



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VÝROBNÍ PROCES PRO REPLIKU HISTORICKÉ PALNÉ ZBRANĚ

PRODUCTION PROCESS FOR A REPLICA OF A HISTORIC FIREARM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jakub Čech

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2023

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Jakub Čech
Studijní program:	Strojírenská technologie
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Milan Kalivoda
Akademický rok:	2022/23

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Výrobní proces pro repliku historické palné zbraně

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Soukromé znalosti autora jsou využity pro návrh a realizaci výrobního procesu historické zbraně.

Cíle diplomové práce:

- Stručný přehled vývoje zbraní (cca do 17. století).
- Softwarový návrh konkrétního typu zbraně.
- Přiřazení strojního zařízení a provozních dat pro výrobu.
- Nezbytná řemeslná činnost navazující na strojní procesy.
- Výroba prototypu.
- Názory na výrobek od autora a z pohledu potenciálních zájemců.
- Zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

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

JUROVÁ, Marie. Organizace přípravy výroby. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2009. 100 s. ISBN 978-80-214-3946-7.

KARPÍŠEK, Zdeněk. Matematika IV: Statistika a pravděpodobnost. 3. vyd. Olomučany: CERM, s. r. o., 2007. 170 s. ISBN 978-80-241-3380-9.

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

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

PERNIKÁŘ, Jiří a Miroslav TYKAL. Strojírenská metrologie II. 1. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 180 s. ISBN 80-214-3338-8.

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

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

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu I. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.

PTÁČEK, Luděk et al. Nauka o materiálu II. 2. vyd. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 516 s. ISBN 80-720-4283-1.

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

SUCHY, Ivana. Handbook of die design. 2nd edition. New York: McGRAW-HILL, 2006. P. 730. ISBN 0-07-146271-6.

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

Ing. Jan Zouhar, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá zhotovením prototypu pistole s kolečkovým mechanismem. V teoretické části je popsána historie spolu s terminologií zaměřenou na palné zbraně do 17. století. Na to navazuje ukázka návrhu pistole v softwarové verzi a ukázka strojů, které byly využity pro výrobu prototypu. V praktické části je popsán výrobní postup některých součástí potřebných ke zhotovení mechanismu pistole spolu s celkovým hodnocením konečného produktu.

Klíčová slova

Zbraň, replika, výroba, modelování, obrábění

ABSTRACT

This thesis deals with the production of a prototype pistol with a wheel mechanism. In the theoretical part the history is described together with the terminology focused on firearms up to the 17th century. This is followed by a demonstration of the design of the gun in the software version and a demonstration of the machines that were used for the production of the prototype. The practical part describes the production process of some components needed to make the pistol mechanism, together with the overall evaluation of the final product.

Keywords

Gun, replica, crafting, modelling, machining

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Citaci ČECH, Jakub. *Výrobní proces pro repliku historické palné zbraně* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-23]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/145612>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Milan Kalivoda.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou/diplomovou práci na téma Výrobní proces pro repliku historické palné zbraně vypracoval samostatně s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího práce.

místo, datum

Bc. Jakub Čech

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Milanovi Kalivodovi za cenné připomínky a rady poskytnuté při tvorbě diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat Janu Pokornému za pomoc při výrobě.

Rád bych chtěl poděkovat Irenu Chytilovi za poskytnutí věcných připomínek, odborných rad a veškeré pomoci jež mi poskytnul.

Děkuji také své rodině, které jsem vděčný za jejich podporu během studia.

OBSAH

ÚVOD	10
1 STRUČNÝ PŘEHLED PALNÝCH ZBRANÍ.....	11
1.1 Historie palných zbraní	11
1.2 Černý střelný prach	11
1.3 Popis částí zbraně	12
1.4 Přehled možných mechanismů pro výrobu	13
1.4.1 Doutňákový zámek	13
1.4.2 Kolečkový zámek	14
1.4.3 Křesadlový zámek	15
1.5 Historické pistole v současnosti	16
1.5.1 Vlastnění historické palné zbraně v ČR	16
2 SOFTWAREOVÝ NÁVRH	17
2.1 CAD.....	17
2.1.1 Význam CADu	17
2.1.2 Výhody a nevýhody softwarů.....	17
2.2 Modelování.....	17
2.2.1 Modelování komponentů	17
2.2.2 Podsestavy	18
2.2.3 Sestava	19
2.2.4 Vytvoření výkresové dokumentace	19
3 PŘÍŘAZENÍ STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ A PROVOZNÍCH DAT PRO VÝROBU	20
3.1 Technologie třískového obrábění	20
3.1.1 Řezání	20
3.1.2 Vrtání	21
3.1.3 Soustružení	22
3.1.4 Frézování	23
3.1.5 Broušení.....	23
3.2 Tváření.....	24
3.2.1 Ohýbání	25
3.2.2 Nýtování	25
3.3 Svařování.....	26
3.3.1 Tavné svařování.....	26
3.3.2 Tlakové svařování.....	26
3.4 Tepelné zpracování.....	27
3.4.1 Žihání.....	27
3.4.2 Kalení.....	28
3.4.3 Popouštění	29
4 NEZBYTNÁ ŘEMESLNÁ ČINNOST NAVAZUJÍCÍ NA STROJNÍ PROCESY	30
4.1 Zámek.....	30
4.2 Kohout.....	31
4.3 Excentr.....	33
4.4 Řetězka	38

4.5	Pánvička	41
4.6	Pružiny.....	42
4.7	Pažba	43
5	SESTAVENÍ PROTOTYPU.....	46
6	NÁZORY NA VÝROBEK OD AUTORA A Z POHLEDU ZÁJEMCŮ	48
6.1	Názor 1. zájemce	48
6.2	Názor 2. zájemce	49
7	ZHODNOCENÍ.....	50
7.1	Posouzení časové náročnosti	50
7.2	Cena.....	50
7.3	Poznatky z prototypu	50
	ZÁVĚR.....	51
	Seznam použitých zdrojů	
	Seznam použitých symbolů a zkratk	

ÚVOD

Cílem této diplomové práce je zhotovením repliky křesadlové pistole s kolečkovým mechanismem (obr. 0.1). Kolečkový zámek byl v období svého hlavního využití jedním z pomyslných vrcholů strojírenských možností doby a v této práci se pokusím vytvořit prototyp, podle kterého by se následně zhotovily další repliky pro zájemce o tento výrobek. Dané téma jsem si vybral jako dlouhodobý příznivce historického šermu se zaměřením na období třicetileté války. V dnešních dnech se tato střelná zbraň využívá především fanoušky historického období při ztvárnění bojových scének či bitev.



Obr. 0.1 Pistole s kolečkovým mechanismem [1].

1 STRUČNÝ PŘEHLED PALNÝCH ZBRANÍ

V této kapitole budou uvedeny obecné informace spojené s historickými palnými zbraněmi.

1.1 Historie palných zbraní

Vznik a následný vývoj palných zbraní byl podmíněn objevením střelného prachu. Tento vynález pochází s největší pravděpodobností z Číny, alternativně může být podle některých badatelů přisuzován i Indii. Vznik prvních palných není přesně datován, ale s počátkem 14. století se tyto zbraně nacházely v Evropě a byly již hojně využívány, hlavně na bojištích. Jedním z prvních palných zbraní se říkalo ohnivě hrnce, které by se daly označit jako předchůdce děla. Jednalo se o tlustostěnné roury s jedním uzavřeným koncem a dírkou (zátravkou) vytvořenou pro zasunutí rozžhaveného drátu, který zapálil střelný prach uvnitř zbraně. První mechanismus, který můžeme označit jako zámek, se objevuje zhruba v druhé polovině 15. století a jedná se doutňákový zámek. Při následném vývoji zbraní byla snaha o vytvoření bezpečnějšího a efektivnějšího způsobu, což vedlo k sestrojení kolečkového a následně křesadlového zámku. Z něj většinou malými úpravami – výměnou kohoutu a pánvičky s křesací ocílkou za komínek s pistonem k nasazení zápalky – vznikl zámek perkusní. Do vývoje ručních palných zbraní ale zásadním způsobem zasáhl vynález náboje: kovové nádoby na jedné straně osazené zápalkou k iniciaci prachové směsi, kterou je naplněna, a kulkou (projektil) na druhé straně. Projektil je hořením prachové složky v nábojnici vtlačen do vývrtu hlavně, kterou posléze velkou rychlostí opustí a tímto dějem je ukončen výstřel. Náboj naplněný střelným prachem, osazený projektil a zápalkou je zatím tím posledním, co bylo na poli ručních palných zbraní vymyšleno. [1;2;3]

1.2 Černý střelný prach

Pro funkčnost střelných zbraní tohoto typu byl nezbytný černý střelný prach. Ten umožňoval po zapálení svým výbuchem střelci vystřelit z jeho zbraně. Poměry složek v černém střelném prachu se měnily po staletí, podle země a účelu použití. Jiný byl poměr pro použití v ručních palných zbraních, jiný pro dělostřelectvo, jiný pro trhací práce v lomech. Z dochovaných pramenů z 18. stol. bylo složení černého střelného prachu pro ruční palné zbraně: 75 % dusičnanu draselného (ledek), 15 % dřevěného uhlí z měkkého dřeva (vrba, olše) a 10 % síry (obr. 1.1). V porovnání se složením černého střelného prachu pro trhací práce v lomech: 60 % ledek, 20 % dřevěné uhlí z měkkého dřeva, 20 % - síra.

Dnešní složení nejvíce používaného černého střelného prachu do ručních palných zbraní – Vesuvit LC – vyráběného u v naší republice firmou Explosia v Pardubicích je: 77 % ledku, 10 % dřevěného uhlí a 13 % - síry. [4;5;6]

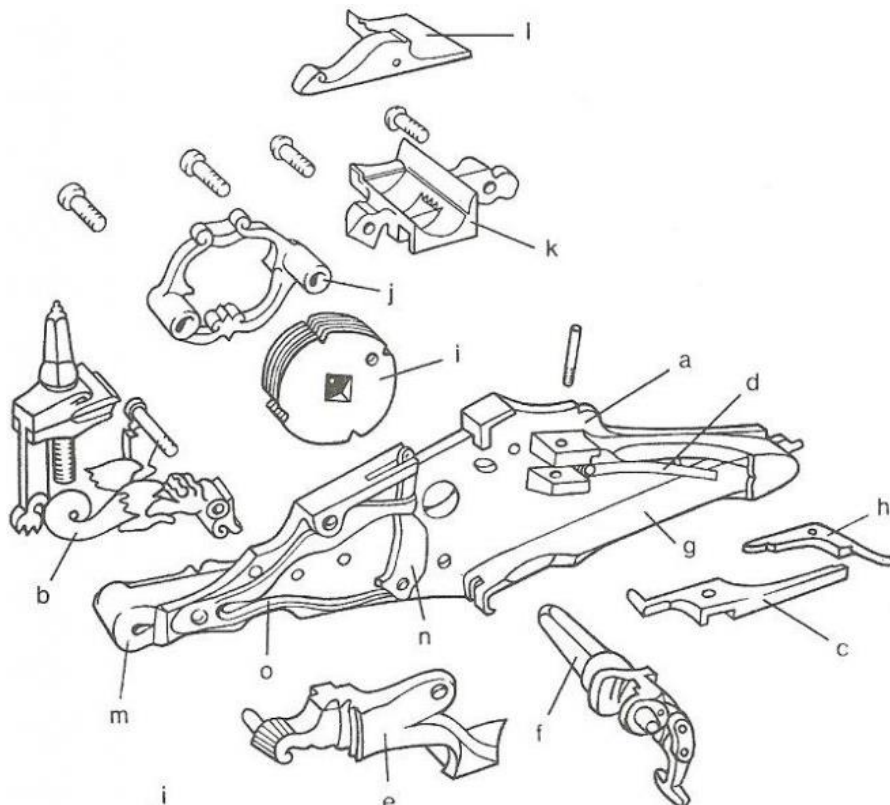


Obr. 1.1 Složení střelného prachu.

