa líšia osadením tŕňov s rôznou zrnitosťou kameňov. Rezné podmienky honovania sú ovplyvnené predovšetkým obrábaným materiálom, východiskovými a požadovanými parametrami presnosti tvaru a drsnosti povrchu, použitým brusivom, priemerom diery a prídavkom na honovanie [3].

Honovacie stroje sa vyrábajú v širokom rozsahu. Podľa polohy vretien sa delia na stroje vodorovné a stroje zvislé, podľa počtu vretien na jednovretenové a viacvretenové. Pri automatickom riadení pracovného cyklu sú stroje vybavené systémom aktívnej kontroly. Nástrojom na honovanie je honovacia hlava, slúži ako nosič brúsnych kameňov, je upevnená na tyči. Jej konštrukcia umožňuje malý radiálny posuv brúsnych kameňov, tieto sú pri prevádzke pritlačované na steny obrábaného otvoru určitým tlakom. Tlak je

súčasťou rezných podmienok a dá sa regulovať mechanicky, pneumatically alebo hydraulicky. Pre zvýšenie presnosti pri honovaní hlbokých otvorov sa honovacie hlavy opatrujú vodiacimi členmi.

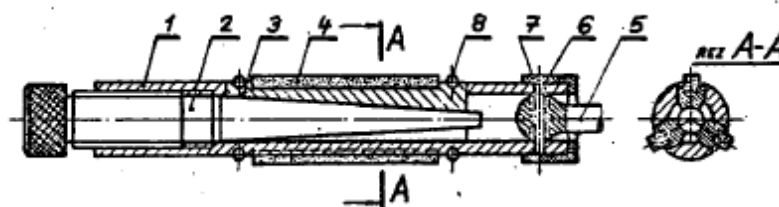
Pri honovaní menších priemerov (od 2,5 do 30 mm) sa obvykle používajú honovacie hlavy s jednou lištou s keramickým alebo najčastejšie diamantovým brusivom a s dvoma vodiacimi lištami [2] vid' obr. 2.22.



obr. 2.22 Rez honovacou hlavou pre malé priemery s jednou lištou

- 1 – honovacia lišta, 2 – nosná lišta, 3 – operná lišta,
4 – vodiaca lišta, 5 – teleso, 6 – klín

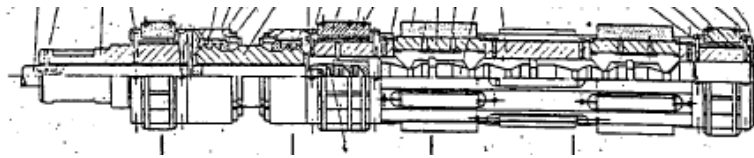
Nesymetrické usporiadanie vodiacich líšt prispieva ku zlepšeniu kruhovitosti honovanej plochy. Špeciálne hlavy s väčším počtom brusných kameňov sa používajú na väčšie odbery. Pre malé priemery sa používajú hlavy majúce maximálne tri brúsne kamene vid' obr. 2.23.



obr. 2.23 Honovacia hlava na malé priemery s tromi honovacími kameňmi

- 1 – teleso hlavy, 2 – rozpínací trň, 3 – držiak honovacích kameňov,
4 – honovacie kamene, 5 – unášacia tyč, 6 – kolíky,
7 – púzdro, 8 – krúžok

Na honovanie väčších priemerov sa používajú hlavy s niekoľkými brúsnymi kameňmi vid' obr. 2.24.



obr. 2.24 Honovacia hlava na hlboké otvory s tandemovým usporiadaním

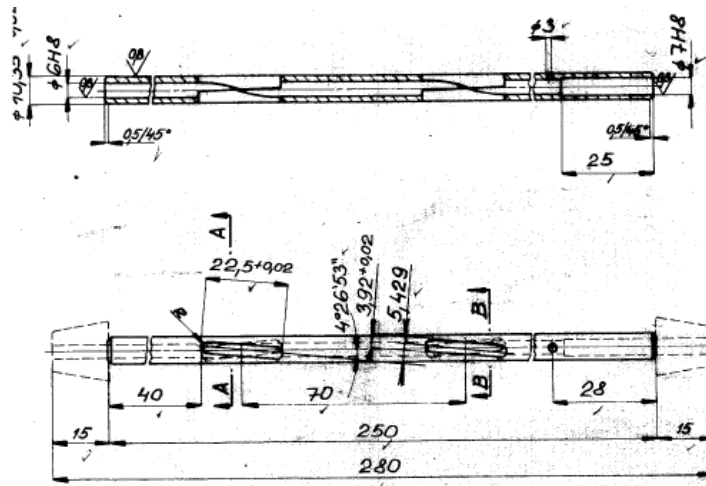
Pri honovaní veľkých priemerov (nad 50 mm) je vhodné, aby vykonávala rotačný pohyb aj súčiastka. Zamedzuje sa tak oválnosťou otvoru vplyvom hmotnosti honovacej hlavy. Prevádza sa najčastejšie na vodorovných honovačkách.

Honovacie kamene sa vyrábajú z Al_2O_3 , SiC alebo sú použité kamene zo syntetického diamantu a kubického nitridu bóru. Spojivo býva často keramické, smolové, bakelitové, u diamantových kameňov býva kovové.

2.3.5 Výroba drážok drážkovaním

Drážkovanie sa využíva ako jedna z možností výroby drážok v hlavni. Z technologického hľadiska sa jedná o náročnú technológiu, ktorá vyžaduje náročné strojné vybavenie. V prílohe A je znázornená schéma drážkovacieho stroja.

Drážkovanie patrí medzi trieskové obrábanie drážok v hlavni a je najstarším spôsobom. Odbery materiálu vykonávajú nože umiestnené v zvláštnom nástroji, ten im umožňuje axiálny posuv. Nože sú vedené v drážkach, ktoré zabraňujú radiálny posuv nožov vid' obr. 2.25.



obr. 2.25 Drážkovací piest

Nože sú do záberu privádzané osovým pohybom prostredníctvom kužeľa v tele nástroja. Hlaveň je upevnená pevne, nástroj koná osový a rotačný posuv. Stúpanie drážok určuje vzájomný pomer rýchlosti otáčania ku priamočiaremu posuvu. Určuje ho spravidla uhol nastavenia pravítka od pozdĺžnej osy stroja. Pravítko kopíruje palec ktorý koná priamočiary pohyb a ten sa pomocou prevodu mení na pohyb rotačný. Pre konštantné stúpanie má drážka tvar priamky, pre progresívne stúpanie má tvar paraboly, prípadne

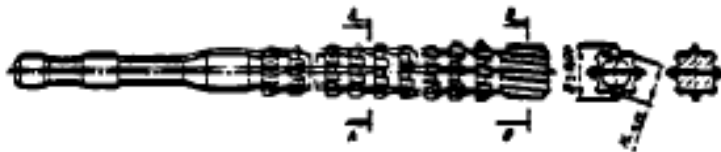
iného vhodného tvaru. Nástroj musí po jednom pracovnom zdvihu prejsť celou dĺžkou obrábaného otvoru, finálny tvar drážky vznikne po niekoľkých zdvihoch obrábacieho noža. U držiaku s absolútnym záberom sa to prevádza v každej úvrati, tzn. ako pri ťahaní, tak pri tlačení držiaku [3]. Kvôli rozkladu síl je touto metódou možné obrábať zároveň dve drážky naproti sebe. Požadovaný počet drážok v hlavni musí byť preto deliteľný dvoma. Pre väčší počet drážok sa musí hlaveň v upínači pootočiť o potrebný uhol a postup opakovať, počet opakovaní určuje počet drážok. Takto zhotovený vývrt má rozmerovú stálosť pretože nedochádza k pretváraniu materiálu.

2.3.6 Výroba drážok pretáhováním

Táto technológia sa odvíja od technológie klasického pretlačovania. Dĺžka pretáhovaného otvoru je vzhľadom k priemeru veľká a drážky sú v šroubovici. Vyžaduje si preto zvláštny druh pretáhovacích nástrojov. Poznáme niekoľko druhov pretáhovacích nástrojov:

1. Celistvý pretáhovák vid' obr. 2.26

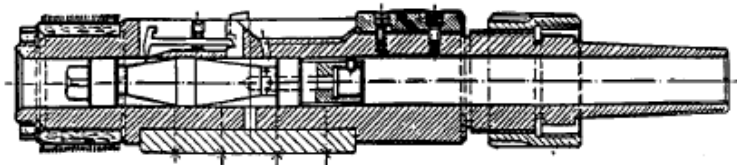
Celistvým pretáhovákem sa obrábajú všetky drážky súčasne, používa na menšie priemery.



obr. 2.26 Celistvý pretáhovák pre priemery 20 až 50 mm

2. pretáhovák

Je konštruovaný tak, že pretáhuje drážky postupne na niekoľko pracovných zdvihov. Na priemery väčšie ako 70 mm sa používa ťažná hlava vid' obr. 2.27.

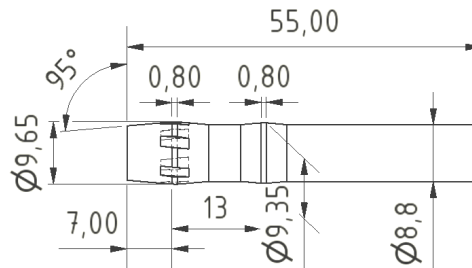


obr. 2.27 Ťažná hlava

2.3.7 Výroba drážok pretlačovaním

Väčšina kovov môže pôsobením vonkajších síl meniť svoj pôvodný tvar, tento proces sa nazýva tvárnenie. Tieto zmeny sú založené na porušení súdržnosti materiálu, dochádza tu ku sklzu jednotlivých kryštálov voči sebe vo vnútornej štruktúre. Pretlačovanie patrí medzi tvarovacie operácie. Polotovar musí byť pred pretlačením pripravený: vyhonovaný alebo vyleštený, kvôli zlepšeniu klzných vlastností sa do otvoru

pomocou skalice modrej naniesie vrstvička medi. Pri procese pretlačovania sa vytvára vodiaca časť vývrtu pretlačením trňa, ktorý má tvar takmer zhodný s negatívom drážkovania. Všetky drážky vzniknú jedným pretlačením. Trň je pri prevádzke značne namáhaný a býva preto vyrobený so spekaného karbidu. Pracovná časť sa skladá z dvoch častí, predná časť vytvára reliéf vlastných drážok a zadná časť dokončuje kalibráciu v poliach vid' obr. 2.28.



obr. 2.28 pretlačovací trň

Nástroj je tlačný pomocou mechanického, alebo hydraulického lisu. Táto metóda je vhodná pre materiály s menšou pevnosťou a dostatočne silnou stenou (kvôli namáhaniu hlavne). Technológiu podrobnejšie popisujem v kapitole 5.2, v prílohe.

2.3.8 Výroba drážok rotačným kovaním

Rotačné kovanie je produktívna technológia s vysokou kvalitou vývrtu, patrí podobne ako drážkovanie medzi tvarovacie technológie. Výsledný vývrt vzniká nakovávaním materiálu na trň, ktorý má tvar negatívu požadovaného vývrtu. Technológia kovania je založená na plastickej deformácii materiálu pôsobením sily kovacích kladív.

