

Zjištění mechanické odolnosti cylindrických vložek

Mechanical Resistance of Door Cylinders Determination

Bc. Daniela Fiřová

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Daniela Filová**
Osobní číslo: **A21727**
Studijní program: **N1032A020003 Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Specializace: **Bezpečnostní technologie**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Zjištění mechanické odolnosti cylindrických vložek**
Téma práce anglicky: **Determination of Mechanical Resistance of Door Cylinders**

Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši v oblasti zabezpečení a mechanické odolnosti cylindrických vložek.
2. Připravte zkušební tělesa pro měření mechanické odolnosti cylindrických vložek.
3. Otestujte mechanickou odolnost cylindrických vložek – tlak, ohyb, tvrdost.
4. Diskutujte a statisticky vyhodnoťte výsledky testů.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. Michael BÜBL. Tajemství zámečnictví: Návod k otevírání zámků. Michael Bübl, 2013. ISBN 9781490343617.
2. ČSN EN 1303. Stavební kování – Cylindrické vložky pro zámkové systémy – Požadavky a zkušební metody. 2005.
3. T. KONÍČEK, P. KOCÁBEK, *Bezpečné bydlení*. Brno, ERA, 2003, ISBN 80-86517-63-2.
4. Ján IVANKA. *Mechanické zábranné systémy*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati, 2010. 151 s. ISBN 978-80-7318-910-5.
5. L. HOFREITER a Z. ZVAKOVÁ. *Teória bezpečnosti*. Krakov, 2019. ISBN 978-83-61645-35-1.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Aleš Mizera, Ph.D.**
Ústav automatizace a řídicí techniky

Konzultant diplomové práce: **Ing. Milan Navrátil, Ph.D.**
Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce: **20. listopadu 2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2024**

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Milan Navrátil, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. prosince 2023

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracovala samostatně a použitou literaturu jsem citovala. V případě publikace výsledků budu uvedena jako spoluautorka.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práca sa zaoberá témou zistenia mechanickej odolnosti cylindrických vložiek. V rámci teoretickej časti sú postupne definované a technicky objasnené pojmy a termíny, ktoré úzko súvisia so zvolenou problematikou. Jednotlivé kapitoly prinášajú údaje o histórii zámkových systémov, informácie s opisom a zložením podstatných častí cylindrických vložiek, ale aj ich nedostatky. Súčasťou práce sú možnosti ochrany a materiálové zloženie cylindrických vložiek, prielomová odolnosť, a taktiež legislatíva a bezpečnostné triedy. V rámci praktickej časti práce je skúmaná závislosť použitej sily a mechanickej deformácie pri prelome cylindrickej vložky. Záverom diplomovej práce sú namerané dáta vyhodnotené a spracované v podobe tabuliek a grafov.

Kľúčové slová: cylindrické vložky, mechanická deformácia, prielomová odolnosť, tvrdosť, zámkové systémy

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the topic of determining the mechanical resistance of cylindrical inserts. Within the theoretical part, concepts and terms closely related to the chosen issue are gradually defined and technically clarified. Individual chapters provide data on the history of lock systems, information with a description and composition of essential parts of cylindrical inserts, as well as their shortcomings. Part of the work is the protection options and material composition of cylindrical inserts, breakthrough resistance, as well as legislation and safety classes. As part of the practical part of the work, the dependence of the applied force and mechanical deformation at the break of the cylinder liner will be investigated, or its possible resistance according to the security classes most used in everyday life. At the end of the diploma thesis, the measured data will be evaluated and processed in the form of tables and graphs.

Key words: cylinder liners, mechanical deformation, breakthrough resistance, hardness, locking systems

Na tomto mieste by som chcela poďakovať vedúcemu mojej diplomovej práce *doc. Ing. Alešovi Mizerovi, Ph.D.* a taktiež konzultantovi diplomovej práce *Ing. Milanovi Navrátilovi, Ph.D.* za ich odborné vedenie a cenné rady pri vypracovaní diplomovej práce.

Moje motto:

„ Učím sa celý život. “

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 CYLINDRICKÉ VLOŽKY A PRIELOMOVÁ ODOLNOSŤ	10
1.1 PRVKY MECHANICKÝCH ZÁBRANNÝCH SYSTÉMOV	10
1.2 HISTÓRIA A VÝVOJ CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK.....	11
1.3 CYLINDRICKÉ VLOŽKY	12
1.4 POPIS CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK	15
1.5 KEÚČ K CYLINDRICKEJ VLOŽKE.....	20
1.6 NEDOSTATKY CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK	22
1.7 OCHRANA CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK	24
1.8 MATERIÁLOVÉ ZLOŽENIE CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK.....	27
2 LEGISLATÍVA A BEZPEČNOSTNÉ TRIEDY	28
3 PRIELOMOVÁ ODOLNOSŤ	31
II PRAKTICKÁ ČÁST	32
4 ZÁSADY A CIELE	33
5 DRUHY CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK A ICH ZLOŽENIE	34
5.1 ZLOŽENIE CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK.....	36
5.2 SKLADBA MATERIÁLOV CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK	39
6 PRÍPRAVA SKÚŠOBNÝCH VZORIEK A ICH TESTOVANIE	40
6.1 PRETLAČOVANIE BUBIENKU	41
6.2 TROJBODOVÝ OHYB CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK	43
6.3 INŠTRUMENTOVANÁ SKÚŠKA TVRDOSTI.....	44
6.3.1 Rezanie testovaných vzoriek cylindrických vložiek.....	45
6.3.2 Lisovanie testovaných vzoriek jednotlivých častí cylindrickej vložky.....	46
6.3.3 Brúsenie a leštenie zalisovaných častí cylindrických vložiek.....	47
6.3.4 Meranie nano tvrdosti testovaných vzoriek cylindrických vložiek.....	48
6.4 ODVRTAVANIE CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK.....	49
7 VÝSLEDKY LABORATÓRNYCH MERANÍ A DISKUSIA	51
7.1 PRETLAČOVANIE CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK	51
7.2 OHYB CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK.....	52
7.3 TVRDOSŤ CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK	56
7.4 ODVRTAVANIE CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK.....	62
ZÁVĚR	63
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	67
SEZNAM OBRÁZKŮ	69
SEZNAM TABULEK	71
SEZNAM GRAFŮ	72
SEZNAM PŘÍLOH	73

ÚVOD

Zámkové systémy sú základným zabezpečením majetku, nášho súkromia ale aj osobnej bezpečnosti od počiatku ich vynájdenia. Po celú dobu ich existencie a užívania boli známe po celom svete každodenným používaním väčšiny ľudstva. Od začiatku existencie sa stali prvotným bodom zámkového systému v oblasti mechanických zábranných systémov. Súčasou tematikou riadenia prístupu je posunutie hraníc a možnosť identifikovať užívateľa a väčšia bezpečnosť, mnohokrát aj zmenou technológie vnútorného mechanizmu, ale hlavne zachovaním časom osvedčeného kolobehu funkcií vedúcich k stavu zamknúť alebo odomknúť. Je to princíp, ktorého začiatok používania bol v čase predchodcov dnešných cylindrických vložiek. Mechanický zámkový systém patrí k historickým vynálezom ľudstva.