1.3 Popis částí zbraně

Jedno z možných názvosloví a určení součástí pro zvolený mechanismus na názorném rozpadu je uvedeno níže(obr. 1.2) :

- a-zámková deska,
- b-kohout (držák) s čelistmi k držení křesacího kamene – pyritu,
- c-spoušťová páka k aretaci drážkového kolečka,
- d-listová pružina spoušťové páky (pérko),
- e-kovadlinka k uchycení konce hřídele kolečka,
- f-hřídel kolečka s excentrem k otevření krytu – víčka pánvičky a řetízkiem,
- g-hlavní listová pružina, která přes řetízek hřídele roztočí drážkované kolečko,
- h-západka spoušťové páky,
- i-drážkované ozubené kolečko,
- j-držák kolečka k zámkové desce (většinou zdobený),
- k-pánvička s otvorem pro drážkované kolečko, opatřené česlem proti vypadávání střelného prachu z pánvičky,
- l-víčko (kryt pánvičky),
- m-listová pružina, která přitlačí kohout s pyritem k rotujícímu drážkovanému kolečku, které se brodí ve střelném prachu nacházejícímu se v prostoru pánvičky a který je tímto dějem zažehnut,
- n-třmen víčka – krytu pánvičky,
- o-listové pero zajišťující přítlak a aretaci víčka (krytu pánvičky). [7;8]



Obr. 1.2 Popis jednotlivých hlavních součástí mechanismu [7;8].

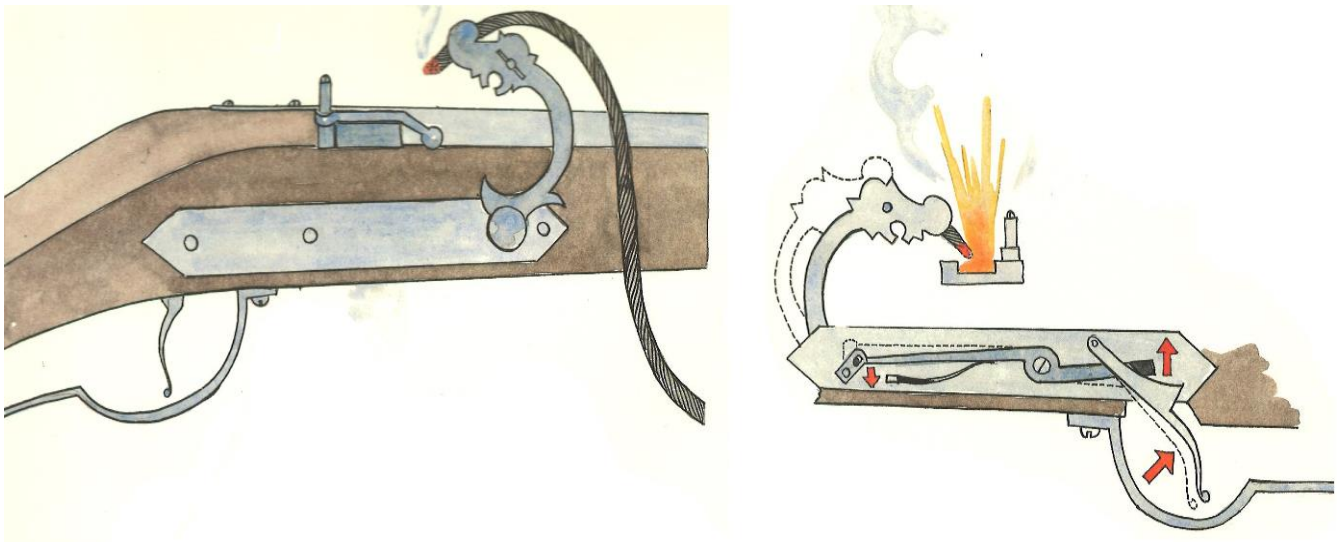
1.4 Přehled možných mechanismů pro výrobu

Při výběru mechanismu, který bude zhotoven, byly brány v potaz tři historické mechanismy: doutnákový, kolečkový a křesadlový. V následující podkapitole budou blíže popsány jejich výhody, nevýhody a princip na kterém fungovaly.

1.4.1 Doutnákový zámek

Jako první a zároveň nejjednodušší byl sestrojen doutnákový mechanismus (obr. 1.3). Zde byl zapálen doutnák (provaz namočený v roztoku dusičnanu draselného (ledku) a následně vysušený). Krystalky ledku, které utkvěly po vysušení uvnitř i vně doutnáku působily jako oxidační činitel, který zlepšoval zapálení a hoření doutnáku. Zapálený doutnák byl připevněn do kohoutu, který se při stisku spouště spustil pákovým mechanismem na pánvičku. Tím se docílilo zapálení střelného prachu na pánvičce, prošlehnutí ohně takto vzniklého zátravkou do hlavně, zapálení hlavní prachové složky v hlavni a vypuzení kule (projektilu) z hlavně.

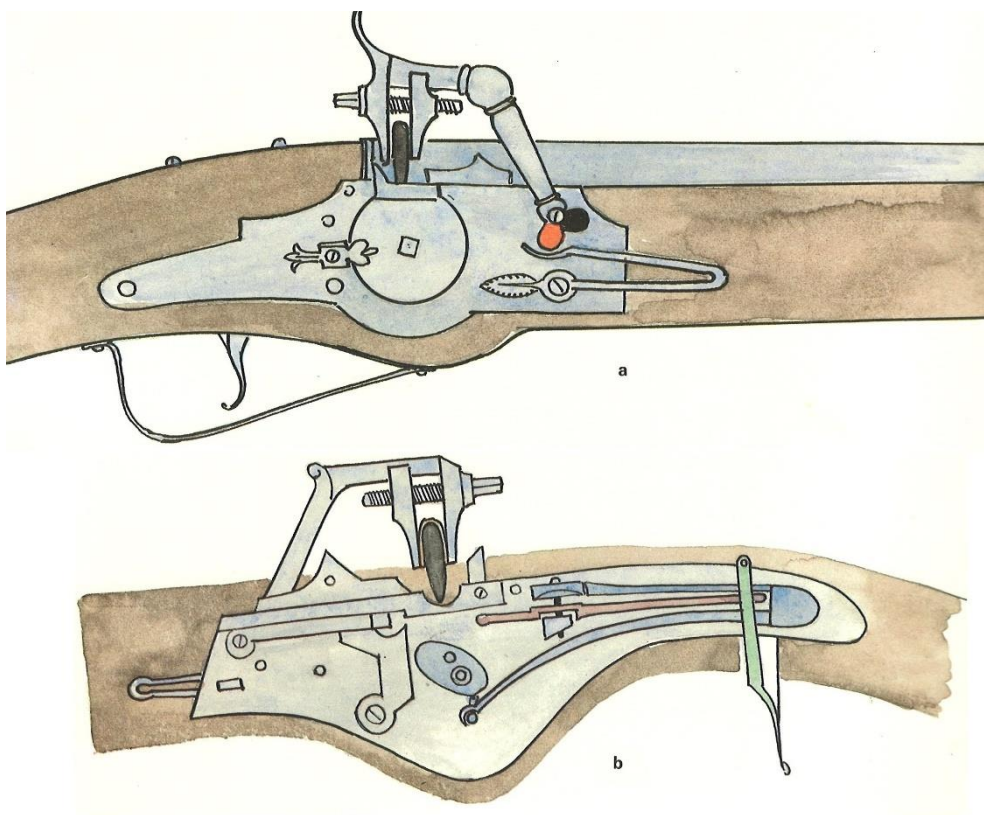
Předností tohoto zařízení oproti ostatním mechanismům byla především snadná a rychlá výroba a tím tedy i nižší cena. Také u tak snadného zámku byla nižší poruchovost mechanických částí. Jeho hlavní nevýhodou byla nutnost zapáleného doutnáku, což snižovalo jeho efektivitu a spolehlivost za nepříznivého počasí – vlhko, mlha, déšť, sníh, mráz. [1;4;5;8]



Obr. 1.3 Znázornění a princip doutnákového zámku [9].

1.4.2 Kolečkový zámek

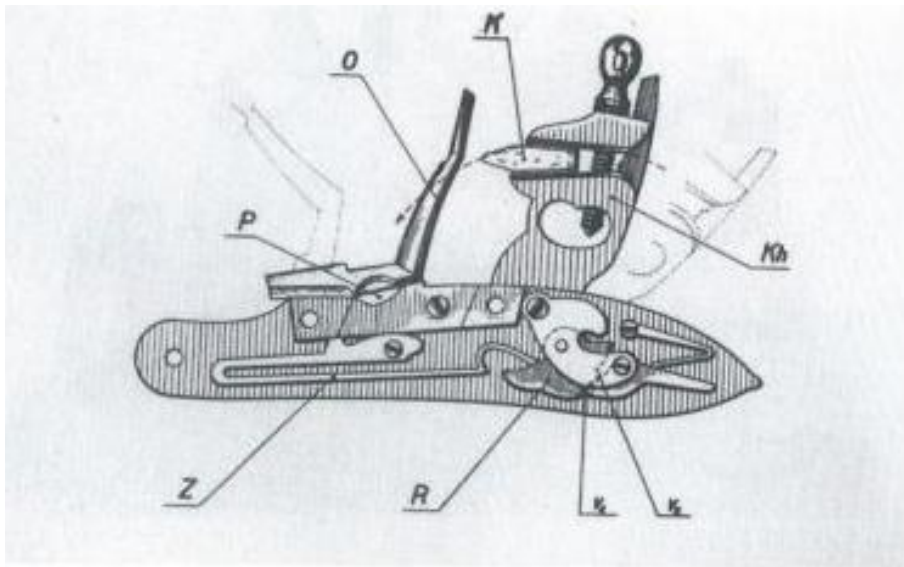
Hlavním poznávacím znakem tohoto mechanismu je po obvodu drážkované příčně rýhované kolečko a křesací kamínek – pyrit. Otočením klíče nasazeného na hřídel, která prochází středem kolečka, dojde k navinutí krátkého řetízku, který je zaklesnutý do hlavní listové pružiny. Drážkované kolečko se zajistí spoušťovou pákou, která se opře o ozub západky spoušťové páky. Na pánvičku se nasype střelný prach a zakryje se víčkem – krytem pánvičky. Na víčko (kryt pánvičky) se přiklopí kohout s křesacím kamínkem (pyritem) v čelistech. Po stisknutí spouště dojde k odtažení západky spoušťové páky a uvolnění spoušťové páky z jamky v drážkovaném kolečku. Hlavní listová pružina přes řetízkový převod roztočí hřídel kolečka a s ní i drážkované kolečko. Excentr nacházející se na hřídeli při této činnosti přes třmen odsune víčko – kryt pánvičky. Přiklopený kohout s pyritem v čelistech dopadne na již roztočené drážkované kolečko brodicí se ve střelném prachu, který jiskry vzniklé tímto dějem zapálí. Po prošlenutí ohně takto vzniklého zátravkou do hlavně dojde k zapálení hlavní prachové složky v hlavni a vypuzení projektilu – dojde k výstřelu (obr. 1.4). Hlavní nevýhoda tohoto mechanismu byla především jeho složitá a zdlouhavá výroba, což vedlo k vyšším cenám a také jeho náchylnost k poškození. [1;4;5;8]



Obr. 1.4 Ukázka kolečkového zámku [9].