Na vstupný materiál nie sú kladené požiadavky na presnosť vyvrtaného otvoru ako na jeho drsnosť. Drážky vytvorené kovaním nemajú pravoúhly, ale lichobežníkový profil s vrcholovým uhlom cca 35° . Lichobežníkové drážky zaručujú obtekanie materiálu okolo trňa pri kovaní a majú lepšie vlastnosti aj pri samotnej streľbe. Ďalšou výhodou je možnosť vytvárania ľubovoľného počtu drážok (napr. nepárny počet 3 a pod.) ako aj výroba polygonálneho a hladkého vývrtu. Tieto výhody nám neumožňuje žiadna iná technológia. Technológiu podrobnejšie popisujem v kapitole 5.3.

2.3.9 Výroba drážok elektrochemickým obrábaním

Elektrochemické drážkovanie radíme do skupiny elektrochemických metód obrábania, je založená na vyiskrovaní materiálu hlavne v elektrolyte. Nástrojom je elektróda valcového profilu, ktorá má po obvode vytvorený tvar negatívu drážok. Nástroj je postupne vtlačovaný do otvoru zloženým rotačným a osovým pohybom vid' obr. 2.29.



Obr. 2.29 Schéma elektrochemického obrábania drážok

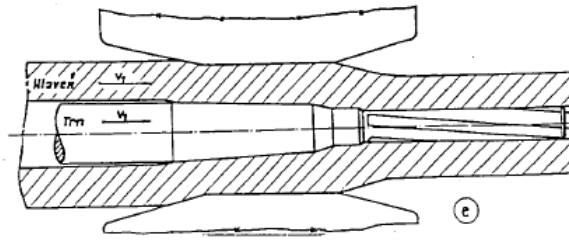
Kvôli zaisteniu plynulého nábehu do hlavne sú drážky na začiatku kužeľové. Elektróda je vyrábaná z kovového materiálu - medi, ocele, mosadze, wolframu, alebo grafitu a pod [3].

2.3.10 Výroba nábojovej komory

Jedná sa o výrobu kužeľových plôch v hlavni, ktoré sú de facto negatívom tvaru náboja. Poznáme niekoľko technológií na jej výrobu. Vo výrobe malorážových hlavni sa vyrába postupným vyhrubovaním a vystružovaním pomocou tvarových vyhrubníkov a vystružníkov. Nástroje sú vedené už vyrobenými drážkami vývrtu - slúži k tomu vodiaci valček vyrobený väčšinou z mosadzi. Hlaveň sa upína do sústruhu alebo jednoúčelového stroja podobnej konštrukcie. Nástroje musia mať presné rozmery, dokončovacie výstružníky majú tvar negatívu náboja. Súčasťou nábojovej kolory je aj prechodový kužeľ, vyrába sa výstružníkom podobne vedeným vo vývrte. Celý sled operácií je starostlivo kontrolovaný príslušnými kalibrmi. Na finálny tvar je nutné komoru vyleštiť, používa sa buď jemný brúsny papier, alebo olovený negatív.

Nábojové komory veľkých ráži sa vyrábajú rôznymi spôsobmi, jedná sa o zložitý proces, dovoľuje však využívať viaceré technológie. Otvor sa najskôr vyvrtal odstupňovanými vrtákmi a následne sa vysústruží vystružovacími hlavami s jedným alebo dvoma plávajúcimi blokmi. Tvarové a kužeľové otvory môžeme tiež obrábať na špeciálnych CNC sústruhoch, obrobok je upínaný pomocou dvoch upínacích dosiek a podporený lunetou [3].

Ďalšou možnosťou ako vyrobiť nábojovú komoru je jej vykovanie rotačným kovaním priamo pri vykovaní drážok. Kovací tŕň má v zadnej časti vytvarovaný negatív náboja s prechodovým kužeľom a v prednej časti tvar negatívu drážok vid' obr. 2.30.



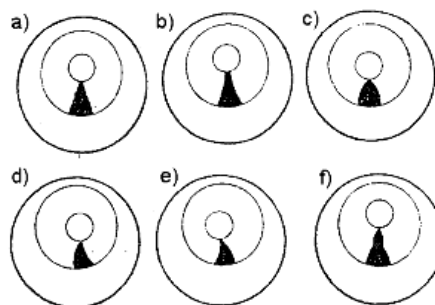
Obr. 2.30 kovanie vývrtnu s nábojovou komorou

V praxi sa táto metóda osvedčila len u nábojov s malou fľašovitosťou. Tieto náboje nemajú tak veľký rozdiel priemeru nábojnice oproti priemeru vodiacej časti a dochádza tu ku kvalitnému prekovaniu celého vývrtnu. Nábojová komora je vyrobená vo finálnom tvare a nemusí sa leštiť. Jednou z možností je nábojovú komoru predkovať a na hotovo vystružiť výstružníkom.

2.3.11 Rovnanie hlavní

Nezávisle na použitej technológii je dôležité dodržiavať priamosť vývrtnu. Prevádza sa optickou kontrolou a vyžaduje skúseného pracovníka. Pracovník upne hlavneň do mechanického lisu postaveného oproti dobrému svetlu a podľa skúseností určí v akom musí v lise prehnúť vid' obr. 2.31 [2]. Na obrázku je zobrazená:

- a) priama hlavneň
- b) vrchol ohybu v spodnej časti hlavne
- c) vrchol ohybu v hornej časti hlavne
- d) vrchol ohybu vpravo
- e) vrchol ohybu vpravo
- f) ostrý ohyb v $\frac{1}{4}$ dĺžky hlavne



obr. 2.31 Tvar tieňa pri rovnaní hlavne

Materiály hlavne sú húževnaté oceli, s bezproblémovým rovnaním môžeme počítať u hlavni s pevnosťou do 1400 MPa.

Rovnanie má veľký význam nie len v samotnej výrobe, ale aj pred prevádzaním povrchovej úpravy. Najmä pred chrómovaním je dôležité, aby bola na hlavni dodržaná predpísaná priamosť. V opačnom prípade mená vylúčený chróm rovnomernú vrstvu.

3 Technologické postupy výroby dlhých hlavní. Strojné a nástrojové vybavenie, akostné a výkonnostné parametre

Tretia kapitola popisuje technologický obecný postup, v prílohe B je uvedená schéma výrobného procesu kovanej chrómovanej hlavne. V druhej časti kapitoly predstavujem strojné vybavenie potrebné na prevedenie uvedených operácií.

3.1 Základné technologické postupy výroby dlhých hlavní s dôrazom na výrobu drážkovanej hlavne

Technologický postup výroby hlavní sa odvíja od druhu vyrábanej hlavne. Podľa tohto druhu je nutné zvoliť technológiu výroby vývrtu. Dneska poznáme tri druhy výroby vývrtu a to:

- *drážkovaním*
- *pretlačovaním*
- *kovaním*

Rozdiel medzi týmito základnými technológiami je v slede operácií, pretože každý druh má svoje špecifické vlastnosti a kvalitu vývrtu. Nič menej prípravu polotovaru pre výrobu vývrtu môžeme pojať univerzálne.

3.1.1 Príprava polotovaru pre výrobu vývrtu

Ako už bolo povedané, celý tvar budúcej hlavne sa odvíja od vrtania hlbokého otvoru - budúceho vývrtu. Preto je dôležité, aby bola vyvŕtaná diera osovo symetrická s povrchom hlavne. Tohto požiadavku sa z úspechom dosahuje tak, že hlavný rotačný pohyb vykonáva materiál (polotovar hlavne), axiálny (a prípadný vedľajší rotačný) pohyb vykonáva vrták. Takto dochádza k strediacemu momentu, ktorý zabraňuje vyoseniu vrtáku mimo os polotovaru.

Vŕtané polotovary sú upnuté v špeciálnej vŕtačke vodorovne alebo mierne šikmo. Príprava polotovaru pre toto vŕtanie spočíva v delení hutného polotovaru na stanovenú dĺžku a zarovnaní jeho čiel. Pre vŕtanie samotného otvoru sa používa delový vrták. Odvod tepla a triesok je zabezpečený prúdom chladiacej kvapaliny dopravovanej pod tlakom dutinou vo vrtáku priamo za jeho reznú reznú časť. Pri vŕtaní sa musia dodržať rezné podmienky. To je technologicky dosť náročná úloha, pretože vnútorný povrch musí mať

navyš presnú kruhovitosť a geometrické tolerancie. Tieto vlastnosti však už sú špecifické pre jednotlivé druhy výroby vývrtu.

Polotovary hlavni určené pre drážkovanie a pretlačovanie je nutné po vŕtaní vystružiť na špeciálnych vystružovacích stoliciach a vyleštiť oloveným trňom s naneseným abrazívom. Polotovary hlavni určené pre kovanie je nutné po vŕtaní honovať. Týmto je otvor v polotovare hlavne pripravený na jednu z troch hlavných možností výroby samotného vývrtu.

3.1.2 Výroba hlavni drážkovaním

Je najstarším spôsobom výroby hlavni v Českej zbrojovke. Dnes sa týmto spôsobom už hlavne nevyrábajú. Na výrobu sa používal materiál 13 242.9, pretože pri tvorbe drážok nedochádza k žiadnemu zpevňovaniu materiálu ako u pretlačovaných a kovaných hlavni.

Drážkovanie patrí medzi trieskové obrábanie, prevádzalo sa v drážkovačkách. Polotovar hlavne bol upnutý vodorovne osovo s drážkovacím trňom, ktorý konal rezný pohyb rotačný a axiálny. Drážkovací trň je pomerne zložitá časť drážkovacieho zariadenia. Hĺbka drážok sa dá nastaviť pomocou rozpínacieho kuželového trňa, vsúvaného podľa potreby do nástroja, ten následne vysunie obrážacie nože.

Veľkorážne zbrane sa obrážajú, ale táto technológia v ČZUB zavedená nebola, pretože zbrane podobných ráží neboli vo výrobnom programe podniku.

Po vyrobení vývrtu drážkovaním a následnej kontrole je polotovar hlavne pripravený pre obrobenie vonkajšieho tvaru, výrobu komory a ústia viď kap. 3.1.5.

3.1.3 Výroba hlavni pretlačovaním

Používaný materiál pretlačovaných hlavni je oceľ kruhového prierezu triedy 13 242.9 valcovaná za tepla, alebo 15 230.9. Pretlačovanie sa prevádza na pretlačovačkách, ktoré boli v minulosti mechanické, v súčasnosti sa využívajú hydraulické.

Polotovar je upnutý vodorovne, upnutie musí zaručovať súososť hlavne a pretlačovacieho zariadenia. Vyvŕtaný otvor musí byť pred pretlačovaním pomedený, aby boli zaistené dobré klzné vlastnosti pretlačovacieho trňa. Pred vlastným pomedením, ktoré prebieha v lázni, musí byť vyvŕtaný otvor dokonalo odmastený.

Pretlačovanie prebieha zatláčaním trňa do vývrtu a tým sa do neho vlisujú drážky požadovaného profilu. Pred pretlačovaním musí byť vývrt kvalitne namazaný, aby nedochádzalo k zadrhávaniu trňa a poškodeniu vznikajúcich drážok. Kvôli rozkladu síl pri pretlačovaní musí byť počet drážok vždy párný a rovný alebo väčší ako štyri. Stúpanie šróbovice drážok udáva sklon drážok na nástroji, nástroj je tlačný otvorom v hlavni buď mechanicky alebo hydraulicky.

Pretlačovanie nevyžaduje tak náročné strojné vybavenie ako kovací stroj, trvá podstatne kratšiu dobu ako kovanie. Náročnou úlohou je však stanovenie rozmerov a tvaru pretlačovacieho trňa. To je výsledkom niekoľkonásobných pokusov.

