



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

TPV UPÍNAČE RUČNÍ PALNÉ ZBRANĚ

TPV HANDGUN CLAMPS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Adam Zahradníček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Aleš Polzer, Ph.D.

Zadání bakalářské práce

| | |
|-------------------|--|
| Ústav: | Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky |
| Studentka: | Adam Zahradníček |
| Studijní program: | Strojírenství |
| Studijní obor: | Stavba strojů a zařízení |
| Vedoucí práce: | Ing. Aleš Polzer, Ph.D. |
| Akademický rok: | 2023/24 |

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 bakalářské práce:

TPV upínače ruční palné zbraně

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zadání je zaměřeno na měření a technickou přípravu výroby upínače ruční palné zbraně. Plánovaná výroba upínače je optimalizována pro třískové obrábění. Zaměření je na odborný rozbor klíčových vazeb a funkčních rozměrů vybraných částí upínače palné zbraně, které předchází vlastní výrobě zadané součástky.

Cíle bakalářské práce:

Systémový rozbor řešené problematiky.

Měření klíčových parametrů konstrukčních prvků pro návrh vlastního upínače.

Vytvoření základní technické dokumentace k navrženému obrobku/sestavě.

Zdůvodnění zvolené konstrukce a posouzení dosažených výsledků.

Vlastní závěry a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN ISO 25178-1. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 1: Identifikace textury povrchu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022, 32 s. Třídící znak 014451.

ČSN EN ISO 25178-2. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 2: Termíny, definice a parametry textury povrchu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022, 80 s. Třídící znak 014451.

ČSN EN ISO 25178-3. Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 3: Operátory specifikací. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022, 20 s. Třídící znak 014451.

ČSN EN ISO 21920-2. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Struktura povrchu: Profil – Část 2: Termíny, definice a parametry struktury povrchu, 2022-07, 92 s. Třídící znak 014457.

ČSN EN ISO 21920-3. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Struktura povrchu: Profil – Část 3: Operátory specifikace, 2022-07, 92 s. Třídící znak 014457.

PETR, Karel. Geometrické tolerance dle ISO GPS. Praha: Verlag Dashöfer, 2019. ISBN 978-80- 7635-019-9.

ČSN EN ISO 1101. Geometrické specifikace produktu (GPS) - Geometrické tolerování – Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení. Praha: Český normalizační institut, 2020, 178 s. Třídící znak 014120.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Petr Blecha, Ph.D. FEng.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce pojednává o technické přípravě výroby upínače palné zbraně. Popisuje systematický rozbor řešené problematiky, základní charakteristiky návrhového upínače a měření odporu na tomto upínači.

KLÍČOVÁ SLOVA

Palná zbraň, upínač, odpor, měření, konstrukce

ABSTRACT

This thesis deals with the technical preparation for the production of a firearm clamp. There is also described a systematic analysis of the problem and the basic characteristics of the design clamp and resistance measurements on this clamp.

KEYWORDS

Firearm, chuck, resistance, measurement, construction

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZAHRADNÍČEK, Adam. *TPV upínače ruční palné zbraně*. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157739>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Aleš Polzer.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Aleše Polzera, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 24. května 2024

.....

Adam Zahradníček



PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Aleši Polzerovi, Ph.D. za užitečné rady a vedení při zpracování práce.

OBSAH

| | |
|--|-----------|
| Úvod | 10 |
| 1 Systematický rozbor řešené problematiky | 11 |
| 1.1 Chod spouště palné zbraně | 13 |
| 1.1.1 Vyvození odporu | 13 |
| 1.1.2 Průběh pohybu spouště | 14 |
| 1.2 Předmět měření – palná zbraň | 16 |
| 1.3 Rozdělení dle velikosti | 16 |
| 1.4 Analýza současných upínačů palné zbraně | 18 |
| 1.5 Upínače pistolí pro měření odporu spouště | 18 |
| 1.6 Měřicí zařízení | 19 |
| 1.6.1 Technické vlastnosti | 20 |
| 1.6.2 Ustavení soustavy základové těleso – dynamometr – pistol | 21 |
| 2 Měření parametrů konstrukčních prvků | 22 |
| 2.1 Upnutí pistole – porovnání možných řešení | 22 |
| 2.1.1 Upnutí za zásobníkovou komoru | 22 |
| 2.1.2 Upnutí pomocí přítlačných destiček | 23 |
| 2.1.3 Upnutí místo střenek | 24 |
| 2.1.4 Přenesení síly přes nosný čep | 25 |
| 2.2 Výběr klíčových rozměrů | 25 |
| 2.3 Metody měření a jejich aplikace | 27 |
| 2.4 Vyhodnocení dat | 31 |
| 3 Charakteristika navrhovaného upínače palné zbraně | 33 |
| 3.1 Specifikace požadavků a funkčních parametrů upínače | 33 |
| 3.2 Konstrukce navrhovaného upínače | 35 |
| 4 Měření odporu spouště | 48 |
| 4.1 Bezpečnost měření | 48 |
| 4.2 Postup měření | 49 |
| 4.3 Dosažené výsledky | 49 |
| 5 Doporučení pro praxi | 52 |
| Závěr | 54 |
| Použité informační zdroje | 55 |
| Seznam obrázků | 58 |

ÚVOD

Zbraně jsou součástí lidstva již od jeho prapočátku. Zprvu sloužily zbraně spíše jako nástroj pro získání obživy nebo boji proti nepříteli. Vývoj zbraní jde historicky ruku v ruce s technologickým vývojem. Zásadní zlom nastal objevením černého (následně bezdýmného střelného prachu). Tento historický objev zapříčinil vzniku palných zbraní a kompletně změnil průběh dosavadních bojů a válek. Ve 20. století pak prošly palné zbraně nejvýznamnějším technologickým procesem, a to také díky období světových válek. V dnešní době se palné zbraně nepoužívají jen k účelům nutných k přežití, ale palné zbraně jsou hojně užívány pro sportovní a volnočasové disciplíny.

S postupem času se zvyšují nároky na ovladatelnost, přesnost a bezpečnost zbraní. Odpor a bezchybný chod spouště je jedním z faktorů, které mají vysoký podíl na těchto vlastnostech, nicméně průběh odporu spouště a jeho zkoumání je lehce opomíjeným faktorem. Právě z tohoto důvodu se tato bakalářská práce zabývá konstrukcí upínacího zařízení pro palné zbraně, ve kterém by bylo možné kvalitně zaznamenat charakteristiky spoušťového mechanismu a napomoci k jeho vylepšení. U sportovních disciplín také nastává obtíž při kontrole hraničních hodnot odporu spouště na střeleckých závodech. Tato kontrola dle konvenčních metod obsahuje velký prostor pro dosažení chyb při měření, tudíž výsledná koncepce upínače by mohla za určitých podmínek toto měření zastoupit a chyby měření dostatečně odstranit.

Hlavní cíl této bakalářské práce tedy spočívá v návrhu upínače, který bude optimalizován pro třískové obrábění. V první části se bude práce zabývat teoretickou přípravou pro konstrukční návrh, což obsahuje analýzu spoušťového mechanismu, klasifikaci pojmů odporu a chodu spouště, rozdělení zbraní dle velikosti a výběr vhodných rozměrů zbraní. V druhé, praktické části se bude práce zabývat přenesení těchto rozměrů na funkční rozměry upínače a jeho optimalizací pro výrobu.

Výsledky této práce mají přinést praktická doporučení pro výrobu a zlepšení upínačů, s důrazem na přesnost, opakovatelnost měření a bezpečnost. Měření a analýza odporu spouště jsou zásadní, protože poskytují důležité údaje pro konstrukční vylepšení, zdokonalení střeleckých výsledků a zajištění bezpečnosti střelby.

1 SYSTEMATICKÝ ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Klíčové pro vlastní návrh upínače zbraně je stanovení požadavků, které bude muset konstrukce upínače splňovat. Tyto požadavky se týkají přednostně tuhosti soustavy, rozměrů upínače, přesnosti a jednoznačnosti upnutí zbraně, opakovatelnosti měření, bezpečnosti vůči poškození zbraně a variability. Dále je také nutné charakterizovat veličiny, které budou pomocí upínače měřeny, případně v jakém formátu budou výsledné hodnoty interpretovány.

ROZMĚROVÉ VLASTNOSTI

Prvním krokem je určení rozměrů, ve kterých se bude konstrukce upínače pohybovat. Funkční rozměrové vlastnosti upínače musí respektovat tvary a rozměry měřených zbraní a měřicího zařízení. Hlavní skupinou upínaných zbraní jsou ruční krátké palné zbraně, jež jsou dle zákona č. 119/2002 Sb., zákon o střelných zbraních a střelivu (zákon o zbraních) definovány, jako palná zbraň s délkou hlavně menší než 300 mm nebo celkovou délkou do 600 mm [1]. Dle této definice lze předběžně určit, v jakých rozměrech se výsledný upínač bude pohybovat. Podrobněji jsou rozměry měřicího zařízení popsány v kapitole 1.5.1 a vybrané rozměry pistolí a revolverů v kapitole 2.2.

MĚŘENÉ VELIČINY

Základní sledované vlastnosti spoušťového mechanismu ručních palných zbraní jsou odpor a délka chodu spouště.

Chod spouště je celková možná dráha, po které je umožněn pohyb jazýčku spouště. Jelikož vyvozený odpor jazýčku není po celé dráze konstantní, jsou pojmenovány tři základní fáze chodu spouště, tzv. mrtvý chod, pracovní chod a propad spouště. S chodem spouště lze také odvodit práci, která je nutná pro iniciaci výstřelu. [2]

Samotný odpor spouště lze poté definovat jako sílu v Newtonech, kterou je nutno působit na spoušť, aby došlo k výstřelu (spuštění bicího mechanismu) [3]. Z uvedených informací tedy vyplývá, že při měření odporu spouště lze získat dvě skupiny výsledků. První skupinou jsou minimální či maximální skalární hodnoty odporu spouště. Druhou skupinou výsledků poté mohou být grafy, kde je uvedena závislost nekonstantního odporu po dráze chodu spouště.

O maximálních hodnotách odporu a jeho průběhu v závislosti na poloze spouště převážně rozhoduje konstrukční provedení bicího a spoušťového mechanismu (kapitola 1.1.1). Orientační hodnoty odporu spouště se pohybují od 0,35 N, do 58,9 N. U hodnoty 0,35 N se jedná o kategorii „jemná spoušť“ a výskyt takhle nízkého odporu je z důvodu nepraktičnosti a nebezpečnosti spíše ojedinělý. U hodnoty 58,9 N se poté jedná o „hrubou“ spoušť. [2] Dráha funkčního chodu spouště se řádově pohybuje od 3 mm až po 15 mm [4].

VÝZNAM MĚŘENÍ

Měření vlastností spoušťového mechanismu je využito za různými účely, v této podkapitole je vyjmenovaný výčet hlavních využití.

Častým důvodem pro měření těchto charakteristik je inovace, renovace nebo oprava spoušťového mechanismu. Záznam o měření odporu spouště (graf závislosti síly na dráze nebo čase) je totiž dobře využitelný pro posuzování a dokumentaci anomálií spoušťového ústrojí [3]. Zejména se může jednat o sportovní pistole, které jsou upravovány dle subjektivních potřeb střelce. Maximální hodnoty odporů těchto sportovních zbraní se zpravidla pohybují v nižších číslech než u zbraní určených pro osobní ochranu. Např. u sportovní pistole CZ TS 2 Orange se jedná o maximální hodnotu odporu 8 N o délce chodu 3 – 4 mm [5].



Obrázek 1 CZ TS2 ORANGE [5]

Sportovní pistole nemusejí být ovšem měřeny pouze pro účel vylepšení. V případě střeleckých závodů jsou spoušťové mechanismy měřeny kvůli minimálnímu odporu spouště. Hraniční hodnoty udávají samotné střelecké organizace. Tyto hodnoty mohou být stanoveny kvůli bezpečnosti nebo pro otestování střelce v různých kategoriích. Například u mezinárodní střelecké organizace International Practical Shooting Confederation (IPSC) v divizi Production je hodnota minimálního odporu stanovena na 2,27 kg (22,7 N) pro první výstřel [6]. U organizace Svaz vojáků v záloze ČR (SVZ) je poté stanoven minimální odpor spouště všech zbraní na 1 kg (10 N) [7].

Měření vlastností spoušťového ústrojí může mít významný účel z hlediska kriminalistické a soudní praxe. Jestliže dojde k trestnému činu v souvislosti se střelbou, může obviněný střelec shazovat vinu na náhodný výstřel, zaviněný sníženým odporem spouště. Měření je tedy následně provedeno za účelem potvrzení, či vyvrácení tohoto tvrzení. [3]

Výsledky těchto měření se srovnávají s předepsanými hodnotami pro jednotlivé druhy a typy civilních krátkých palných zbraní, které jsou pro výrobce určeny v ČSN 39 5003 (395003) – Civilní palné zbraně – Obecné požadavky na konstrukci, výrobu a zkoušení. Například u obranných pistolí a revolverů s napínáním závěrem či kohoutkem je bezpečná dolní a horní mez odporu stanoven na 14,7 – 24,5 N. [2] Pro doplnění této problematiky je dobré poznamenat, že samotný maximální odpor spouště není v této problematice směrodatný. Důležitým kritériem při posudku je také práce na spoušti, která je potřebná pro iniciaci výstřelu. Tato práce se vypočítá jako obsah pod křivkou závislosti působící síly na její dráze. Bezpečná hodnota této práce poté leží u 0,1 J [3].

1.1 CHOD SPOUŠTĚ PALNÉ ZBRANĚ

Na základě výše zmíněných poznatků se dá dovodit, že měření odporu spoušťového mechanismu palné zbraně má široký potenciál využití. Potřebná dosažitelná přesnost měření, a tedy i tuhost soustavy, vyplývají z významu použití.

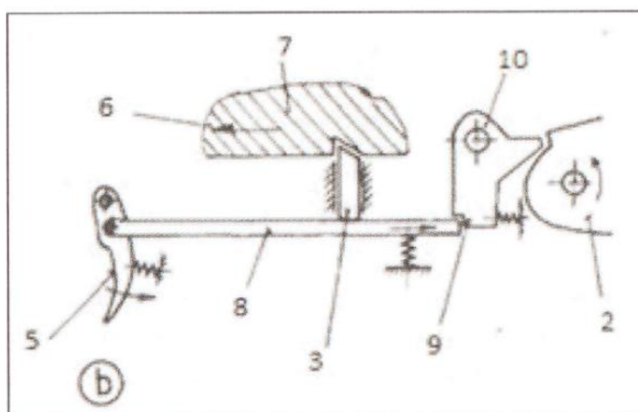
1.1.1 VYVOZENÍ ODPORU

Pro iniciaci výstřelu je zapotřebí spoušťového a bicího mechanismu. Tyto mechanismy jsou navzájem funkčně spojeny a jejich konstrukční provedení zásadně ovlivňují chod a odpor spouště. Pro velice rozdílné hodnoty odporu spouště jsou v této kapitole stručně objasněny a vysvětleny základní druhy bicích a spoušťových mechanismů. [3]

KONSTRUKČNÍ PRVKY

Všeobecně jsou základní prvky spoušťového mechanismu spoušť, spoušťová páka a záchyt závěru. Ty jsou pro správnou funkci odpruženy samostatnými pružinami. Mechanismy dle typu konstrukce obsahují také doplňující součásti, jako např. přerušovač, bicí kohout, zápalník atd. [2] Na obrázku můžeme vidět spoušťový mechanismus služební pistole vz. 82, s vnějším bicím členem.

Na odporu spouště se nejvíce podílejí síly předepnutých pružin působící na jednotlivé součástky, třecí síla styčných ploch součástek a tření v čepích, které je ve správné kondici zbraně minimální. Tyto součástky tedy zjednodušeně tvoří komplexní kinematický řetězec pákových převodů. [3] Pro ilustraci je na obr. 2 vidět jednoduchý spoušťový mechanismus s vnějším bicím segmentem (bicí kohout) pistolového typu. Jde o typický mechanismus, který se používá u poloautomatických pistolí. V tomto případě se jedná o služební pistol vz. 82.



Obrázek 2: Spoušťový mechanismus (2 – bicí kohout, 5 – spoušť/jazyček spouště, 6 – zákluz závěru, 7 – závěru, 8 – tahadlo spouště, 9 – ovládací ozub závěru bicího kohoutu, 10 – záchyt bicího kohoutu) [2]

TYPY BICÍCH A SPOUŠŤOVÝCH MECHANISMŮ

Jak již bylo zmíněno, při vyvození odporu spouště je důležité funkční spojení spoušťového a bicího mechanismu. Jestliže se jedná o pistole a revolvery, jsou dle ovládání a funkce mechanismy děleny do těchto skupin: jednočinné (anglicky Single Action, zkratka SA), dvojčinné (anglicky Double Action, zkratka DA), výhradně dvojčinné (anglicky Double Action Only, zkratka DAO) a ostatní. [2]

Při **jednočinném bicím a spoušťovém mechanismu** je střelba možná jen tehdy, je-li bicí kohout napnut v zadní bicí poloze. Chod spouště tedy nezajišťuje napnutí bicího mechanismu. Ten musí být napnut ručně, nebo pohybem závěru před, či během střelby. Díky nízkému odporu spouště jsou pistole použity převážně pro sportovní střelbu. [2] Z pohledu chodu spouště se jedná o výrazné zvýšení odporu na krátké dráze, jak lze pozorovat na obr. 3. Běžné hodnoty odporu se pohybují okolo 15 – 30 N [8]

U **dvojčinného bicího a spoušťového mechanismu** je umožněno napnutí bicího kohoutu ručně nebo pomocí spouště. Mechanismus tedy může fungovat v režimu SA i režimu DA. V režimu DA poté chod spouště plní dvě funkce – napnutí a uvolnění bicího mechanismu. Režim DA je využíván převážně u zbraní, u kterých je potřeba okamžité střelby. To jsou zbraně pro osobní ochranu nebo pro vybrané sportovní disciplíny. [2]

Pohotovost zbraně je zajištěna tím, že před vložením zbraně do pouzdra je umístěn náboj do nábojové komory a bicí kohout je ručně spuštěn vpřed, při tasení není potřeba natáhnutí závěru, nebo odjištění zbraně. Při chodu spouště je citelně vyšší odpor na delší dráze. Hodnoty maximálního odporu v režimu DA jsou u obranných zbraní běžně o 2/3 vyšší než u režimu SA, stejně je to s délkou chodu spouště. Orientačně se hodnoty maximálního odporu pohybují mezi 30–50 N [2].