1.4.3 Křesadlový zámek

Je oproti kolečkovému zámku jednodušší, má méně součástí, větší spolehlivost a tudíž dochází k menšímu počtu selhaných výstřelů. Výroba tohoto zámku ve větších sériích již probíhala v manufakturách, což razantně snížilo jeho pořizovací cenu a zrychlilo jeho výrobu a rozšíření ve společnosti, hlavně u velkých armád. Tento mechanismus funguje oproti kolečkovému mechanismu obráceně (obr. 1.5). Hlavní listové pero dává rotaci kohoutu, v jehož čelistech je upevněn křesací kámen (pazourek), který byl v té době dostupnější nežli pyrit u kolečkového zámku. Kohout s křesacím kamenem narazí do ocílky, která je proti rychlému odklopení brzděna přes palec listovou pružinou. Tímto způsobem vykřesané jiskry dopadají jako sprcha na pánvičku naplněnou střelným prachem, který je tímto dějem zažehnut. Při porovnání s kolečkovým zámekem byl spolehlivější a na výrobu levnější – měl méně součástí. Mezi jeho nedostatky patřilo stejně jako u doutnákového a kolečkového zámku vlhko a špatné počasí. [1;4;5;8]



Obr. 1.5 Vizualizace křesadlového zámku [10].

1.5 Historické pistole v současnosti

V dnešních dnech se tento typ zbraní již dlouhou dobu považuje za neefektivní a byl nahrazen zbraněmi s vyšší přesností, kadencí a kapacitou nábojů připravených k výstřelu před přebíjením. Hlavní využití tedy nachází (jak originální kusy, tak kopie) především v muzeích, zámcích či soukromých sbírkách a také u zarytých fanoušků historie. Ti je využívají při drobných šermířských scénkách či při bitvách připomínající velké události dějin naší země. Mezi jednu z největších a nejznámějších z takových akcí v České republice se řadí každoročně pořádaná bitva na Bílé hoře, kde se připomíná vítězství katolické armády nad stavovskou. [11;12]



Obr. 1.6 Snímek z rekonstrukce bitvy [11].

1.5.1 Vlastnění historické palné zbraně v ČR

Historické, paintballové, airsoftové a znehodnocené zbraně společně s volně prodejnými vzduchovkami se řadí do kategorie D – Zbraně nepodléhající registraci. Zbraně, nebo střelivo do tohoto typu zbraní, může vlastnit a držet jakákoli plně svéprávná fyzická osoba starší osmnácti let. Pro airsoft a paintball zbraně dále platí, že ke střelbě může docházet pouze na vymezeném a bezpečném prostoru k tomu určeném. U historických zbraní platí, že střelba může probíhat pouze na střelnicích a při rekonstrukci bitev či scénických představení, přičemž platí, že nesmí být vystřelovány střely, které by potencionálně mohly někomu ublížit. Další podmínkou je, že držitel historické zbraně kategorie D nesmí tuto zbraň nosit viditelně na veřejnosti s výjimkou výše zmíněných kulturních aktivit. V poslední řadě je vlastník povinen zabezpečit zbraň a střelivo proti zneužití. Toto nařízení přišlo v platnost po vleklých sporech ke dni 30. ledna 2021. [13]

2 SOFTWAREVÝ NÁVRH

2.1 CAD

V této podkapitole bude krátce rozvedeno téma definice CAD, jeho využití, výhody a nevýhody.

2.1.1 Význam CADu

Zkratka CAD (Computer Aided Design) se využívá pro systém zaměřený na počítačovou podporu konstruování. Využívá se pro zhotovování modelů ve 3D a dokumentů ve 2D. Tyto systémy se využívají především pro usnadnění práce uživatele (konstruktéra).

Příklady CAD softwarů: AutoCAD, Autodesk Inventor, SolidWorks, CATIA a jiné. [14]

2.1.2 Výhody a nevýhody softwarů

Jako hlavní výhody se dají považovat snadná úprava chyb, rychlé sdílení dokumentace, snadná úprava měřítka a přesnost rozměrů a úhlů.

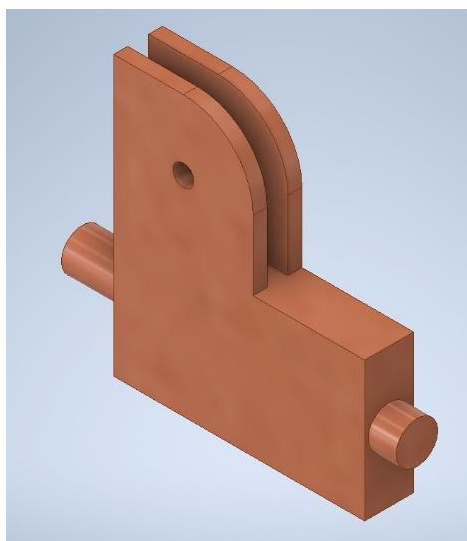
Nevýhodou je omezená kompatibilita souborů vytvořených v nových softwarových verzích se staršími z důvodu marketingu nových produktů. [14]

2.2 Modelování

Před zahájením výrobního procesu museli být jednotlivé komponenty zbraně navrhnuty. Zjištění jejich tvarů a rozměrů bylo dosaženo kombinací poznámek z ostatních studií a z částečného reverzního inženýrství na již zhotoveném modelu. Tyto poznatky byly vymodelovány v softwaru Autodesk® Inventor® Professional 2021, kde mohla být provedena kontrola jejich rozměrů a návaznosti v sestavě. Po revizi se přistoupilo k převedení modelů do výkresové podoby.

2.2.1 Modelování komponentů

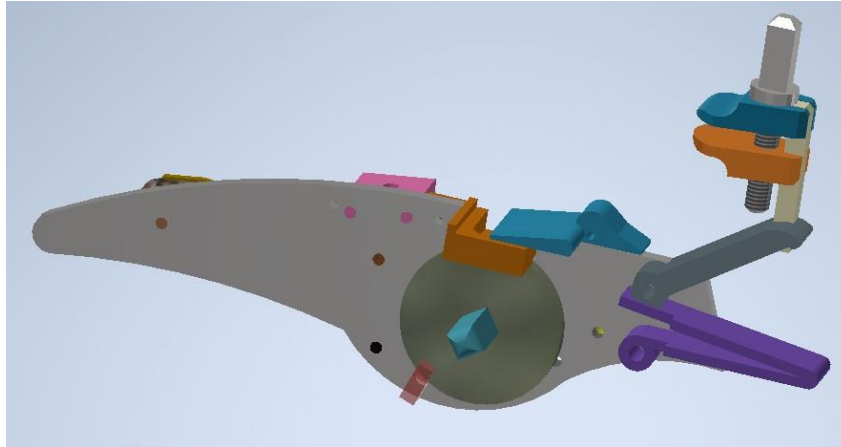
Pro úspěšné vymodelování všech součástí se muselo vytvořit přes 30 modelů jednotlivých komponentů. (obr. 2.1).



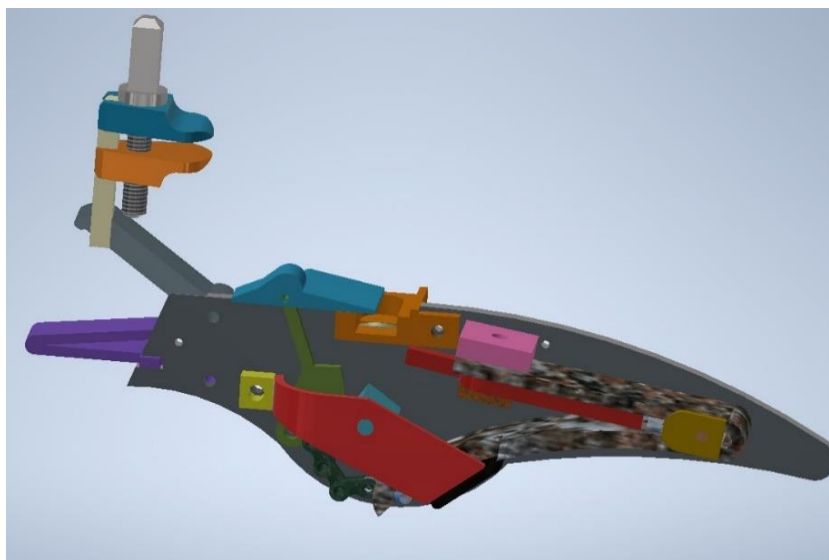
Obr. 2.1 Náhled jednoho z modelů.

2.2.2 Podsestavy

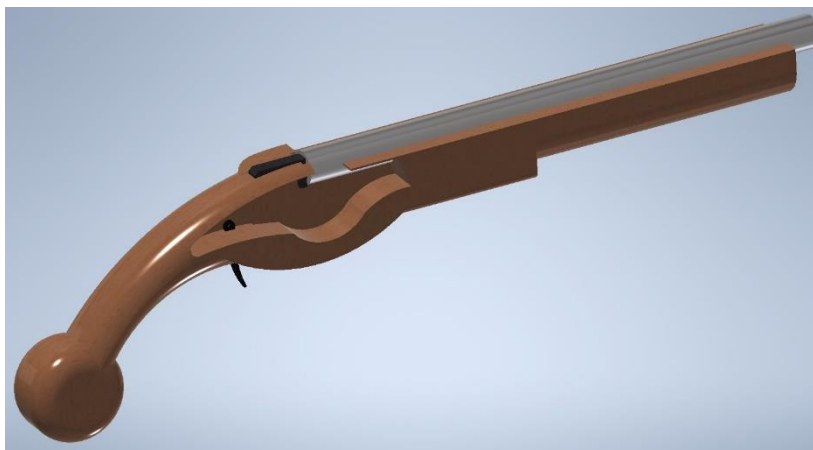
Po zhotovení modelů mohlo začít skládání do dvou hlavních podsestav. První je soustředěná na zámek samotný, kde se nachází většina mechanických a pohyblivých součástí (obr. 2.2) a (obr. 2.3). Druhá podsestava se skládá ze zbývajících součástí, jež jsou zastoupené především pažbou, uchycením hlavně a hlavní samotnou (obr. 2.4).