Priorita, ktorá je nevyhnutnosťou zámkového systému je spoľahlivosť a stabilné vlastnosti zámkového systému. Za akýchkoľvek okolnosti sa predpokladá a očakáva zachovanie primárnych funkcií: povolenie prístupu držiteľovi vlastniaceho zodpovedajúci kľúč a ochranu pred nežiaducim vniknutím, deštruktívnym alebo nedeštruktívnym zásahom. Pevnú stabilitu sa snažíme dosiahnuť v maximálnom možnom rozsahu z hľadiska vplyvu a meniacich sa okolnosti. Nevyhnutnosť zachovať dostatočnú mieru spoľahlivosti a fungovania v danej lokalite využívania.

V diplomovej práci sú využité overené princípy metodiky z uvedenej literatúry s nevyhnutnými úpravami cielenými na presnejšie údaje a reflektujúcimi na náročnejšie požiadavky zadania práce. Komplexné zhrnutie použitých metód a procesov je uvedené v kapitolách praktickej časti práce.

Úvodná časť teórie v práci pojednáva o zámkových systémoch a ich účele v kategórii mechanických zábranných systémov (ďalej len MZS). Spomínané uvedenie do problematiky má iba stručne informatívny charakter, pretože sa jedná o všeobecné a z pohľadu práce sekundárne dáta. V ďalších kapitolách je prezentovaná problematika vo vzťahu k prielomovej odolnosti cylindrických vložiek. Ide o dôležitý podklad dopĺňajúci vykonané laboratórne merania v praktickej časti. Praktická časť vo svojom obsahu uvádza nadväznosť a previazanosť vybraných vlastností celého zámkového systému.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 CYLINDRICKÉ VLOŽKY A PRIELOMOVÁ ODOLNOSŤ

Prvá kapitola je úvodom do problematiky mechanických zábranných systémov (ďalej len MZS) a zámkových systémov. Zámkové systémy sú základnými prvkami každého bezpečnostného systému a sú neoddeliteľnú súčasťou nášho života. Do každého návrhu zabezpečenia objektu je nevyhnutné MZS zahrnúť, identifikovať stupeň poskytovanej ochrany týmito prvkami a špecifikovať požiadavky inštalácie a prielomovú odolnosť pre použité MZS.

V jednotlivých kapitolách sa oboznámime s históriou cylindrických vložiek, s opisom a zložením podstatných častí, ale taktiež aj s nedostatkami a materiálovou skladbou a štruktúrou cylindrických vložiek.

1.1 Prvky mechanických zábranných systémov

Mechanické zábranné systémy sú technickou ochranou využívanou v priemysle komerčnej bezpečnosti (ďalej len PKB) s prelomovou odolnosťou. Prelomová odolnosť je reálny časový priestor potrebný k prekonaniu MZS.

Mechanické prvky na ochranu objektov sú kategorizované do štyroch oblastí:

- a) prostriedky obvodovej ochrany,
- b) prostriedky plášťová ochrany,
- c) prostriedky predmetovej ochrany,
- d) prostriedky špeciálnej ochrany.

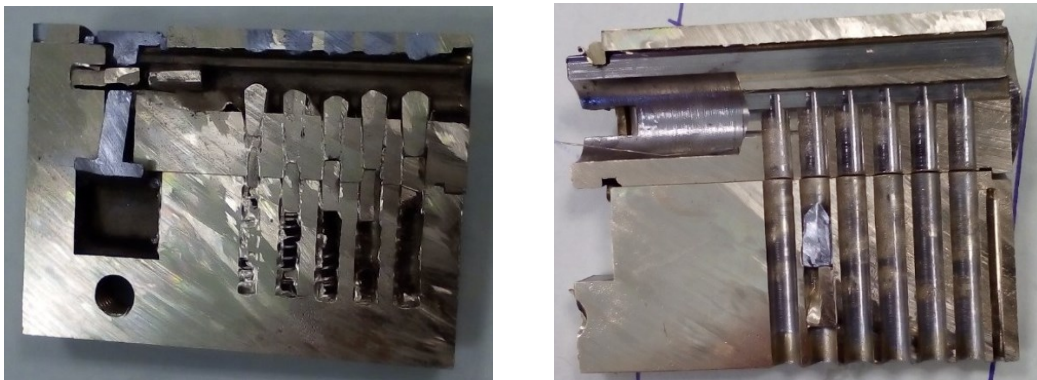
Cylindrické vložky a zámkové systémy sú zaradené v prostriedkoch individuálnej ochrany a objektovej ochrany technických oblastí v MZS.

Prehľadným popisom a zložením k jednotlivým funkciám a úlohám objasníme jednotlivé druhy ochrany objektov. Čím zistíme ako sa navzájom dopĺňajú a tým sú súčasťou systémového fungovania, zabezpečujúceho ochranu objektu a majetku [1] [2] [3].

Všetky prostriedky ochrany z kategorizovaných oblastí sú známe každému jednotlivcovi, keďže už od počiatku školských čias bolo samozrejmosťou viesť každé dieťa k samostatnosti a zodpovednému prístupu nepriamo poznávať prvky mechanických zábranných systémov a cielene užívať cylindrické vložky a zámkové systémy každodenným používaním.

1.2 História a vývoj cylindrických vložiek

Počiatky historického vývoja cylindrickej vložky začal patentom Američana Linusa Yalea ml. rokom 1865. Yale dal patentovať zámkovú cylindrickú vložku s kruhovým tvarom tela a piatimi odpruženými stavítkami v jednom rade za sebou. Postupným vývojom nadviazal na skoršiu prácu svojho otca s využitím svojich predchádzajúcich konštrukcií. Z USA do Európy sa zámková cylindrická vložka dostala na začiatku 20. storočia ale až po 1. svetovej vojne došlo k jej využitiu. Začiatkom dvadsiaty rokov minulého storočia nemecký technik Silvester Wöhrle vyvinul cylindrickú vložku s profilovým tvarom tela, ktorá sa skrútkou upevňovala z čela zadlabovacieho zámku. Konštrukcia uchytienia umožňovala zabezpečenie cylindrickej vložky v zodpovedajúcom profilovom otvore zadlabovacieho zámku dverí a tým bolo možné rýchlo a jednoducho vymeniť zámkové vložky. V roku 1924 berlínska firma Zeiss-Ikon dala patentovať profilovú cylindrickú vložku. Prvé profilové cylindrické vložky sa vyrábali v ich dcérskej firme pod značkou Hahn. Spomínaná patentovaná cylindrická vložka, ktorá má v hornej časti otočný valec (cylinder) s otvorom pre kľúč v spodnej zúženej časti odpružené kolíky so stavítkami, sa stala štandardom aj pre iných výrobcov až po súčasnosť [4] [5] [6] [28].