Po pretlačení je nutné odstrániť pomedenú vrstvu, skontrolovať rozmery, vizuálne povrch a dobré hlavne nakonzervovať. Na takto pripravenej hlavni sa môže opracovať vonkajší povrch, nábojová komora a ústie viď kap 3.1.5.

3.1.4 Výroba hlavni kovaním

Kovanie je mladšia technológia výroby hlavni ako pretlačovanie alebo drážkovanie. Vyžiadala si iný druh materiálu, ktorý zaručuje lepšie prekovanie (má menšie pretvárne odpory), používa sa chróvanadiová oceľ triedy 15 230.9. Kovaním za studena sa materiál zhutní v celom objeme, tlak kladív pri kovaní pôsobí na povrch hlavne. Technológiu kovania dnes s obľubou používajú mnohí výrobcovia hlavni, prináša radu zjednodušení v technológii.

Diera nemusí byť vyrobená v tak presných rozmeroch ako v predchádzajúcich postupoch, avšak musí mať kvalitné opracovanie povrchu, z tohto dôvodu sa otvor po vŕtaní honuje. Finálne rozmery vývrtu vznikajú nakovaním materiálu na kovací trň. Kovaním sa materiál predlžuje, začiatočný polotovár sa preto skrakuje na menšiu dĺžku ako je požadovaná dĺžka hlavne, vŕtanie kratšieho polotovaru je jednoduchšie. Odpadá vystružovanie, ktoré je v dĺžkach hlavne obtiažne. Aby bol dosiahnutý vývrt kvalitne vypracovaný v celom povrchu je nutné navrhnuť vhodný tvar polotovaru pred samotným kovaním. Je dôležité brať do úvahy veľkosť prekovania materiálu a požadovaného tvaru hlavne. Určí sa dostatočný prídavok na osústruženie vonkajšieho tvaru, vychádza sa zo zachovania objemu materiálu pred a po kovaní. Na veľkosti pretváraného odporu závisí veľkosť prekovania materiálu, vypočíta sa zo vzťahu:

$$R = \frac{S_0 - S_r}{S_0} \cdot 100 \quad [\%]$$

vzorec 3.1

Polotovár sa pred kovaním nezahrieva jedná sa o tzv. kovanie za studena. Kovaním narastá pevnosť hlavne o niekoľko desiatok MPa, toto zlepšenie akosti môže spôsobovať skrehnutie a možnú haváriu hlavne. Preto sa kované hlavne po kovaní popúšťajú na pevnosť pred kovaním.

Ďalšou výhodou technológie kovania je možnosť kovať načisto už aj povrch hlavne - povrch potom tvoria plochy stočené do šróbovice. Takáto hlavne vytvára zbraň zaujímavejšiu a lacnejšiu, pretože sa po kovaní nesústruží ale len leští.

3.1.5 Výroba vonkajšieho tvaru hlavne, nábojovej komory a ústia

Hlaveň je pomerne dlhá súčiastka voči jej priemeru a pri obrábaní dochádza k prehýbaniu obrábaného materiálu. Toto prehýbanie sa snažíme obmedzovať na minimum rôznymi spôsobmi:

Sústruží sa v niekoľkých operáciách, odber materiálu v jednotlivých operáciách nesmie byť príliš veľký, aby nedochádzalo k značným deformáciám hlavne. Po jednotlivých upnutiach na sústruhu a následných odberoch materiálu sa musí hlaveň vyrovnáť, vývrt hlavne musí dosahovať predpísanú priamosť.

Na rovanie sa používa ručný šroubový lis, vyžaduje zručnosť a skúsenosti pracovníka. Prevádza sa pohľadom do hlavne, krivá hlaveň vrhá pri pohľade proti svetlu tieň v rôznych miestach vid' kap. 2.3.11 obr. 2.32. Skúsený pracovník ju v lise ohýba do požadovaného tvaru, priamosť kontroluje prepadom kalibra vývrtom. Laserové rovnacie prístroje sa v ČZ zatiaľ nepoužívajú, ale je zámerom takéto čo najskôr zakúpiť. Pri sústružení a brúsení sa hlaveň podopiera lunetou, dĺžka obrábaného materiálu sa tak značne zmenší. Aby sa dosiahla súososť vývrtu s povrchom hlavne, musí sa v mieste podoprenia vybrúsiť kuželová plocha, ktorá súososť zaručí.

Na uchytenie hlavne do zbrane býva často používaný závit, spravidla s metrickým stúpaním. Závit má jemné stúpanie a na hlavni sa vyfrézuje závitovou hlavou, alebo vysústruží nožom (resp. doštičkou zo spekaného karbidu).

Dôležitou časťou hlavne je nábojová komora a prechodový (spojovací) kužeľ. Vyrábajú sa vyhrubovaním, vystružovaním a konečným leštením, pričom rozmery a tvar nábojovej komory sú dané nástrojom a kuželový tvar nábojovej komory spôsobuje závislosť radiálnych rozmerov na rozmeroch osových. Vyžadujú presné rozmery a geometrické tolerancie, tieto vlastnosti sa dosahujú postupným vyhrubovaním a vystružovaním viacerými nástrojmi. Nástroje sú pritom vedené v poliach, to zaručuje súososť nábojovej komory s vývrtom. Nábojová komora sa na finálny tvar leští na požadovanú drsnosť povrchu.

Zásadný vplyv na presnosť zbrane má ústie hlavne, najdôležitejšia je jeho kolmost voči osy hlavne a jeho symetrický tvar. Nástroje na obrábanie ústia sú vedené vo vývrte podobne ako výstružníky nábojových komôr. Hlaveň nesmie obsahovať žiadne vnútorné a vonkajšie trhliny, hrozilo by nebezpečie deštrukcie hlavne. Každá hlaveň sa preto na záver kontroluje magnetickou defektoskopickou skúškou.

3.2 Strojné a nástrojové vybavenie a ich akostné a výkonnostné parametre

V tejto kapitole popisujem niektoré stroje, ktoré sú na výrobu hlavni potrebné. Zameriavam sa najmä na špeciálne stroje a ich technické a výkonnostné parametre. Akostné parametre sú závislé na viacerých faktoroch ako napríklad druhu rezných

nástrojov, použitých chladiacich kvapalinách, rezných podmienkach a inom. V nadväznosti na strojné vybavenie uvádzam používané nástroje potrebné na výrobu hlavni.

3.2.1 Pretlačovačka hlavni príloha C

Jedná sa o stroj jednoduchej konštrukcie, pohyb pracovnej časti je iniciovaný hydraulickým valcom. Tuhosť pretlačovacej tyče je zaistovaná vodiacim valcom s vymedzovacími členmi.

technické parametre stroja:

prietok oleja 16 l/min

príkon čerpadla 5,3 kW

váha agregátu s olejom 180 kg

celková dĺžka 668 mm

šírka 405 mm

výška 805 mm

príkon motora 5,5 kW

nástroje

Pretlačovačka pracuje s jediným nástrojom zvaným pretlačovací tŕň vid' obr. 3.1. Pri pretlačovaní je značne namáhaný, preto je vyrobený zo spekaného karbidu.



obr. 3.1 Pretlačovací tŕň

Jeho presný tvar a rozmery závisia na druhu obrábaného materiálu a sú stanovované empiricky. Prednú pracovnú časť tvoria drážky sklonené pod uhlom, ktorý určuje stúpanie šróbovice drážok. Zadná časť kalibruje hotový vývrt v poliach, tvorí ju vystupujúca časť (tvaru napríklad guličky).

3.2.2 Automatický sústruh CNC príloha D

Sústruh slúži na sústruženie povrchu rotačných súčastí a obrábanie otvorov, typ tohto stroja je TNA od fa. Traub. Je to číslicovo riadený sústruh pre tyčovú a prírubovú prácu. Na výrobe hlavni sa podieľa ako na obrábaní vonkajšieho povrchu tak aj nábojovej komory.

technické parametre stroja:

max. priemer tyče 80 mm

max. dĺžka sústruženia 1000 mm

obežný priemer 680/460
max. priemer sústruženia 445
otáčky vretena 2800 ot./min.
krútiaci moment 545 Nm
príkon 46 kW
celková dĺžka 5500 mm
 šírka 2300 mm
 výška 2200 mm

Sústruh využíva revolverovú hlavu s dvanástimi nástrojmi, k príslušenstvu patrí luneta a koník.

nástroje

Na vonkajší povrch sa používajú sústružnícké nože s vymeniteľnými plátkami zo spekaných karbidov. Na výrobu nábojových komôr sa používajú špeciálne komorové výhrubníky a výstružníky vyrobené buď z rýchloreznej oceli, alebo zo spekaných karbidov. Dnešní výrobcovia ponúkajú široký sortiment nástrojov nielen komerčných ale aj špeciálnych tvarových nožov. Komorové výstružníky patria medzi špecifické nástroje, sú prevažne produktom vnútropodnikovej nástrojárne.

3.2.3 Leštička hlavní příloha E

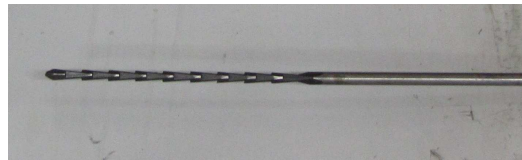
Stroj slúži na leštenie vystruženého vývrtu v polotovare hlavne. V stroji sú zvislo upnuté tri polotovary hlavní. Pracovník pri sa práci stará o prívod rezného oleja a brusiva.

technické parametre:

počet vretien 3
otáčky vretien 1410 / 1216 / 1085 / 881
pohon stolu hydraulický
max dĺžka leštenia 850 mm
príkon motora vreteníka 1,5 kW
príkon hydrauliky 3,4 kW
celkový príkon 4,9 kW
celková dĺžka 1350 mm
 šírka 900 mm
 výška 2800 mm

nástroje

Ako nástroj používa olovený valec upevnený na oceľovom trní vid' obr. 3.2. Na trní sú vyfrézované pozdĺžne a priečne drážky, ktoré zabraňujú pootočeniu a vypadnutiu naneseného olova. Nástroj vytvára pracovník ako zostavu „trň – olovo – olej s brúsnyimi zrnami“ priamo pred prevedením operácie.



obr. 3.2 leštiaci trň

3.2.4 Kovací stroj príloha F

Kovací stroj sa používa na automatické kovanie brokových a guľových hlavní za studena. Kovací stroj umožňuje kovanie guľových hlavní s komorou alebo bez komory, brokové hlavne s chockom alebo bez chocku. Kovacie kladivá vid' obr. 3.3 sú umiestnené v rovine kolmej na os kovanej hlavne a sú v tejto rovine nastavené oproti sebe po 90°.



obr. 3.3 kovacie kladivá

Konajú radiálny pohyb, zatiaľ čo kovaná hlaveň koná pohyb rotačný a axiálny.

technické parametre:

počet kovacích kladív 4

kovací tlak kladiva 1 250 kN

počet úderov za minútu 1000

rozsah prestavenia kladiva v priemere 35 mm

maximálny kovací priemer 45 mm

maximálna dĺžka obrobku 900 mm

max. zdvih upínanej hlavy 1 300 mm

nastaviteľná rýchlosť posuvu upínanej hlavy 0 - 12 mm/s

celkový príkon 125 kW

celková šírka 3 070 mm

dĺžka 8 100 mm

výška 2 300 mm

váha stroja 29 t

nástroje

Nástrojom je kovací trň vid' obr. 3.4 a kovacie kladivá, vyrábajú sa z tvrdokovu. Kovací trň je negatívom vodiacej časti pri kovaní bez nábojovej komory, alebo negatívom vodiacej časti a náboja s prechodovým kužeľom pri kovaní s komorou.