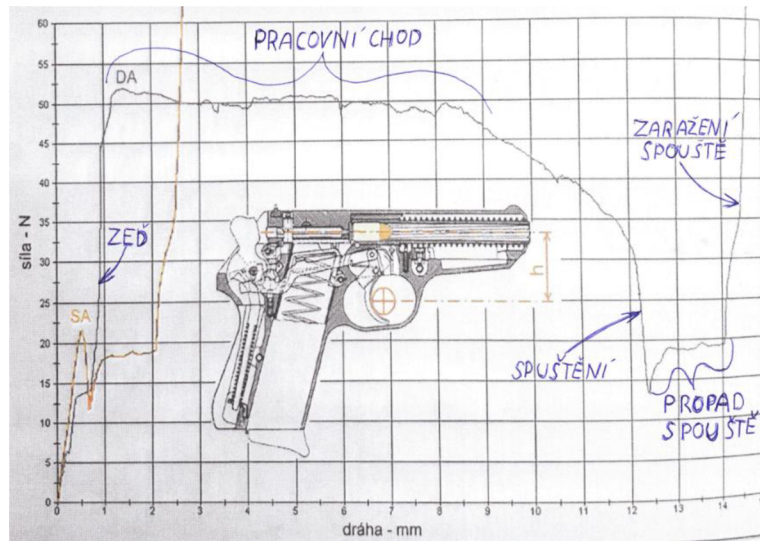
Mechanismus **DAO** poté umožňuje napínání bicího mechanismu pouze spouští (tzv. přetlačení). Využívá se výlučně u obranných zbraní. [2]

Další skupiny tvoří konstrukční systémy, které se z technického pohledu liší od základních skupin SA, DA a DAO, jako Browning Double Mode atd. Samostatnou skupinu by mohly tvořit zbraně s vnitřním mechanismem, kde ikonickým zástupcem je mechanismus Safe Action (zkratka SA), který využívají např. rakouské pistole Glock. Princip spočívá v předepnutí přímoběžného zápalníku pomocí závěru. Pohyb spouště poté zajistí dopnutí zápalníku do jeho zadní polohy a následné uvolnění. Pro iniciaci výstřelu je tedy vždy nutné předepnutí pomocí pohybu závěru. To má za důsledek zkrácení délky chodu spouště na 6 mm s průběhem prvních 3 mm do 7 N a následných 3 mm s prudkým nárůstem odporu okolo 30 – 35 N. [2]

1.1.2 PRŮBĚH POHYBU SPOUŠTĚ

Plynulý chod spouště se spojuje s vyšší přesností a bezpečností střelby. Pohyb spouště je rozdělen do základních fází, které lze při měření a střelbě rozeznat. Každá fáze ovlivňuje jiný aspekt a je důležité mít všechny tyto části v harmonii. Je vhodné zmínit, že terminologie se může v závislosti na použité zbraní lehce lišit a určité body mohou splynout, rozdělit se, nebo prakticky vymizet.

Následující rozdělení se drží určité všeobecnosti a na obr. 3 je vykreslena závislost z měření odporu spouště v závislosti na chodu, jednotlivé části jsou zde vyznačeny.



Obrázek 3 Záznam měření spouště ([3], upraveno)

a) Namáčknutí (Pre-Travel) a jeho části

Namáčknutí se skládá z mrtvého chodu, zdi a pracovní chod, z anglického názvosloví Trigger Take-Up, The Wall, Trigger Creep. [9]

U mrtvého chodu dochází ke kontaktu prstu střelce se spouští a vymezení prvotní vůle spoušťového mechanismu. Tento pohyb nemá zásadní vliv na funkci spoušťového mechanismu. Na konci této fáze je nárazové zvýšení odporu, při zapojení funkčních částí mechanismu. Tato fáze se nazývá zeď (The Wall). [10]

Následuje Aktivní chod (Trigger Creep). Průběh napětí v této části se liší dle druhu mechanismu spoušťového ústrojí. Dá se říct, že zde nárazově vzroste odpor spouště vůči prstu střelce a je důležité najít kompromis mezi délkou chodu a hodnotou odporu. Délka aktivního chodu a velikost odporu spouště souvisejí s vědomím výstřelem a aktivním zaměřením na cíl. Zaznamenání této fáze dává střelci možnost připravit se na výstřel. Naopak při dlouhém a těžkém odporu spouště může střelec ztratit přesnost kvůli strhnutí zbraně při vynaložení vyšší síly na delší dráze, to platí především při rychlém opakování střelby. [9]

b) Spuštění (Trigger Break)

Zlomový okamžik, kdy dojde k uvolnění bicího mechanismu a iniciaci výstřelu, na spoušti se tento zlom projeví snížením odporu. Vyladění tohoto bodu souvisí s předchozí fází, kdy rozpoznatelnost výstřelu může zajistit vyšší přesnost. [9]

c) Propad spouště (Trigger Over-Travel)

Propad spouště nastává po uvolnění bicího mechanismu. Volným pohybem je jazýček tlačěn prstem až do koncové polohy, kde je zastaven o rám zbraně, jedná se o tzv. doraz spouště. Délka dráhy propadu je, obzvláště u sportovních pistolí, co nejvíce zkracována. Při špatném nastavení může propad spouště zavinit strhávání zbraně při výstřelu. Je ovšem u spouště potřebný, například při zanesení nečistot do spoušťového mechanismu nám tato vůle zajišťuje bezproblémové spuštění bicího mechanismu. [9]

d) Reset

Jedná se o fázi zpětného chodu spouště po výstřelu. Po dosažení určitého bodu je spoušťový mechanismus napnut a připraven pro opětovnou střelbu. Toto kritérium přímo navazuje na optimalizaci rychlého opakování výstřelů. Je ovšem dobré najít kompromis v délce resetu. [9] Při dlouhém resetu, především s tuhou fází namáčknutí, je obtížnější provádět rychlou přesnou střelbu na cíl. Příliš krátký reset poté může zavinit malý odpor při zpětném chodu prstu střelce, ztrátu kontaktu se spouští a následném strhnutí zbraně. [10]

1.2 PŘEDMĚT MĚŘENÍ – PALNÁ ZBRAŇ

Palné zbraně mají samozřejmě velice širokou škálu rozdělení do jednotlivých skupin. Tyto skupiny jsou tvořeny dle různých parametrů jako jsou druh a použití, základní funkční systém, stupeň automatizace, způsob uzamčení nábojové komory, způsob pohonu funkčního mechanismu (funkčního principu) [9]. Pro konstrukci upínače je ale potřebné určit rozdělení z hlediska rozměrů.

1.3 ROZDĚLENÍ DLE VELIKOSTI

Terminologie podrobnějšího rozdělení pistolí podle jejich velikostí není striktně vymezena. Je tedy vhodné určit všeobecné rozdělení, které se zakládá na charakteristických vlastnostech pistole, jako je délka hlavně a hmotnost. Délka hlavně zásadně ovlivňuje přesnost střelby zbraně. U delší hlavně je zajištěno delší vedení kulky na začátku střelby, a tedy dosažení menšího rozptylu zásahů, zavineného samotnou zbraní. S délkou hlavně, a tedy i závěru, je také spojena hmotnost a mohutnost zbraně. Zde samozřejmě zasahuje subjektivní názor střelce, ale všeobecně dokáže vyšší váha zbraně zajistit stabilnější držení zbraně.

První skupinou jsou pistole *Full-size*, viz obr. 4. Konstrukce vychází z potřeb policejních a ozbrojených složek a jsou to pistole s největšími rozměry. Díky vyšší délce hlavně a hmotnosti, dobrého úchopu a také záměře jsou tyto zbraně často používány ke sportovní střelbě. Často lze také pozorovat upravení těchto pistolí přímo na sportovní speciály. [11]



Obrázek 4 CZ Shadow 2 – Full-size [12]

Druhou skupinou jsou pistole *Semi-compact* a *Compact*. Jsou to pistole střední velikosti, které mají zpravidla menší rozměry než předchozí skupina. Hlaveň je sice zkrácena, ale zároveň je zanechána dostatečná délka, která je vhodná pro sportovní střelbu i pro osobní ochranu. Dále je zkrácena zásobníková šachta, s čímž také přichází snížení váhy a lehce snížená ovladatelnost zbraně. [11]

Další skupinou je *Sub-compact*, kde už se velikost a hmotnost zbraně od první skupiny výrazně liší. Jelikož se jedná o pistole určené přednostně k nošení a osobní ochraně, nejsou zde kladeny vysoké nároky na přesnost při střelbě na delší vzdálenosti. Velikost a váha klesá na úkor ovladatelnosti a dosažitelné přesnosti zbraně. [11]

Poslední skupinou jsou pistole *Micro*. Jak název napovídá, tyto zbraně jsou zpravidla nejmenší. Délka hlavně, úchyt a zásobníková komora mají již výrazně menší rozměry, což je patrné při porovnání zbraní CZ Shadow 2 (*Full-size*), viz obr. 5, a zbraní Ruger LCP 2 (*Micro*), viz obr. 5. Tyto zbraně se využívají pro osobní ochranu a skryté nošení. [11]



Obrázek 5: Ruger LCP II – Micro [13]

Samostatnou rozměrovou skupinu tvoří revolvery. Revolvery jsou známé svojí jednoduchou a spolehlivou konstrukcí. Na rozdíl od pistolí nemají klasický zásobník pro řadové skládání nábojů. Náboje jsou přiváděny do nábojové komory pomocí rotačního zásobníkového bubnu.

Nejen, že se revolvery výrazně liší tvarem a velikostmi od pistolí, ale velké rozměrové rozdíly jsou také mezi samotnými revolvery. Na obr. 6 můžeme například vidět porovnání revolveru COLT Anaconda 8" v ráži .44 Rem. Mag. a „kapesního“ revolveru Ruger LCR.



Obrázek 6: Rozměrové porovnání COLT Anaconda 8" a Ruger LCR [14]

1.4 ANALÝZA SOUČASNÝCH UPÍNAČŮ PALNÉ ZBRANĚ

Upnutí zbraně může být vyžadováno při různých operacích, jako je třeba údržba, nástřel zbraně, seřízení míření, či měření komponentů, jako je odpor spouště.

Na různé upínače mohou být kladeny velice rozdílné nároky z pohledu mechanických vlastností. Například u nástřelu zbraně, ať už pro seřízení mířidel, či jiných funkčních částí, bude upínač absorbovat celou energii výstřelu. Kinetická energie pistolových nábojů může dosahovat 100 – 800 J. U nábojů typu Magnum může výkon dosáhnout dokonce 2000 – 2500 J, což se odvíjí od typu pistole. [15] Je zřejmé, že při tomto zatížení upínací soustavy budou kladeny větší nároky na tuhost a bezpečnost než při měření odporu spouště, kde práce při pohybu spouště bude dosahovat desetin Joulů. Při měření chodu spouště bude naopak kladen větší důraz na ustálení a polohu zbraně při měření. V praxi poté převládá množství upínačů, sloužících pro servis, či nástřel zbraně.

1.5 UPÍNAČE PISTOLÍ PRO MĚŘENÍ ODPORU SPOUŠTĚ

U odporu spouště nejčastěji nastávají dvě hlavní situace. U první z nich záleží na hodnotě maximálního, či minimálního odporu spouště a u druhé situace je výsledkem měření silová charakteristika chodu spouště v celém rozsahu jejího pohybu. Při měření pouze maximální hodnoty odporu je používáno měření pomocí kalibrovaného závaží, nebo pomocí tenzometrického, silového zařízení. U kalibrovaného závaží je metoda hodnocena na základě toho, zda je odpor spouště menší, či větší než působící síla od závaží. U tenzometrických a silových měřáků je zaznamenána maximální působící hodnota síly. Není zde užito žádného pomocného upínače a nastává zde otázka přesnosti a opakovatelnosti měření.

Pro měření chodu spouště je nejčastěji zbraň ustavena do upínače. Existuje několik upínačů a systémů sloužících pro měření odporu spouště palné zbraně. Příkladem může být tenzometrický systém měření odporu spouště s motorickým lineárním pohonem Trigger Scan System (TSS) od americké společnosti Dvorak Instruments [16], nebo z prostředí České republiky, tenzometrický měřič odporu spouště s upínačem inženýra Macka z Vojenské akademie Brno [3].

Na obr. 4 lze vidět upínač a měřicí systém TSS. Tento upínač je zkonstruován pouze pro ustavení zbraně. Měření odporu spouště je se provádí pomocí tenzometrického snímače, který je součástí posuvů přiloženého zařízení [16]. Měření tedy probíhá pomocí členu, který zároveň vyvozuje pohyb spouště.

Nevýhoda tohoto řešení je měření odporu pouze v ose pohybu rozpínacího čepu, který tlačí na spoušť. Není tedy možné rozlišit a blíže analyzovat síly a rušivé elementy, které působí v ostatních osách.



Obrázek 7: Upínač zbraně – TriggerScan™ společnosti Dvorak instruments [16]

1.6 MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ

Pro správný výběr měřicího zařízení je nutné stanovit účel měření odporu spouště. Jestliže bude výsledkem měření pouze překročení nebo nepřekročení určité síly, vyvozené na spoušť, není nutná podmínka pro měření použít sofistikovaného měřicího zařízení. Dostupným řešením by mohlo být využití výše popsaného systému měření pomocí kalibrovaného závaží a statického upnutí zbraně, čímž by se daly jednoduše odfiltrovat chyby vzniklé při konvenčním měření. Konstrukce držáku není nutné upnout přímo do určeného měřidla vybraného pro tuto bakalářskou práci. Při použití této hraniční metody je ovšem ztracena výhody v podobě podrobnosti a jistoty měření.

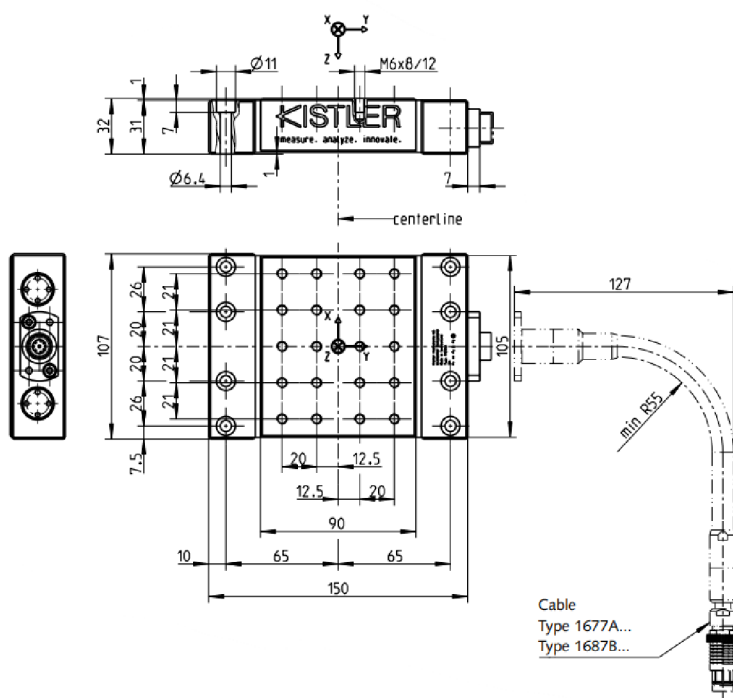
Pokud je výstupem měření detailní záznam chodu spouště, je nutné použít sofistikované měřicí zařízení splňující technické a rozměrové požadavky.

Rozměry měřicího zařízení musí odpovídat velikosti pistole a držáku, který bude na zařízení upnut. Vyvozená síla při měření se může pohybovat okolo 0,35 – 60 N. Technické vlastnosti měřicího zařízení tedy musejí odpovídat těmto hodnotám. Dále se jedná o další požadavky, které jsou kladeny na výsledky měření, jako frekvence zaznamenávání působící síly, či daná tolerance, daná výrobcem.

Měřicí zařízení musí být tedy vhodně vybrané s ohledem na popsané technické požadavky vyvozené z měření odporu spouště palné zbraně. Díky dostupným zdrojům byl k měření zvolen vícesložkový dynamometr MidiDyn / 9129AA od firmy KISTLER.

1.6.1 TECHNICKÉ VLASTNOSTI

Dynamometr se dle technických specifikací skládá ze čtyř třísložkových snímačů síly, které dokážou zachytit tlak působící v ose y a smykovou sílu působící v osách x a z . Tyto snímače jsou pod vysokým předpětím nalisovány mezi krycí desku a dvě boční základní desky, viz obr. 8. [17]



Obrázek 8: Rozměrové parametry MidiDyn / 9129AA [17]

Na obr. 8 lze také vidět, že boční desky jsou upnuty k pevnému základu pomocí zašroubovaných šroubů s hlavou, pro které je v bočních deskách předvrtáno osm průchozích děr. V krycí desce je poté vyřezáno dvacet děr se závity, které slouží pro upevnění měřené soustavy. Při působení síly, či momentu, na měřenou soustavu se napětí z krycí desky přenáší na základové boční desky přes senzory, které zaznamenávají velikost a průběh napětí. [17]

Tento aspekt má za důsledek také to, že měření probíhá za minimálního posunu měřené soustavy způsobeného samotným dynamometrem. Tím je zaručeno dostatečně minimalizované ovlivnění naměřených výsledků.

Tabulka 1 Technické vlastnosti

| Vlastnost | Označení | hodnota | Jednotka |
|------------------------------|-----------------|------------|----------|
| Maximální momentové zatížení | M_x, M_y, M_z | -500 – 500 | Nm |
| Maximální silové zatížení | F_y, F_x, F_z | -10 – 10 | kN |
| Minimální silové zatížení | F_y, F_x, F_z | 0,01 | N |
| Frekvence zaznamenávání | F_y, F_x, F_z | 100 000 | Hz |

Dle přiložené tab. 1 a rozměrů z obr. 8, lze říct, že zařízení splňuje všechny požadavky pro měření.