Obr.1 Cylindrická vložka - rez [Vlastný zdroj]

Postupnou históriou cylindrických vložiek a nezadržateľným vývojom zámkových systémov naprieč niekoľkými storočiami sa mechanizmus po technickej stránke vyformoval do dnešnej podoby a so štandardným využívaním po celom svete.

1.3 Cylindrické vložky

Cylindrická vložka je elementárnym prvkom objektovej ochrany, a to hlavne vďaka výhodám, ktoré zámkový systém ponúka. Celkovo je zámkový systém tvorený závorovou konštrukciou a uzatváracím systémom. Hlavná prednosť je v jednoduchosti používania a taktiež vďaka jednotnému normovaniu je možné používať súčiastky od rozdielnych výrobcov. Rovnako výmena cylindrickej vložky je veľmi jednoduchá a rýchla zvládnuteľná aj laikom. Široké spektrum veľkého množstva kombinácií možných kľúčov je výhodou, čím sa počet kolíkov ešte mnohonásobne zvyšuje. Moderné cylindrické vložky sú vybavené nielen mechanikou ale aj elektronikou, kde v bezpečnostnom systéme dochádza k ich vzájomnému prepojeniu. Vďaka čomu sa dá kontrolovať aj kód, ktorý je už uložený v pamäti kľúča priamo od výrobcu [4] [5] [7] [29].

Používanie rôznych druhov materiálu a rozličné konštrukčné riešenie jednotlivých cylindrických vložiek určuje a ovplyvňuje stupeň bezpečnosti a tým aj úroveň zabezpečenia daného chráneného priestoru. Postupným vývojom výroby cylindrických vložiek sa kládol dôraz na kvalitu a rozšírenie sortimentu materiálov, čím sa v súčasnej dobe pri výrobe využívajú nové špeciálne zliatiny, ktoré zaručujú spoľahlivú odolnosť pred hrubou deštrukčnou silou a tým sa zvyšuje level bezpečnostnej úrovne.

Nezastaviteľný pokrok je v tejto oblasti nevyhnutný keďže sa majetkové pomery našich domácností, firiem a spoločností zvyšujú, čo si vyžaduje stále lepšie a kvalitnejšie zabezpečenie a ochranu objektov a plôch na požadovanú bezpečnosť.

Zo širokej ponuky je známa rakúska firma EVVA, ktorá vyrába profilovú cylindrickú vložku s magneticko-mechanickým systémom - model MCS. Spomínaná vložka má schopnosť vytvoriť 16 772 216 možných kombinácií a je zložená zo 140 súčiastok [8] [9] [10].

K najmodernejším cylindrickým vložkám patria motorické cylindrické vložky. Vložky sú vybavené softvérom splňajúcim zabezpečiť množstvo kritérií k dosiahnutiu požadovanej úrovne, napríklad pri kontrole vstupov a výstupov, na evidenciu dochádzky, k nahláseniu narušenia zóny, taktiež medzi prepojením s poplachovými zámkovými systémami. Možnosť odomknutia a uzamknutia cylindrickej vložky je zvládnuteľné prostredníctvom naprogramovania časových zón v jednotlivých periódach. Hlavnou prednosťou a veľkou výhodou týchto vložiek je, že majú špeciálny kľúč obsahujúci integrovaný čip a identifikačné čítacie zariadenie. Integrovaný čip je prepisovateľný a je v ňom naprogramovaná oprávnenosť použitia kľúča k príslušnej cylindrickej vložke [11] [12].

Druhy aspektov podľa ktorých je možné cylindrické vložky deliť:

- konštrukčné riešenie telesa

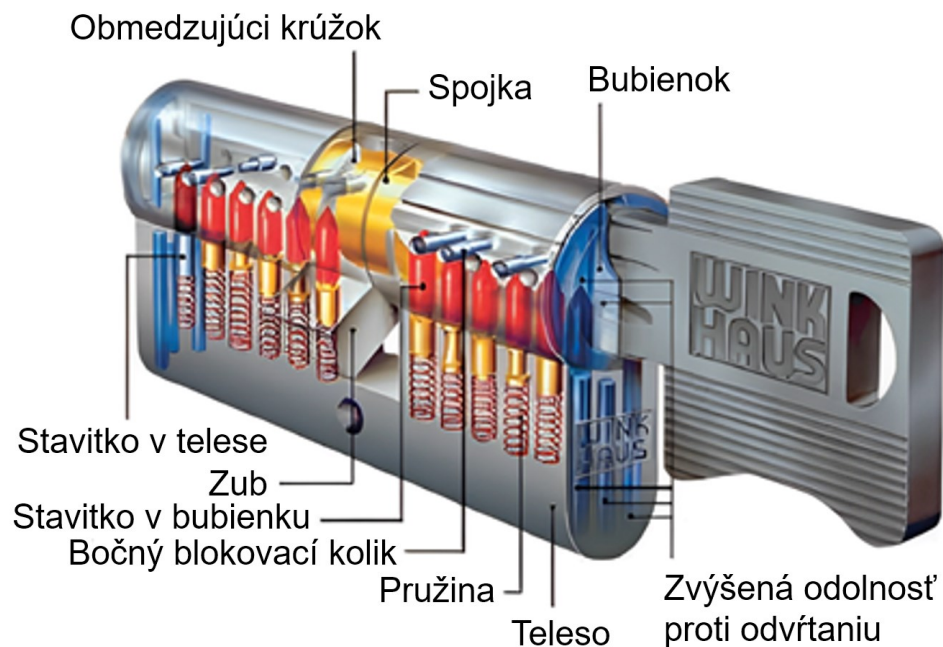
- jednoliate, tvoriace jeden celok,
- jednostranné,
- obojstranné, majú dve uzamykacie zostavy, ktoré sú zhodné,
- skladateľné, dĺžka sa nastavuje podľa hrúbky dverí;

- dĺžka telesa

- obojstranne symetrická,
- obojstranne asymetrická;

- tvar telesa cylindrickej vložky

- profilový,
- kruhový,
- oválny,
- špeciálny [13] [14].



Obr.2 Zloženie cylindrickej vložky [34]

Kapitola vykresľuje cylindrickú vložku ako hlavnú zložku, ktorá je súčasťou veľkej skupiny zabezpečovacieho systému ako celku pri objektovej ochrane a tak plní nezastupiteľnú funkciu základného zabezpečenia chráneného objektu a územia.

Cylindrická vložka bude v nasledujúcich kapitolách podrobnejšie popisovaná. Opis a zloženie jednotlivých častí, taktiež popis kľúča cylindrickej vložky.