Obr. 2.2 Barevná vizualizace zámku zepředu.



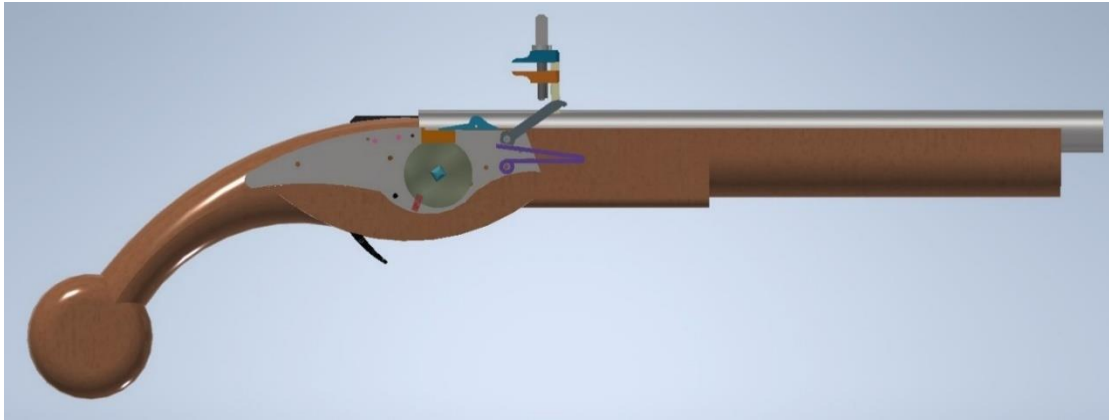
Obr. 2.3 Barevná vizualizace zámku zezadu.



Obr. 2.4 Podsestava pažby.

2.2.3 Sestava

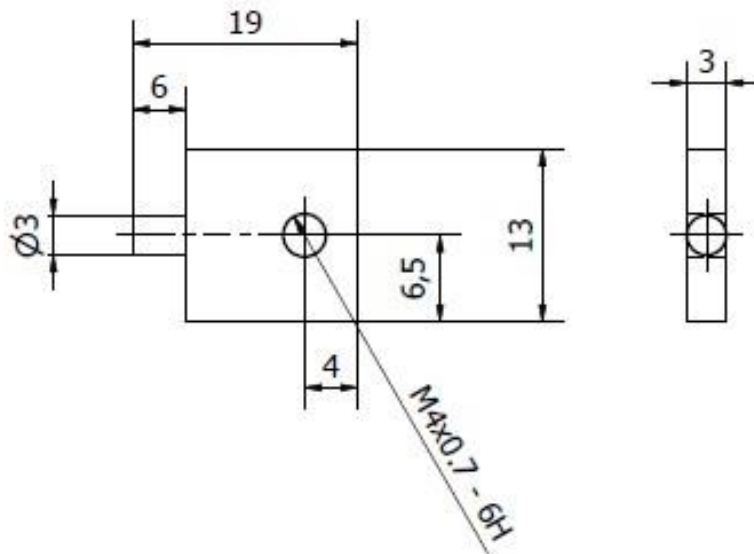
Jako poslední krok při práci v modelové součásti je sestava. Zde je vidět, zda do sebe obě podsestavy zapadají a jejich předpokládané umístění v budoucím výrobku (obr. 2.5).



Obr. 2.5 Finální model sestavy pistole.

2.2.4 Vytvoření výkresové dokumentace

Po vizuální kontrole sestavy se může zahájit převod do 2D výkresové dokumentace spolu se zakótováním všech potřebných rozměrů (obr. 2.6).



Obr. 2.6 Náhled výkresové dokumentace.

3 PŘIŘAZENÍ STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ A PROVOZNÍCH DAT PRO VÝROBU

Při vytváření repliky pistole bylo použito několik výrobních technologií. V této kapitole bude blíže popsána teorie zaměřená na seznámení se základními znalostmi technologie, princip, vztahy a jejich využití.

3.1 Technologie třískového obrábění

Jedná se o pracovní proces, který přetváří polotovary do výstupního tvaru, rozměru a jakosti povrchu úběrem požadované tloušťky materiálu z povrchu. Přebytný materiál oddělený od polotovaru se označuje jako tříska. Finálnímu produktu upravenému polotovaru říkáme obrobek. [15;16;17]

3.1.1 Řezání

Jedná se o proces určený k dělení materiálu různých šířek a tvarů na požadovanou délku. Toho můžeme docílit ruční anebo strojní metodou (obr. 3.1).

Jako příklady dělení můžeme uvažovat:

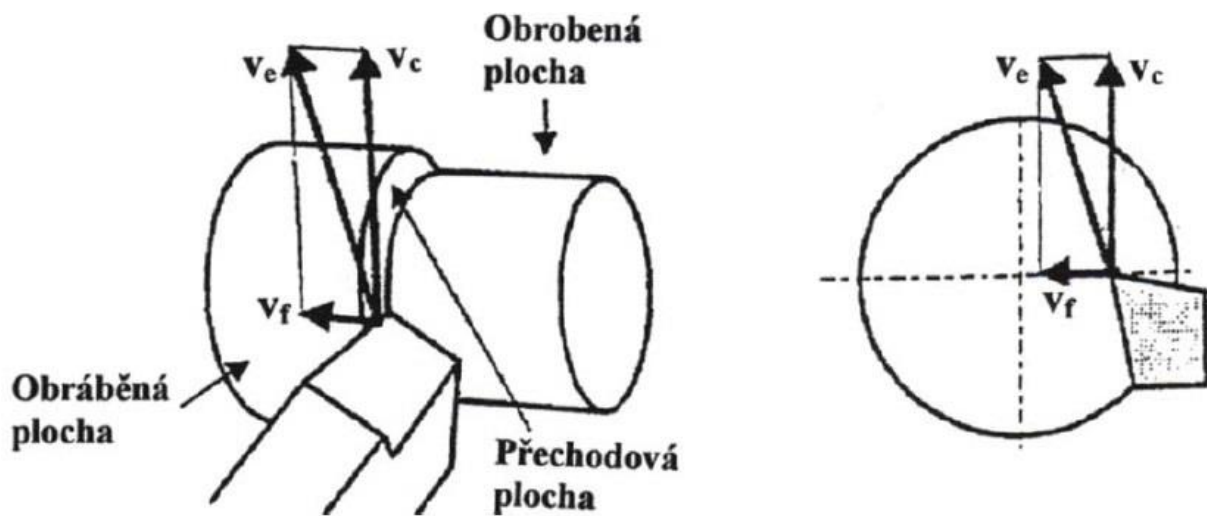
- řezání (pilový list, pilový plát),
- stříhání (pákové nůžky, mechanické lisy),
- tepelné dělení (plamen, laser, plazma),
- nekonvenční metody (vodní paprsek, elektrojiskrové řezání). [15;16;17]



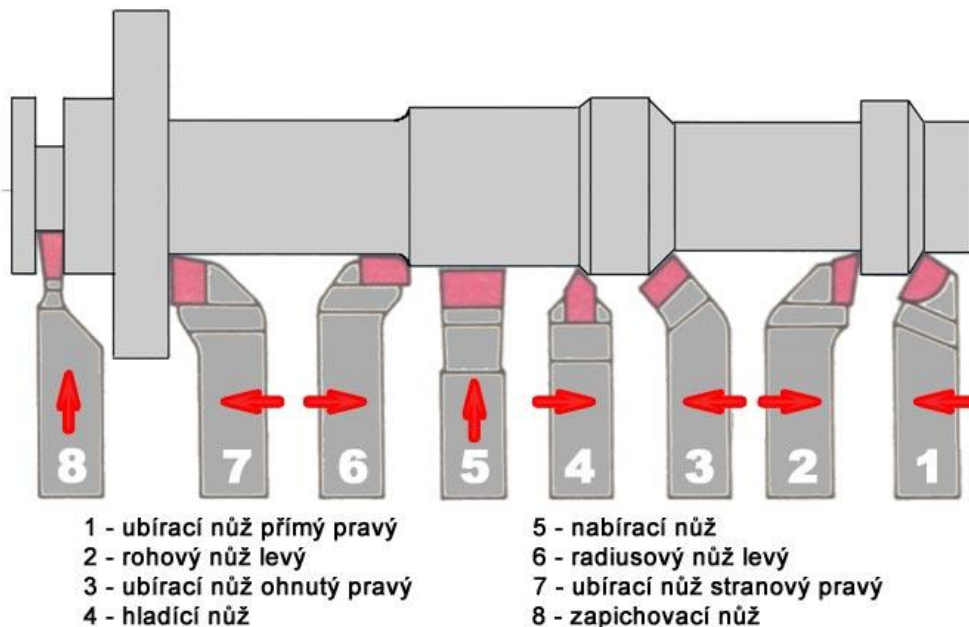
Obr. 3.1 Dělení materiálu řezáním.

3.1.3 Soustružení

Soustružení je jedna z nejstarších a nejpoužívanějších metod třískového obrábění využívaných k vytváření obrobků převážně rotačního tvaru (obr. 3.3). Toho se dosahuje pomocí nástrojů s definovanou geometrií – především jednobřitých nástrojů různého provedení nazývaných soustružnický nůž. Ten je v dnešní době hojně zastoupen ve verzi, jež využívá vyměnitelné břitové destičky. Hlavní řezný pohyb (v_c) vykonává obrobek a jedná se o pohyb rotační. Vedlejší posuvný pohyb (v_f), nejčastěji přímočarý, vykonává nástroj. Výsledný řezný pohyb (v_e) je při podélném soustružení šroubovice a při čelním soustružení Archimedova spirála. Soustružením můžeme obrábět vnější a vnitřní plochy, ale také upichovat či vyřezávat závit. [15;16;17;18;19]



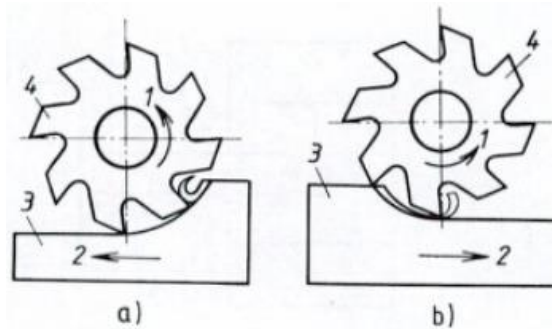
Obr. 3.3 Ukázka soustružení [17].