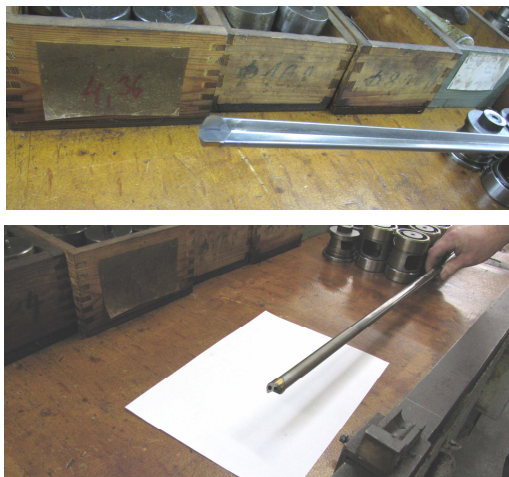


obr. 3.4 Kovací tůň

Na kovanie každej ráže sa používa iný tůň. Tvar kovacích kladív je závislý na priemere polotovaru a technológii kovania. Každé kladivo má v pracovnej časti prizmatyckú drážku.

3.2.5 Hlavňová vrtačka SIG príloha G

Stroj slůži k primárnemu zhotoveniu budúceho vývrtu. Hlavný rotačný pohyb vykonáva materiál (polotovar hlavne), axiálny (a prípadný vedľajší rotačný) pohyb vykonáva hlavňový vrták vid' obr. 3.5.



obr. 3.5 hlavňový vrták

Takto dochádza k strediacemu momentu, ktorý zabraňuje vyoseniu vrtáku mimo os obrobnku.

technické parametre:

max. dĺžka vrtania 900 mm

otáčky vretena 1200 - 6000 ot/min

celková hmotnosť 5 200 kg

celková šírka 2 500 mm

dĺžka 4 500 mm

výška 2 300 mm

nástroje

V závode CZUB sa hlavne vrtajú len hlavňovým vrtákom. Pri výrobe malorážových hlavni poskytuje potrebné vlastnosti a kvalitu vyvrtaného otvoru. Umožňuje vrtanie otvorov malých priemerov s úzkymi toleranciami. Býva buď monolitický zo spekaného karbidu

alebo zo spájkovanými SK doštičkami. Monolitický vykazuje vyššiu kvalitu vŕtaného otvoru.

3.2.6 Honovací stroj príloha H

Stroj slúži na honovanie vystruženého vývrtu. Ako nástroj sa používajú honovacie hlavy upevnené na ocelovom tŕni. Honovacie hlavy sú osadené honovacími kameňmi a sú staviteľné. V stroji sú tri stanice, každá stanica je opatrená honovacou hlavou s kameňmi určitej zrnitosti.

technické parametre:

výkon stroja 22 kW

rýchlosť zdvihu 0 - 25 m/min.

otáčky vretena 376 - 2080 ot/min.

zdvih 35-1000 mm

počet obrábacích staníc 3

hodinový výkon stroja 12 - 17 ks/hod.

celková šírka 3076 mm

dĺžka 2650 mm

výška 4500 mm

nástroje

Používajú sa honovacie hlavy slúžiace ako unášač brúsnych kameňov. V podniku používame tri druhy s rozdielnou zrnitosťou, rozdelené ako predhonovacie, honovacie a dokončovacie. Upínajú sa do jednotlivých staníc.

4 Metódy pre povrchovú úpravu dlhých hlavní s dôrazom na úpravu povrchu vývrtu. Metódy spojovania hlavní do zväzkov

Kapitola je rozdelená na dve časti, prvá obsahuje popis postupu pri prevádzaní povrchových úprav používaných vo výrobe hlavní. V druhej časti uvádzam výrobný postup spojovania hlavní do zväzku.

4.1 Metódy pre úpravu povrchu dlhých hlavní

Povrchové úpravy rozdeľujeme do dvoch kategórií: povrchovú úpravu vonkajšieho povrchu hlavne a povrchovú úpravu vnútorného povrchu (vývrtu).

Vonkajší povrch upravujeme z dôvodu ochrany voči korózií a iným vonkajším vplyvom a ako aj z dôvodu maskovania či kamufláže. Najpoužívanejší spôsob je čiernenie buď alkalické alebo kyslé, ktorým je ošetrené najväčšie množstvo produkcie. Možno tiež použiť povrchovú ochranu vypaľovacími lakmi. Menej používaný spôsob ochrany je

niklovanie, ako kamufláž je možno použiť facelift - potiahnutie zbrane fóliou so zvoleným kamuflážnym vzorom.

Povrchová úprava vývrtu zlepšuje klzné vlastnosti, predlžuje životnosť a zvyšuje tvrdosť povrchu vývrtu. Najznámejší spôsob je chrómovanie, ďalším druhom je nitridovanie. Modernejšími metódami je karbonitridácia alebo nitrocementácia. Povrchovú úpravu vývrtu potrebujeme zaistiť najmä u hlavných vojenských zbraní, kde sa vyžaduje vysoká životnosť zbrane (20 000 cyklov).

4.1.1 Alkalické oxidačné černenie

Používa sa na bežné uhlíkové oceli, hrúbka vrstvy závisí na druhu čierniaceho materiálu a podmienkach čierneňa, býva rádovo v μm , takže nedochádza k výrazným rozmerovým zmenám. Korózna odolnosť samotného povrchu nie je príliš vysoká, a preto je nutné načierneň hlavne ošetriť vhodným konzervačným prostriedkom. Predpokladom pekného kvalitného čierneňa je kovovo čistý povrch, pretože nedokonalosti povrchu sa čierneňm zvýraznia. Rovnako je kvalita čierneňa závislá na drsnosti povrchu: čím je povrch hladší, tým je čierneň sýtejší a odolnejšie proti oderu. Kvalitu podkladového povrchu dosahujeme brúsením, leštením či pieskovaním (pred čierneňm).

Hlavne treba pred čierneňm odmasť ponorom do odmasťovača. Po odmasťení sa hlavne vložia do lázne s oxidačným roztokom, nastáva prvý stupeň čierneňa. Lázeň je ohrievaná na teplotu varu: 138 - 142°C, regulácia lázne sa prevádza kontrolou teploty. Pri väčšej koncentrácii teplota varu stúpa a je nutné riedenie vodou. Pri nižšej teplote je nutné pridať čierneň prípravok. Súvislá sýto čierna vrstva vnikne po 10 - 20 minútach ponoru, po vybrání z lázne nastáva oplach vodou. Po opláchnutí sa hlavne znovu vložia do čierneň lázne, prevádza sa druhý stupeň čierneňa pri teplote 144 - 148°C, doba ponoru 10 - 20 minút [4]. Načierneň hlavne sa opláchnu vodou viacstupňovým oplachom a po osušení sa nakonzervujú konzervačným roztokom.

4.1.2 Kyslé černenie

Je drahšie ako alkalické čierneň, vrstva povrchu je však kvalitnejšia a nedochádza u neho k takému zahrievaniu materiálu. Je výhodné na čierneň hlavňových zväzkov spojovaných mäkkou pájkou, pretože nedochádza k poškodeniu spoja vplyvom teploty. Povrch je rovnorodý avšak nanášanie rovnomernej vrstvy roztoku na členitý povrch spôsobuje ťažkosti.

Najdôležitejšou časťou je príprava povrchu vid' kapitola 5.1. a dokonalé odmasťenie. Po odmasťení povrchu nanesieme rovnomernú vrstvu roztoku handričkou. Hlavne sa vložia do klimatického boxu, v ktorom sa udržuje stála vlhkosť cca 90% a teplota 70°C. V tomto prostredí sa hlavne nechávajú oxidovať 10 až 12 hodín. Hĺbka zoxidovanej vrstvy závisí na hrúbke vrstvy naneseného oxidačného roztoku a na dobe jeho pôsobenia

v klimatickom boxe. Práca pokračuje vyvarením vo vode a vyleštením jemným drôteným kartáčom. Celý postup sa opakuje päť až sedem krát, až do vtedy, kým sa na povrchu nevytvorí súvislá čierna vrstva. Oxidačný agresívny roztok nesmie prísť do styku s vývrtom, došlo by k oxidácií povrchu a následnému poškodeniu vývrtu. Preto je nutné vývrt chrániť. Načiernené hlavne sa vo finálnom stave nakonzervujú olejom.

4.1.3 Niklovanie

Niklovanie je pomerne málo používaný spôsob povrchovej úpravy hlavní, jedná sa o vylučovanie niklového povlaku na oceľových súčiastiach z lázne. Vylúčený povlak je lesklý až polo lesklý, vylučovacia rýchlosť je pri správnych podmienkach cca 13 $\mu\text{m}/\text{hod}$ [5]. Dodatočným tepelným spracovaním môžeme zvýšiť tvrdosť povlaku.

Hlavne musia byť kovovo čisté, zbavené hrdzí a ostrín, bez povrchových vad ako sú škrabance, póry, stopy po valcovaní, trhliny atd. Tieto vady nielen že ostanú povlakom zachované, ale sa ešte zvýraznia. Vývrt a komora musia byť pred niklovaním chránené. Korózna odolnosť povlaku je daná jeho zložením, hĺbkou a drsnosťou podkladu. Ako optimálna drsnosť povlaku sa uvádza $R_a < 0,2 \mu\text{m}$. Používa sa na úpravu vonkajšieho povrchu hlavní.

Hlavne je nutné odmastiť nahrubo ponorením do alkalického odmasťovača a opláchnuť vodou. Potom sa odmastia v elektrolytickom odmasťovači a znovu opláchnu vodou. Potom nasleduje vlastné niklovanie, ktoré prebieha bezprúdovo, chemickou cestou, ponorením hlavní do niklovacej lázne. Lázeň je tvorená vodným roztokom niklových solí, amoniaku a kyseliny sírovej. Po niklovaní sa prevedie oplach studenou a horúcou vodou, nasleduje sušenie a konzervácia.

4.1.4 Lakovanie

Ďalším spôsobom úpravy vonkajšieho povrchu je lakovanie vypaľovacím lakom. Výhoda tejto metódy spočíva v tom, že na rozdiel od predošlých povrchových úprav netreba dbať na úzkostlivú prípravu povrchu, pretože prípadné nerovnosti, drobné defekty a vrypy zaniknú nanesením vrstvy laku. Je však treba dbať, aby lak nevnikol do komory a vývrtu hlavne - tieto sa musia chrániť utesnením.

Vlastný proces začína nafosfátovaním hlavní a po ňom nasleduje nástrek lakom emailom. Nasleduje vyschnutie emailu na vzduchu pri teplote cca 20°C a kontrola, či je povrch hlavne perfektne pokrytý lakom. Pokiaľ nie, prevedie sa nový nástrek a sušenie. Po týchto úkonoch sa prevedie vypálenie emailu vo vypaľovacej peci. Proces prebieha cca 30 min pri teplote cca 200°C a po ňom nasleduje ochladenie na vzduchu. Po následnej kontrole sú hlavne pripravené na ďalšiu montáž, alebo podrobené opravnému cyklu.