Danými informáciami docielime uviesť do problematiky, ktorá nás navodí na lepšie pochopenie priebehu praktickej časti. Po absolvovaní a vyhodnotení meraní, nám prostredníctvom nameraných hodnôt po vykonaní pokusov na vybraných vzorkách cylindrických vložiek v rôznych bezpečnostných triedach bude jasná rozdielnosť prielomovej odolnosti.

1.4 Popis cylindrických vložiek

Podstatným mechanizmom cylindrickej vložky je zloženie z niekoľkých samostatných častí, v súčinnosti s prevedením vzájomného fungovania, závislého od použitých materiálov a bezpečnostných prvkov, tým sú rozhodujúcimi ukazovateľmi celej zámkovej mechaniky a tiež aj miera prielomovej odolnosti. Popis jednotlivých podstatných častí cylindrických vložiek je objasnený v nasledujúcich odstavcoch [6] [8] [17].

- Telo cylindrickej vložky stanovuje celkový vzhľad a veľkosť zámkového systému. Konštrukcia tela obsahuje všetky potrebné súčasti a zabezpečuje ich potrebnú koexistenciu aj bezporuchovú interakciu v priebehu funkčného procesu [2] [15].
- Profil valca je bezpečnostným prvkom, ktorý zaisťuje zvýšenú ochranu a bráni pred nedeštruktívnou možnosťou prekonania cylindrickej vložky. Zabezpečuje vložku hlavne pred možnými alternatívnymi spôsobmi vniknutia cudzími predmetmi do valca, čím sa zaisťuje bezpečnosť cylindrickej vložky a tým sa zníži pravdepodobnosť prekonania zámkového systému [6] [13].



Obr.3 Tvar profilu valca [Vlastný zdroj]

- Valec cylindrickej vložky kde použitím originálneho kľúča sa blokovacie kolíky vysunú tesne nad povrch valca, čím sa dosiahne pohyb rotačného valca a ten je vzápätí premiestnený na ozub cylindrickej vložky. Závora je zabezpečená funkčným stavom zámkového systému, ktorý má tri polohy: odomknutá, zamknutá na jeden západ alebo zamknutá na dva západy. Prostredníctvom stavítok, ktoré reagujú na zasunutie predmetu do valca nastáva prerušenie blokácie pohybu [7] [15].
- Zub cylindrickej vložky má primárnu funkciu a nazýva sa tiež excentrický palec. Na princípe platnej identifikácie je možné realizovať proces odomykania a uzamykania cylindrickej vložky. Sekundárnou úlohou zubu je zvýšenie a zlepšenie zabezpečenia ochrany proti vyrazeniu cylindrickej vložky. K deštrukcii alebo prekonaniu zámkového systému bráni excentrická poloha, ktorá vyžaduje dostatočne potrebnú silu na narušenie alebo poškodenie cylindrickej vložky [1] [13].
- Blokovacie kolíky majú základnú polohu v rozhraní valca cylindrickej vložky a tela cylindrickej vložky. V základnej polohe sú udržiavané pružinami. Rôznorodosť tvarov blokovacích kolíkov zaisťuje bezpečnostné opatrenia a dostatočnú rezistenciu proti poškodeniu alebo vyhmataniu planžetou [2] [16].



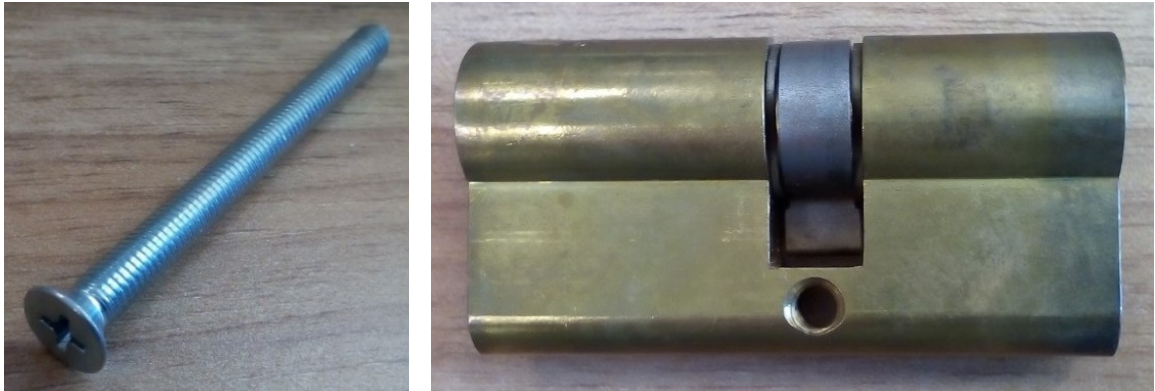
Obr.4 Rôzne tvary blokovacích kolíkov [Vlastný zdroj]

- Stavítka meniace polohu blokovacích kolíkov sú vždy závislé od tvaru zárezov použitého vloženého kľúča. Originálnym kľúčom zabezpečíme vytvoriť kontinuitu stavítok s blokovacími kolíkmi na povrch valca cylindrickej vložky. Dosiahnutá skutočnosť spôsobí otočenie kľúča a prenesie energiu v systéme na posunutie závery a požadovanú zmenu. Na stavítka je potrebný dostatočne kvalitný a tvrdý materiál, nakoľko by mohlo dochádzať k jeho včasnému opotrebovaniu [16] [17].
- Medzistavítka sa nachádzajú medzi stavítkami a blokovacími kolíkmi. Ich funkciou je zvyšovať rozsah a počet kombinácií smerujúcich k voľnému pohybu valca [6] [17].
- Pružiny plnia dôležitú funkciu celého zámkového systému, a tým že sú dynamickým prvkom cylindrickej vložky, ktorý udržuje celý systém v základnom stave. Funkčnosť pružín nadväzuje na ďalšie prvky, ako sú stavítka a blokovacie kolíky [16] [17].



Obr.5 Stavítka, blokovacie kolíky a pružiny [Vlastný zdroj]

- Skrutka M5 je určená na upevnenie a inštaláciu cylindrickej vložky. V strede zámkového systému je otvor na skrutku. Z dôvodu nepostačujúce množstva materiálu v tejto časti cylindrickej vložky hrozí najpravdepodobnejšie nebezpečenstvo rozlomenia a fatálneho poškodenia vložky [7] [16].



Obr.6 Skrutka M5 na upevnenie cylindrickej vložky [Vlastný zdroj]

- Spojka vytvára spojenie medzi valcom (na obrázku č. 6 vľavo) a zubom cylindrickej vložky (na obrázku č. 6 vpravo), a tým je umožnené otočenie kľúča a posunutie závary. Vždy je potrebné aby tvar spojky nadväzoval na profil otvoru zubu kvôli funkčnosti zámkového systému [2] [16].