1.6.2 USTAVENÍ SOUSTAVY ZÁKLADOVÉ TĚLESO – DYNAMOMETR – PISTOL

K ustavení dynamometru je použito osm šroubů M6 s hlavou s vnitřním šestihranem v bočních deskách. Pro upevnění držáku k dynamometru je poté, vzhledem k velikosti upínače, zvoleno šest šroubů M6 s hlavou s vnitřním šestihranem.

2 MĚŘENÍ PARAMETRŮ KONSTRUKČNÍCH PRVKŮ

Jak již bylo řečeno, výsledná podoba upínače je závislá na více aspektech. Jedním z aspektů jsou rozměry měřicího zařízení a pistole. Je tedy zapotřebí určit princip upnutí pistole a následně rozměry, podle kterých bude možné sestavit funkční rozměry upínače tak, aby výsledná konstrukce splňovala všechny požadavky.

2.1 UPNUTÍ PISTOLE – POROVNÁNÍ MOŽNÝCH ŘEŠENÍ

Mezi pistolemi a revolvery jsou zásadní rozměrové odlišnosti. To je důležité zohlednit v konstrukčním řešení upínače, aby bylo možné dosáhnout vysoké variability upnutí. Bylo navrženo několik metod, které by mohly dostatečně plnit funkce pro upnutí zbraně. Při volbě správné metody byla hodnocena především tato kritéria: tuhost soustavy, variabilita, náročnost výroby a ochrana zbraně před jejím poškozením.

2.1.1 UPNUTÍ ZA ZÁSOBNÍKOVOU KOMORU

Aby bylo možné pistoli upnout, je třeba spojit variabilitu a potřebnou tuhost soustavy. Jednou z metod, jak pistoli upnout, je pomocí zásobníkové šachty, viz obr. 9.



Obrázek 9: Vyznačení zásobníkové komory ([18], upraveno)

Jelikož odpor spouště není závislý na přítomnosti zásobníku, měření by prázdná zásobníková šachta nijak neovlivnila. Myšlenka tohoto upnutí závisí na geometrické podobnosti zásobníkové komory mezi šálami zbraní. I přes fakt, že mezi skupinami jsou nemalé rozměrové rozdíly, zásobníková komora a šířka úchytu zbraně mají podobný geometrický tvar.

Rozměry zásobníkových komor se mohou lišit v šířce, hloubce a délce, ale vždy musí respektovat tvary nábojů a jejich skládání v zásobníku. Tvar zásobníku, respektive zásobníkové komory, připomíná obdélník. Tato geometrická podobnost by se dala využít a zásobník nahradit tvarovým trnem. Tvarový trn by se skládal ze základního a nastavovacího členu. Základní člen by plnil pevnostní a spojovací funkci a dodával by soustavě dostatečnou tuhost. Druhý člen by sloužil jako nástavec. Tento nástavec by pak blíže kopíroval tvar zásobníkové komory měřené zbraně. Nástavec by byl vyroben 3D technologií a zastupoval by tedy variabilitu upnutí.

Geometrická podobnost lze pozorovat při srovnání zásobníku zbraně Ruger LPC II ze skupiny *Micro* a zbraně Walther PDP ze skupiny *Full-size* (viz obr. 7 a obr. 8). Tyto zásobníky jsou rozměrově daleko od sebe, ovšem tvarem si jsou podobny.



Obrázek 10: Zásobník Ruger LPC [13]



Obrázek 11: Zásobník Walther PDP [19]

Další varianta by mohl být rozpínací trn, ten by pomocí čtyř ploch uvnitř zásobníkové komory zbraň upnul svým rozevřením.

Tuhost soustavy, výroba, rychlost upnutí i bezpečnost vůči poškození by u této metody byly vyhovující, nevýhoda se ovšem nachází ve variabilitě upínání. Jedná se předně o zbraně, které nemají zásobníkovou komoru. Do této skupiny spadají hlavně revolvery, které mají místo klasické zásobníkové komory rotační buben a nebylo by je možné tímto způsobem upnout. Další nevýhodou představuje i fakt, že i když by bylo pomocí 3D tisku možné upnout širokou škálu zbraní, stále by mnoho z nich vyžadovalo svůj specifický rozměr nástavby.

2.1.2 UPNUTÍ POMOCÍ PŘÍTLAČNÝCH DESTIČEK

Metoda upnutí pomocí *přítláčných destiček* by se mohla zdát tou nejjednodušší. Upnutí zbraně by zajišťoval třecí spoj mezi dvěma, či čtyřmi deskami a zbraní. Hlavní síla by byla přenášena pomocí *přítláčných destiček* v oblasti A, jak je zaznačeno na Obr. 12. V oblasti B by poté byla druhá dvojice *přítláčných destiček* pro lepší zachycení vzniklého momentu a rozdělení působící síly. Tyto destičky v oblasti B by mohly být nahrazeny pouze podpěrami, které by zabraňovaly pohybu zbraně vzniklým momentem.



Obrázek 12 CZ Shadow 2 – oblasti upnutí ([20], upraveno)

Z hlediska samotné variability tato koncepce při správné konstrukci umožňuje měření nejvíce druhů zbraní.

S variabilitou však přichází potřeba složitějších mechanismů pro ustavení úchytů. Je žádoucí, aby přítlačné destičky byly polohovatelné jak v příčném, tak v podélném směru zbraně, a mohly tak kompenzovat rozměrové rozdíly v délkách a výškách zbraní. Tato vlastnost by však zvýšila náročnost výroby a ovlivnila tuhost celé soustavy. Tyto dva faktory jsou vzájemně protichůdné, protože obecně platí, že čím složitější je mechanismus, tím obtížnější je výroba a udržitelnost tuhosti.

Další nevýhodou tohoto upnutí jsou třecí plochy mezi destičkami a zbraní. Pro konstrukci upínače byla jedna ze stanovených vstupů ochrana zbraně vůči jejímu poškození. Při tomto měření by ovšem byla síla přenášena pomocí vzniklé třecí síly a hrozilo by poškození povrchové úpravy zbraně.

Tento držák by nemusel být koncipován pouze pro krátké zbraně, ale při správné konstrukci by se dal využít i pro upnutí dlouhých zbraní. Zde už by však bylo vhodné zjistit, zda-li by zvýšení váhy a zvětšení délkových parametrů neovlivňovalo samotné měření přes dynamometr.

2.1.3 UPNUTÍ MÍSTO STŘENEK

Koncepce tohoto držáku je postavena na upnutí místo střenek. Princip by byl stejný jako v předchozí metodě, ale nebyl by vyvozen tak velký tlak na úchyt zbraně. Střenky jsou ke zbraní přidělány pomocí šroubku, pro který je do stěny zásobníkové komory v oblasti madla vyvrtaná závitová díra. Po demontáži střenek by byla zbraně sevřena do přítlačných destiček, které by se následně zajistily zmíněným šroubkem.

Tato metoda by mohla být velice efektivní a dosahovat dobré opakovatelnosti měření, neboť upnutí pistole by bylo jednoznačně dané. Hlavní nevýhodou ovšem představuje absence střenek na některých běžných typech pistolí jako je Glock 19 nebo na většině revolverů. Při měření by bylo také nutné demontovat střenky pro upnutí do držáku. Kromě zdlouhavosti této operace je zde také problém se zásahem do konstrukce zbraně, což představuje nebezpečí vzniku poškození zbraně.

2.1.4 PŘENESENÍ SÍLY PŘES NOSNÝ ČEP

Tento princip je postaven na nosném čepu, který přenáší nejvyšší podíl působící síly. Upínač je navrhnout tak, že zbraň je položena na její závěr a lučikem je protažen nosný čep. Na základě převrácené pozice zbraně je možné využít určitých rozměrových podobností, které se uchovávají napříč kategoriemi pistolí i revolverů. Tyto rozměry vycházejí z konstrukčních principů pistole, kdy každá krátká palná zbraň musí mít hlavěň, úchop a spoušť. Úchop se samozřejmě dle kategorie délkově liší, ale zpravidla se nachází dole, směrem od hlavěň. Pojetím reverzního položení pistole je možné těchto podobností využít a spojit tak variability a tuhost celé soustavy i bez použití složitějších posuvů.

Dalším problémem u předchozích modifikací byla možnost vzniku poškození povrchu. To lze vyřešit tím, že spojení zbraně s čepem nebude třecí, ale tvarové. Povrchy čepu a lučíku se o sebe tedy nebudou mít takovou tendenci třít. Tento fakt ovšem přináší i svá úskalí, jelikož ustavení zbraně nezajišťuje třecí spoj, tak zbraň neztrácí své zbylé stupně volnosti, především možnost pohybu zbraně kolem dotyku čepu a lučíku. Od síly působící na spoušť bude vznikat moment, kolem osy nosného čepu. Tento pohyb je vymezen pomocí podpěry hlavěň, která tvoří jednoduchou obecnou vazbu a tvarového podepření závěru, jenž tvoří jednostrannou posuvnou vazbu po určité délce. Dalším opěrným bodem jsou destičky v místě úchopu. Tyto vazby jsou detailně popsány v kapitole 3.1.1

Možný problém by mohl nastat při absenci ochranného lučíku, nicméně tato skutečnost je výrazně nepravděpodobná, neboť tato situace by mohla nastat pouze u některých speciálních druhů zbraní, které jsou velmi atypické. Při zaměření na zbraně určené převážně ke sportovní střelbě, či osobní ochraně je absence tohoto prvku téměř vyloučená, a to také z důvodu zmíněné bezpečnosti.

2.2 VÝBĚR KLÍČOVÝCH ROZMĚRŮ

Pro své nesporné výhody byl vybrán princip upnutí přes nosný čep z kapitoly 2.1.4. Pro vlastní návrh držáku je zapotřebí specifikovat zmíněnou oblast, ve které jsou si zbraně navzájem rozměrově podobné. Na základě této podobnosti poté určit funkční rozměry, a převést je ve funkční rozměry upínače.

Například při porovnání pistolí CZ Shadow 2 ze skupiny *Full-size* a Sig Sauer P365 ze skupiny *Micro*, viz obr. 13, obr. 14, nelze si nevšimnout rozměrových odlišností zbraní. Naopak u vyznačených částí je zřejmé, že zbraně jsou si zde navzájem rozměrově podobny. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1.4, je to z důvodů principu krátké palné zbraně. Zkrácení hlavěň může způsobit horší přesnost u střelby na delší vzdálenost, zkrácení rukojeti může znepříjemnit držení zbraně a manipulaci s ní, ale i přes tyto fakty se tato oblast konstrukčně řeší podobně.



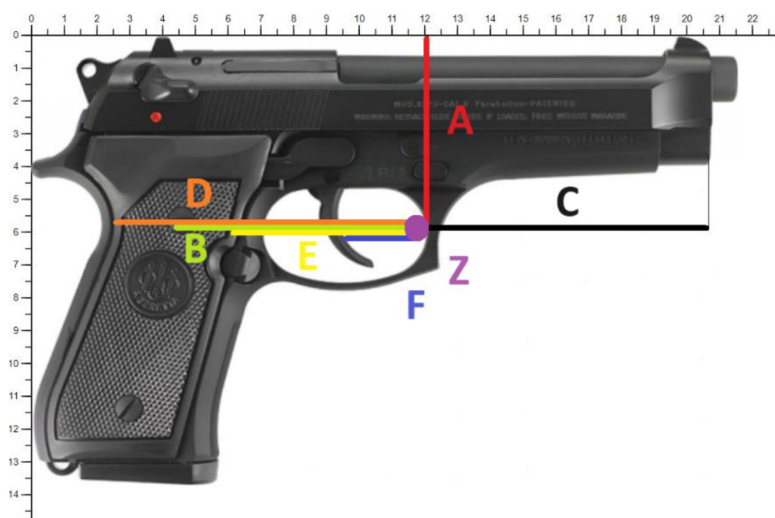
Obrázek 13 CZ Shadow 2 – Vyznačená oblast ([29], upraveno)



Obrázek 14: Sig Sauer P365 – Vyznačená oblast ([12], upraveno)

Díky této oblasti jsou určeny konkrétní rozměry, které budou následně sloužit k určení funkčních rozměrů jednotlivých součástí upínače. Vybrané rozměry jsou zaznačeny na zbrani Beretta 92FS a CZ 75D viz 15 a 16. Je vybráno šest rozměrů, které jsou značeny písmeny A, B, C, D, E, F, S. Všechny rozměry, až na rozměr S, jsou měřeny k bodu Z, styku nosného čepu a lučíku.

Bod Z je vždy odměřen v místě nejvzdálenějším od spouště. V případě, že lučík má tvar oblouku, je *opěrný čep* umístěn do středu tohoto oblouku, je-li lučík v této oblasti rovný, jako na zbrani CZ Shadow 2 (obr. 13), je *čep* umístěn do stejné výšky, jako bod působení síly na spoušť při měření.



Obrázek 15 Beretta 92FS – Vyznačené rozměry ([30], upraveno)



Obrázek 16 CZ 75 D – Vyznačený rozměr ([12], upraveno)

ROZMĚR A

Rozměr A tvoří základní údaj vzdálenosti nosného čepu od základny upínače. Jak už bylo řečeno, v této oblasti jsou si pistole rozměrově podobné. Větší odlišnosti pak mohou

způsobovat revolvery, které díky své bubnové konstrukci mají oddálenou spoušť od hlavně. Další problém by mohl nastat při vyšších mířidlech jako je kolimátor. Je tedy potřeba zanechat zde dostatečnou volnost pro zvýšení vzdálenosti čepu od základny upínače.

ROZMĚR B, D, E

Rozměry B, D, E jsou důležité z hlediska vytvoření opěry zbraně. Zbraň musí mít znemožněn pohyb ve všech směrech volnosti, ve kterých by se při působení síly mohla pohybovat. V ideálním případě by působení mělo zůstat pouze v jedné rovině, a to v rovině působení síly proti spoušti. Při reálném měření budou ovšem vznikat i vychylující síly, a to vlivem nerovností, nedokonalého směru působení síly atd.

ROZMĚR C

Rozměr mezi lučíkem a koncem hlavně je důležitý kvůli zachycení vzniklého momentu od působícího zatížení. Jedním z řešení je v tomto místě vytvořit jednoduchou vazbu, realizovanou jako podpěra, která bude spolu s posuvnou vazbou závěru, moment zachycovat.

ROZMĚR F

Rozměr F je zaznamenán z důvodu dostatečného prostoru mezi lučíkem a spouští. Při provlečení *opěrného čepu* o určitém průměru, bude rozměr D o tuto hodnotu zmenšen. Je nezbytné zachovat dostatečnou vzdálenost mezi nosným čepem a spouští pro vložení pohybového členu, který bude vyvozovat tlak na spoušť.

ROZMĚR S

Tento rozměr je brán v nejširší části zbrani, což je zpravidla část zbraně pro její úchyt. Zde bývají speciálně tvarované střenky pro lepší úchyt rukou, či vystupující pojistky, což je právě případ 75D Compact viz obr. 16.

2.3 METODY MĚŘENÍ A JEJICH APLIKACE

Po určení funkčních rozměrů je zapotřebí tyto rozměry dostatečně kvalitativně a kvantitativně změřit. Pro zaručení variability upínače musejí být změřeny pistole ze všech rozměrových skupin, včetně revolverů.

Měření lze provést dvěma způsoby, kontaktně, nebo opticky. Při měření kontaktním způsobem může být užito jednoduchých zařízení, jako metr, či posuvné měřítko nebo sofistikovaně 3D CCM. Optické měření může být provedeno pomocí optického mikroskopu nebo pomocí fotografie a známého měřítka.

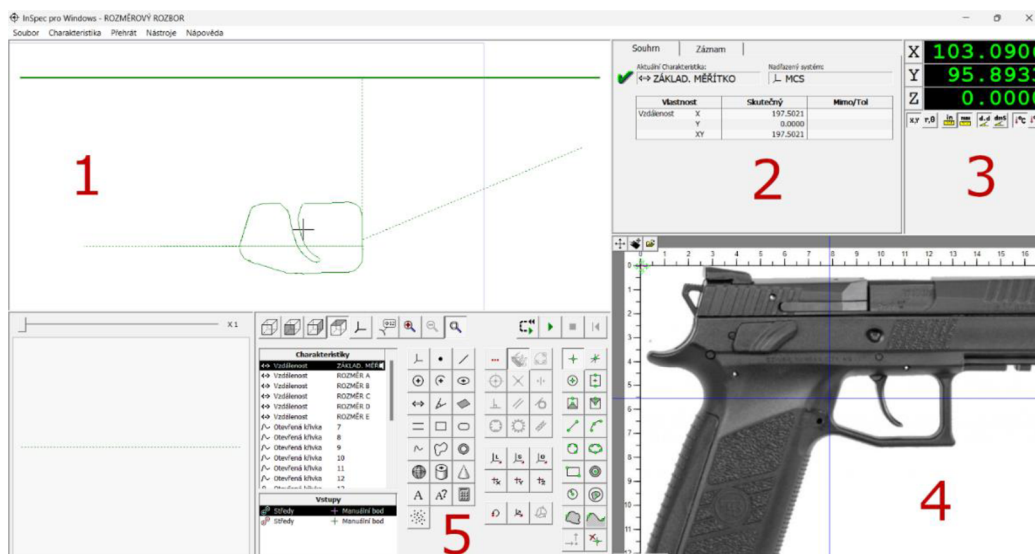
U měření a manipulací se zbraní je samozřejmě nutné dodržet všechny platné zákony. Pro měření byla zvolena optická metoda. Pro tento princip měření zbraní je vhodnější metoda pomocí fotografie a známého měřítka, díky kvantitativní možnosti měření všech skupin pistolí při dostačující přesnosti.