Obr. 3.4 Druhy soustružnických noží. [19]

3.1.4 Frézování

Frézováním můžeme vytvářet plochy nejrozmanitějších tvarů (drážky, závity, ozubená kola,..), které mohou být vnější a nebo vnitřní. Hlavní řezný (rotační) pohyb vykonává nástroj označený jako fréza a vedlejší pohyb (posuv), obvykle přímočarý, vykonává upnutý obrobek. Fréza je mnohabřitý nástroj, který dle umístění zubů může frézovat buď obvodem anebo čelem. Frézování je přerušovaný proces, jelikož jednotlivé zuby postupně vcházejí a vycházejí z materiálu, čímž odebírají třísku proměnlivého průřezu. Podle smyslu otáčení nástroje vůči směru posuvu můžeme dále dělit frézování na sousledné a nesousledné (obr. 3.4). [15;16;17;18]



Obr. 2.67. Frézování

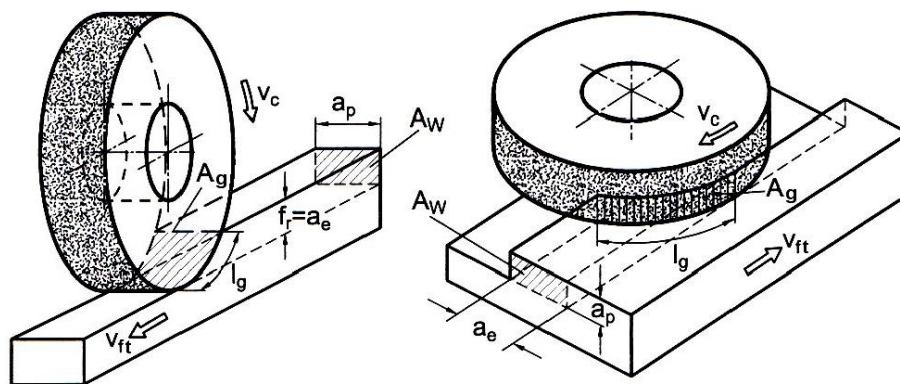
a) nesousledné, b) sousledné
 1 – řezný pohyb, 2 – posuv,
 3 – obrobek, 4 – fréza

Obr. 3.4 Frézování [17].

3.1.5 Broušení

Je obráběcí metoda, která může vytvářet vysokou přesnost obrobené plochy. Jedná se o obráběcí metodu mnohabřitými nástroji s geometricky nedefinovatelnými řeznými hranami (zrna brusiva), které jsou stmelena pojivem v pevný celek. Nástroj označujeme jako brousící kotouč, jehož brusná zrna mohou být přírodního původu (korund, diamant), ale častěji se využívají umělá (umělý korund, umělý diamant, karborundum). Hlavní řezný pohyb koná brousící kotouč, vedlejší obrobek uchycený požadovaným způsobem (obr 3.5).

Broušení patří mezi jednu z nejstarších obráběcích metod. Využívá se nejen jako dokončovací, ale i hrubovací metoda [15;16;17;18]



Obr. 3.5 Obvodové (vlevo) a čelní (vpravo) broušení [17].

3.2 Tvářeni

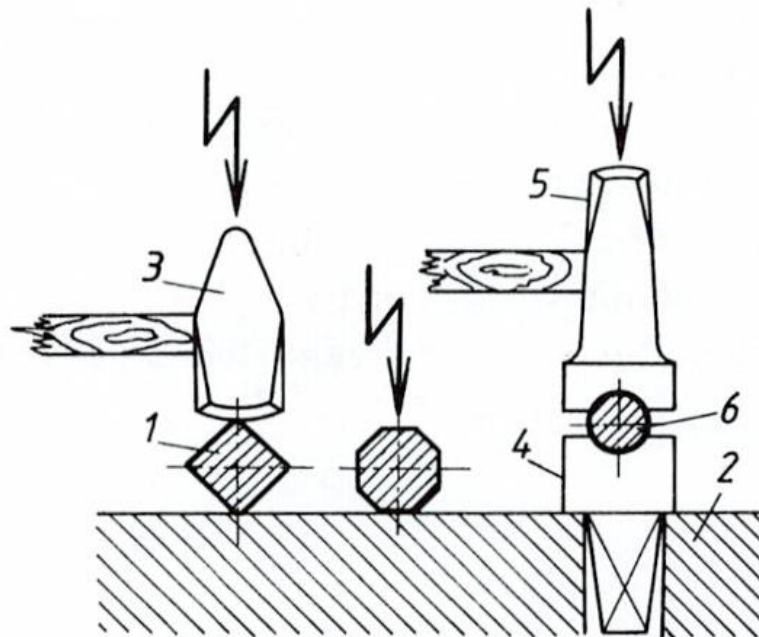
Jedná se o velmi produktivní a hospodárnou metodu úpravy polotovaru. Takto zhotovené výrobky jsou obvykle přesné a vyměnitelné. Využití materiálu je hospodárné s minimálním odpadem. Tvářeni funguje na principu mechanického zpracování kovů, při kterém se za působení vnějších sil mění tvar polotovaru bez porušení materiálu.

Dělení tvářeni dle způsobu zatěžování:

- působením klidových sil (válcování, lisování),
- rázy (kování, nýtování).

Rozdělení dle teplot:

- Za tepla – ohřevem na teplotu tvářeni dochází k poklesu pevnosti materiálu a zvyšuje se jeho tvárnost, materiál je tak schopen snést významný stupeň přetváření bez porušení soudržnosti. Při použití této technologie je potřeba vzít v potaz vliv vnějšího prostředí na povrch materiálu, neboť z důvodu oxidace za vysokých teplot vznikají okuje, které se následně odlupují od polotovaru (válcování, kování – obr. 3.6).
- Za studena – zde při tvářeni dochází ke zpevňování. Čím větší bude stupeň přetvoření, tím více se materiál zpevní. V krajním případě mohou vzniknout velká vnitřní napětí, jež mohou vést až k porušení materiálu. Tímto způsobem se zvyšuje pevnost a tvrdost na úkor houževnatosti (ohýbání, protlačování). [15;16;17;18]



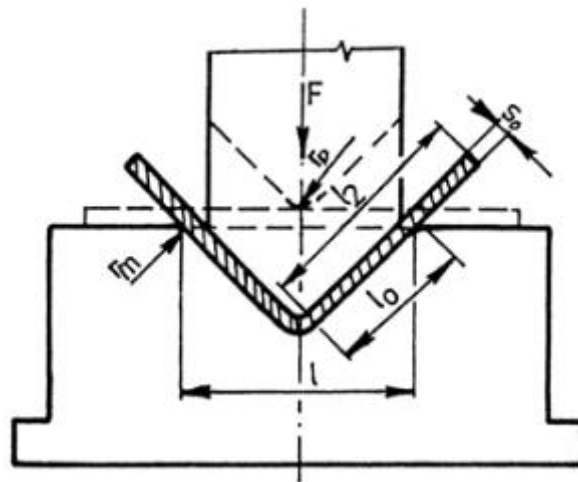
Obr. 3.6 Postup kování kulového průřezu ze čtyřhranu [17].

3.2.1 Ohýbání

Proces, kdy vlivem působení ohybového momentu od ohybové síly dochází k trvalé změně tvaru polotovaru. Obvykle u toho nedochází k výrazné změně průřezu. Nejčastěji se provádí ohýbání za studena, ale může se provádět i za tepla (obr. 3.7).

Příklady ohýbání:

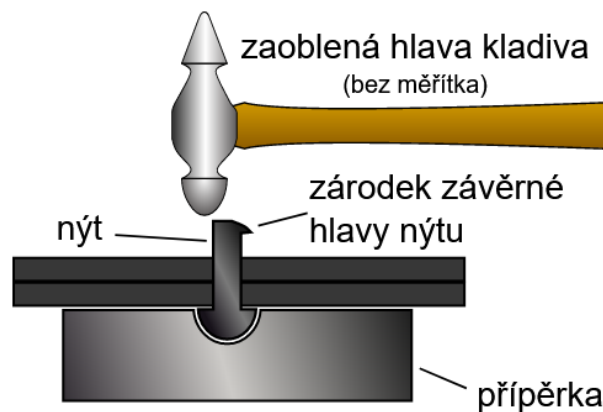
- prosté ohýbání – přetváření rovinných ploch na plochy jež jsou vůči sobě různě orientované,
- ohraňování – ohraňování plechu v jednoúčelových ohraňovacích lisech,
- lemování – ohýbání ploch pro získání lepšího vzhledu, vyztužení okrajů a odstranění ostrých hran). [15;16;17;18]



Obr. 3.7 Ohýbadlo do tvaru V [17].

3.2.2 Nýtování

Jedná se o vytváření nerozebíratelného spoje dvou nebo více součástí, kdy se přecházející dřív nýtu přetvoří na závěrnou hlavu (obr. 3.7). Řadí se mezi klasickou kovářskou techniku určenou ke spojování dvou materiálů. Může probíhat za tepla i za studena. V dnešní době se již běžně nevyužívá a je nahrazováno jinými technologiemi, např. pájením a svařováním. [15;16;17;18;20]



Obr. 3.7 Znáznornění principu nýtování [20].

3.3 Svařování

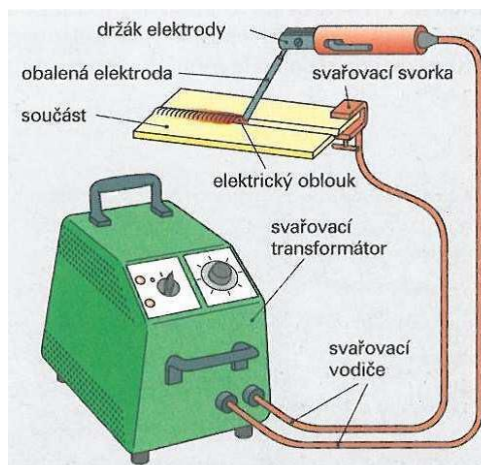
Touto technologií vzniká pevný a nerozebíratelný spoj kovových součástí. Ty musí mít určitý stupeň svařitelnosti, což je schopnost materiálu vytvořit svar požadované jakosti. Princip tvorby spoje spočívá v dodání potřebné energie atomům na povrchu stykových ploch za účelem překonání potřebné energetické bariéry. Výrobek vzniklý svařováním se nazývá svarek či také svařenec. [11;15]

3.3.1 Tavné svařování

Kovy se na spojovaných stykových plochách taví a mísí dohromady, posléze tuhnou a vytvářejí svarový spoj. Zde se může využívat přídavný materiál o podobném chemickém složení. Příkladem tohoto typu mohou být MIG, MAG, TIG.

Dělení tavného svařování:

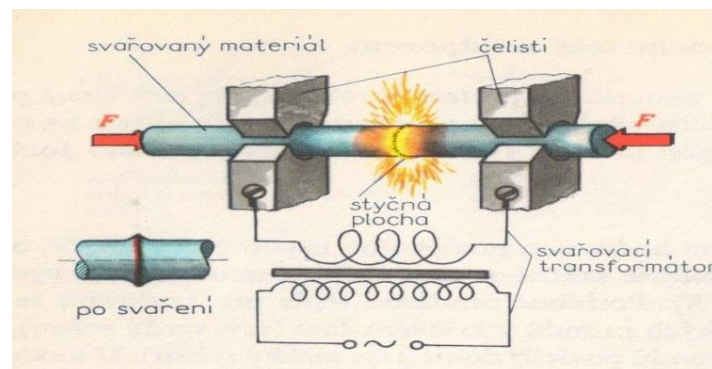
- plamenové – zdrojem tepla je plamen, který vzniká spalováním např. acetylénu, přídavný materiál spoje je drát vhodného chemického složení. Takto lze vytvářet spoje mezi kovy železnými i neželeznými;
- elektrickým obloukem – zde jako hlavní zdroj tepla slouží elektrický oblouk vznikající mezi svařovanou součástí a elektrodou díky vhodnému elektrickému zdroji (obr. 3.8). [16;21]



Obr. 3.8 Schéma svařování elektrodou [21].