Obr.7 Spojka a zub cylindrickej vložky [Vlastný zdroj]

Princíp cylindrických vložiek

Vložením správneho kľúča do príslušnej cylindrickej vložky je umožnené zámok zamknúť alebo odomknúť. Ak chceme valcom vo vložke otočiť, je nutné dostať všetky blokovacie kolíky pod rozhranie medzi valcom a telesom zámku a poloha horných kolíkov je nad týmto rozhraním. Kľúč, ktorý nie je kompatibilný s daným zámkom, tak bude jednému alebo viacerým kolíkom brániť otočeniu valca. Zub, ktorým sa uzamyká závora vo dverách je blokovacím ústrojenstvom cylindrickej vložky a nie je k valcu napevno prirobený, prenos je tu riešený prostredníctvom spojky, ktorá je špičkou kľúča tlačaná z cylindra na zub, kde je kľúč vložený a je možné následne zamknúť či odomknúť [17] [19] [29].

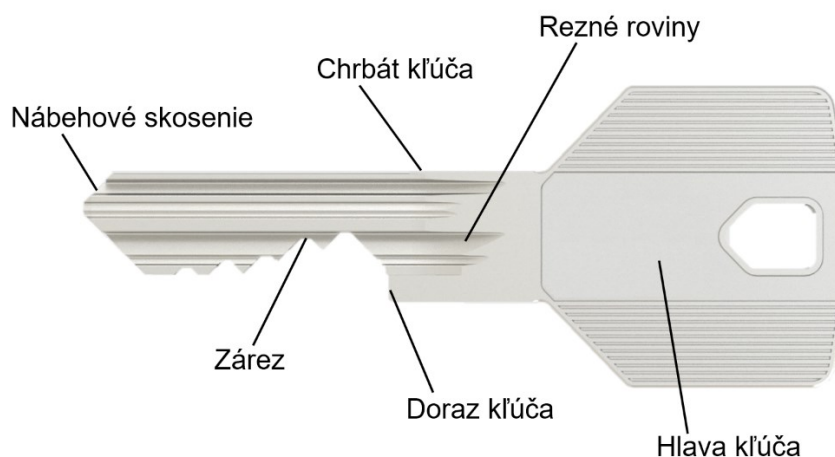
Kapitola objasňuje zloženie cylindrickej vložky a popisom každej jej časti je získaný prehľadný celok, na základe ktorého si dokážeme predstaviť fungovanie zámkovej mechaniky ale tiež je možné sa vyvarovať chýb spôsobené nesprávnou manipuláciou.

Mechanizmus cylindrickej vložky je systém, ktorý na seba vzájomne nadväzuje, kde pri zapadnutí jednotlivých komponentov prinesie výsledok ako plne funkčný bezpečnostný ochranný prvok.

Nasledujúca kapitola poníma detailne o kľúči k cylindrickej vložke, kde detailnejšie získame vedomosť o každej jeho časti a jej funkčnosťou, ktorá je nevyhnutná a dôležitá k správnej súhre činnosti bezpečnostného systému a ochrane chráneného priestoru alebo objektu.

1.5 Kľúč k cylindrickej vložke

Kľúč k cylindrickej vložke patrí medzi mechanické prvky, a má za úlohu uchovávať informácie, čím plní funkciu pevnej schránky na prechovávanie dát. Najdôležitejší je výber materiálu, mal by byť dostatočne pevný a tvrdý, aby sa opakovaným užívaním neskreslila pôvodná informácia [12] [18].



Obr.8 Popis profilového kľúča [Vlastný zdroj]

Popisom jednotlivých častí profilového kľúča získame podrobné informácie o funkciách daných častí:

- Hlava kľúča je ovládacou časťou kľúča, ktorá má mať pohodlnú manipuláciu v priebehu uzamykacej a odomykacej činnosti. Na hlave kľúča je zvyčajne uvedený údaj o výrobcovi kľúča, prípadne aj príslušné číslo daného kľúča.
- Telo kľúča má zásadný nosný znak, a sú na ňom obsiahnuté všetky dôležité a základné súčasti. U kľúča je nutnosťou aby reagoval na danú problematiku bezpečnostného stavu rovnako ako u cylindrickej vložky a celého zámkového systému.
- Doraz kľúča sa nachádza pod hlavou kľúča, je to nárazová plocha, ktorá zaručuje správnosť polohy zasunutého kľúča. Ak sa doraz nenachádza v maximálnej blízkosti

tela cylindrickej vložky, príp. sa nedotýka priamo zámkového systému, kľúč nie je dostatočne zasunutý a nedôjde k možnému správne otočeniu valca.

- Zárez posunie vlastnou výškou príslušné stavítko, čím dosiahne požadovanú pozíciu. Jednotlivé zárezy vytvárajú opačný pól ku každému stavítku.
- Rezné roviny kľúča sú bezpečnostnými prvkami, ktorý zabezpečuje originalitu kľúča a zároveň zodpovedá profilu vo valci cylindrickej vložky. Väčšina iných kľúčov nemôžu byť do valca vložky zasunutá (záleží na kvalite profilu a rezných rovinách).
- Chrbát kľúča tvorí rovina vrchnej časti kľúča, od ktorej bývajú väčšinou určované vzdialenosti zárezov a ďalších prvkov kľúča.
- Nábehové skosenie je umiestnené v špičke kľúča, tlačí pri plnom zasunutí na spojku a tým zároveň určuje, ktorý z daných valcov zámkového systému bude prenášať energiu na ozub cylindrickej vložky [18].

Súhrnom troch predchádzajúcich kapitol bol získaný prierez informácií, ktoré nám postupne objasňujú teoretické poznatky a dostávajú nás do obrazu problematiky, ktorej bude venovaná praktická časť diplomovej práce.

S elementárnou znalosťou k uvedenej téme bude ľahšie pochopiť súvislosti a prepojenosť jednotlivých kapitol, čo prispeje k hlbšiemu porozumeniu výsledných meraní a potvrdeniu stanovenej hypotézy.

1.6 Nedostatky cylindrických vložiek

Každá cylindrická vložka má isté nedostatky, ktoré sú spôsobené už pri výrobnom procese. Cylindrické vložky sa pri výrobe stále potykajú s miernymi odchýlkami, ale neustálym technologickým vývojom sa drobné anomálie postupne ale isto minimalizujú a z výroby sa dostávajú na trh stále presnejšie a kvalitnejšie zámkové systémy. Z praxe vieme, že všetko čo je maximálne chránené a zabezpečené, sa dá prelomiť a prekonať. Či už elektronickou cestou alebo mechanickou cestou, 100% istotu nezaručí žiadny výrobca, aj keď snahy o zdokonalenie stále sú a to v každej oblasti tohto priemyslu [19].