4.1.5 Chrómovanie

V podstate sa jedná o vylučovanie chrómového povlaku v dlhých úzkych otvoroch, označuje sa niekedy ako tvrdochróm. Celá technológia je odvodená od bežného chrómovania pre technické účely, špecifické je však umiestnenie anód do vývrtu pri chromovaní. S ohľadom na to, že okrem odolnosti proti opotrebeniu je kladený dôraz tiež na dobrú koróznú odolnosť vývrtu, nemala by byť hrúbka povlaku menšia ako 40 μm [5].

Pracovný postup začíname predbežným odmastením, ponorom do odmasťovacieho roztoku, vývrt sa pretiahne silonovým kartáčom. Hlavne sa podrobia rozmerovej a vizuálnej kontrole, rozdelia sa do rozmerových skupín. Pri finálnom odmastení sa hlavne ponoria do alkalického odmasťovača. Zvyšky odmasťovača sa odstránia opláchnutím vodou v dvoch stupňoch. Po vysušení sa do hlavne upevní vodič, ten sa vo vývrte vystredí a napne. Priemer vodiča závisí na priemere vývrtu, stanovuje sa experimentálne. Takto pripravené hlavne sa vložia do rámov a rámy sa ponoria do chrómovacej lázne. V prvej fáze chrómovania prebehne naleptanie povrchu, v druhej fáze vlastné chrómovanie. Naleptanie povrchu prebehne takým spôsobom, že hlaveň figuruje ako anóda a vložený vodič ako katóda, a proces prebieha cca 4 až 8 min. Vlastné chrómovanie prebehne po prepólovaní (hlaveň = katóda, vložený vodič = anóda) a trvá podľa požiadavky na hrúbku chrómovanej vrstvy. Možno sa riadiť pravidlom, že rýchlosť vylučovania chrómu je 0,5 - 1 $\mu\text{m}/\text{min}$. Lázeň sa skladá z agresívneho roztoku oxidov chrómu, kyseliny sírovej a prísad. Behom chrómovania je nutné do lázne dopĺňovať odparenú vodu.

Po chromovaní sa hlavne opláchnu dvojstupňovým oplachom v destilovanej vode. Po opláchnutí sa nechajú vyschnúť. Po chromovaní sa prevedie kontrola rozmerov a vizuálna kontrola každej hlavne. Po skončení chrómovania je nutné hlavne odvodikovať - zahriať na teplotu cca 200°C. Doba pôsobenia závisí na druhu materiálu, resp. jeho pevnosti v ťahu, cca 2 - 6 hod.

4.1.6 Nitridovanie

Nitridácia je sytenie povrchu súčastí dusíkom v plynnom alebo kvapalnom prostredí, pričom sa vytvorí povrchová vrstva nitridov. Proces prebieha pri teplotách 500 - 570°C. Dusík, ktorý sa uvoľňuje z atmosféry či lázne difunduje do oceli a vytvára v jej povrchovej vrstve nitridy s jej legúrami. Takto vzniká vysoko tvrdá povrchová vrstva pri minimálnej deformácii súčastí, pretože nitridačná teplota je nízka.

Moderným postupom je tzv. iónové nitridovanie, pri ktorom sa dusík do povrchu súčastí dostáva vo forme plazmy. Preto sa tento postup tiež nazýva plazmovou nitridáciou. Súčasti sú vložené do vákuovej komory, do ktorej sa následne privedie dusík a vysoké napätie. Súčasti tvoria katódu, stena komory anódu. Po zapnutí napätia prebehne iónizácia dusíka a jeho anionty dopadajú veľkou rýchlosťou na súčiastku a prenikajú pod jej povrch. Tu vytvoria nitridy a spôsobia ohrev povrchovej vrstvy, takže už

nie je potrebné následné tepelné spracovanie. Za relatívne krátku dobu tak získame dostatočne silnú nitridovanú vrstvu o hrúbke 0,1 - 0,2 mm.

Táto metóda je však v povrchových úpravách zbraní používaná iba okrajovo, prednosť sa dáva metódam karbonitridačným, resp. nitrocementačným.

4.1.7 Karbonitridovanie, nitrocementovanie

V súčasnej dobe sa pre povrchovú ochranu vývrtu aj vonkajšieho povrchu začína používať karbonitridačných, alebo nitrocementačných metód, najmä metóda Tenifer a metóda Plasox. Karbonitridačné metódy prebiehajú za teplôt pod A_1 , nitrocementačné metódy prebiehajú v okolí teploty A_3 (podľa diagramu Fe - Fe_3C).

Princípom metódy Tenifer je nitrocementácia v soľnej lázni a následná oxidácia. Soľná lázeň je tvorená alkalickým kyanátom, oxidácia prebieha v oxidačnej soľnej lázni. Vlastný proces prebieha v piatich krokoch:

1. Predhrev súčastí na vzduchu na teplotu cca 350°C
2. Nitrocementácia v soľnej kyanátovej lázni pri teplote cca 600°C
3. Oxidácia v soľnej oxidačnej lázni pri teplote cca 350°C
4. Ponor do vodnej lázne
5. Konzervácia

Týmto procesom sa vytvorí vrstva karbonitridu o tvrdosti 800 - 1500 HV. Táto vrstva sa vyznačuje dobrou odolnosťou proti korózií a opotrebeniu, jej veľká hĺbka však môže byť príčinou krehkého lomu materiálu. Ak sa zdá povrch po nitrocementácii príliš drsný, možno ho preleštiť a následné kroky procesu zopakovať.

Metóda Plasox, plazmatická oxidácia, je metódou karbonitridačnou. Prebieha vo vákuovej komore, do ktorej je následne privedená zmes dusíku a oxidu uhličitého. Vďaka privedenému vysokému napätiu prebehne ionizácia atmosféry na plazmu, pričom anionty plynu dopadajú veľkou rýchlosťou na povrch súčasti a tým difundujú do povrchovej vrstvy materiálu. Hĺbka vzniknutej karbonitridačnej vrstvy je závislá od doby trvania procesu, predpisuje sa na hodnotu 0,1 - 0,15 mm.

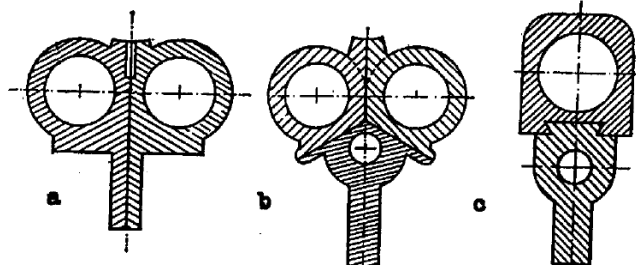
V porovnaní v korózných skúškach so súčastami niklovanými či chromovanými však súčasti teniferované či plazmaticky oxidované vykazujú menšiu odolnosť. Rovnako je nutné nezabúdať, že kyanidové soli používané pri metóde Tenifer značne zaťažujú životné prostredie, sú náročné na likvidáciu a tým proces predražujú.

4.2 Výrobné metódy spojovania hlavní do zväzku

V tejto kapitole popisujem spôsoby spojovania hlavní do zväzku, sústreďujem sa najmä na zbrane pre lovecké účely. Vo vojenských zbraniach sa táto zostava využíva

u zbraní s rotujúcim zväzkom hlavni z dôvodu zvýšenia kadencie a režimu paľby, napr. systém Gatling.

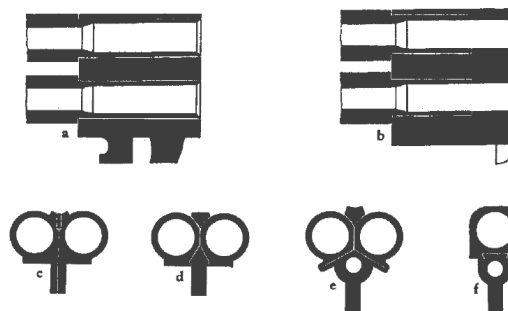
Lovecké zbrane so sklopnými hlavňami sa spravidla združujú do tzv. hlavňového zväzku. V minulosti sa vyrábal z jedného kusa materiálu – monobloku [4]. Zväzok dvoch hlavni spojených v mieste záverového háku, ktorý je pozdĺžne delený, sa nazýva demiblok vid' obr. 4.1.



obr. 4.1 Hlavňové zväzky a – demiblok zbraní ZP b – trojákový hlavňový zväzok
c – kozlicový hlavňový zväzok

Hlavňový zväzok musí zaručovať pevné spojenie hlavni s uzamykacím členom. Najpoužívanejší spôsob je uzamknutie pomocou hákov. V začiatkoch vývoja sa hlavne spájali tzv. tvrdou mosadznou pájkou, ktorá sa vyznačuje dostatočnou pevnosťou spoja a dovoľuje spojenie hlavni bez objímky.

Iným spôsobom spojenia hlavni s uzamykacím členom je spojenie pomocou hlavňovej objímky. Hlavne sú zasunuté do objímky a pevnosť spoja zaručuje cínnoolovená alebo cínnostrieborná pájka vid' obr. 4.2. Nábojové komory môžu byť vypracované čiastočne v hlavni a objímke, alebo v samotnej hlavni.



obr. 4.2 hlavňové zväzky:

Kombinované zbrane boli konštruované tak, že hlaveň výkonnejšieho náboja bola umiestňovaná čo najbližšie uzamykacieho člena, najčastejšie klinu. Medzi hlavňami vzniká medzera, ktorá sa zakrýva rôznymi kovovými lištami alebo bočnicami. Tieto sa taktiež pripevňujú k hlavniam mäkkou alebo tvrdou pájkou a vytvárajú nielen vizuálny dojem, ale

prispievajú k pevnosti spojenia hlavní. Ďalej môžu slúžiť na upevnenie mechanických ako aj optických zameriavacích zariadení.

Vlastný postup výroby spájkovaného zväzku sa začína predbežným zložením budúcej zostavy hlavní, líšt a hlavňovej objímky a prilícovaním jednotlivých členov. Po následnom odmastení sa zostava vytvorí v dvoch krokoch. V prvom sa naniesie tavidlo na miesta budúcich spojov hlavní a objímky. Vonkajší povrch komorových časti hlavní ktoré budú uložené v hlavňovej objímke, sa obalí tenkou fóliou, ktorá je tvorená materiálom spájky SnAg5. Za súčasného nahrievania obidvoch členov sa hlavne postupne nalisujú do objímky. Tým vznikne pevná zostava objímky a hlavní.

V druhom kroku sa tavidlo naniesie na hlavne v miestach budúceho spojenia s lištami ako aj na lišty samotné. Treba dbať na to, aby aj miesta, ktoré nebudú po vytvorení nerozoberateľného spoja prístupné, boli opatrené pájkou. Tým sa zamedzí ich eventuálnej korózii. Hlavne aj lišty sa obalia spájkovacou fóliou a medzi hlavne sa vložia dištančné kocky pre zaistenie požadovanej polohy hlavní. Celá táto zostava sa vloží do spájkovacieho prípravku a striedavo spája, aby sa zabránilo eventuálnym deformáciám. Teplota tavenia spájky je cca 230°C.

Po spájkovaní a ochladení na vzduchu je potrebné celú zostavu neutralizovať oplachom studenou vodou. Následne sa z povrchu kartáčovaním odstránia zvyšky spájky a tavidla. Vzniknutý hlavňový zväzok sa skontroluje na kvalitu prevedenia a predá sa na povrchovú ochranu - viď článok 4.1.2.