MICRO-V – SW INSPEC

Metrologický software InSpec je prostředí pro ovládání, měření a zpracování dat z optických a multisenzorových strojů. Pomocí tohoto softwaru je možné měřit a analyzovat rozměrové vlastnosti vybraných předmětů. Systém byl vytvořen tak, aby uživatelské rozhraní a práce s připojenými stroji byla, co nejjednodušší. Jedny z hlavních funkcí systému je například určování polohy při měření, charakterizace délkových a tvarových parametrů (hrany, obrysy, díry) a také analýza jejich geometrických vlastností a tolerancí. [21]

Princip tvorby programů pro měření předmětů může probíhat vícero způsoby. Prvním způsobem je tvorba NC programu v softwaru InSpec, kdy při měření zvoleného předmětu jsou postupně stanoveny a identifikovány určené tvarové a délkové charakteristiky. V prostředí je možné vytvořit program pro průběh měření, který se dá následně opětovně načíst. Program obsahuje všechny potřebné kroky pro postup měření a všechny doprovodné informace pro bližší realizaci všech detailů, jako jsou osvětlení a zaostření. Dalším způsobem je vložení souborů z prostředí CAD, kde následně dochází k tvorbě programu pomocí geometrických charakteristik. Dále je také možné vložit soubor, který byl již vytvořen na jiném přístroji. Software InSpec poté dokáže díky svým funkcím měření opakovat. [22]

Prostředí InSpec je tvořeno z pěti základních oblastí, viz obr. 17. První oblast představuje okénko schématu, kde se zobrazuje grafické přenesení měřených součástí, včetně cest vzdáleností. Druhou oblastí je sekce s vyhodnocenými výsledky. Zde je možné zobrazit hodnoty aktuální zkoumané charakteristiky, její schéma nebo záznam všech naměřených hodnot. Další, třetí oblast, je sekce se stavovými informacemi. V této oblasti se při měření s připojenými optickými nástroji zobrazuje aktuální poloha stolku, nastavení jednotek a nastavení osvětlení. Oblast čtvrtá představuje pořizovaný pohled videokamerou, zároveň jsou zde k dispozici také optické nástroje. V tomto případě, kdy je program použit „offline“, tato oblast slouží k vizualizaci zbraně spolu s virtuálním měřítkem a měření délkových charakteristik. Oblast pátá je poté programovatelné rozhraní, kde se nacházejí charakteristiky, konstrukce a ikony nástrojů pro aktuální program. [22]



Obrázek 17 Prostředí softwaru InSpec [23][24]

Tímto softwarem je možné vytvořit komplexní a velice kvalitní měření pomocí optických zařízení. Měření, které bylo provedeno pro účely této bakalářské práce nevyužívá všech dostupných možností, které prostředí InSpec nabízí.

Největší výhodou této metody spočívá v kvantitativní možnosti měření všech skupin pistolí při dostačující přesnosti. Při vyfocení zbraně, spolu s reálným měřítkem, je možné pomocí poměrů zbraně a měřítka, funkční rozměry jednoduše analyzovat.

Problém v tomto případě nastává kvůli zkreslování fotografií. Při vyfocení snímku mohou být velikosti různých předmětů zkresleny v závislosti na jejich poloze na fotografii. Všeobecně se jedná např. o perspektivu, kdy předměty, které jsou v popředí snímku, nabývají velikosti a naopak. Zároveň je vhodné zmínit například i efekt tzv. „rybího oka“, kde jsou předměty uprostřed objektivu zvětšovány a předměty na okrajích naopak zmenšovány. Při vyfocení zbraně, spolu s přiloženým měřítkem, například obyčejným pravítkem, může tedy perspektiva zavinit proměnlivou velikost pravítka po jeho dráze. Určení reálného poměru rozměrů je tedy náročné. Odchylka se dá zmenšit například zprůměrováním proměnlivých hodnot. Vzniklá chyba i po zprůměrování může být ovšem nepřijatelná a udávat zkreslené hodnoty.

Tyto efekty je tedy třeba eliminovat kvalitním a správným pořízením snímku a přidáním virtuálního reálného měřítka. Dá se tak učinit například přidáním měřítka pomocí již známého rozměru zbraně. Na základě správného vyfocení snímku zbraně bude vzniklá chyba dostatečně malá a akceptovatelná.

Při samotné analýze rozměrů bylo použito především funkce „vzdálenost“. Tímto příkazem bylo možné zjistit vzdálenost dvou bodů na fotografii v rozměrech fotky. Postup měření byl následující.

1. Určení měřítka

Po vložení snímku zbraně s měřítkem byl změřen nejdelší známý rozměr, viz obr. 18. Nejdelší rozměr byl vždy vybrán kvůli eliminaci další chyby z měření. Systém tuto vzdálenost převedl na nastavenou systémovou hodnotu viz obr. 19.



Obrázek 18 Prostředí softwaru InSpec – Postup měření [23][24]

| Aktuální Charakteristika: | | Nadřazený systém: | |
|---|----|------------------------------|----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> ZÁKLAD. MĚŘÍTKO | | <input type="checkbox"/> MCS | |
| Vlastnost | | Skutečný | Mimo/Tol |
| Vzdálenost | X | 197.5021 | |
| | Y | 0.0000 | |
| | XY | 197.5021 | |

Obrázek 19 Prostředí softwaru InSpec – Hodnoty [24]

2. Měření

Následně byla provedena analýza určených rozměrů v systémových hodnotách. Naznačení měření lze vidět na obr. 17 v oblasti 1.

3. Převodění hodnot

Posledním krokem měření bylo převodění systémových hodnot díky zjištěnému poměru velikosti fotografie a reálné vzdálenosti. Tento převod byl proveden pomocí programu Excel.

2.4 VYHODNOCENÍ DAT

Jak již bylo popsáno, pomocí programu Excel byly získané hodnoty poměrově převedeny na reálné vzdálenosti viz tab.2

Tabulka 2 Výsledné vzdálenosti.

| | Rozměr | A | B | C | D-E | F |
|--------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Název zbraně | Kategorie | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| CZ P-10 C | <i>Kompaktn</i> | 53,73 | 78,04 | 61,48 | 42,29 | 26,3 |
| CZ P-10 S | <i>Subkompakt</i> | 59,44 | 74,91 | 51,24 | 38,20 | 25,2 |
| Springfield 1911 | <i>Kompaktn</i> | 56,20 | 64,58 | 50,83 | 33,34 | 24,0 |
| Glock 19 GEN 5 | <i>Kompaktn</i> | 56,07 | 72,41 | 63,93 | 38,52 | 23,6 |
| Grand Power | <i>Kompaktn</i> | 63,83 | 76,39 | 50,64 | 42,12 | 20,9 |
| Oracle Arms | <i>Kompaktn</i> | 58,37 | 63,08 | 74,26 | 39,19 | 25,3 |
| Walther PDP F | <i>Kompaktn</i> | 60,41 | 71,03 | 47,14 | 37,96 | 29,6 |
| Sig Sauger P365 | <i>Subkompakt</i> | 49,89 | 70,27 | 38,64 | 31,30 | 20,4 |
| CZ Shadow 2 | <i>Full-size</i> | 62,42 | 73,77 | 81,69 | 33,22 | 21,3 |
| Taurus 1911 | <i>Full-size</i> | 55,43 | 64,41 | 95,66 | 35,97 | 23,3 |
| CZ 75 B | <i>Full-size</i> | 55,01 | 75,05 | 81,19 | 39,27 | 19,8 |
| Sig Sauger P226 | <i>Full-size</i> | 60,36 | 75,61 | 77,77 | 37,81 | 22,1 |
| Beretta 92 FS | <i>Full-size</i> | 59,86 | 75,25 | 86,15 | 35,92 | 26,7 |
| CZ P-09 | <i>Full-size</i> | 60,32 | 75,84 | 79,23 | 38,47 | 21,6 |
| Glock 42 | <i>Micro</i> | 52,27 | 61,01 | 44,03 | 34,96 | 21,7 |
| Kahr CW 380 | <i>Micro</i> | 49,44 | 62,71 | 26,69 | 30,80 | 20,1 |
| Ruger LCP MAX | <i>Micro</i> | 49,73 | 65,40 | 25,19 | 35,54 | 17,2 |
| Ruger LCP II | <i>Micro</i> | 48,03 | 62,95 | 26,07 | 24,05 | 18,2 |
| Sig sauger P238 | <i>Micro</i> | 48,68 | 63,29 | 40,90 | 35,14 | 21,2 |
| Minimální hodnota | | 48,0 | 61,0 | 25,2 | 24,0 | 17,2 |
| Maximální hodnota | | 63,8 | 78,0 | 95,7 | 42,3 | - |
| Aritmetický průměr | | 57,6 | 69,8 | 58,0 | 36,0 | - |

Tabulka obsahuje názvy a kategorie zbraní z hlediska jejich rozměrového rozdělení. Pro správnou analýzu opření zbraně v oblasti úchopu byly vzájemně odečteny rozměry D a E. Spolu s hodnotou C tak lépe ukazují, kde je třeba umístit podpěru a jakou šířku opěrných destiček zvolit.

Tabulka zahrnuje maximální, minimální a průměrné hodnoty jednotlivých rozměrů pro lepší přehlednost a využití při návrhu upínače. Pro rozměr F je uvedena pouze minimální hodnota, protože slouží jen ke kontrole dostatečného prostoru při měření.

Pro velkou odlišnost rozměrů, a to hlavně rozměru A viz obr. 12, byly revolvery vyhodnoceny samostatně. Vznikne tak možnost pro lepší korekci těchto rozměrů na konstrukci, viz tab. 3.

Tabulka 3 Výsledné hodnoty – revolvery.

| | Rozměr | A | B | C | D-E | F |
|-----------------------------|------------------|------|------|-------|------|------|
| Název zbraně | Kategorie | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] |
| Smith & Wesson Model 29 6.5 | <i>Full-size</i> | 85,3 | 61,4 | 174,6 | 51,7 | 21,3 |
| Taurus 44 6.5 | <i>Full-size</i> | 86,2 | 61,1 | 163,1 | 51,1 | 22,6 |
| Smith & Wesson Model 586 | <i>Full-size</i> | 90,0 | 59,3 | 83,3 | 52,0 | 21,6 |
| Colt Anaconda 8 | <i>Full-size</i> | 82,1 | 68,5 | 211,2 | 56,5 | 20,9 |
| Ruger LCR | „Kapesní“ | 61,4 | 76,8 | 46,5 | 34,4 | 26,6 |
| Smith & Wesson Model 642 | „Kapesní“ | 62,7 | 65,0 | 49,4 | 30,9 | 25,3 |
| Minimální hodnota | | 61,4 | 59,3 | 46,5 | 30,9 | 20,9 |
| Maximální hodnota | | 90,0 | 76,8 | 211,2 | 56,5 | - |
| Aritmetický průměr | | 77,9 | 65,4 | 121,3 | 46,1 | - |

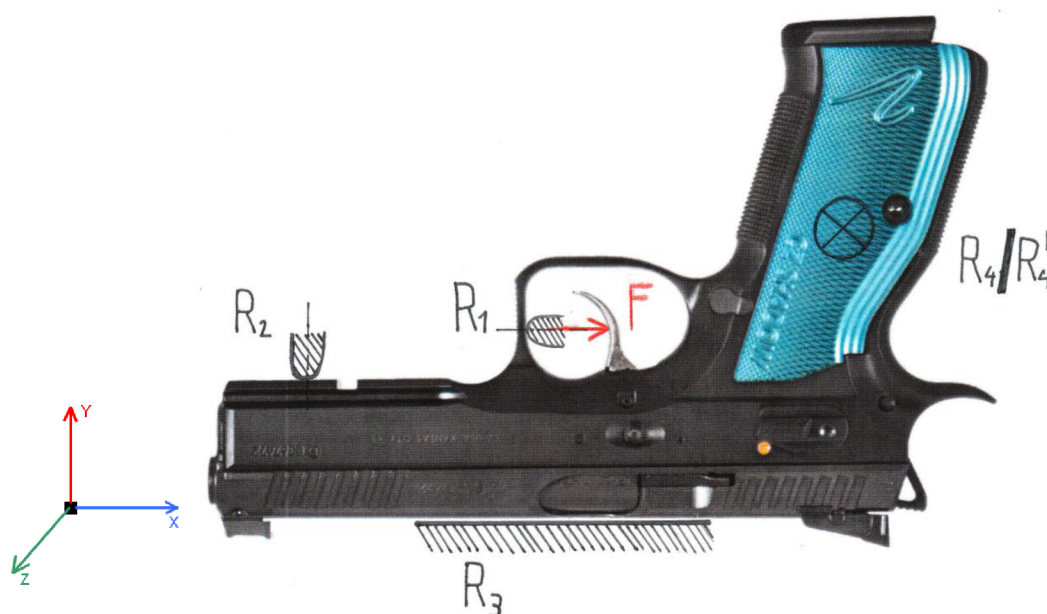
3 CHARAKTERISTIKA NAVRHOVANÉHO UPÍNAČE PALNÉ ZBRANĚ

V předchozích kapitolách bylo postupně stanoveno základní silové zatížení, vybrané rozměry zbraní a měřicího zařízení, základní princip upnutí a ostatní požadavky, které jsou kladeny na upínač při měření odporu spouště. To je např. bezpečnost vůči poškození zbraně, tuhost, variabilita, jednoznačnost upnutí zbraně atd.

V následujícím textu je popsán způsob přenesení těchto požadavků do konstrukce upínače a na závěr je uveden detailní rozbor jednotlivých součástí upínače. Tento rozbor obsahuje stanovení účelu součástí, funkční spojení se sestavou, materiálový rozbor a analýzu hlavních součástí upínače pomocí metody konečných prvků.

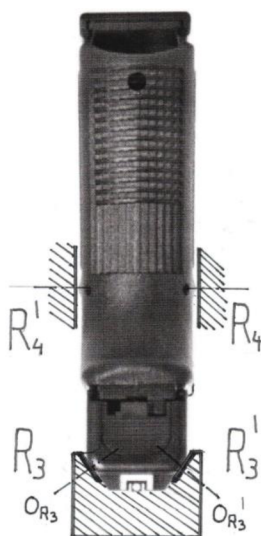
3.1 SPECIFIKACE POŽADAVKŮ A FUNKČNÍCH PARAMETRŮ UPÍNAČE

Základním vstupním faktorem je zatížení, které musí být upínač schopen s určitou tuhostí a bezpečností přenést. S tím se také pojí zajištění pistole ve všech směrech, ve kterých by se mohla při měření pohybovat. Ustavení zbraně je zajištěno pěti vazbami R_1 , R_2 , R_3 , R_4 a R_4' , jež jsou zobrazeny na obr. 20.



Obrázek 20 CZ Shadow 2 – Vazby upnutí ([12], upraveno)

Síla F , které na spoušť při měření působí je zaznamenána na obrázek 20 pomocí červené směrové šipky. Největší část této síly pojme obecná vazba R_1 , která je realizována pomocí nosného čepu. V závislosti polohy nosného čepu, působící síly a uložení zbraně vzniká od síly F také moment kolem osy z . Tento moment je zachycen obecnou vazbou R_2 a posuvnou vazbou R_3 a R_3' , která zároveň podepírá pistol.



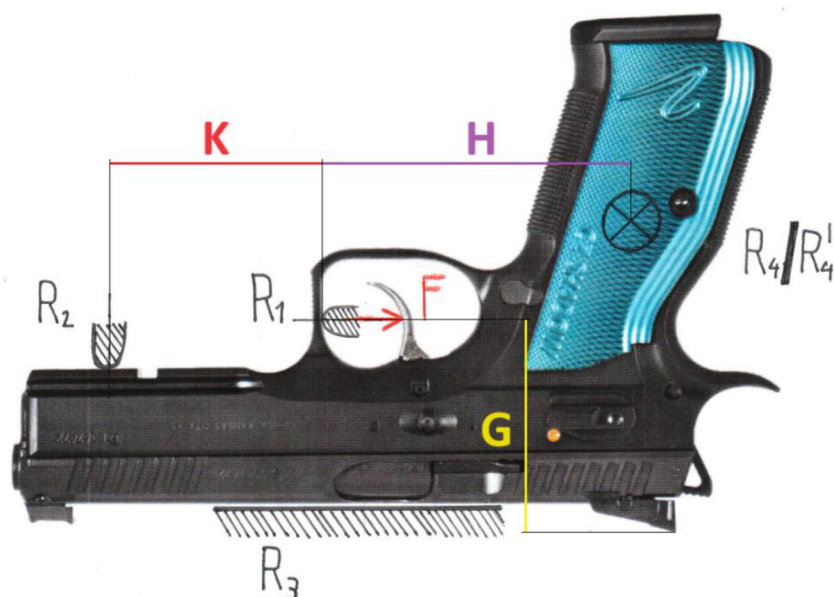
Obrázek 21 Glock 19 – podpory ([12], upraveno)

Pohyb kolem osy x a osy y , v závislosti na obr. 20, je zajištěn pomocí posuvných vazeb R_3 , R_3' a obecných vazeb R_4 , R_4' . Pomocí tvarové realizace podpory zbraně je zbraň podél závěru liniově podepřena vazbami R_3 a R_3' . Sklon podpory závěru, a tedy boční dotyk se zbraní zajišťuje, že s kombinací přítláčných destiček, které vytváří vazby R_4 a R_4' zabráňuje pohybu zbraně kolem osy y a osy x . Posuvná vazba R_3 a R_3' je tvarována dle tvaru závěru zbraně, při jednoduché konstrukci zářezu ve tvaru V obrázku. Pohyb v ose z je poté zabráněn dvěma obecnými vazbami, které vyvozují reakční sílu R_3 , resp. R_3' , viz obr. 21.

FUNKČNÍ ROZMĚRY UPÍNAČE

Funkční rozměry byly odvozeny od analytického rozboru pistolí a rozměrů měřicího zařízení. Při konstrukci upínače byla brána v potaz také vzdálenost působení síly F , viz obr. 22, od těžiště dynamometru. Při větším vzdálení by mohlo vznikat silnější momentové působení, které by mohlo ovlivňovat změřené hodnoty.

Z tvarové podobnosti zbraní byly navrhnuty funkční rozměry upínače G , H , K , viz obr. 15. Tyto rozměry představují vzdálenosti hlavních funkčních podpor R_1 , R_2 a R_3 , R_3' .