3.3.2 Tlakové svařování

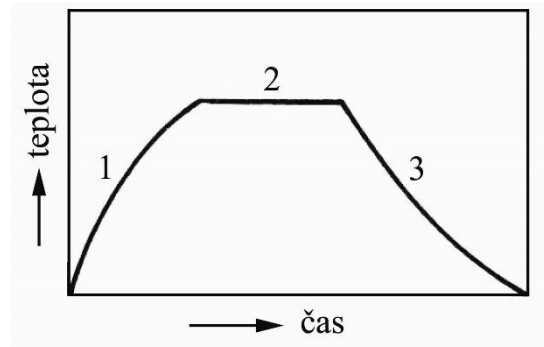
Při tomto způsobu spojování materiálů ohřejeme spojované části v místě spoje na teplotu, při které dochází ke zvýšené tvárnosti. Aby vzniklo spojení, musí se dále vyvinout tlak, který přitlačuje součásti k sobě. Hlavními zástupci je svařování stykové a bodové. [16;21]



Obr. 3.9 Elektrické odporové svařování [21].

3.4 Tepelné zpracování

U mnohých výrobních dílů je potřeba modifikovat materiálové vlastnosti takovým způsobem, aby byla zajištěna jejich funkce v rámci konečného produktu. Z toho důvodu se používá tepelné zpracování (TZ). Podstatou TZ je ohřev materiálu na požadovanou teplotu, výdrž a následné ochlazování (obr. 3.10). Výrobek zůstává po celou dobu procesu v tuhém stavu. Tvar součástí se při tom nemění. [22;23]



Obr. 3.10 Znárodnění TZ: 1 = ohřev, 2 = výdrž na teplotě, 3 = ochlazování. [23]

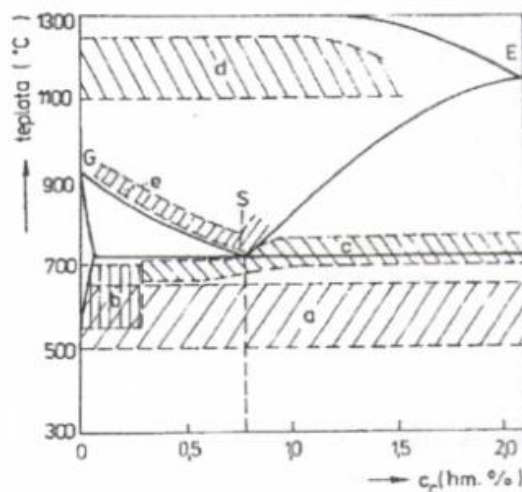
Vlivem zvýšené teploty, času (příp. i tlaku atd.) mohou uvnitř materiálu proběhnout fázové a strukturní přeměny, které se na venek projeví změnou mechanických (tvrdost, pevnost, houževnatost), technologických (např. tvářitelnost, obrobitelnost) či obecně užitných vlastností zpracovávaných výrobků. Mezi nejčastější typy TZ patří:

- žíhání,
- kalení,
- popouštění. [10;11;16;17]

3.4.1 Žíhání

Žíhání se skládá z ohřevu na žíhací teplotu, setrvání na této teplotě a z pomalého ochlazování. Cílem je dosažení rovnovážné (jemnozrnné, homogenní) struktury. S ohledem na použité teploty můžeme obecně rozlišovat 2 hlavní skupiny žíhání (obr. 3.11):

- s překrystalizací;
- bez překrystalizace. [22;23]



Obr. 3.11 Typy žíhání. [23]

Žíhání s překrystalizací:

- Homogenizační žíhání – cílem je redukce chemické heterogenity vzniklé během tuhnutí odlitků a ingotů pomocí difuzních pochodů.
- Normalizační žíhání se používá zejména kvůli eliminaci nestejnomyšností struktury (obzvláště u svařenců, odlitků, výkovků).
- Rozpouštěcí žíhání se provádí s cílem rozpuštění karbidů či nitridů v matici a to za účelem zajištění potřebných technologických vlastností (tvárnosti a houževnatosti).

Žíhání bez překrystalizace:

- Žíhání na měkko – používá se v případech, kdy je třeba u výrobků zajistit zlepšení tvárnosti a obrobiteľnosti.
- Rekrytalizační žíhání – zařazuje se do výrobního postupu za účelem odstranění deformačního zpevnění materiálu (cílem je obnovení plastických vlastností po tváření za studena).
- Žíhání ke snížení vnitřního pnutí je TZ, které se aplikuje za účelem odstranění vnitřních napětí ve svařcích a odlitcích. [22;23]

3.4.2 Kalení

Kalení je proces, kterým zvyšujeme převážně pevnostní vlastnosti materiálu. Skládá se z pomalého ohřátí oceli na kalicí teplotu (její hodnota závisí na konkrétním typu oceli), výdrže a prudkého ochlazení. Kalitelné jsou např. nelegované oceli, jejichž obsah uhlíku přesahuje hodnotu 0,35 %. Zakalená ocel je tvrdá, ale zároveň křehká a z toho důvodu se provádí další TZ – popuštění. [[22;23]]

V závislosti na typu oceli se používají různá kalicí média:

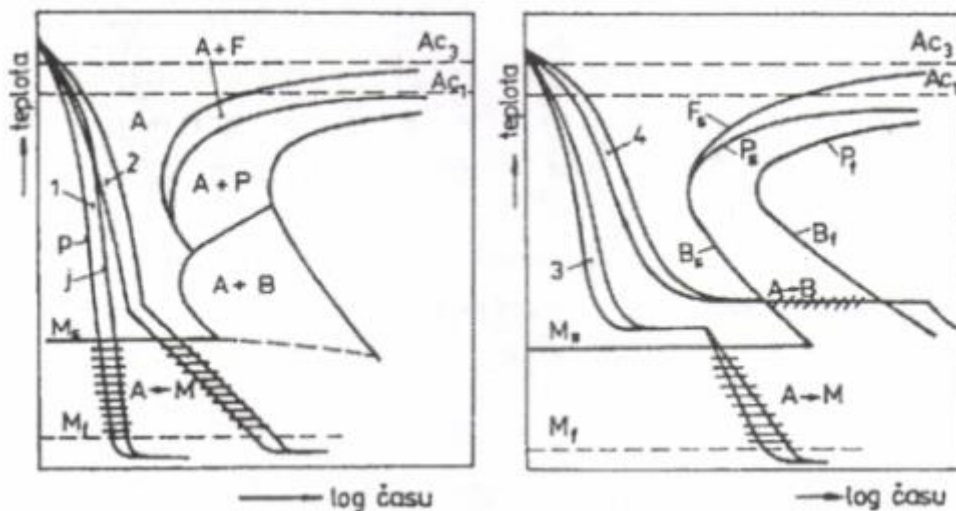
- Voda – výhodou je levnost a nenáročnost, na druhou stranu však má toto kalicí médium největší ochlazovací rychlost, kvůli čemuž může z důvodu velkých vnitřních napětí docházet u mnohých typů ocelí k praskání po kalení. S ohledem na tuto skutečnost se toto médium nejčastěji používá při kalení uhlíkových ocelí.
- Polymer – jedná se o polymerní přísady (polyakryláty, polyalkylenglykoly atd.) ve vodní lázni, jež omezují velký ochlazovací účinek vody (a tedy riziko vzniku prasklin). Kalicí lázně s polymery je nutné chránit před znehodnocením bakteriemi a znečištěním.
- Olej – má ve srovnání s vodou 3–4x menší ochlazovací účinnost. Díky tomu nevznikají v materiálu velká vnitřní napětí jako v případě vody, avšak nevýhodou je potencionální riziko vznícení. V průmyslové praxi se nejčastěji používají minerální oleje. Do oleje se většinou kalí legované oceli.
- Vzduch – představuje nejmírnější kalicí prostředí. Velikost chladicího účinku lze ovlivnit prouděním vzduchu. Tímto způsobem se obvykle kalí vysoce legované oceli. [22;23]

Způsoby kalení (obr. 3.12):

- Kalení do studené lázně – jedná se o nejčastěji prováděný způsob kalení. Jeho výhodou je technologická nenáročnost, nevýhodou pak vznik velkého vnitřního napětí.
- Lomené kalení – principem je rychlé ochlazení dílů nad teplotu začátku martenzitické přeměny následované přesunem do mírnějšího kalicího média. Většinou se používají

média: voda–vzduch, voda–olej, nebo olej–vzduch. Výhodou tohoto způsobu kalení je omezení vnitřních napětí.

- Termální kalení – díl je kalen v lázni o dostatečně vysoké teplotě (nad začátkem martenzitické přeměny). Jakmile dojde k vyrovnání teplot mezi povrchem a středem dílu (omezení vnitřního napětí), následuje dochlazení.
- Izotermické zušlechťování – obdoba termálního kalení (viz výše), avšak kalicí lázeň má výrazně vyšší teplotu a taktéž doba výdrže v této lázni je výrazně delší. Tímto způsobem vzniká nejméně vnitřních napětí uvnitř materiálu. Po izotermickém zušlechťování obvykle nenásleduje popouštění. [22;23]



Obr. 3.12 Typy kalení. [23]

3.4.3 Popouštění

TZ, jež obvykle následuje po kalení. Při popouštění jsou zakalené díly ohřívány na popouštěcí teplotu (ta je vždy nižší, než kalicí teplota) a po uplynutí doby výdrže jsou ochlazovány zpět na pokojovou teplotu. Hlavním úkolem popouštění je odstranit vnitřní napětí v materiálu, jež vznikla v důsledku kalení. Po operaci popouštění se již obvykle neprovádí další TZ a součást se již pouze čistí a obrušuje. [22;23]

4 NEZBYTNÁ ŘEMESLNÁ ČINNOST NAVAZUJÍCÍ NA STROJNÍ PROCESY

V této kapitole bude blíže popsáno postup výroby vybraných tvarově komplikovanějších nebo na výrobu náročnějších komponentů pistole.

4.1 Zámek

Na výrobu byl vybrán černý plech o tloušťce 4 mm. Tato součást nevyžaduje žádné konkrétní mechanické vlastnosti a díky dostatečnému průřezu materiálu není riziko porušení v kritických oblastech. Pro usnadnění výroby byl výkres zámku vytisknut v měřítku 1:1 na papír, vystřižen a překreslen na polotovar (obr. 4.1). Následně došlo řezáním a broušením k vytvarování požadovaného profilu. Nakonec se provedlo odjehlení a lehké sražení hran.



Obr. 4.1 Vytváření hrubého obrysu zámku.