Vyššie popísaný spôsob tvorby zväzku hlavní je možné čiastočne mechanizovať, najmä v oblasti samotného spájkovania hlavní. Zostava sa nevloží do spájkovacieho prípravku ale sa zaistí drôtenými smyčkami. Takto pripravené zväzky sa nakladú na dopravníkový pás a sú vpravené do spájacej komory viď obr. 4.3. V nej sú kontinuálne zahriate na spájaciú teplotu a nato pomaly chladené na bežnú teplotu. Následne pracovník odstráni drôtené smyčky a zväzok očistí a skontroluje.

Výhodou tejto metódy je rovnomernosť spájacieho procesu a úspora nákladov na odbornú ľudskú prácu.



obr. 4.3 Hlavňové zväzky pred vložením do spájkovacej komory.

Zväzok hlavni používaný v rotačnom systéme Gatling je tvorený hlavňami usporiadanými na pomyselnéj valcovej ploche okolo ktorej hlavne rotujú. Hlavne spravidla bývajú spojené na ústí, uprostred a na komorovom konci spojovacími objímkami, do ktorých sú vložené. Tým vzniká rotor spojený s puzdrom záverov. Je uložený v axiálnych a radiálnych ložiskách a je jadrom systému Gatling. Úst'ová a stredná objímka zväzku hlavni nie je taká robustná ako objímka zadná, ktorá zabezpečuje prenos síl od výstrelu. Hlavne bývajú do objímok zalisované alebo zašroubované. Takýto rotačný zväzok je funkčný už pri použití dvoch hlavni, v praxi sa však používa zväzok štyroch hlavni alebo s počtom vyšším.

V našich podmienkach sa však u vojenských zbraní rotačný zväzok hlavni nepoužíva. V civilnom sektore nachádzajú uplatnenie zväzky hlavni guľových, brokových alebo ich kombinácie pre lovecké účely alebo športovú strelbu.

5 Analýza metód výroby vývrtu hlavni pretlačovaním a rotačným kovaním za studena

Ako už bolo povedané v kap. 2.3.7, väčšina kovov môže pôsobením vonkajších síl meniť svoj pôvodný tvar. Táto ich vlastnosť sa nazýva tvárnosť a je to schopnosť dovoľovať sklzy kryštálov istým smerom po prekonaní medzných hodnôt napätia. Proces sa nazýva tvárnenie a tvarové zmeny sú založené na riadenom porušovaní súdržnosti materiálu. Dochádza ku sklzu jednotlivých kryštálov vo vnútornej štruktúre voči sebe a výsledným efektom je požadovaný tvar a spevnenie materiálu.

Pretlačovanie a kovanie patrí medzi tvárniace operácie. Každá z týchto technológií si vyžaduje veľa špecifik, pretože podstatou tvárnenia je závislosť finálnych rozmerov na vlastnostiach materiálu ako aj rozmeroch pracovného nástroja. Postup sériovej výroby preto vzniká prevažne po mnohých skúškach. Po tvárnení mení materiál vlastnosti a vzniká nerovnomerné rozloženie napätia v jeho objeme, ktoré sa eliminuje vhodným tepelným spracovaním.

V tejto kapitole popisujem metódy výroby vývrtu pretlačovaním a kovaním, zároveň zhodnocujem voľbu použitia jednotlivých technológií. V prvom bode podrobnejšie popisujem vrtanie polotovaru ako náročnú prípravnú operáciu pred drážkovaním ako aj pred kovaním.

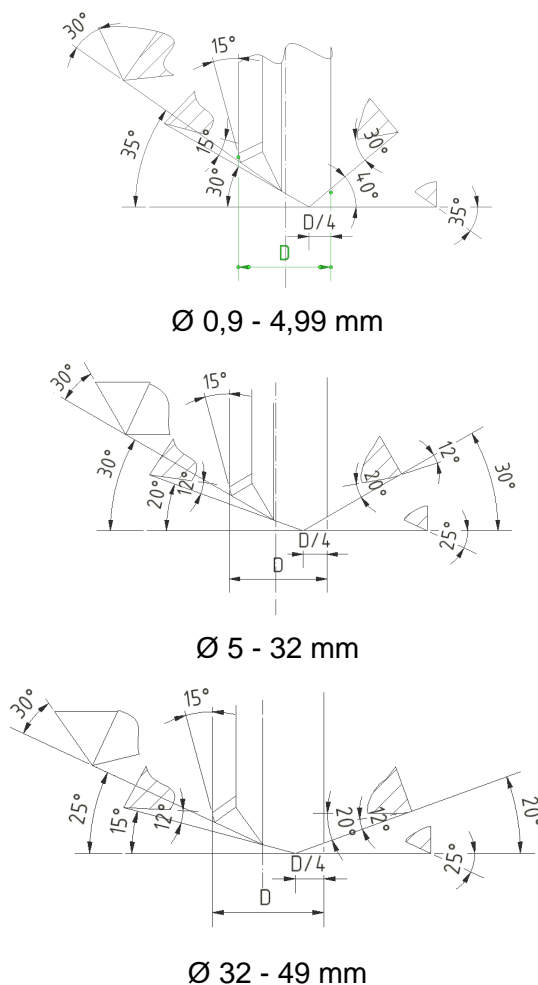
5.1 Vrtanie polotovaru

Prevádza sa na štvorvretenových hlavňových vrtáčkach SIG, hlavne sú upnuté vodorovne a automaticky podávané do vretien. Hlboké vrtanie je obtiažny proces a značne ovplyvňuje náročnosť nasledujúcich operácií, a tým aj kvalitu vývrtu. Je nutné, aby bol otvor vyvrtaný v čo najlepšej kvalite. Pri vrtaní je nutné dodržiavať rezné

podmienky, patria tu: otáčky vretena, veľkosť posuvu a prívod reznej kvapaliny. Otáčky vretena sa pohybujú v rozmedzí 2000 až 3500 ot/min, rezná rýchlosť činí 40 až 70 m/min s posuvom 25 až 30 mm/min.

Pri vŕtaní môžeme sledovať najčastejšie dve vady a to: šroubové vady a nesúososť otvoru. Šróbové vady sú vlastne ryhy po vrtáku, ktoré sú pri kovaní zatlačované do povrchu. Prejavujú sa nielen ako vzhľadové vady, ale môžu byť príčinou nízkokyckového únavového lomu a deštrukcie hlavne. Nesúososť otvoru vzniká nedodržaním rezných podmienok a tupým, alebo zle nabrúseným vrtákom. Ďalším dôsledkom nedodržiavania rezných podmienok, alebo kvality ostria, je spevňovanie materiálu. Spevnenie spôsobuje mikrotrhliny pri kovaní, tieto vady sa pri vŕtaní nedajú určiť presne a prejavia sa až pri kovaní. Drsnosť povrchu po vyvŕtaní sa pohybuje v rozmedzí $Ra=3,2$ až $6,4$. Zmetkovitosť sa pohybuje v hodnotách 2 až 5% a je závislá na kvalite použitého hlavňového materiálu.

Pri samotnom vŕtacom procese koná hlavný posuv obrobok a vedľajší posuv nástroj, hlavňový vrták vid' kap. 3.2.5. Moderné stroje umožňujú rotačný pohyb nástroja aj obroboku. Vplyv na kvalitu otvoru má aj pevnosť materiálu. Zo skúsenosti s výrobou hlavni v podniku CZUB vyplynulo, že pri vŕtaní ocelí s pevnosťou $R_m = 850-1000$ MPa môžeme doceliť lepšiu kvalitu ako pri vŕtaní ocelí s pevnosťou $R_m < 850$ MPa. Hlavňový vrták má špecifický tvar reznej časti, je závislý na priemere vid' obr. 5.1.



obr. 5.1 Geometria hlavňových vrtákov pre rôzne priemery

5.2 Pretlačovanie

Technológia pretlačovania bola zavedená do výroby začiatkom druhej polovice minulého storočia. Ako už bolo povedané v kapitole 2.3.7. pretlačovanie patrí medzi tvárniace operácie. Nedochádza tu k odberu materiálu, ale k jeho pretváraniu. Kvalita pretlačeného vývrtu závisí na precíznom prevedení predošlých operácií vŕtania a leštenia, prípadne honovania. Pretlačovanie je najproduktívnejšia technológia výroby drážok, ale spôsobuje nemalé ťažkosti pri výrobe.

Výsledné rozmery sú závislé nielen na druhu materiálu, ale aj na jeho presnom chemickom zložení. Po pretlačení a následnej stabilizácii sa priemer vývrtu zmenší v rozmedzí o 0,004 až 0,015 mm. Pretlačovací trň je preto potrebné vyrábať o túto hodnotu väčší. Pretože konkrétne zmenšenie priemeru vývrtu je zrejmé až po tepelnom spracovaní, rieši sa to v praxi tak, že sa na niekoľkých kusoch prevedú skúšky a premeriavanie vývrtu pred a po tepelnom spracovaní. Napokon je zahájená sériová výroba. Pri sériovej výrobe je kontrolovaná každá hlaveň a prípadné korekcie pretlačovacieho trňa sa prevádzajú priamo vo výrobe. Nástroj je vyrobený zo spekaného karbidu a jeho životnosť sa pohybuje v rozmedzí 500 až 1000 hlavní. Rýchlosť posuvu trňa je 1,2 – 2,4 m/min. Pri pretlačovaní dochádza k zhutneniu priamo v oblasti vodiacej časti vývrtu na rozdiel od kovaných hlavní.

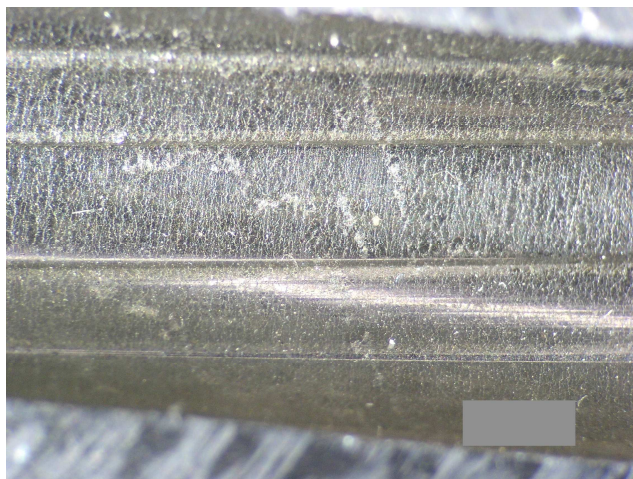
Pri sústružení vonkajšieho tvaru, najmä na ústí, sa značne zmení hrúbka steny. Spôsobuje to stratu predpätia v materiáli, vzniká tak ďalšie zväčšenie rozmeru. Na ústí je to nežiaduci jav, ktorý zaraďujeme do problematických vlastností tejto technológie. Stanovenie optimálnej technológie výroby a konštrukčného tvaru hlavne je preto predchádzané radom skúšok a konzultácií konštruktéra s technológom. Vplyv každej zmeny rozmeru pretlačovacieho trňa sa prejaví de facto až v konečných operáciách, zmätky tu vzniknuté sú zaťažované cenou predošlých operácií.

Technológia pretlačovania je zaťažovaná väčšou zmetkovitosťou ako u kovaných hlavní. Tvar pretlačovacieho trňa je preto know how každého podniku, ktorý si stráži. Ďalšou z negatívnych vlastností je likvidácia lázne oxidu chrómového a koncentrovanej kyseliny sírovej, potrebnej na odstránenie medeného povlaku po pretlačení. Pretlačované hlavne majú menšiu životnosť, ale s obľubou sa používajú v odstreľovacích zbraniach, vyznačujú sa totiž menším, rozptylom.