Niektoré nedostatky cylindrických vložiek si priblížime pre lepšie pochopenie tejto problematiky [11] [15] [20]:

➤ Vzduch vo valci

Vzduchový priestor medzi valcom a telesom vzniká už pri výrobe, čo spôsobí nepresnosť pri lícovaní valca. Nezanedbateľný medzi-priestor umožní vsunutie kovového plieška, ktorým sa cylindrická vložka dá otvoriť, čo je dosť závažný problém pri zabezpečení zámkovým systémom.



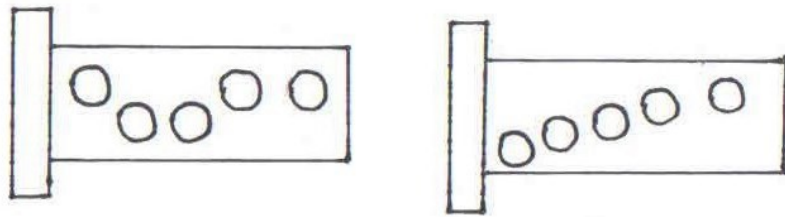
Obr.9 Valec cylindrickej vložky [Vlastný zdroj]

➤ Lícovanie valca

V telese sa môže pootočiť každým valcom o pár stupňov. Uvedená nedokonalosť dosť ovplyvní presnosť lícovania kolíkov v telese, kde je nutný priestor, čo umožňuje možnosť ich hybnosti. Už bez spomínaného minimálneho pootočenia by otvorenie mechanický nebolo možné, nakoľko by sa nedalo iným spôsobom napnúť vložku.

➤ Súososť

Kolíkové kanály smerujúce do vyvrtaných otvorov nie sú vždy na jednej línii na stredovej osi a ich odchýlka spôsobí, ktorý z kolíkov zapadne v akom poradí. Súososť určuje tempo kolíkom pri zatváraní a otváraní jednotlivej cylindrickej vložky.



Obr.10 Nákres nesúososti [Vlastný zdroj]

➤ Zvuky

Zvukový sprevádzajúci jav je vždy možné počuť pri každej cylindrickej vložke, čo spôsobujú zapadajúce kolíky alebo aj iné druhy zarážok. Novšie vložky majú zvuk už nepatrný ale u starších typov vložiek je každý pohyb zamknutia a odomknutia sprevádzaný hlasným cvaknutím [11] [15] [20].

V kapitole boli aspoň čiastočne spomenuté niektoré nedostatky pri cylindrických vložkách, ktoré sú mnohokrát zapríčinené už počas výrobného procesu a tak sa dostávajú do praxi, kde sa užívateľ stretáva s danou vadou pri bežnom užívaní. Daný nedostatok ochromuje funkčnosť zámkového systému a oslabuje požadovanú bezpečnosť.

1.7 Ochrana cylindrických vložiek

Ochrana cylindrických vložiek bola, je a bude vždy uprednostňovaná pri vývoji a výrobe z dôvodu zachovania bezpečnosti zámkových systémov. Daná skutočnosť si vyžaduje permanentné zlepšovanie konštrukčných postupov a neustále minimalizovanie chýb a nedostatkov vo vývojom a výrobnom procese, čo zohľadňuje úroveň a kvalita zabezpečovacích systémov v súčasnosti.

Vylepšenie a zdokonaľovanie dáva konštruktérom nové výzvy k odstraňovaniu opakovaných problémov, čím ide o snahu zabrániť prekonať zraniteľnosť jednotlivých zámkových systémov. Vždy u nových výrobkoch je snaha o posunutie levelu k dokonalejšiemu zabezpečeniu a stupňa bezpečnosti.

Trend sa neustále posúva a jeho tempo určuje skutočnosť, že pri každom náznaku prelomenia alebo akejkol'vek zraniteľnosti systému je nevyhnutnosťou dosiahnuť vyššiu ochranu.

V praxi je to alarmujúce, vďaka zastaranej využiteľnosti zabezpečenia, alebo skôr nevyužívanie nových komponentov umožňujúcich zabezpečiť našu ochranu. Daná výmena nového za staré nastáva až pri strate kľúčov alebo dokonca po vlámaní či krádeži. Častokrát kúpou nižšej bezpečnostnej triedy alebo nevhodného zámkového systému spôsobí, že sa môže očakávať opakovaný incident, a tým aj opätovná šanca páchatel'om k prekonaniu prekážky [12] [19].

Cylindrická vložka môže obsahovať podľa konštrukcie a funkcie napr. guľičky, kotúčiky, hranoly a iné. Na zvýšenie zábrany je pasívna bezpečnosť doplnená o nasledovné ochranné prvky [12] [19] [21]:

- zábrany proti rozlomeniu môžu uchrániť najkritickejšie miesto cylindrickej vložky, čím je stredná časť, ktorá je zoslabená závitovým otvorom M5. Spevnenie môže byť dosiahnuté valcovým montážnym dielom, ktorý je pripevnený ku vložke.



Obr.11 Rozlomenie cylindrickej vložky [Vlastný zdroj]

- zábrany proti odvrtnutiu sú najčastejšie umiestnené na prednej časti vložky, čím sa zabezpečí znemožniť odvrtnutie cylindrickej vložky. Do vložky je zabudovaný proti-odvrtací prvok, ktorý je z oceľovej výstuže situovaný do cylindra vložky, a takto zabráni prevrtaniu a ochráni zámkový systém.



Obr.12 Cylindrická vložka s ochranou proti odvrtnutiu [35]

- zábrany proti vytrhnutiu slúžia proti vytrhnutiu cylindrickej vložky z dverného zámku, ktorý často bez potrebnej úpravy presahuje profil vložky. Potrebnú úpravu vložky môžeme previesť, buď umiestnením priečneho presahujúceho oceľového kolíka do telesa vložky v polovici prednej časti približne vo výške závitu M5, alebo umiestnením zábrany v tvare U do spodnej časti telesa cylindrickej vložky.



Obr.13 Ochranou proti vytrhnutiu [36]

Spomínané zábrany patria do pasívnej bezpečnosti ale celkovo spĺňajú podmienky na ochranu cylindrických vložiek a zabránia násilnému prekonaniu zámkových systémov, a to všetko aj vďaka kvalitnému materiálu využívaného na zhotovenie týchto zábran [12] [19] [21].

Kapitola o ochrane cylindrických vložiek je témou na odborné diskusie ako dostatočne zabezpečiť chránený objekt, pričom sa neustále zdokonaľujú nové technológie a výrobcovia prichádzajú s novými patentami aby sa zabránilo prekonať najnovšie zámkové systémy.

1.8 Materiálové zloženie cylindrických vložiek

Štandardné materiálové zloženie cylindrickej vložky je hlavne mosadz, ktorá je zliatinou medi a zinku, príp. iných prvokov ale s malým podielom. Z čoho následne vyplývajú mechanické vlastnosti, ktoré sú priamo závislé o pomere zloženia a skladby jednotlivých prvkov materiálu.

Materiálová skladba určuje mechanické vlastnosti cylindrickej vložky, čo je dôležité pri zaradení do bezpečnostných tried a celkovo jej odolnosti proti narušeniu.