Obrázek 22 CZ Shadow 2 – Funkční rozměry pro upínač ([12], upraveno)

Rozměr G je důležitý z hlediska upevnění nosného čepu na rám upínače. V tomto místě jsou poměrně velké rozdíly naměřených hodnot, a to především mezi revolvery a pistolemi. Jelikož vazba R_1 může ovlivňovat vznik momentového působení, je vhodné, aby bylo možné rozměr G flexibilně měnit v závislosti na měřené zbraní. Rozměr G je přímo závislý na hodnotě rozměru A z obr. 15. Výška čepu od základny by měla tedy být v minimálním rozmezí 48 – 63,8 mm pro pistole a 61 – 90 mm pro revolvery, viz tab. 2 a tab. 3.

Rozměr H určuje vzdálenost opěrných destiček, neboli středů vazeb R_3 a R_3' , od místa styku lučíku a opěrného čepu. Je tedy odvozen od naměřených hodnot rozměru B , které jsou u revolverů i pistolí cca 60 – 80 mm. Po porovnání hodnot rozměru B s odvozenými hodnotami D , E , lze tedy určit vzdálenost H , včetně nutné šířky opěrných destiček tak, aby byla dodržena dostatečná variabilita.

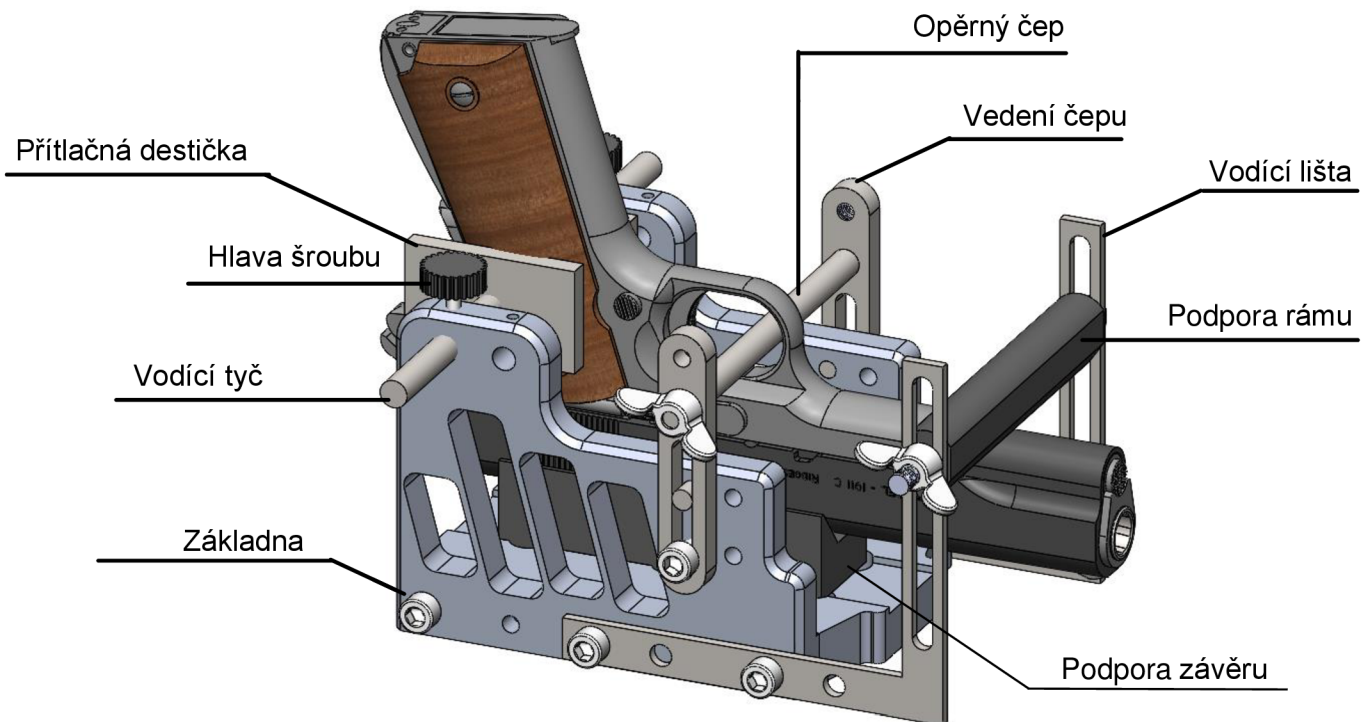
U rozměru K , neboli vzdálenosti opěrného bodu hlavně, již nastávají obtíže s rozdílem naměřených hodnot. Vzdálenost konce hlavní a umístění čepu dosahuje u zbraní z kategorií *Micro* jen 25 mm, ale revolvery dosahují vzdáleností okolo 200 mm. Je tedy vhodné zajistit možnost jednotkového posunu podpěry pro různé délky a výšky hlavní.

3.2 KONSTRUKCE NAVRHOVANÉHO UPÍNAČE

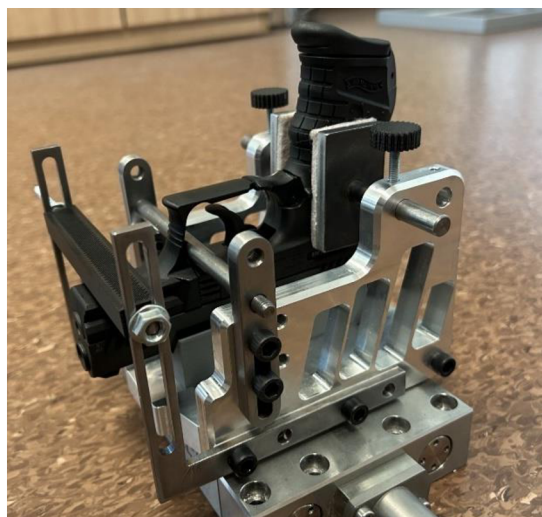
Tato kapitola je zaměřena na popis a odůvodnění zvolené konstrukce, výběr materiálu a kontrolu hlavních částí upínače pomocí metody konečných prvků (dále MKP). Analýza pomocí MKP byla provedena v prostředí SolidWorks, pomocí softwaru Solidworks office professional simulation. Součásti poté byly kontrolovány na napětí, výsledné posunutí a bezpečnost vůči plastickým deformacím. Pro blízkou aproximaci reálného namáhání součásti byla analýza koeficientu bezpečnosti zvolena jako poměr kombinovaného, Von Misesova napětí a mezi kluzu v tahu materiálu kontrolované součásti. Je však nutné zmínit, že výsledné hodnoty jsou pouze orientační a slouží k zmapování zatížení a deformace jednotlivých dílů sestavy. Lze tak provést rámcová kontrola deformace, která by mohla ovlivnit měření. Při potřebě maximální

optimalizace objemu materiálu a dosáhnutí bezpečnostních koeficientů blízkých 1 je doporučena výpočtová analýza a použití profesionálních analytických prostředí.

Konstrukce upínače je tvořena patnácti díly, které jsou popsány na obr. 23. Základ celého upínače tvoří *základna* a dvě *boční stěny*. Ty jsou nadále osazeny ostatními součástmi, aby byla splněna potřebná tuhost a variabilita upínače.



Obrázek 23 Sestava [25]



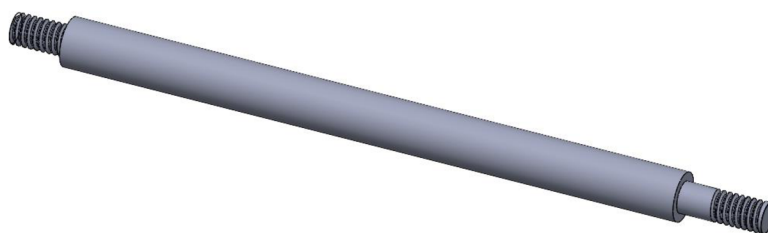
Obrázek 24 Vyrobená konstrukce

Pro vizualizaci reálného výrobku lze na obr. 26 vidět fotografii, pořízenou při měření, ve spodní části je dynamometr a na něm je pomocí šesti šroubů M6 upnuta vlastní konstrukce.

OPĚRNÝ ČEP

Opěrný čep bude v dotyku s lučikem palné zbraně a bude tak přenášet největší část zatížení. Nejvyšší podíl na namáhání *opěrného čepu* bude mít ohyb. Součástka tedy musí mít dostatečnou pevnost, aby dokázala snést zatížení s dostatečnou bezpečností vůči plastickým deformacím a s přijatelnou pružnou deformací.

Opěrný čep je se základovou konstrukcí spojen pomocí *vedení čepu*. Jak lze vidět na obr. 23. *Opěrný čep* je na svých koncích tvořen osazením. Z jedné strany je čep zašroubován do závitové díry ve *vedení čepu Z* a na druhý konec je následně nasunuta díra ve *vedení čepu D*, na této straně je pak vytvořeno uložení díry a čepu se zaručenou vůlí H7/h7.



Obrázek 25 *Opěrný čep* [25]

MATERIÁL

Určení materiálu bylo provedeno dle základních požadavků:

- Pevnost
- Odolnost vůči povrchovému opotřebení
- Obrobitelnost
- Dostupnost
- Korozní odolnost
- Cena

Na základě požadavků byly brány v úvahu tři základní druhy materiálu, konstrukční ocel, korozivzdorná ocel a duralové slitiny.

Pro tento projekt byla zvolena austenitická chromo-niklová ocel 1.4301, která je nejčastěji používaným materiálem mezi nerezovými oceli. Tato ocel se využívá v široké škále aplikací, včetně automobilového průmyslu, strojírenství, architektury a lékařského průmyslu. Vyznačuje se vysokou odolností vůči oxidaci. Po rozpouštěcím žhání dosahuje materiál dostatečné pevnosti, se smluvní mezí kluzu za pokojových teplot $R_{p0,2} \geq 190$ MPa a tvrdostí dle Brinella ≤ 215 HB. Vhodnou vlastností této oceli je také její dobrá obrobitelnost, což je nezbytné pro výrobu součástí pomocí třískového obrábění. [26]

Konstrukční ocel splňuje většinu požadavků, ovšem kvůli oxidaci by byla potřeba dodatečná povrchová úprava. Hliníkové slitiny by zase mohly bez povrchové úpravy trpět při otěru součástí. Vybraná nerezová ocel je výhodná vzhledem ke všem parametrům.

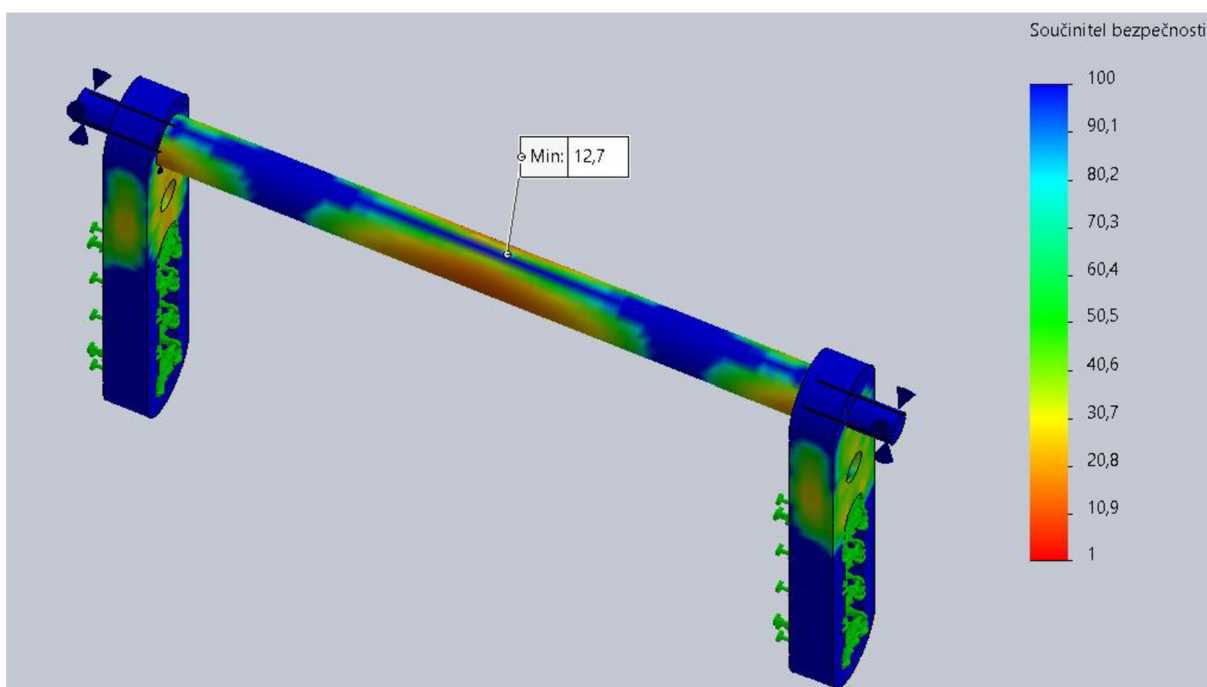
OŠETŘENÍ POVRCHU

Jak již bylo zmíněno dříve, je nutné dbát na zabránění povrchovému poškození zbraně. Při kontaktu *opěrného čepu* a lučíku vzniká přímý kontakt dvou kovů a hrozilo by poškození povrchů. Tento problém je vyřešen pomocí pogumování povrchu *čepu*.

Pogumování kovů vyžaduje poměrně složitý technologický postup. Pro tento případ je ovšem zvolen netradiční způsob. Na obvod *opěrného čepu*, po celé délce, je natáhnuta gumová smrštitelná bužírka. Po jejím zahřátí plamenem se bužírka smrští a spojí s povrchem *čepu*. Přilnutím gumové bužírky je tak dosaženo bezpečného kontaktu kovů.

ANALÝZA POMOCÍ MKP

Pro zajištění reálných výsledků byla analýza MKP provedena s *vedením čepu*, přičemž vazby mezi těmito součástmi byly určeny jako pevné spojení mezi dírou a čepem. Zatěžující síla byla aplikována v místě dotyku lučíku zbraně a čepu a její hodnota byla nastavena na $F = 50 \text{ N}$. Nejvyšší napětí a posunutí čepu, jak bylo očekáváno, je v místě nadefinované síly F . Další zvýšení napětí je poté v místě spoje *čepu* a *vedení čepu*. Minimální hodnota bezpečnosti $k = 12,7$, viz obr. 23 naznačuje mírné předimenzování rozměrů a materiálu. Kvůli designu, robustnosti a zajištění funkčního spojení vedení a čepu byl zvolen průměr 8 mm a závity na čepu M6.

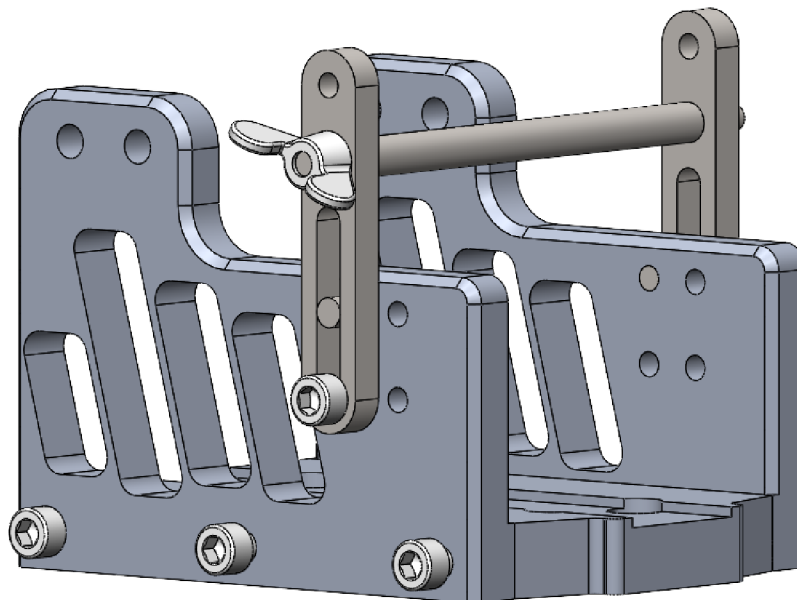


Obrázek 26 Analýza MKP – čep [25]

VEDENÍ ČEPU

Vedení čepu slouží jako přechodník mezi *čepem* a *boční stěnou*. Díky této součásti je možné libovolně nastavit výšku čepu podle druhu zbraně. *Vedení čepu* tvoří párovou součást, na jedné

straně je spojení s čepem tvořeno pomocí závitu a na druhé straně pomocí uložení díry a čepu H7/h7. Přenesení silového působení na *boční stěnu* je uskutečněno pomocí šroubu a *opěrného čepu*, viz obr. 27. *Opěrný čep* je k *boční stěně* upevněn pomocí závitu a je tak možné ho nahradit obyčejným šroubem.



Obrázek 27 Vedení čepu – upevnění [25]

Díky spojení šroubu a rovné drážky je možné libovolně měnit výšku čepu. Tato výška představuje rozměr G z kapitoly 3.1.1. Pro možnost vyšších mířidel je výšku čepu od základny nastavitelná v rozmezí 55 mm – 70 mm a 73 mm – 88 mm v závislosti díry. K rozměru G je přidáno 7 mm jako minimální bezpečná vzdálenost mířidel od základny.