Poté následovalo navrtávání, vrtání děr a vytvoření závitů potřebných pro uchycení zámku do pažby a pro pozdější přichycení všech ostatních napojených součástí (obr 4.2).



Obr. 4.2 Zhotovení závitů a děr.

4.2 Kohout

Tato část se skládá z: dvou ramen, dvou čelistí a šroubu. V prvním kroku se vyřizly dva obdélníky (obr. 4.3) s preferovanou tloušťkou materiálu 5 mm a drážkou pro jejich vzájemné svaření (do tvaru L). Nad to se v praxi mohou aplikovat i různé další tvarové úpravy, a to pro lepší vizuální dojem (obr. 4.4).



Obr. 4.3 Hrubý tvar částí kohoutu.



Obr. 4.4 Upravený tvar ramene.

V dalším kroku se zhotovily čelisti, jež drží křesací kamínek. Zde nebyl kladen důraz na přesný tvar součásti. Pro zhotovení byl zvolen materiál o tloušťce 7 mm (obr. 4.5).



Obr. 4.5 Náhled čelisti.

Následně byly do součásti vyvrtány díry o průměru 5,5 mm. Do jedné z nich se vytvořil vnitřní závit M6 (obr. 4.6) za účelem našroubování šroubu.



Obr. 4.6 Vytváření závitu.

Poslední z částí utvářejících kohout je šroub. Ten byl osoustružen z kulatiny na vnější průměr 12 mm a vnitřní 6 mm. Následně se díky závitovým čelistem vytvořil vnější závit M6 (obr. 4.7). Jako poslední krok se vyfrézoval na širší straně závitu čtyřhran o rozměrech 7x7 mm pro snadnější šroubování (obr. 4.8).



Obr. 4.7 Vysoustružená součást.



Obr. 4.8 Ofrézovaný obrobek.

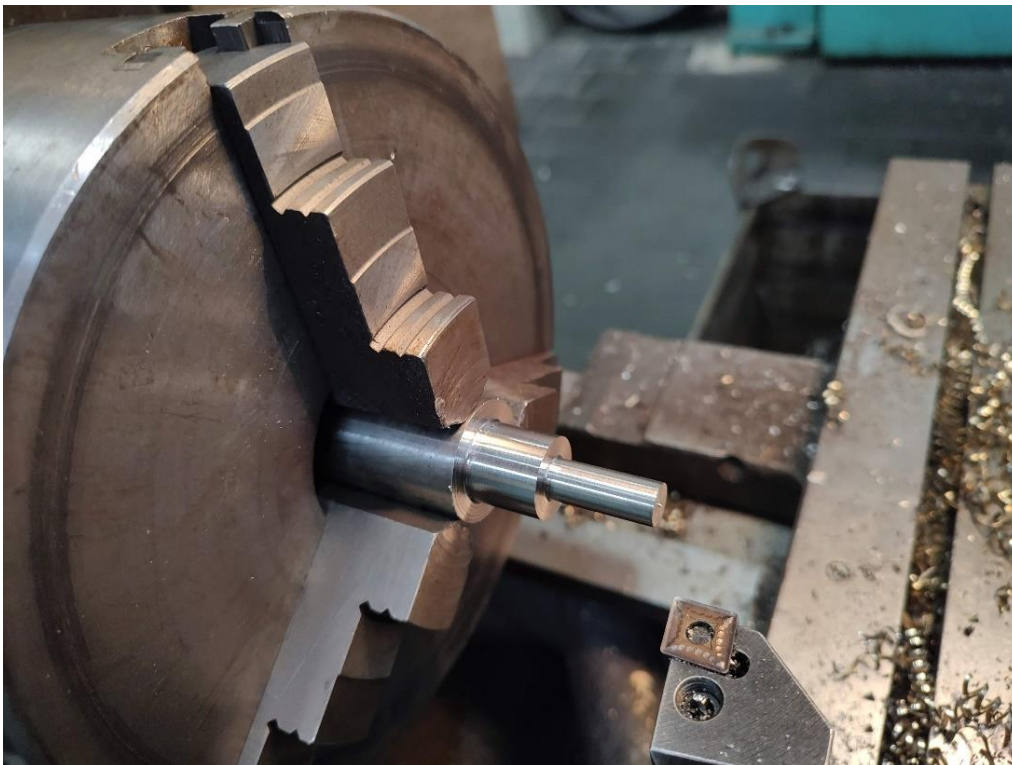
Smontováním těchto součástí dohromady vznikl spoj, kde 1 z čelistí je přivařena k rameni, zatímco 2. je zabezpečena pomocí šroubu procházejícího skrz závit vně (obr. 4.9).



Obr. 4.9 Ukázka spoje kohoutu.

4.3 Excentr

Excentr se řadí mezi tvarově nejnáročnější součásti na výrobu v tomto prototypu z důvodu jeho asymetrie a návaznosti na ostatní komponenty. Jako polotovar sloužila kulatina, jež byla osoustružena na vnější poloměr 20 mm. Dále bylo vysoustruženo rameno excentru o průměru 10 mm a námi zvolené délce 26 mm (obr. 4.10).



Obr. 4.10 Soustružení excentru na vnější poloměr.

Poté došlo k oddělení obrobku od polotovaru na pásové pile (obr. 4.11). Následně byl obrobek otočen o 180° a uchycen do sklíčidel soustruhu za účelem vysoustružení výstupku o průměru 5 mm a délce 4 mm (obr. 4.12).



Obr. 4.11 Řezání excentru na pásové pile.



Obr. 4.12 Soustružení kratší strany excentru.

Následovalo ofrézování širší strany excentru (obr. 4.13). V tomto kroku se vytváří asymetrie komponenty a to obrobením 3 stran. 2 na sebe kolmé strany se ofrézují tak, aby jejich délka byla 15 mm. Přilehlá strana (kolmá na strany předchozí) má délku 10 mm. Zbývající čtvrtá strana zůstává ponechána bez dalších úprav (obr. 4.14).



Obr. 4.13 Frézování stany se širším průřezem.



Obr. 4.14 Ofrézovaná širší část.

Následně byl zhotoven výřez pro navíjení řetězky: Pomocí kotoučové frézy o tloušťce 8 mm byla do materiálu vytvořena drážka o hloubce 6 mm (obr. 4.15). Poté se obrobek znovu uchytil tak, aby byl vyosen v úhlu 45°. Kotoučovou frézou o tloušťce 2 mm se poté vytvořil zářez, jenž bude sloužit k uchycení hlavy řetězky (obr. 4.16).



Obr. 4.15 Frézování drážky.



Obr. 4.16 Frézování zářezu.

Dále byl obrobek znovu uchycen, a to za účelem čelního frézování dlouhé strany (obr. 4.17). Jejím postupným obráběním vznikl čtyřhran o rozměrech 7x7 mm.



Obr. 4.17 Frézování dlouhé části excentru.

V posledním kroku proběhlo broušení a pilování, čímž postupně vznikl vnitřní tvar pro navíjení řetězky. Nakonec byla zhotovena díra v čele excentru, do níž se umísťuje klínek, který vytváří spojení mezi excentrem a řetězkou (obr. 4.18).



Obr. 4.18 Finální tvar excentru.

4.4 Řetězka

Jedná se o nerozebíratelný spoj několika součástí vzniklý nýtováním. Jako 1. a hlavní byla vytvořena část, jež uchycuje řetězku na hlavní pružinu pistole. Polotovarem pro tento díl byla kulatina, která se po zarovnání čela obrobila na vnější průměr 22 mm. Následně byl na čele vysoustružen výčnělek o průměru 3 mm a délce 5 mm (obr. 4.19). Nakonec tento díl upíchneme symetricky na druhé straně tak, abychom ponechali ve středu vnější průměr o šířce 2 mm (obr. 4.20).



Obr. 4.19 Soustružení čelní plochy.



Obr. 4.20 Upichování obrobku.

Upíchnutím byl oddělen obrobek od polotovaru. Nyní muselo dojít k odříznutí či odbroušení zbývajících materiálu (obr. 4.21). Odříznutím vznikla pod osou obrobku rovina (obr. 4.22), jejíž část slouží jako spodek součásti. Dalším řezáním se zúžil profil tak, že nejširší část dosahovala rozměru 5 mm (obr. 4.23). Nakonec byla vytvořena díra, do níž se uchycují další články řetězky. Mimo to byly všechny hrany zaobleny, a to s ohledem na estetiku.



Obr. 4.21 Odpadlý obrobek.



Obr. 4.22 Řezání.



Obr 4.23 Seříznutí boků.

Posléze byly vytvořeny další části řetězky. Z polotovaru (plechu o tloušťce 2 mm) vznikly 3 obdélníkové plátky o rozměrech 5x12 mm. Ve středu dílů byl vytvořen kruhový výřez (s ohledem na vizuální stránku věci). Pilováním poté vznikly rádiusy na hranách (obr. 4.24). Následně se vyvrtaly díry o průměru 2 mm a o rozteči 7 mm. Takto předpřipravené součásti byly spojeny dohromady (obr. 4.25) pomocí roznýtování drátu o průměru 2 mm.



Obr. 4.24 Články řetězky.



Obr. 4.25 Konečný stav řetězky.

4.5 Pánvička

Z plechu o tloušťce 8 mm se uřízl kus, jenž byl následným řezáním a broušením vypracován do tvaru písmene P. Do tohoto polotovaru byla následně vyvrtána neprůchozí díra (obr. 4.26). Poté se zbrousil částečně bok a seřízl spodek součásti (z důvodu lepšího usazení do navazujících komponentů). Nakonec se zhotovily díry s vnitřním závitem pro uchycení k zámku (obr. 4.27).



Obr. 4.26 Vyvrtávání vnitřního prostoru pánvičky.



Obr. 4.27 Hotová pánvička.

4.6 Pružiny

Tyto díly byly zhotoveny z pérové oceli 54SiCr6 (ČSN 14 260) o tloušťce 3 mm, z níž byly odříznuty dva obdélníkové plíšky. Konečný tvar součásti byl spolu s komplikovanými malými koncovými poloměry zhotoven za tepla, pomocí tvarování na „kopytech“ (obr. 4.28). Po vyříznutí požadovaných zářezů mohlo být provedeno tepelné zpracování. To proběhlo pod odborným dozorem v laboratorní peci firmy ŽĐAS, a.s. Cílem TZ bylo dosažení požadovaných mechanických vlastností materiálu (obr. 4.29).



Obr. 4.28 Zhotovení nástroje pro výrobu malých rádiusů.



Obr. 4.29 Zakalené a popuštěné pružiny.

4.7 Pažba

Jako jediná nekovová součást v této práci je pažba. Pro její vytvoření byla využita fošna z bukového dřeva o tloušťce 50 mm. Po vytisknutí výkresu pažby v měřítku 1:1 byl obkreslen profil a následně se pomocí pásové pily vyřezal hrubý tvar (obr. 4.30). Poté následovalo vytvoření drážky pro hlaveň za pomoci vysokootáčkové kotoučové frézy na dřevo (obr. 4.31).



Obr. 4.30 Hrubý tvar pažby.



Obr. 4.31 Výřez profilu pro hlaveň.