Dôležitá je vnútorná skladba materiálu, napr. mosadz, ktorá aj napriek vyššiemu výskytu zinku nemení svoju odolnosť a škálu využitia. Odolnosť môže byť narušená vplyvom nárastu alebo poklesu tepla, kedy sa môžu meniť vlastnosti materiálu a tým aj zmena tvrdosti [2] [23] [24].

Prvá kapitola nám vo všeobecnosti objasnila mechanické zábranné systémy s podrobnejším zameraním na zámkové systémy, ktoré patria do bezpečnostného systému a plnia ochrannú funkciu.

V podkapitolách sme sa dozvedeli bližšie údaje o konštrukčnom zložení cylindrických vložiek, o ich nedostatkoch vzniknutých pri výrobnom procese, ale aj informácie materiálového zloženia cylindrickej vložky.

2 LEGISLATÍVA A BEZPEČNOSTNÉ TRIEDY

Legislatívne sú bezpečnostné triedy ošetrené a jasne určené vo forme noriem, kde je podrobne stanovené a špecifikované ich použitie v praxi. Na základe dodržania príslušnej normy je následne vydaný certifikát o používaní daného výrobku, ktorý spĺňa všetky atribúty schválenej normy.

V súčasnosti sú v platnosti európske normy, ktoré si preberajú jednotlivé štáty EU a majú rovnaký status ako originálna verzia na čo dohliada agentúra pre šandardizáciu.

Diplomová práca, ktorá sa zaoberá zisťovaním mechanickej odolnosti cylindrických vložiek bude prebiehať skúšaním zámkov a cylindrických vložiek, ktoré budú podliehať skúškam podľa noriem ČSN EN 1627 až ČSN EN 1630, ktoré sú v platnosti od 01.04.2022 a boli schválené CEN/CENELEC.

Bezpečnostné triedy – klasifikácia podľa ČSN EN 1627 sa delia do šiestich skupín a to podľa konštrukčných požiadaviek a príslušných skúšok, ktoré sú nasimulované predpokladanou metódou o mechanický útok alebo pokusom o vlámanie [25] [26] [27].

➤ Bezpečnostná trieda 1

Prvá bezpečnostná trieda má nízke riziko, pri nej sa predpokladá, že príležitostný zlodej skúša vlámanie bez profesionálneho náradia a taktiež nemá žiadne znalosti o úrovni rizika. Chýbajúce informácie o pravdepodobnom lupe svedčia akou formou prevádza fyzické násilie (búchanie, narážanie, kopanie, vytrhávanie). Absencia poznatku o úrovni odolnosti objektu alebo stavby komplikuje jeho snahu, čím sa predlžuje doba prekonania a hlučnosť s ňou spojená.

➤ Bezpečnostná trieda 2

Druhá bezpečnostná trieda má zanedbateľné riziko a príležitostný zlodej bez evidentnej znalosti očakávaného výsledku skúša sa vlámať do objektu s použitím elementárnych nástrojov (kliešte, páčidlo, skrutkovač, ručná píla). Príležitostný pokus na vlámanie nabáda zlodeja k danej príležitosti, než by mal predstavu o úrovni odolnosti a potrebného času na prekonanie prekážky a spôsobom hluku. Použitie mechanickej ručnej vrtačky nefigurujú v tejto úrovni bezpečnostnej triedy, nakoľko sú zaradené k cylindrickým vložkám proti vrtaniu.

➤ Bezpečnostná trieda 3

Tretia bezpečnostná trieda má strednú úroveň rizika a zlodej nemá evidentnú vedomosť o očakávanom úspechu vlámania, čiže neodhaduje stupeň obťažnosti. Použitím ručného náradia (skrutkovač, páčidlo, mechanická ručná vrtačka, malé kladivko) a zvýšenou silou dokáže zlodej prekonať uzamykacie zariadenie. Typický pokus vlámania prináša odhadované výhody krádeže s očakávaním prekonania určitej odolnosti a nutného času k prevediteľnosti, ale sprevádzaný nežiadúcim hlukom.

➤ Bezpečnostná trieda 4

Štvrtá bezpečnostná trieda má väčšie riziko, ktoré je skúsený zlodej ochotný prijať, pretože očakáva istý prospech, kvôli ktorému padajú zábrany a pokračuje v činnosti krádeže nehľadiac na úroveň spôsobeného hluku. K dobrej zručnosti zlodca s využitím širšieho sortimentu náradia (prenosná akumulátorová vrtačka, sekera, ťažké kladivo, dláto) poskytujú pravdepodobnejšiu úspešnosť a opakovanosť vlámania.

➤ Bezpečnostná trieda 5

Piata bezpečnostná trieda má vysokú rizikovosť, ktorá je sprevádzaná veľkou hlučnosťou, pričom aj za týchto podmienok je zlodej rozhodnutý pokračovať vo vlámaní lebo odhaduje adekvátne obohatenie. V dobre premyslenej akcii je vybavený elektrickým náradím (priamočiara píla, vrtačka, uhlová brúska s kotúčom - priemer 125 mm) a s touto výbavou rastie úspešnosť vydareného vlámania.

➤ Bezpečnostná trieda 6

Šiesta bezpečnostná trieda má najvyššiu úroveň rizika, ktorá je ale priamo úmerná nebezpečenstvu lebo zlodej predikuje záruku enormného prospechu. Vlámanie je detailne organizované a v akcii pokračuje aj napriek hlučnosti. Vysoká úroveň zručnosti s využitím výkonného elektrického náradia (elektrická píla, elektrická vrtačka, uhlová brúska s kotúčom – priemer 230 mm) je ľahko ovládateľná jednou osobou, zaručuje efektívnosť a potencionálny úspech pri vlámaní [25] [26] [27].

Sumarizovanie vyústilo k záveru, že rozdelenie bezpečnostných tried je možné aj do dvoch základných skupín, ktoré spájajú jednotné črty sprevádzajúce okolnosti prevedenia a využitia príslušného náradia.

1. – 3. bezpečnostná trieda

Úroveň napadnutia prislúcha neplánovaným akciám, mnohokrát s okamžitým nápadom keď zloděj reaguje spontánne. Vlámanie je prevedené bez použitia elektronického náradia, obvykle s improvizovanými inštrumentami v kombinácii použitia hrubej sily. Páchateľ v týchto triedach sa snaží eliminovať hlučnosť a tiež o maximálne skrátenie doby prekonania prekážky. Vysokou mierou odolnosti, priamo úmerne klesá úspešnosť vlámania, čo tiež svedčí o nepravdepodobnosti premyslenia napadnutia.