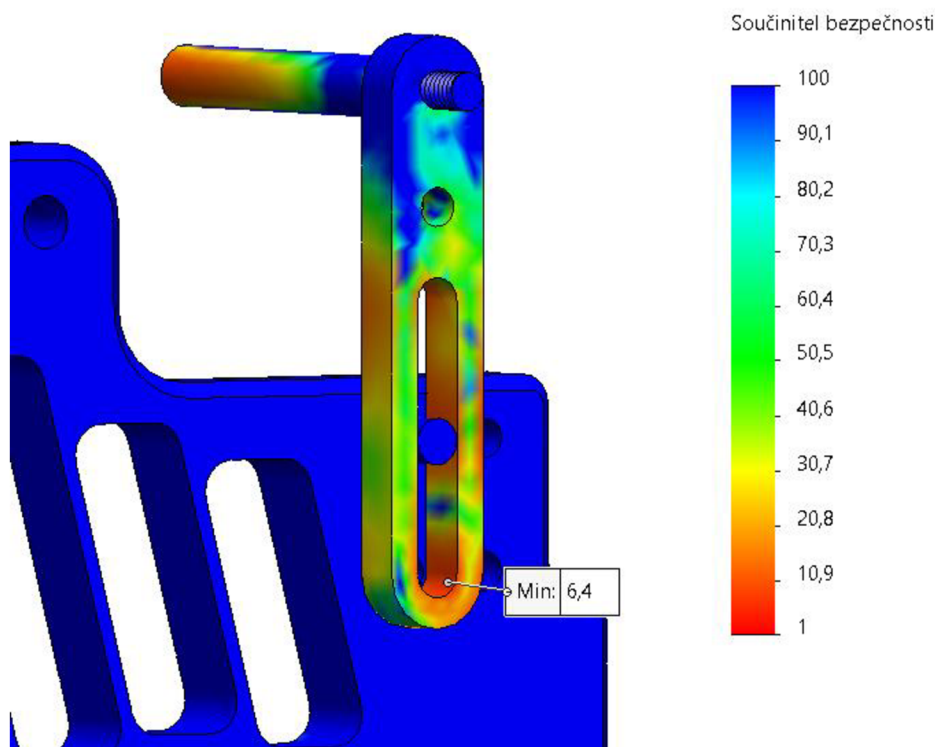
Pro upnutí některých typů revolverů by bylo nutné výměny *vedení čepu*, kde by rozteč děr byla navrhnutá pro větší vzdálenosti.

MATERIÁL

Na materiál jsou kladeny stejné požadavky, jako u *opěrného čepu*. Veškerá síla působící na *čep* je přímo vedena těmito součástmi. Na tomto základě byla vybrána stejná austenitická chromo-niklová ocel 1.4301.

ANALÝZA POMOCÍ MKP

Pro aproximaci reálného měření byla MKP analýza vytvořena s *opěrným čepem* a *boční stěnou*. Upevnění k *bočnici* bylo vytvořeno pomocí virtuálního šroubu M6 s vnitřním předpětím 30 N a pomocí tvarového styku s *opěrným čepem* viz obr. 28.

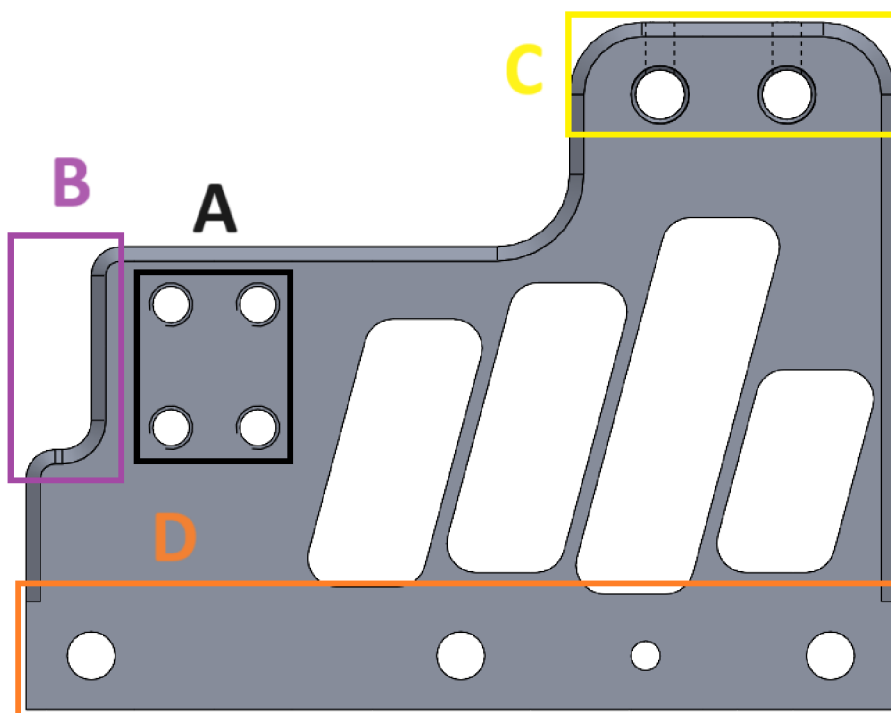


Obrázek 28 Analýza MKP – vedení čepu [25]

Na obr. 28 lze pozorovat průchod napětí materiálem součásti. Největší namáhání je poté v úrovni šroubu a *opěrného čepu*. Vypočítaná minimální hodnota koeficientu bezpečnosti je $k = 6,4$, což je dostatečná bezpečnost.

BOČNÍ STRANA

Boční stěna je základní součástí celého upínače, na které je viditelné nejvíce měřených funkčních rozměrů zbraně. *Boční stěna* se dá rozdělit na čtyři oblasti podle tvaru a funkčního významu, viz *obr. 29*. Spolu s rovnou drážkou ve vedení čepu tvoří výškové nastavení *opěrného čepu*.



Obrázek 29 Boční stěna [25]

Výřez v oblasti B je spojen s *podporou rámu* zbraně (rozměrem K , obr. 20, kapitola 3.1.2). Pistole, především ze skupiny *micro*, které mají krátkou hlaveň je nutné podepřít těsně u konce lučíku.

Oblast C je poté odvozena od rozměru H z obr. 22, kapitoly 3.1.1. Příčná osová vzdálenost děr znázorňuje vzdálenost opěrných destiček a opěrného čepu. Tyto destičky jsou pak v *boční stěně* uloženy pomocí čepu, jehož poloha je zajištěna pomocí šroubku z vrchní strany.

Příčná osová vzdálenost děr z oblasti A a C představují vzdálenost opěrného čepu a *přítlačných destiček*. (rozměru H , obr. 20, kapitola 3.1.2).

Průchozí díry v oblasti D slouží pro spojení vodící lišty, *boční stěny* a základny. Pro upevnění *boční stěny* k základně byly zvoleny tři šrouby M6. Čtvrtá díra v oblasti je pro vymezovací kolík, který vymezuje vzájemné polohy *základny* a *boční stěny*. Byl zvolen pouze jeden kolík, důvodem je jednoduchost výroby, kolík zde neslouží pro absolutní vymezení polohy, ale slouží jako pomocné ustanovení sestavy před zajištěním šrouby. Dostatečně přesné ustanovení je poté zaručeno tolerancí polohy díry pro vymezovací kolík.

VÝBĚR MATERIÁLU

Při návrhu materiálu byly zohledněny mírně odlišné požadavky ve srovnání s předchozími součástmi. *Boční stěna* má větší rozměry a klade tedy vyšší nároky na výrobu z hlediska objemu technologických procesů. Při výběru materiálu byla zvýšená pozornost věnována obrobiteľnosti, eloxovatelnosti, váze (hustotě materiálu) a ceně. Po provedené analýze byly vybrány hliníkové a duralové slitiny, které vynikají výborným poměrem pevnosti k váze a dobrou obrobiteľností ve srovnání s ocelí.

Byla vybrána hliníková slitina AW EN 6082 (AlSi1MgMn). Materiál je jednou z nejběžnějších slitin pro třískové obrábění, obvykle najde využití u namáhaných součástí nebo u dopravních aplikací.

Tento materiál vyniká výbornou obrobitelností a odolností vůči korozi. V běžném stavu T6/T651, podle normy EN 458-3 (rozpuštěcí žíhání a umělé stárnutí), dosahuje smluvní meze kluzu $R_{p0,2} \geq 240$ MPa. [27] Tento stav je dosažen díky adekvátnímu obsahu intermetalické fáze Mg_2Si ve formě velmi jemných precipitátů. Ideální poměr Mg/Si je obecně 1,73, což je však těžko dosažitelné. Při přebytku hořčíku (Mg) se zvyšuje korozní odolnost, zatímco přebytek křemíku (Si) zvyšuje tuhost, ale zároveň náchylnost k mezikrystalické korozi [26]. Hustota materiálu je $2\,700\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, což zajišťuje jeho nízkou váhu. Materiál je také dobře eloxovatelný [27].

Ekvivalentem materiálu může být hliníková slitina AW EN 2007 ve stavu T4 (dle normy EN 755-2). Materiál s vynikající obrobitelností, nepatrně horší pevností a sníženou odolností vůči korozi. Dobře eloxovatelný. [28]

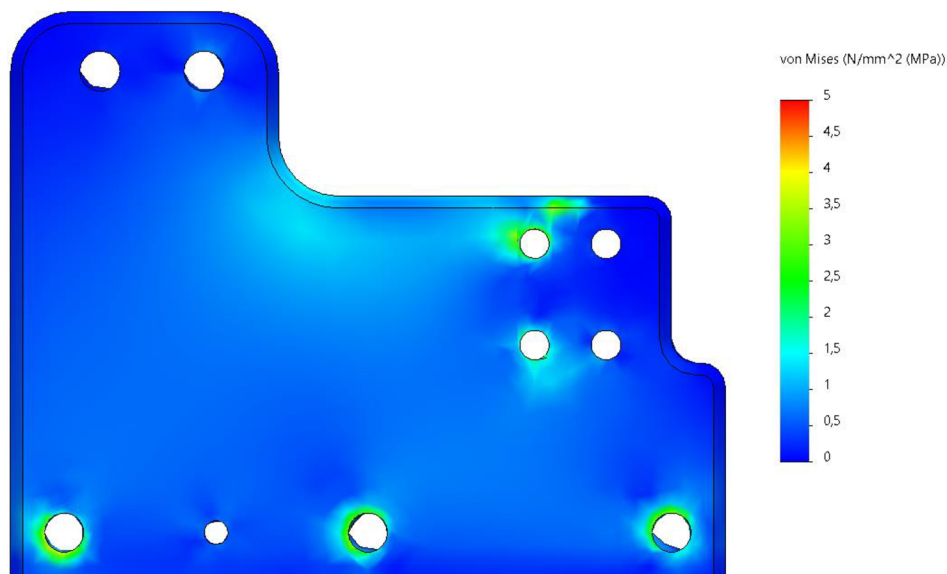
POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Hliník a jeho slitiny jsou obecně známé pro svou odolnost vůči korozi. Hliník totiž prudce rychle reaguje s běžnými atmosférickými podmínkami a vytváří tenkou vrstvu oxidu, která brání vzniku další koroze. Tato vrstva je ale snadno mechanicky poškoditelná. Proto se provádí povrchová úprava pomocí elektrolytické oxidace (ELOX). Při této povrchové úpravě vzniká tenká a tvrdá vrstva oxidu hlinitého (Al_2O_3), čímž se zvyšuje odolnost povrchu proti mechanickému poškození. Pro tento materiál je navržena povrchová úprava eloxidací se standardní tloušťkou vrstvy 8 – 12 μm .

ANALÝZA POMOCÍ MKP

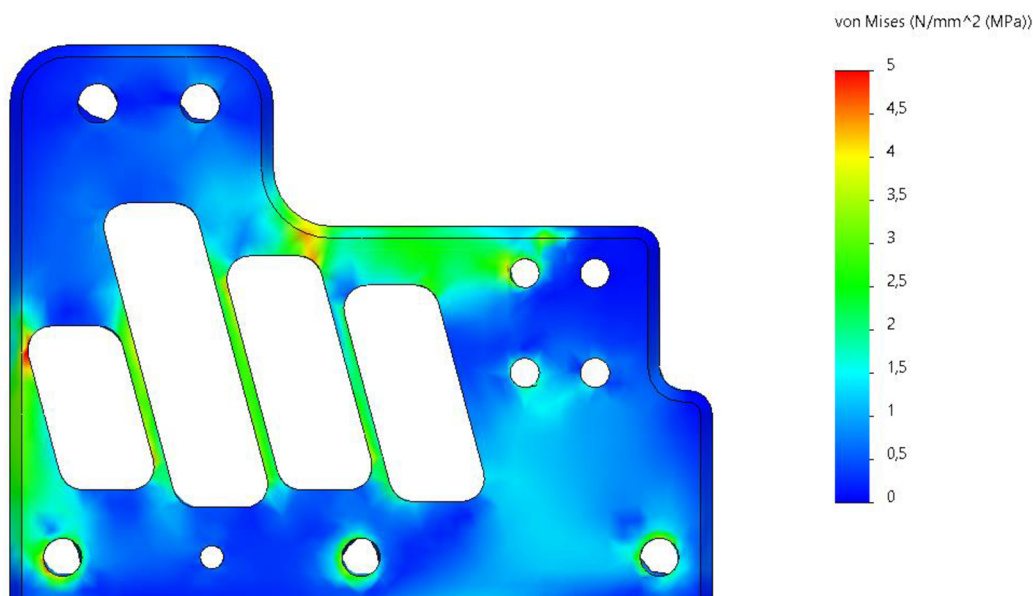
Boční stěna a základna byly navrženy s ohledem na potřebnou tuhost a estetiku. Tento robustní design je klíčový pro udržení určité tuhosti a zdánlivé bytelnosti soustavy. Dalším aspektem je přítomnost závitů v šířce stěny a vedení *přítláčných destiček*.

Pro snížení hmotnosti *boční stěny* byly vytvořeny tvarové výřezy ve volném prostoru, které zároveň slouží jako hlavní designový prvek celé sestavy. Okrajové podmínky vzhledem k základně byly při analýze nastaveny pomocí virtuálních šroubů s předpětím 30 N. Zatížení bylo nastaveno v místě dotyku *opěrného čepu* s lučíkem zbraně a druhá síla byla nastavena do oblasti uložení opěrné destičky. Celá sestava je následně upevněna pomocí fixní geometrie průchozích děr v základně, které slouží k upevnění základny a dynamometru.



Obrázek 30 Analýza MKP - boční stěna, před odlehčením [25]

Na obr. 30 a obr. 31 lze vidět zatížení před a po odlehčení *boční stěny*. Při dimenzování váhy materiálu by tato analýza sloužila jako základ k bezpečnému odlehčení struktury



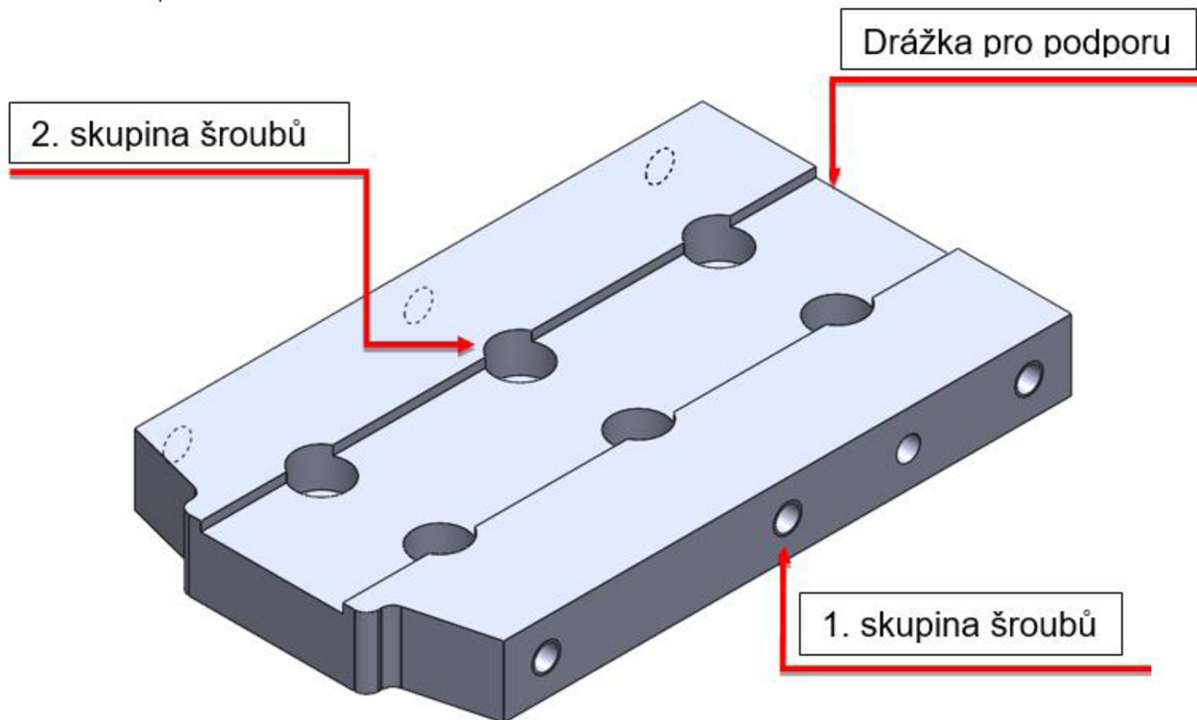
Obrázek 31 Analýza MKP - boční stěna, po odlehčením [25]

Je také potřeba zmínit, že pro analýzu byla zvolené zjednodušení v podobě symetrie. Tato symetrie efektivně zjednodušuje časovou náročnost řešení.

ZÁKLADNA

Základna je hlavní spojovací člen s dynamometrem. Jak lze vidět na obr. 32, tvoří jej dvě skupiny děr, přičemž první z nich jsou díry se závitem a díra pro vymezovací kolík na boku

základny, které slouží ke spojení s *boční stěnou* a druhou skupinu poté tvoří šest průchozích děr se zahloubením pro válcové hlavy šroubů s vnitřním šestihranem. Kvůli symetrickému rozložení a velikosti upínače bylo zvoleno šest šroubů M6 pro upevnění k dynamometru. V úrovni druhé skupiny šroubů je také navržnuta drážka, která slouží k ustanovení podpěry závěru zbraně.