Pro dosažení vizuálně působivější podoby byla pažba tvarována za použití hrubovacích kotoučů na dřevo (obr. 4.32 a obr. 4.33).



Obr. 4.32 Pažba po hrubování kotoučem na dřevo.



Obr. 4.33 Detail konce hlavně po hrubování.

Na konec se uvnitř pažby vytvoří dutina pro umístění mechanismu (obr. 4.34).



Obr. 4.34 Dokončená pažba.

5 SESTAVENÍ PROTOTYPU

Po zhotovení všech více jak 30 komponentů (nepočítaje spojovací materiály jako jsou šroubky, drátky a jiné) mohlo dojít ke kompletaci prototypu pistole. Sestavování jednotlivých částí probíhalo postupně během výroby, jako například u kontroly návaznosti excentru s řetězkou (obr. 5.1) a díky tomu během této fáze nevznikl žádný výrazný problém. Po složení celého zámku (obr. 5.2 a obr. 5.3) jej můžeme umístit do pažby a tím sledovat hotový prototyp (obr. 5.4).



Obr. 5.1 Spojení excentru s řetězkou.



Obr. 5.2 Pohled na zámek zezadu.



Obr. 5.3 Pohled na zámek zepředu.



Obr. 5.4 Hotový prototyp.

6 NÁZORY NA VÝROBEK OD AUTORA A Z POHLEDU ZÁJEMCŮ

V této kapitole budou rozepsány názory a poznatky lidí, kteří projevíli zájem o pořízení této pistole.

6.1 Názor 1. zájemce

První zájemce se ptal, zda by bylo možné „více zdobnější provedení“.

Tento názor byl podnícen modelem, který se vizuálním aspektem zbraně nezabýval. Zlepšení by se dalo dosáhnout hned několika způsoby:

- vnější části, jako je kohout, by mohly být zhotoveny ve více zaoblených a tvarově komplikovanějších provedeních,
- kolečko by se dalo zajistit zdobeným držákem,
- za příplatek by se mohl u rytce kovů zhotovit na zámku vybraný vzor dle zákazníka (lovecká scéna, přírodní motivy, a jiné) (obr. 6.1),
- rytí do pažby pistole (čtvercová síť pro lepší úchop, obrázky na motivy ze života).

Tyto vizuální prvky by se podepsaly na konečné ceně výrobků z důvodů větší časové náročnosti výrobního procesu. Zhotovením grafických děl na pažbě či zámku by poté cenu navýšilo i o práci řemeslníka schopného vytvoření těchto detailů.



Obr. 6.1 Příklad profesionálně zdobené pistole [24].

6.2 Názor 2. zájemce

Druhý zájemce projevil především zájem o delší šestihrannou kónickou hlavěň, čímž by se dosáhlo předělání pistole na mušketu či arkebuzu (obr. 6.2).

Tento požadavek by se dal snadno splnit, co se týče mechanismu zasazením do pažby požadovaných rozměrů.

Kónická hlavěň je však náročnější na výrobu oproti hlavní kulaté, která šla vytvořit zakoupením tlustostěnné trubky a zhotovením vnitřního závitu pro uchycení k pažbě. Navíc šestihranné tyče se nedají sehnat s předvrtanou vnitřní dírou, což dále vede k nutnosti vyvrtání vnitřku hlavěně. Nic z výše zmíněných problémů nebrání vyhovění požadavku zákazníka, ovšem opět se zvýší výrobní náklady zbraně.



Obr. 6.2 Ukázka muškety [25].

7 ZHODNOCENÍ

7.1 Posouzení časové náročnosti

Jednou z hlavních položek ovlivňujících cenu vyráběného produktu je časová náročnost na zhotovení. Přibližná doba, která byla potřeba k zhotovení prototypu, je cca 200 hodin. Je samozřejmě předpokládat, že doba potřebná ke zhotovení dalších výrobků se výrazně zkrátí díky již vypracovaným postupům a zkušenostem získaným z tvorby prototypu.

7.2 Cena

Aby byl o produkty zájem, musí být cena nižší, než u stálých prodejců. Ti uvádějí startovní cenu 700 € za zámek samotný a 1 200 € za kompletní pistoli. [25]

Při cenách začínajících kolem 30 000 Kč za pistoli (při předpokladu 200 výrobních hodin), vychází hodinová sazba na 150 Kč/hod. Tato sazba je samozřejmě ponížena o výrobní náklady, jako je spotřebovaná elektrická energie, pořízení nástrojů a strojů.

7.3 Poznatky z prototypu

Na součásti se po delší době projevuje koroze. Té by se dalo částečně zamezit povrchovou úpravou. Bohužel při využívání v bitvách často dochází k mechanickým nárazům, a proto je nutné pravidelně chránit povrch olejovou vrstvou.

Při natažení zbraně docházelo k protáčení kolečka na excentru vlivem slabé přitlačné síly výhybky. To se vyřešilo přidáním tlačných pružin pod výhybku a tím zvýšení přitlačné síly, jež brání uvolnění.

Kovadlinka k uchycení konce hřídele excentru se ukázala jako slabá: došlo k odtržení kusu jenž vytvářel spoj se zámkem. Musel se zhotovit nový kus s lépe umístěným a větším svarem.

Tvarové a rozměrové odchylky výrobků od modelů vedly k potřebě pozměnit umístění některých děr. To se provedlo zatavením děr předchozích a vyvrtáním děr nových na požadovaném místě.

Vizuální působení je nižší, neboť hlavní pozornost byla věnována funkci mechanismu.

ZÁVĚR

Tato diplomová práce si kladla za cíl zhotovení prototypu pistole s kolečkovým mechanismem. Tento cíl se podařilo splnit. Výroba samotná probíhala z podstatné části v domácím prostředí, avšak některé součásti bylo potřeba zhotovit na frézce a soustruhu, kvůli čemuž byly navštíveny externí firmy. Dále, operace TZ proběhla ve firmě ŽĎAS, a.s., kde proběhlo zakalení a popuštění dvou součástí.

Shrnutí výsledků:

- Vyrobený prototyp má mechanicky funkční zámek umístěný v pokusné pažbě pistole.
- Výroba některých komponent musela proběhnout odlišně, než bylo původně plánováno, z důvodu mechanického namáhání.
- Výrobní cena je oproti prodejním cenám v zavedených e-shopech nižší.
- Vizuální aspekt prototypu je neuspokojivý. Je potřeba podniknout opatření s cílem vytvořit více přitažlivý vzhled pro zákazníka, potažmo vlastníka.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Wheellock. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wheellock>
2. *1 Historie palných zbraní* [online]. [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/strelba/historie>
3. *Výzbroj Husitů I.* [online]. [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://www.lovecpokladu.cz/home/vyzbroj-husitu-i-1054>
4. HARTINK, A. E. *Encyklopedie pistolí a revolverů*. Praha: Rebo Productions, 1996. ISBN 80-85815-66-4.
5. KRAUS, Ivo. *Dějiny evropských objevů a vynálezů: od Homéra k Einsteinovi*. Praha: Academia, 2001. ISBN 80-200-0905-1.
6. *Explosia* [online]. 2001 [cit. 2022-11-19]. Dostupné z: <https://explosia.cz/produkty/streliviny/>
7. Historie zbraní. *Parníky, auta, letectví, vojenská technika*. [online]. [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: <https://www.modellode.cz/Historie-zbrani.html>
8. *Armory in the Wellenberg Castle* [online]. [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: https://feuerwaffen.ch/firearms.htm?fbclid=IwAR1CCIGNYpcfmKIyiu7CPyG4P_tDJK4xIeHg017ejjEJxK-OtVsZCoMDJFU
9. WAGNER, Eduard a Miroslav MUDRA. *Tricetiletá válka 1618-1648*. Praha: Aventinum, 2005. Ars bella gerendi. ISBN 80-868-5811-1.
10. Zámky střelných zbraní. *Palba.cz* [online]. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.palba.cz/viewtopic.php?t=3257&start=20>
11. *The Thirty Years' War Changed Europe Beyond Recognition* [online]. [cit. 2023-01-27]. Dostupné z: <https://www.outfit4events.com/eur/articles/interesting-facts-of-the-past/the-thirty-years-war-changed-europe-beyond-recognition/>
12. *Bílá hora 1620* [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://bilahora.eu/bila-hora-2021/>
13. 9. Zbraně, střelivo a munice. *Ministerstvo vnitra České republiky* [online]. 2021 [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://www.mvcr.cz/clanek/zbrane-podlehajici-zakonu-o-zbranich-a-podminky-jejich-nabyvani-a-drzeni.aspx?q=Y2hudW09OQ%3d%3d>
14. FOŘT, Petr a Jaroslav KLETEČKA. *AutoCAD 2010: učebnice*. Brno: Computer Press, 2009. ISBN 978-80-251-2181-8.
15. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. 1. vyd. Brno: Akademické vydavatelství CERM, s. r. o., 2006. 217 s. ISBN 80-214-2374-9.
16. HLUCHÝ, Miroslav a Jan KOLOUCH. *Strojírenská technologie 1*. 3. přeprac. vyd. Praha: Scientia, 2002. ISBN 80-718-3262-6.
17. BRYCHTA, Josef. *Technologie II*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1641-8.
18. ČADA, Radek. *Technologie I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, [2008]. ISBN 978-80-248-1507-7.
19. Soustružnické nože. *Kart land* [online]. [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <https://www.kartland.cz/soustruznicke-noze/>
20. Nýt. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-11-18]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/N%C3%BDt>
21. *Svařování* [online]. [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1802>

22. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu I. 2.*, opr. a rozš. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, c2003. ISBN 80-720-4283-1.
23. PTÁČEK, Luděk. *Nauka o materiálu II. 2.* opr. a rozš. vyd. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-720-4248-3.
24. *Wheellock Pistol Made for Maximilian I of Bavaria (1573–1651)* [online]. [cit. 2023-04-23]. Dostupné z: <https://picryl.com/media/wheellock-pistol-made-for-maximilian-i-of-bavaria-15731651-050b2e>
25. Karabina s kolečkovým zámkem, polovina 17. století. *Puškařská dílna* [online]. [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: <http://www.puskarska-dilna.cz/article/21>
26. Early Germanic Wheellock Pistol. *The Rifle Shoppe, Inc.* [online]. [cit. 2023-05-29]. Dostupné z: [http://therifleshoppe.com/catalog_pages/wheellocks/\(623\).htm?fbclid=IwAR3FxRUgp1ysU8iyKfCwa_T1W3aYBdCFDclg5qS9HuDbMqbmFYhEJxPIB0c](http://therifleshoppe.com/catalog_pages/wheellocks/(623).htm?fbclid=IwAR3FxRUgp1ysU8iyKfCwa_T1W3aYBdCFDclg5qS9HuDbMqbmFYhEJxPIB0c)

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symboly

Označení	Legenda	Jednotka
v_c	řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
v_e	výsledný pohyb	[-]
v_f	posuvová rychlost	[m.min ⁻¹]

Zkratky

Označení	Legenda
VBD	Vyměnitelná břitová destička
TZ	Tepelné zpracování