Zahájenie výroby pretlačovanej hlavne je preto dosť nákladné, vhodnosť tejto technológie záleží na zväžení výrobcu. Posudzuje sa najmä vzhľadom k veľkosti predpokladanej série. Veľkou výhodou je nižšia cena a vyššia produktivita, ktorá je v dnešnej dobe nezanedbateľnou položkou.

5.3 Rotačné kovanie

Technológia rotačného kovania hlavni sa odvíja od klasického kovania, prevádza sa na vodorovných kovacích strojoch. Malorážové hlavne sa kovajú bez ohrevu, hlavne väčších ráží sa kovajú zahriate indukčným ohrevom. Jedná sa o proces, pri ktorom sa premiestňuje materiál pozdĺž kovacieho trňa, zreteľný z obrázku 5.2. Dochádza tak ku zmene tvaru pri spevňovaní materiálu a k vyčerpávaniu jeho plastických vlastností.



Obr. 5.2 povrch vývrtnu po kovaní

Charakteristickou vlastnosťou vstupného materiálu je jeho ťažnosť, ktorá sa pohybuje v rozmedzí 10 - 15% a priebežne sa kontroluje. Vyššia ťažnosť materiálu dovoľuje použiť pri výrobe vyššie redukčné pomery maximálne však 41%. Na redukčnom pomere pri kovaní je priamo závislé spevňovanie materiálu a úmerne k nemu dochádza k presunu kryštálov v materiáli. Redukčný pomer sa pohybuje v rozmedzí 25 – 41% a je limitovaný medzou sklzu R_e a medzou pevnosti R_m . Pri návrhu polotovaru sa redukčný pomer vypočíta podľa vzorca:

$$R = \frac{(DP^2 - dp^2) - (DV^2 - dv^2)}{(DP^2 - dp^2)} \cdot 100 \quad [\%]$$

vzorec 5.1

DP - vonkajší priemer polotovaru

dp - priemer otvoru v polotovare

DV - vonkajší priemer výkovku

dv - stredný priemer vývrtnu

Na tvárnenie je vhodný materiál s veľkým rozdielom medzi hodnotami medze pružnosti a medze sklzu. Po kovaní sa hodnota medze pružnosti zvyšuje takmer na hodnotu medze

pevnosti. Ukázalo sa, že materiál 13 242.9, používaný pre pretlačované hlavne, nie je na výrobu kovanej hlavne vhodný. Dneska sa v podniku CZUB používa chrómvanadiová oceľ 15 230 zušľachťovaná na hornú pevnosť a húževnaté oceli DIN W.Nr. 1.7765. V prílohe I sú uvedené schémy niektorých druhov kovania.

Technológiu kovania rozdeľujeme na:

- *kovanie polotovaru*
- *kovanie vývrtu s nábojovou komorou*
- *kovanie hlavni načisto*

Kovanie polotovaru

Je najrozšírenejšia technológia kovania; vývrt má po vykovaní najlepšiu akosť z uvedených spôsobov. Polotovar hlavne tvorí trubka s vodiacou časťou bez nábojovej komory, ktorú je nutné vyrobiť trieskovým obrábaním. Kovací trň má jednoduchý tvar a je pomerne lacný. Kovací stroj je menej namáhaný pretože materiál nemusí prekonávať tak veľké pretvorenie.

Kovanie vývrtu s nábojovou komorou

Technológia sa v praxi neosvedčila a v podniku CZUB sa v dnešnej dobe nevyužíva. Polotovar má pred kovaním vyvrtaný otvor s väčším priemerom kvôli nábojovej komore, čo však spôsobuje nedokovanie drážok. Lepšie vlastnosti dosahuje kovanie nábojovej komory nahrubo. Pri tomto spôsobe sa komora vyrobí len čiastočne a je nutné ju dokončiť trieskovým obrábaním. Tento spôsob síce uľahčuje prácu pri výrobe nábojovej komory, ale podobne ako predchádzajúci spôsob sa kovanie s komorou nahrubo v CZUB nevyužíva.

Kovanie hlavni načisto

Pri kovaní hlavni načisto vzniká nielen vodiaca časť hlavne, ale aj jej vonkajší povrch. Nakoľko vodiacu časť už netreba ďalej obrábať, vonkajšia časť sa väčšinou ešte leští a povrchovo upravuje. Technológia sa v CZUB využíva najmä u loveckých zbraní, pôsobí nielen vzhľadovým dojmom, ale aj zlacňuje finálny výrobok.

Nástroje

Kovací trň je vyrobený zo spekaného karbidu, povrch je leštený s drsnosťou $Ra = 0,2$. V prevádzke je namáhaný tlakom kovacích kladív 1250 kN s frekvenciou 1000 úderov/min. Životnosť kovacieho trňa závisí na kvalite spekaného karbidu a pohybuje sa v hodnotách 1000 - 5000 ks hlavni pri kovaní polotovaru a kovaní hlavne načisto. Vyrába sa brúsením na CNC brúskach a leští sa ručne.

Kovacie kladivá sú podobne ako trň vyrobené zo spekaného karbidu. Dodávajú sa v sade štyroch kusov a ich životnosť je cca 20 000 ks polotovarov a 7000 ks hlavni kovaných načisto.

Veľká výhoda kovanej hlavne je, že vodiaca časť vývrtu sa po vykovaní nemusí už obrábať. Medzi ďalšie výhody patrí možnosť výroby polygonálneho vývrtu ako aj hladkého vývrtu a pomerne jednoduché prestavenie stroja na inú ráž. Kovací stroj SHK 10 je ovládaný CNC programom, a má zásobník, z ktorého sú polotovary podávané mechanickou rukou.

6 Zhodnotenie možností dosiahnutia vyššej akosti výroby s dôrazom na kvalitu vývrtu

Akosť vo výrobe môžeme špecifikovať rôznymi spôsobmi, úzko súvisí s účelom, na ktorý má byť zbraň používaná, a následnými požadovanými vlastnosťami. Tlak konkurencie mnohých domácich aj zahraničných firiem núti výrobcov zvyšovať produktivitu a znižovať cenu výrobku, často aj na úkor kvality. To sa deje vypúšťaním niektorých operácií z používaných technológií, zvyšovaním obrábacích rýchlosti na hranice maxima, používaním lacnejších (menej kvalitnejších) materiálov a nástrojov a podobne. Hlaveň je najnamáhanejšou súčasťou v zbrani, preto treba dbať na to, aby žiadne vyššie uvedené sproduktívňujúce zmeny nemali negatívny vplyv na finálny výsledok.

V tejto kapitole popisujem možnosti vo výrobe, ktorými môžeme ovplyvniť konečné vlastnosti hlavne pri streľbe ako je napríklad vyššia životnosť menší rozptyl a podobne. Kapitulu člením do niekoľkých častí podľa spôsobov, ktorými je možné tieto vlastnosti dosiahnuť. Je však nutné mať na zreteli, že vplyv má nielen hlavneň, ale celý zbraňový systém.

6.1 Materiál a tepelné spracovanie

Výber vhodného hlavňového materiálu tvorí základný kameň nielen konštrukčného návrhu, ale aj návrhu technologického postupu. Odvíja sa od neho rad ďalších dostupných možností, ktoré výrobcovia s obľubou využívajú. S používaným materiálom úzko súvisí tepelné spracovanie, preto je základom každého výrobného podniku kvalitná metalurgická dielňa s kvalifikovaným personálom. Tepelné spracovanie ovplyvňuje štruktúru materiálu, ktorá má zásadný vplyv na mechanické vlastnosti materiálu ako pevnosť a húževnatosť. Hlavňové oceli patria medzi húževnatý materiál, v CZUB sa používajú ocele uvedené v prílohe J.

Vo výrobe hlavní, u ktorých požadujeme vysokú životnosť a pevnosť, sa najviac osvedčili zliatinové ocele, ktoré sú legúrami chemicky upravené na vysoké pevnosti. Z hľadiska tepelného spracovania sú najvhodnejšie tenkostenné polotovary, pre svoju dobrú prekaliteľnosť (schopnosť vytvorenia homogénnej štruktúry v celom priereze dielu). Ako základné tepelné spracovanie sa používa zušľachtovanie, bežne sa používa do pevnosti 950 - 1300 MPa. Niektoré húževnaté oceli sa zušľachtujú alebo izotermicky kalia až na pevnosť 1600 MPa. Tieto ocele sa ale z bezpečnostných dôvodov spracovávajú do pevnosti 1400 MPa, pretože hrozí nebezpečenstvo prasknutia najmä pri nízkych teplotách.

Vplyvy tlaku na materiál

Pri návrhu hlavne sa vychádza z medze pružnosti materiálu; niektoré hlavne väčších ráží však neje možné navrhnuť v pružnej oblasti. Pri navrhovaní hlavne je preto nutné hlavne počítat v pružneplastickej oblasti. Vplyvom určitého tlaku vznikne vo vnútorných vrstvách hlavne trvalá deformácia, vonkajšia vrstva ostane neporušená naopak snaží sa vrátiť do pôvodnej polohy. Bráni jej však deformácia vnútornej vrstvy. Výsledkom je vznik tlakového predpätia. Spôsob prevedenia je rôzny, najjednoduchší je prevádzková autofretáž. O autofretáži je bližšie pojednané v [2]. V praxi bolo zistené, že deformácia pri fretáži nemá vplyv na vymetenie strely.

6.2 Úprava vodiacej časti vývrtu

Vývrt je najnamáhavejšia časť hlavne s drážkovaným ako aj hladkým vývrtom a má zásadný vplyv na akosť hlavne. Každá technológia výroby má svoje špecifické vlastnosti, ktoré sa dajú využiť k zvýšeniu jej akosti. Zásadný vplyv na akosť hlavne má drážkovanie, drážky sú pri priechode strely namáhané nielen axiálnym zaťažením, ale aj rotačným. Úlohou hlavne je svojou tuhosťou toto zaťaženie bezpečne eliminovať a strele počas pohybu v hlavni udeliť potrebné otáčky.

Progresívne stúpanie:

Na životnosť hlavne má priaznivý vplyv progresívny vývrt, ktorý má v mieste prechodového kužela uhol šroubovice malý a smerom k ústiu sa uhol stúpania zvyšuje. Nevýhodou progresívneho oproti konštantnému vývrtu je väčšia normálová sila na ústi hlavne, ktorá má negatívny vplyv na presnosť. Priebeh normálovej sily sa dá ovplyvniť druhom zákrutu, alebo ich vhodnou kombináciou. Stúpanie zákrutu rozdeľujeme na:

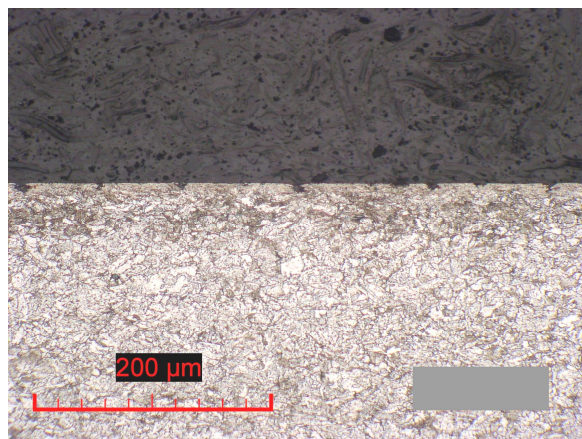
- *stúpanie s nulovým uhlom*
- *konštantným uhlom*
- *stúpanie s parabolickým priebehom*
- *stúpanie so sínusovým priebehom*

Ďalšou možnosťou je prechod od priamych drážok s parabolickým prechodom k ústiu. Úprava vedie k podstatnému zvýšeniu životnosti. Problematika progresívneho stúpania je bližšie popísaná v [2]. Drážkovanie je technológia, ktorá s pomocou vhodného pravitka umožňuje vyrábať vývrt s progresívnym stúpaním drážok.