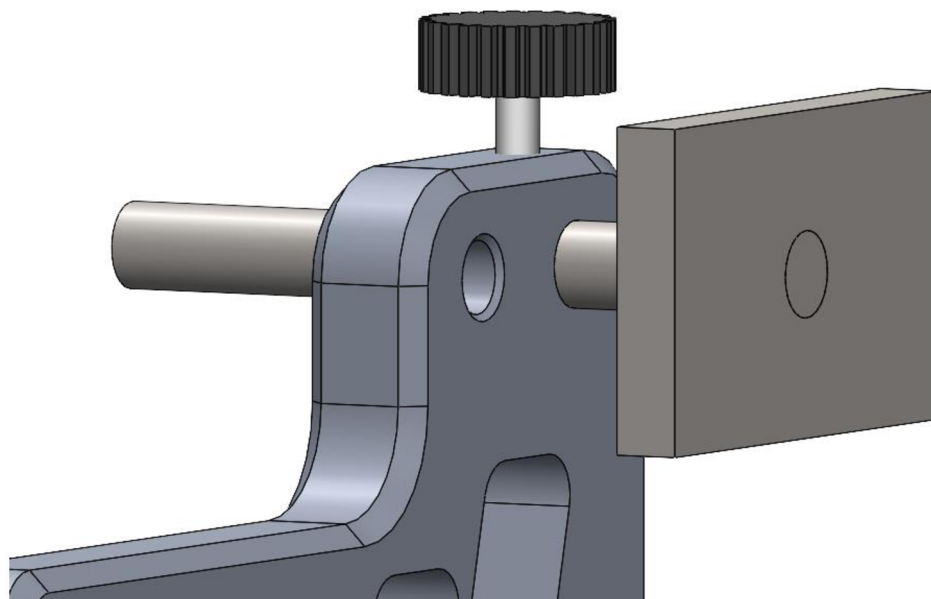
Obrázek 32 Základna [25]

VÝBĚR MATERIÁLU

Na materiál základny byly kladeny stejné nároky, jako na *boční stěny* upínače. Je tedy vybrán stejný materiál AW EN 6082 (eventuelně AW EN 2007), včetně povrchové úpravy.

PŘÍTLAČNÉ DESTIČKY A VODÍCÍ TYČE

Přítlačné destičky slouží k opření zbraně ve výšce střenek. Spoje mezi destičkou a *vodicími tyčemi* jsou realizovány pomocí tlakového nebo svarového spoje. *Vodicí tyče* a díry v *boční stěně* tvoří uložení se zaručenou vůlí, což umožňuje destičkám volný pohyb, jak je znázorněno v obr. 33. Jejich aretace je zajištěna bronzovým šroubem M4, který je umístěn z vrchní strany *boční stěny*.



Obrázek 33 Přítlačná destička [25]

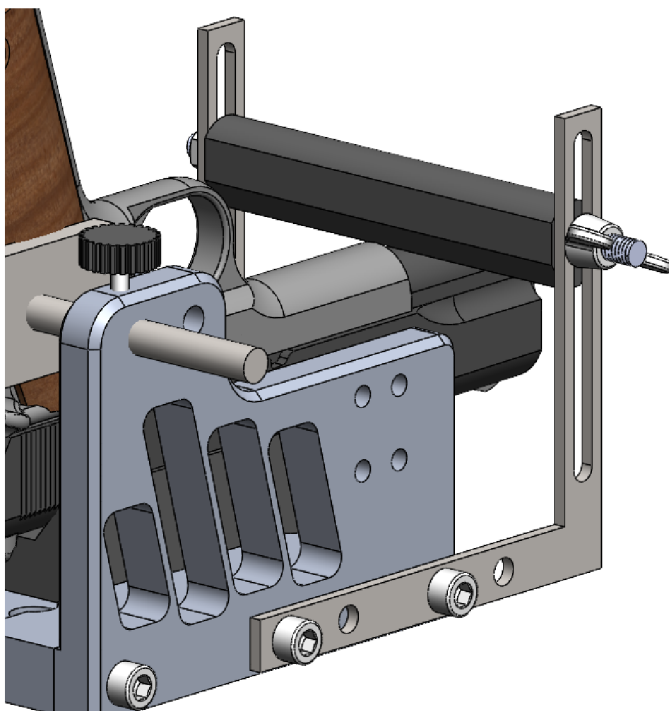
MATERIÁL A POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Za materiál byla opět vybrána austenitická chromo-niklová nerezová ocel 1.4301. Tyto součásti nebudou sice přenášet vysoké zatížení, ale kvůli zajištění životnosti *vodící tyče*, která bude aretována pomocí tření mezi koncem šroubu a jejím obvodem, je potřebná zvýšená tvrdost povrchu a tuhost materiálu.

Je nutné zajistit bezpečnost kontaktu *přítlačné destičky* a zbraně. To je zajištěno nanesením expandovaného EPDM SE29, to je syntetický kaučukový materiál, zařazený do skupiny elastomerů, známých jako ethylen-propylen-dien-kaučuk (EPDM). Často se také využívá při výrobě těsnění, hadic, izolačních materiálů a dalších aplikací. Jeho předností je chemická odolnost, a především odolnost proti stárnutí. Na povrch destičky bude nanesen pomocí lepící pásky. Tato gumová vrstva je také důležitá z pohledu vyvození síly pro opření zbraně. Jelikož se *přítlačné destičky* pohybují pomocí *vodící tyče*, nevzniká zde velký prostor pro vznik napětí mezi destičkami a zbraní. Elastická vrstva toto napětí dokáže částečně zastoupit.

VODÍCÍ LIŠTY, PODPORA HLAVNĚ

Vodící lišty jsou zkonstruovány ve tvaru L, viz obr. 34, na spodní straně je soustava děr, které slouží k upnutí na základnu. Dle velikosti zbraně je možné výměnou soustavy děr měnit a měnit podélnou vzdálenost *podpory rámu*. Druhá strana lišty s rovnou drážkou slouží pro libovolné nastavení výšky *podpory rámu*.



Obrázek 34Vodící lišty, podpora hlavně [25]

Podpora rámu je vytvořena pomocí 3D tisku, specifický tvar podpory je navrhnout kvůli dobrému kontaktu se zbraní. Její délka odpovídá vzájemné rozteči vodících lišt, mezi které je podpora vložena a zajištěna závitovou tyčí a maticemi. Křídlová matice je určena k dotahování a povolování, druhá strana je pouze pro zajištění pohybu.

MATERIÁL

Materiál pro *přítlačnou destičku* a čep byl navrhnout stejně, jako v případě *opěrného čepu* a *vedení čepu*. Odolnost proti otěru a rzi v atmosférických podmínkách zajistí nerezová ocel 1.4301. Součást je určena pro třískové obrábění.

Podpora je optimalizována pro výrobu pomocí 3D tisku. Tuhost, která je po součásti požadována se dá dosáhnout pomocí výběru materiálu a tvaru, který bude dobře odolávat působícímu namáhání. Jelikož podpora bude namáhána na ohyb od rámu zbraně a vzpěr od dotážení matice na závitové tyči, za materiál byl vybrán ABS, neboť se v této kategorii vyznačuje dobrou tuhostí výtisků.

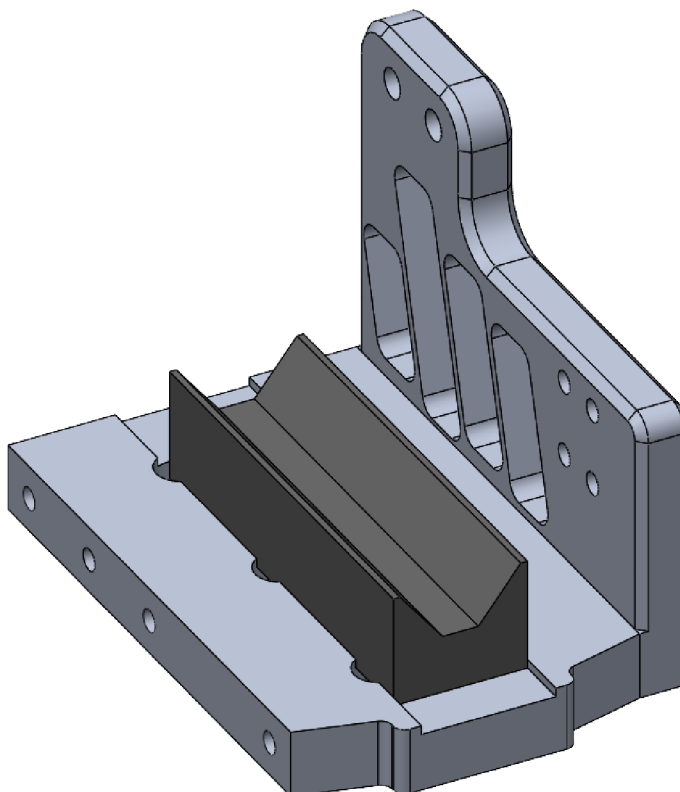
POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Pro materiál ABS je vhodné povrch zpracovat pomocí odtavování ve výparech acetonu. 3D výtisk se umístí do uzavřené nádoby, kde je vystaven parám acetonu. Tyto páry reagují s povrchem výrobku a jeho natavením ho vyhlazují. Výsledkem je lesklý povrch 3D materiálu.

PODPORA ZÁVĚRU

Podpora závěru je tvarová součást, která se může individuálně přizpůsobit specifickým tvarům závěru. Podpora je vložena do drážky v základně, viz obr. 35, kde se může ve směru drážky pohybovat. Volný pohyb podpory zajišťuje přizpůsobením tvaru závěru a rozložení mířidel.

Podpora závěru má univerzální tvar výřezu ve tvaru V. Do výřezu je možné přidat další tvarové přídavky, které dle typu zbraně mohou vytvořit pouze rovné dno, zaoblení, jiný úhel výřezu, nebo mohou zbraň jen vyvýšit. Tento princip je velice výhodný, díky pár přídavkům je možné dosáhnout vysoké variability.



Obrázek 35 Podpora závěru [25]

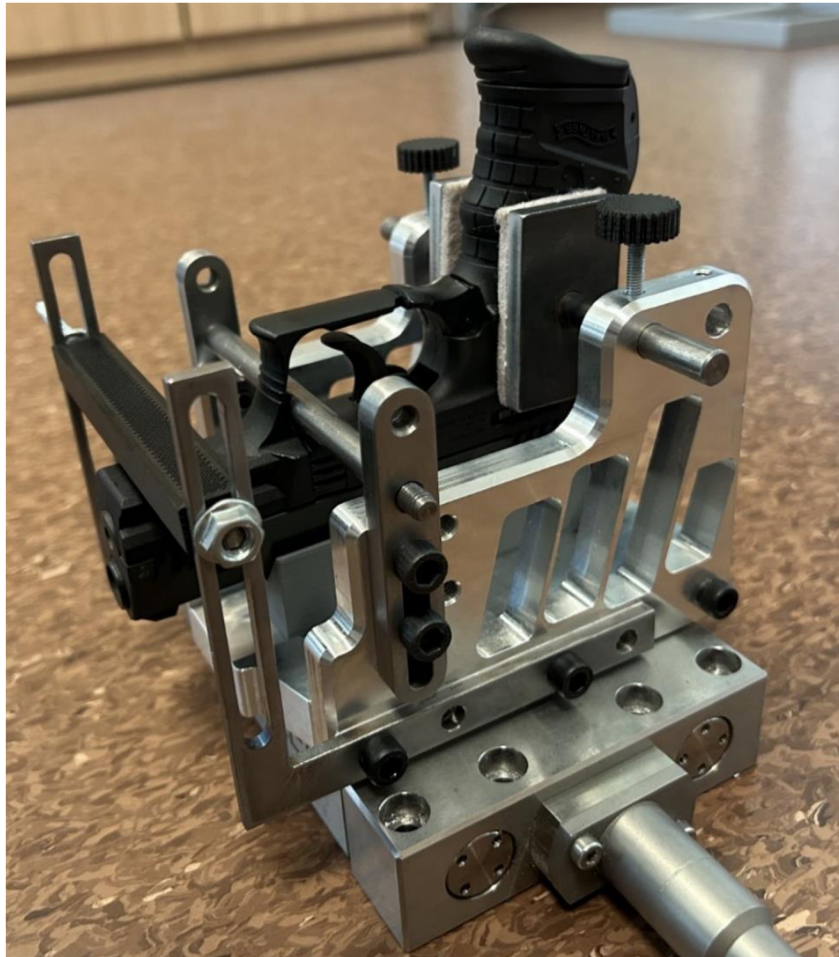
MATERIÁL A POVRCHOVÁ ÚPRAVA

Podpora je určena pro technologii 3D tisku. Pro toto využití je 3D tisk velice výhodný z hlediska rychlosti, ceny a dosažitelné variability.

Za materiál byl vybrán ABS, s povrchovým zpracováním pomocí odtavování ve výparech acetonu, stejně jako u *podpory rámu*.

4 MĚŘENÍ ODPORU SPOUŠTĚ

V této kapitole je popsán postup měření odporu spouště na zkonstruovaném upínači palné zbraně. Budou popsány jednotlivé kroky měření, zajištění bezpečnosti během procesu, kategorizace použité zbraně, analýza naměřených hodnot a filtrační techniky používané při zpracování dat.



Obrázek 36 Upnutí zbraně při měření

4.1 BEZPEČNOST MĚŘENÍ

Při měření je nutné zajištění dostatečné bezpečnosti. Manipulaci se zbraní může provádět pouze osoba, které splňuje všechny požadavky, které jsou dané zákonem. Způsob, jak lze zajistit bezpečnost při manipulaci se zbraní, je odebrání funkčních částí zbraně, které nemají žádný vliv na odpor spouště. Jedním ze způsobů, jak toho docílit, je vyjmutí hlavěň z pistole. Hlavěň je jedna ze základních funkčních součástí a jejím odebráním je jakákoli zbraň uvedena do nefunkčního stavu.

Zbraň, na které bylo provedeno měření, je plynová zbraň Walther P22. Ta patří dle ustanovení: „plynové zbraně nejvýše ráže 6,35 m“, do kategorie D – "Zbraně nepodléhající registraci". „Zbraň kategorie D nebo střelivo do této zbraně může nabývat do vlastnictví, držet a případně nosit plně svéprávná fyzická osoba starší 18 let anebo právnická osoba.“ [1] Zákon byl respektován a se zbraní bylo manipulováno pouze ve vhodném stavu a oprávněnou osobou.

Zbraň byla před měřením řádně zkontrolována klasifikovanou osobou a vhodným způsobem zajištěna.

4.2 POSTUP MĚŘENÍ

Zbraň Walter P22 má mechanismus bicího a spoušťového mechanismu DA (lze provozovat v režimu DA i SA). Měření bylo provedeno v režimu SA. Postup měření odporu spouště zahrnuje několik klíčových kroků.

PŘÍPRAVA MĚŘICÍHO ZAŘÍZENÍ

Před měřením bylo zkontrolováno a zkalibrováno měřicí zařízení pro dosažení přesného měření odporu spouště.

UPNUTÍ ZBRANĚ

Zbraň kategorie D byla bezpečně a pevně upnuta do upínače, aby se předešlo ovlivnění měření kvůli nechtěnému pohybu zbraně.

MĚŘENÍ

Na zbrani bylo napnuto bicí kladivo, dynamometr byl dostatečně upevněn ke stolu a na jazýček spouště byl simulován pohyb prstu při střelbě. Byla zaznamenána působící síla v závislosti na čase. Měření bylo provedeno na dvou místech jazýčku, uprostřed a na špičce jazýčku. Každé měření bylo provedeno čtyřikrát.

4.3 DOSAŽENÉ VÝSLEDKY

Výsledkem měření byl graf závislosti síly na čase, kde se zobrazuje nárůst síly aplikované na spoušť až do okamžiku, kdy dojde k jejímu uvolnění a následného propadu. Pro detailní rozbor výsledného grafu bylo měření provedeno s maximální frekvencí záznamu 100 000 Hz.

FILTRACE DAT

Bylo zaznamenáno velké množství hodnot, které bylo pomocí prostředí Minitab analyzováno a odfiltrováno. Záznam hodnot obsahuje všechny fáze pohybu spouště, tedy nárůst odporu, pokles síly před spuštěním, propad spouště. Také bylo zaznamenáno i spuštění a dopad bicího kladiva. Všechny hodnoty grafu musely být identifikovány a odfiltrovány, aby se získaly maximální hodnoty odporu spouště.

VÝSLEDNÉ HODNOTY

Pro měření je předpoklad zaznamenání síly pouze v ose x dynamometru. Ostatní síly jsou pro toto konkrétní měření zanedbané.

Tabulka 4 Naměřené hodnoty

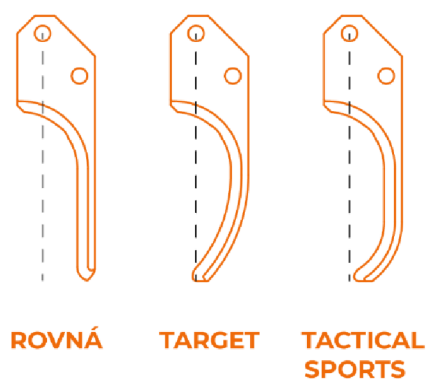
| Číslo měření | F _x [N] | Číslo měření | F _x [N] |
|--------------------|--------------------|--------------|--------------------|
| 1. | 12,5 | 5. | 7,1 |
| 2. | 11,92 | 6. | 7 |
| 3. | 11,92 | 7. | 7,6 |
| 4. | 12 | 8. | 6,7 |
| Aritmetický průměr | 12,08 | - | 7,1 |

Nominální hodnota odporu spouště zbraně Walther P22 v režimu SA je dle údajů výrobce 12 N [30]. Naměřená hodnota uprostřed spouště v ose x byla 12,08 N. Lze tedy konstatovat, že měření proběhlo úspěšně, s přesností 0,08 N. Pro detailní rozbor spouště a naměřené hodnoty je za potřebí více než čtyři měření, tento detailní rozbor ovšem není účel tohoto měření. Hlavní důvod měření je test upínací soustavy, jelikož všechny čtyři měření byly v blízkém okolí nominální hodnoty, lze měření považovat za úspěšné.

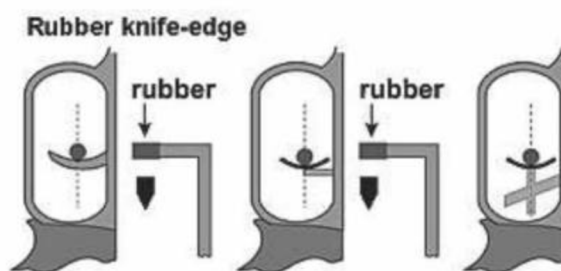
Druhé měření bylo provedeno pro rozbor místa působení síly na jazýčku spouště. Při porovnání aritmetických průměrů obou měření, jejich hodnota se liší téměř o 40% vyšší hodnoty. Je to způsobeno větší pákou vůči uložení spouště čepem v rámu zbraně. Díky páce je tak síla, působící na vnitřní mechanismus podstatně vyšší.

ANALÝZA SPOUŠTĚ

Z naměřených dat vyplývá důležitost umístění působící síly v závislosti na druhu spouště. Na obr. 37 můžeme vidět tři druhy spouště, rovná, terčová a taktická. Například organizace IPSC uvádí postup pro měření spouště, kdy by se měl posuvný člen držet v nejhlubším místě spouště a zároveň, co nejbliž jeho středu. Zároveň také určuje, jaký tvar musí mít element, působící na spoušť, viz obr. 37. Při odchýlení se od tohoto bodu mohou být výsledné hodnoty zkresleny, a to především u rovné spouště, kde vzniká největší páka, viz obr. 37.



Obrázek 37 druhy spouští [4]



Obrázek 38 Umístění mířidla na spoušť [6]

5 DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Postup TPV upínače dopadl úspěšně. Upínač byl vyroben a bylo provedeno měření s kvalitativními výstupy. Tento fakt se dá považovat za hlavní účel této bakalářské práce.

Provedené měření rozměrů zbraní bylo úspěšně přeneseno do konečné konstrukce upínače. Pomocí vyměnitelných členů je možné upnout velice rozdílné pistole a je tak dosaženo dostačující variability. Silový rozbor vazeb, který byl proveden, odpovídá realitě a zbraň je v upínači dostatečně přesně a staticky upnuta. S tím se také pojí tuhost soustavy, se kterou není při měření odporu problém. Dle subjektivního pohledu působí držák dobrým dojmem, a to z hlediska estetiky, tak z hlediska dojmu.

SYSTÉMOVÉ DOPORUČENÍ

Při měření je důležité rozlišit, jaký výsledek je vyžadován. Měření, popsané v kapitole 5 bylo provedeno pro získání maximální hodnoty spouště. Výsledkem měření byl ovšem podrobný graf závislosti odporu na čase. Bylo nutné ručně graf odfiltrovat a najít maximální hodnotu odporu spoušťového mechanismu.

Pro tento účel měření by bylo vhodné vytvořit NC systém, který by dokázal odfiltrovat rušící elementy, jako je náraz kladiva a propad spouště. Propad spouště způsobí vysoký nárůst odporu, kdy je spoušť přitlačena na rám pistole a dopad kladiva naopak způsobí okamžitý propad křivky. Bylo by také již bylo zmíněno, je možné pro tuto operaci využít hraniční metodu pomocí kalibrovaného závaží.

DOPORUČENÍ PRO NÁVRH KONSTRUKCE

Lehkou nevýhodou upínače oproti konvenčním metodám je jeho složitost. Při upnutí zbraně je potřeba třeba nastavit více parametrů, aby byla zbraň správně ustavena. Je tedy vhodné zaměřit se na zjednodušení procesu upínání zbraně.

Z uživatelského hlediska je možné se zamýšlet například uložení nosného čepu do vedení čepu prostřednictvím dvou uložení s vůlí. Dále by bylo možné se zamýšlet nad výměnou šroubů pro upevnění vedení čepu za kuželové šrouby s podložkou. Kuželové závity dokáží nabýt 100% funkčnosti na malé pootočení, toho by bylo možné využít pro rychlost upnutí. Konstrukčně by se ovšem muselo vyřešit, že kuželové závity nedokáží vytvořit vysoké předeprnutí, zde by byla konstrukční možnost vymezovací podložky atd.

DOPORUČENÍ PRO POUŽITÍ

S dosaženou přesností 0,08 N lze měřák použít ve všech oblastech. Pro detailní analýzu chodu spouště je zapotřebí aplikovat vedení působící síly, aby bylo dosaženo konzistentních výsledků. Při měření bylo zjištěno, že pro získání maximální hodnoty odporu není potřeba přesného vedení síly, působící na jazyk spouště. Bez zajištění vnějšího vedení síly na spoušti je možné upínač použít na střeleckých závodech. Upnutí zbraně do sofistikovaného upínače je časově náročné a nebylo by vhodné, aby takto byla změřena každá zbraň. Je ovšem vhodné, aby na závodech, kde je nutné měření odporu spouště, byla možnost měření pomocí sofistikované metody. V případě žádosti, nebo podání protestu závodníka proti výsledku měření



odporu spouště, by tato metoda mohla být východiskem, jako certifikované měření, které by dokázalo věrohodně podpořit nebo zamítnout žádost.

ZÁVĚR

V závěru této bakalářské práce byly dosaženy všechny stanovené cíle. Byla provedena podrobná analýza klíčových parametrů pistolí a revolverů a jejich následné přenesení na konstrukci upínače. Konstrukce byla navržena a optimalizována pro třískové obrábění a vytvořena technická dokumentace.

Měření vlastností spoušťového mechanismu je zásadní nejen pro zajištění bezpečnosti, ale i pro optimalizaci dosažitelného výkonu a přesnosti zbraní. Správně nastavený odpor spouště je kritický pro prevenci náhodných výstřelů a pro zajištění konzistentního výkonu zbraně. Výsledky měření v této práci ukázaly, že pomocí navrženého upínače je možné přesně měřit a vyhodnocovat tyto vlastnosti, aniž by sama konstrukce způsobovala odchylky od nominální hodnoty.

Následně byl upínač vyroben a bylo provedeno deklarované měření. Měření odporu spouště prokázalo, že navržený upínač splňuje požadavky na přesnost. Zároveň byla prokázána dostatečná variabilita upnutí velikostních kategorií pistolí a revolverů.

Díky výsledkům měření by z praktického hlediska tato konstrukce mohla výrazně přispět k lepší kontrole kvality a optimalizaci výrobního procesu. Za určitých podmínek je také dostupná možnost kvalifikované kontroly maximálního odporu spouště při střeleckých závodech. Případně využitelnost měření při ladění chodu spouště závodních pistolí.

Doporučení pro praxi zahrnují možnost další optimalizace konstrukce a využití systémů pro úpravu získaných dat. Tato práce poskytuje pevný základ pro další výzkum a vývoj v oblasti upínacích zařízení pro ruční palné zbraně, přičemž zdůrazňuje význam přesného měření a analýzy odporu spouště pro zajištění bezpečnosti a efektivity zbraní.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] *Zákona č. 119/2002 Sb., o střelných zbraních a střelivu (zákon o zbraních)*. In: . 2002. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2002-119>
- [2] MATEŇKO, Josef, Vladimír RAMPACH a Róbert JANKOVÝCH. *Ručné palné zbrane a strelivo pre ozbrojené složky*. Bratislava: Akadémia Policajného zboru v Bratislave, 2023. ISBN 978-80-8054-979-4.
- [3] PLANKA, Bohumil. *Kriminalistická balistika*. 2. upravené vydání. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2023. ISBN 978-80-7380-890-7.
- [4] ČESKÁ ZBROJOVKA A.S. CZUB [online]. 2024 [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.czub.cz/>
- [5] ČESKÁ ZBROJOVKA AS. Pistole CZ TS 2 ORANGE. ČESKÁ ZBROJOVKA AS. CZUB [online]. [cit. 2024-05-15]. Dostupné z: <https://www.czub.cz/firearms-and-products-product/cz-TS-2-ORANGE>
- [6] *SOUTĚŽNÍ PRAVIDLA PRO KRÁTKOU ZBRAŇ* [Online, PDF]. VYDÁNÍ LEDEN 2017. 2017.
- [7] SVAZ VOJÁKŮ V ZÁLOZE ČESKÉ REPUBLIKY, Z.S. 5. *Technické zabezpečení soutěží* [Online]. 2017 [cit. 2024-05-16]. Dostupné z: <https://www.svz-cr.cz/pravidla/technicke-zabezpeceni-soutezi>
- [8] FIŠER, Miroslav. *Konstrukce loveckých, sportovních a obranných zbraní*. 2. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2015. ISBN 978-80-248-3769-7.
- [9] FERRARI, Steve. Trigger Definitions: Take-Up, Creep, Break, Overtravel, Reset, etc. In: REALGUNREVIEWS. *RealGunReviews* [online]. 2016 [cit. 2024-05-17]. Dostupné z: <https://www.realgunreviews.com/trigger-definitions-take-up-creep-break-overtravel-reset/>
- [10] ZEDIKER, GLEN. Triggering Mechanics: Best Practices. In: THE SHOOTERS LOG. *The shooters log* [online]. 2020 [cit. 2024-05-17]. Dostupné z: <https://blog.cheaperthandirt.com/trigger-mechanics/>
- [11] Jak vybrat první pistoli? *GunExpert* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.gunexpert.cz/jak-vybrat-prvni-pistoli>

- [12] HANDGUNHERO. CZ Shadow 2 Dimensions and Specifications. HANDGUNHERO. *HandgunHero.com* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.handgunhero.com/compare/cz-shadow-2>
- [13] BROWNELLS. PRO MAG, RUGER® LCP® 380ACP MAGAZINES. BROWNELLS. *Brownells.cz* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.brownells.cz/RUGERZ-LCPZ-380ACP-MAGAZINES-RugerZ-LCPZ-6-Rds-PRO-MAG-Black-380-Auto-ACP-Steel-6-ran-687000039>
- [14] HANDGUNHERO. CZ 75D PCR Compact Dimensions and Specifications. HANDGUNHERO. *HandgunHero.com* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.handgunhero.com/compare/cz-75d-pcr-compact>
- [15] ONDRÁČEK, Jan, Petr GIGERICH, Barbora ŠIMONOVÁ, David RŮŽIČKA, Martin DRKAL a David HŮRKA. Střelecká příprava. MASARYKOVA UNIVERZITA. *Inovace SEBS a ASEBS* [online]. 2013 [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.fsps.muni.cz/inovace-SEBS-ASEBS/elearning/strelba/balistika>
- [16] DVORAK AIR RECOIL SYSTEMS. *TriggerScan™ System* [online]. 2024 [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.dvorakinstruments.com/Products/TriggerScan-System.asp>
- [17] *Multicomponent Dynamometer: -10 ... 10 kN, cover plate 90x105 mm* [Online, PDF]. 2009.
- [18] JANKOVÝCH, Róbert. *Hlavňové zbraně a střelivo* [online]. Brno, 2012 [cit. 2024-05-05]. ISBN 978-80-260-2384-5. Dostupné z: https://www.fsiforum.cz/upload/soubory/databaze-predmetu/0HZ/Hlav%C5%88ov%C3%A9%20zbran%C4%9B%20a%20st%C5%99eli vo_download.pdf
- [19] HUNTAC. WALTHER Magazine for PDP Full Size. HUNTAC. *Huntac* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://huntac.de/en/p/walther-magazine-for-pdp-full-size>
- [20] PROFITACTIC. Pištol' CZ SHADOW 2 ORANGE. PROFITACTIC. *Profitacti.eu* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.profitactic.eu/produkt/pistol-cz-shadow-2-orange/>
- [21] JANKOVÝCH, Róbert, Tomáš MAREK, Jan ŠRÁMEK a Aleš POLZER. *OPTICKÝ MĚŘICÍ SYSTÉM SOL 311* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: https://moodle.vut.cz/pluginfile.php/736367/mod_resource/content/1/OP%20VVV_Optick%C3%BD%20m%C4%9B%C5%99ic%C3%AD%20syst%C3%A9m%20SOL%20311-CVI%C4%8CEN%C3%8D.pdf
- [22] SLÍŽ, Michal. *POSOUZENÍ VHODNOSTI OPTICKÉHO MĚŘICÍHO PŘÍSTROJE* [online]. Brno, 2021 [cit. 2024-05-26]. Dostupné z: <https://dspace.vut.cz/server/api/core/bitstreams/8703c0af-9ce2-4ec6-a987->



- 8ad983c3109a/content. DIPLOMOVÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Doc. Ing. Róbert Jankových, CSc.
- [23] HANDGUNHERO. CZ P-09 Dimensions and Specifications. HANDGUNHERO. *HandgunHero.com* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.handgunhero.com/compare/cz-p-09>
- [24] MICRO-VU [software].
- [25] Dassault Systèmes. *SolidWorks* [software]. Velizy-Villacoublay: Dassault Systèmes, 2023, aktualizováno 2023 [cit. 2024-05-24]. Verze 2023. Dostupné z: <https://www.solidworks.com/>. Požadavky na systém: Windows 10/11, 64-bitový procesor, minimálně 16 GB RAM. Poznámky: CAD software pro 3D modelování a návrh.
- [26] LIGAS, ALEŠ. *STUDIUM BETA FÁZE V Al-Mg-Si SLITINÁCH POMOCÍ NEKONVEČNÍCH METOD ELEKTRONOVÉ MIKROSKOPIE* [online]. Brno, 2014 [cit. 2024-05-07]. Dostupné z: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=86205. DIPLOMOVÁ PRÁCE. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ. Vedoucí práce Ing. Mgr. ŠÁRKA MIKMEKOVÁ, PhD.
- [27] H. EN AW-6082 (AlSi1MgMn). HLINÍKOVÉ PROAL PROFILY. *Hliníkové proal profily* [online]. 2019 [cit. 2024-05-07]. Dostupné z: <https://proal.cz/hlinik/slitiny-hliniku/en-aw-6082/>
- [28] HLINÍKOVÉ PROAL PROFILY. EN AW-2007 (AlCu4MgMn). HLINÍKOVÉ PROAL PROFILY. *Hliníkové proal profily* [online]. 2019 [cit. 2024-05-07]. Dostupné z: <https://proal.cz/hlinik/slitiny-hliniku/en-aw-2007/>
- [29] HANDGUNHERO. Sig Sauer P365 Dimensions and Specifications. HANDGUNHERO. *HandgunHero.com* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.handgunhero.com/compare/sig-sauer-p365dad>
- [30] HANDGUNHERO. Beretta 92FS Dimensions and Specifications. HANDGUNHERO. *HandgunHero.com* [online]. [cit. 2024-05-05]. Dostupné z: <https://www.handgunhero.com/compare/beretta-92fs>

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| <i>Obrázek 1 CZ TS2 ORANGE [5]</i> | 12 |
| <i>Obrázek 2: Spoušťový mechanismus (2 – bicí kohout, 5 – spoušť/jazyček spouště, 6 – zákluz závěru, 7 – závěru, 8 – tahadlo spouště, 9 – ovládací ozub závěru bicího kohoutu, 10 – záchyt bicího kohoutu) [2]</i> | 13 |
| <i>Obrázek 3 Záznam měření spouště ([3], upraveno)</i> | 15 |
| <i>Obrázek 4 CZ Shadow 2 – Full-size [12]</i> | 16 |
| <i>Obrázek 5: Ruger LCP II – Micro [13]</i> | 17 |
| <i>Obrázek 6: Rozměrové porovnání COLT Anaconda 8" a Ruger LCR [14]</i> | 18 |
| <i>Obrázek 7: Upínač zbraně – TriggerScan™ společnosti Dvorak instruments [16]</i> | 19 |
| <i>Obrázek 8: Rozměrové parametry MidiDyn / 9129AA [17]</i> | 20 |
| <i>Obrázek 9: Vyznačení zásobníkové komory ([18], upraveno)</i> | 22 |
| <i>Obrázek 10: Zásobník Ruger LCP [13]; Obrázek 11: Zásobník Walther PDP [19]</i> | 23 |
| <i>Obrázek 12 CZ Shadow 2 – oblasti upnutí ([20], upraveno)</i> | 24 |
| <i>Obrázek 14 CZ Shadow 2 – Vyznačená oblast ([29], upraveno)</i> | 26 |
| <i>Obrázek 13: Sig Sauer P365 – Vyznačená oblast ([12], upraveno)</i> | 26 |
| <i>Obrázek 17 Beretta 92FS – Vyznačené rozměry ([30], upraveno)</i> | 26 |
| <i>Obrázek 18 CZ 75 D – Vyznačený rozměr ([12], upraveno)</i> | 26 |
| <i>Obrázek 19 Prostředí softwaru InSpec [23][24]</i> | 29 |
| <i>Obrázek 20 Prostředí softwaru InSpec – Postup měření [23][24]</i> | 30 |
| <i>Obrázek 21 Prostředí softwaru InSpec – Hodnoty [24]</i> | 30 |
| <i>Obrázek 22 CZ Shadow 2 – Vazby upnutí ([12], upraveno)</i> | 33 |
| <i>Obrázek 23 Glock 19 – podpory ([12], upraveno)</i> | 34 |
| <i>Obrázek 24 CZ Shadow 2 – Funkční rozměry pro upínač ([12], upraveno)</i> | 35 |
| <i>Obrázek 25 Sestava [25]</i> | 36 |
| <i>Obrázek 26 Vyrobená konstrukce</i> | 36 |
| <i>Obrázek 27 Opěrný čep [25]</i> | 37 |
| <i>Obrázek 28 Analýza MKP – čep [25]</i> | 38 |
| <i>Obrázek 29 Vedení čepu – upevnění [25]</i> | 39 |
| <i>Obrázek 30 Analýza MKP – vedení čepu [25]</i> | 40 |
| <i>Obrázek 31 Boční stěna [25]</i> | 41 |
| <i>Obrázek 32 Analýza MKP - boční stěna, před odlehčením [25]</i> | 43 |
| <i>Obrázek 33 Analýza MKP - boční stěna, po odlehčením [25]</i> | 43 |
| <i>Obrázek 34 Základna [25]</i> | 44 |
| <i>Obrázek 35 Přítlačná destička [25]</i> | 45 |
| <i>Obrázek 36 Vodící lišty, podpora hlavně [25]</i> | 46 |
| <i>Obrázek 37 Podpora závěru [25]</i> | 47 |
| <i>Obrázek 38 Upnutí zbraně při měření</i> | 48 |
| <i>Obrázek 39 druhy spouští [4]</i> | 51 |
| <i>Obrázek 40 Umístění mířidla na spoušť [6]</i> | 51 |