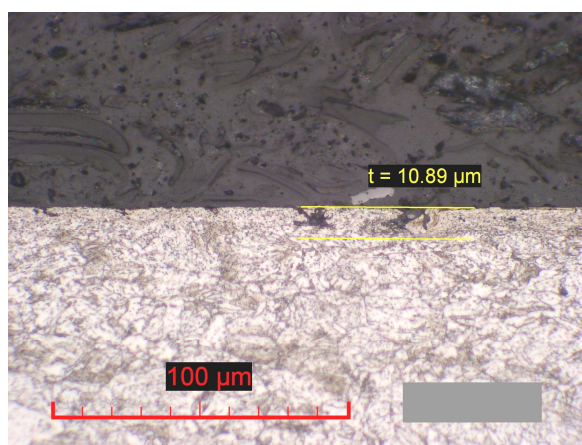
Zúženie vývrtu smerom k ústiu:

Pri priechode strely hlavňou dochádza ich vzájomným stykom a pôsobením prachových plynov k erozívnym zmenám. Je preto vhodné, aby mal vývrt od komory k ústiu zmenšujúci priemer. Prejavuje sa to zlepšením životnosti a zmenšením rozptylu zbrane. Kovanie je technológia ktorá umožňuje použiť kovací tŕň kužeľového tvaru a tým dosiahnuť plynulé zúženie vývrtu smerom k ústiu o 0,01 až 0,03 mm. Prevádza sa s použitím kužeľového kovacieho tŕňa.

Samotné kovanie spôsobuje mikrotrhliny v materiáli vid' obr. 6.1 a 6.2. Vznikajúce mikrotrhliny je možné čiastočne eliminovať kovaním hlavni zahriatých na kovaciu teplotu. Ďalšiu možnosť poskytuje nanosenie chrómovej vrstvy.



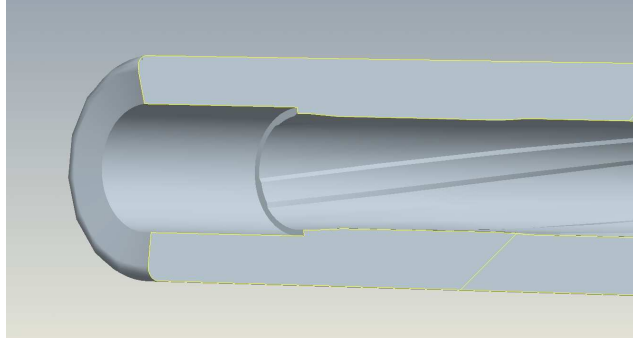
obr. 6.1 Mikrotrhliny povrchu kovaného vývrtu



obr. 6.2 Mikrotrhliny v povrchu kovaného vývrtu

6.3 Valcové ukončenie ústia

Ako už bolo povedané v kapitole 2.1, do ústia hlavni presných odstrelovacích zbraní sa vyvrtá otvor o niečo väčší ako priemer strely vid' obr. 6.3. Vzniká tak tzv. valcové ukončenie ústia. Docieľuje sa ním plynulejší prechod deformácie hlavne pri priechode strely jej ústím. Ďalšou výhodou je docielenie plynulejšieho výtoku plynov z hlavne.

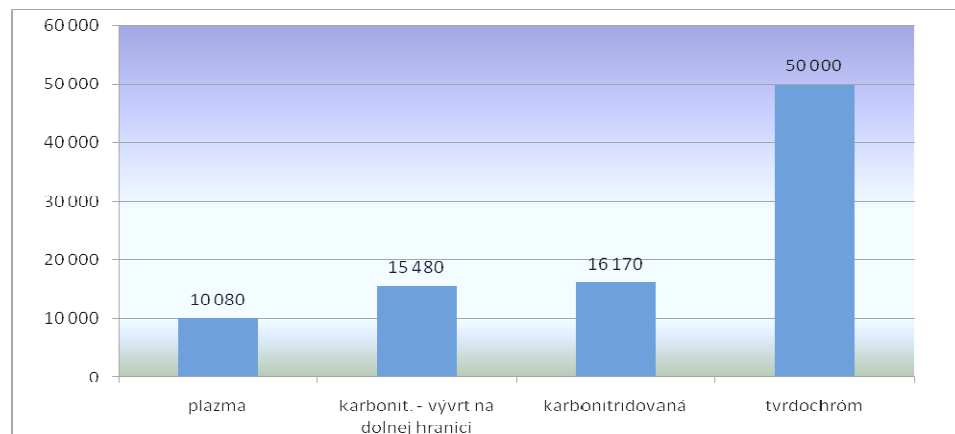


obr. 6.3 Valcové ukončenie ústia

Jednoduchá a časovo nenáročná operácia má priaznivý vplyv nielen na životnosť hlavne, ale znižuje rozptyl. Priemer zahĺbenia sa určuje empiricky.

6.4 Povrchová úprava vývrtnu

Markantný vplyv na životnosť hlavne má povrchová úprava vývrtnu. V štvrtej kapitole popisujem spôsoby ako chrómovanie, nitridovanie, karbonitridovanie a nitrocementovanie. V tabuľke číslo 6.1 uvádzam graf počtu vystrelených striel z hlavne v závislosti na niektorých povrchových úpravách. Skúšky boli prevádzané v podniku CZUB na hlavni z materiálu DIN W.Nr. 1.7765, ráž 223 Rem. Tabuľka uvádza počet výstrelov vystrelených zo zbrane do ktorých hlavneň zaručuje potrebnú stabilizáciu strely.



tab. 6.1 počet vystrelených striel v závislosti na povrchovej úprave

Nad stĺpcami jednotlivých povrchových úprav je uvedená životnosť hlavne limitovaná počtom výstrelov, kedy boli v terči zaznamenané prvé ploché prelety. Z tabuľky je zrejmé, že najväčšiu životnosť dosahujú hlavne s chrómovaným vývrtom, u ktorej je možné (za určitých podmienok) dosiahnuť hodnoty až 50 000 cyklov.

Chrómový povlak sa ukázal ako jediná spoľahlivá povrchová ochrana voči korózii, ale aj ako povlak niekoľkonásobne zvyšujúci životnosť hlavne.

Záverom kapitoly je nutné konštatovať, že v praxi, najmä v poslednej dekáde, býva úspechom, keď sa darí udržať takú akosť výroby hlavni, a kvality ich povrchu, ako tomu bolo štandardom v minulosti. Jednoznačnou príčinou ťažkostí je nestabilná kvalita vstupného materiálu.

Hlavnový materiál, bežne dostupný na trhu a odpovedajúci benevolentným dnes platným normám EN, vykazuje „dodávku od dodávky“ mierne odlišné mechanické parametre. Tie sa však v náročnom procese výroby hlavni tak ako tak prejavujú, zväčša negatívne, a keďže priamo nepôsobia zásadné výrobné a funkčné problémy, znižujú produktivitu a kvalitu výroby sekundárno: Nútia neustále korigovať obrábacie podmienky, mária efektívnosť použitia rezných nástrojov so špeciálnymi geometriami, znamenajú neustále laborovanie v oblasti tepelného spracovania a povrchových úprav.

Na druhej strane dojednať zvláštne dodávky presne špecifikovaného materiálu znamená jednoznačne vyššiu cenu vstupného materiálu, menej flexibilný rozmerový sortiment a napokon aj riziko plynulosti dodávok v prípade potíží takého exkluzívneho dodávateľa.

Čo najlepšia kvalita hlavni tak vždy bude kompromisom medzi technickým riešením, dostupnými materiálmi a realitou vlastnej výroby v ekonomických podmienkach konkrétneho zbrojného podniku.

7 Záver

Táto bakalárska práca mala za úlohu zmapovať technológiu výroby dlhých hlavných ručných palných zbraní, technológiu ich povrchových úprav a uviesť prehľad strojného vybavenia, na ktorom sú technológie realizované. Toto všetko je uvedené v súvislostiach s konštrukčnými požiadavkami kladenými na hlavneň.

Pre štart práce som definoval hlavneň podľa funkčného princípu a konštrukčne výpočtových parametrov. Popísal som jednotlivé časti hlavne, možnosti uloženia náboja v komore a druhy vodiacich častí vývrtu. Následne som určil základné požiadavky kladené na hlavneň a spracoval rešerš technológií používaných na výrobu vývrtu. Rozobral som spôsoby výroby hlavných a popísal najpoužívanejšie technológie výroby vývrtu. Zameral som sa tiež na prípravu polotovaru - vŕtanie hlbokých otvorov, výrobu komôr, ústí a vonkajšieho povrchu hlavne. Na túto problematiku nadväzuje prehľad špeciálnych strojov ako aj nástrojové vybavenie, ktoré sú používané v procese výroby v závode Česká Zbrojovka. U každého stroja som uviedol jeho základné a charakteristické parametre.

V súlade so zadaním bakalárskej práce je jej druhá časť venovaná prehľadu najpoužívanejších povrchových úprav a principiálnemu popisu metód, ktorými sú realizované. Priblížil som v nej tiež špeciálnu záležitosť hlavňových zväzkov a spôsob ich výroby. Následne som sa podrobne venoval výrobe vývrtu kovaním a pretlačovaním, rozobral špecifické prvky oboch technológií a zhodnotil ich výhody a nevýhody pre konkrétnu výrobu. Napokon som analyzoval možnosti pre dosahovanie vyššej akosti hlavných. Snažil som sa poukázať na možnosti využitia vo všetkých technológiách spomínaných v kapitolách bakalárskej práce.

Bakalárska práca tak podáva obraz o stavbe a vlastnostiach hlavných dlhých ručných zbraní, znalosti o spôsobe ich výroby a ukazuje aspekty na zvýšenie akosti hlavných a využitia technológií priamo vo výrobe.

Literatúra

1. Bala, J., Popelinský, L., Procházka, S., Rosický, J., *Automatické zbraně*. [Učebnica]. Praha: 1991, 623 s.
2. Fišer, M., Procházka, S., Škvarek, J., *Hlavne palných zbraní*. [Učebnice]. Brno: UO, FVT, 2006, 201 s.
3. Lidmila, Z., aj. *Strojírenská technologie II, Technologie ve výrobě zbraní a munice* [Skripta]. Brno: UO v Brně, 1999, 162 s.
4. Kříbek, J., *Střelné braně I*. [Stredoškolská učebnica]. Brno: COPt, 1994, 141 s.
5. *Technologické predpisy a smernice používané v ČZUB*

Prílohy

- A *Schéma pratlačovačky hlavní*
- B *Schéma výrobného procesu*
- C *Pretlačovačka hlavní*
- D *Automatický sústruh*
- E *Leštička hlavní*
- F *Kovací stroj*
- G *Hlavňová vrtačka*
- H *Honovací stroj*
- I Schémy kovania
- J Hlavňové materiály

„Touto formou chcem poďakovať vedúcemu bakalárskej práce doc. Ing. Stanislavovi Procházkovi, CSc za pomoc, poskytnutie informácií a materiálov pri písaní práce. Zároveň chcem poďakovať Ing. Milošovi Blahůškovi za odborné rady a pomoc.“