4. – 6. bezpečnostná trieda

Level vlámania potvrdzuje, že daná udalosť bola detailne plánovaná s podrobnosťami vykonania a so zapojením viacerých páchatel'ov. Dôkazom je použitie výkonného elektrického náradia s minimálnou dobou použitia a bez ohľadu na hluk. Akcia je premysleným počinom profi zlodějov so značnými skúsenosťami, ktorí majú vytipovaný objekt s presvedčením vysokého profitu. Mnohokrát sa jedná o organizované skupiny zlodějov, príp. až gangy, pre ktorých je to dlhodobá forma obživy, a tým klesá šanca na dopadnutie a objasnenie zločinu [25] [26] [27].

3 PRIELOMOVÁ ODOLNOSŤ

Prielomová odolnosť je schopnosťou mechanických zábranných systémov (ďalej len MZS) odolať prípadným pokusom o preniknutie zabezpečenia za určitých okolností, a jedná sa o základnú črtu všetkých MZS.

Aj napriek tomu, že každý mechanický zábranný systém má ochrannú funkciu, ale pri použití určitej sily a dostatočného náradia a potrebného času, je prekonateľný a tým páchatel' prekoná prekážku a vnikne do zabezpečeného objektu.

Pri prielomovej odolnosti je hlavne dôležitá úroveň kvality zámkového systému a jeho materiálový level ale taktiež akým spôsobom bola prevedená inštalácia daného zabezpečenia. V neposlednom rade je aj tak rozhodujúca šikovnosť a znalosť páchatel'a a jeho vybavenosť príslušným náradím s dostatočným časovým limitom.

Nevyhnutnosť využitia technickej ochrany prostredníctvom MZS je prvotným počínom k zabezpečeniu objektu alebo územia a hlavne by mali odradiť potencionálnych páchatel'ov od spáchania trestnej činnosti [3] [8] [22].

Úplným záverom teoretickej časti diplomovej práce je zhrnutie poznatkov o cylindrických vložkách, ich zloženie z jednotlivých častí a prvkov, ale aj ich materiálovej skladbe, a vďaka týmto jednotlivým rozdielom a odlišnostiam sú zaradené do rôznych bezpečnostných tried.

Prostredníctvom prielomovej odolnosti bude v praktickej časti diplomovej práce testovaná mechanická odolnosť všetkých bezpečnostných tried, kde odlišná deformácia potvrdí alebo vyvráti dôležitosť nameranej tvrdosti materiálu na testovaných vzorkách cylindrických vložiek, čím sa zistí miera mechanickej odolnosti cylindrických vložiek.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 ZÁSADY A CIELE

Zásadami pre vypracovanie diplomovej práce bolo splnenie nasledovných bodov:

- vypracovanie literárnej rešerše v oblasti zabezpečenia a mechanickej odolnosti cylindrických vložiek,
- príprava skúšobných telies na meranie mechanickej odolnosti cylindrických vložiek,
- otestovanie mechanickej odolnosti cylindrických vložiek – tlak, ohyb, tvrdosť,
- vyhodnotenie výsledkov testov.

Cieľom diplomovej práce bolo z nameraných výsledkov potvrdiť alebo vyvrátiť mechanickú odolnosť cylindrických vložiek, prostredníctvom prevedených testov na použitých vzorkách, a s dôsledným posúdením vyhodnotiť získané údaje a dáta.

5 DRUHY CYLINDRICKÝCH VLOŽIEK A ICH ZLOŽENIE

Kapitola popisuje postup, ktorým boli testované vybrané cylindrické vložky rôznych bezpečnostných tried na jednotlivých zvolených technických zariadeniach.

Celosvetovo nie je zjednotené hodnotenie tried bezpečnosti cylindrických vložiek, preto je pomerne ťažké určiť, do ktorej triedy presne spadajú testované cylindrické vložky. Na testovanie mechanickej odolnosti boli vybrané cylindrické vložky rôznej konštrukcie a materiálového zloženia, aby boli obsiahnuté všetky triedy bezpečnosti. Boli zhotovené cylindrické vložky ako klasickej konštrukcie (Obr.14), tak modulárnej (Obr.15).



Obr.14 Klasická konštrukcia cylindrickej vložky [Vlastný zdroj]



Obr.15 Modulárna konštrukcia cylindrickej vložky [Vlastný zdroj]

Cylindrické vložky s najvyšším stupňom zabezpečenia obsahovali tvrdokovové a magnetické prvky (Obr.16).



Obr.16 Tvrdokovové a magnetické prvky cylindrickej vložky [Vlastný zdroj]

Rozdielne hodnoty preukázali do akej miery je dôležité správnym výberom dosiahnuť bezpečnosť chráneného objektu, a preto je nevyhnutnosťou klásť dôraz na maximálne zaistenie vhodnou cylindrickou vložkou.

Všetky merania a testovania prebiehali a boli vykonané na prístrojoch a zariadeniach v laboratóriách FAI UTB, kde vhodne zvolenými metódami meraní a postupne prevedenými testami sa dospelo k výsledkom, ktoré sú uvedené v nasledujúcich kapitolách.



Obr.17 Ochrana cylindrických vložiek [30]

5.1 Zloženie cylindrických vložiek

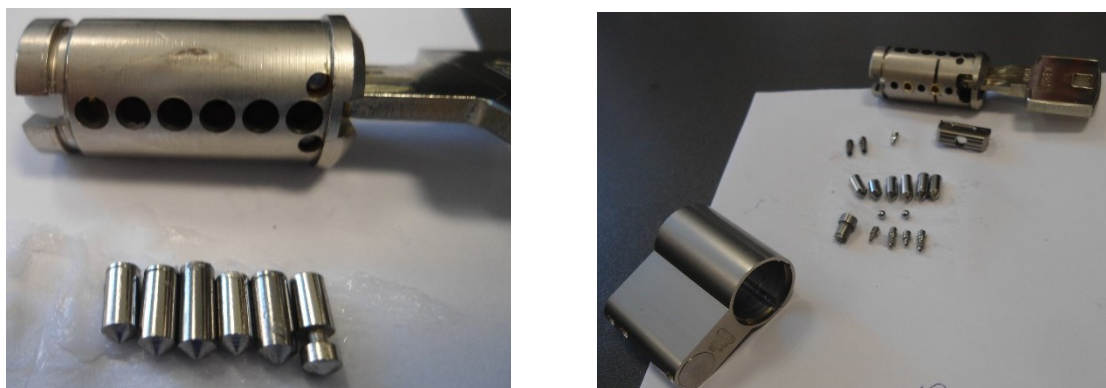
V teoretickej časti práce, v kapitole 1.4 bolo už podrobnejšie rozvedené zloženie cylindrických vložiek aj s popisom jednotlivých častí, ktorými sú telo, profil, valec, zub, blokovacie kolíky, stavítka, medzistavítka, pružiny, skrutka M5 a spojka. Zložením vymenovaných komponentov, ktoré vzájomnou nadväznosťou tvoria fungujúci systém a výsledkom je plnohodnotná činnosť cylindrickej vložky.

Žiadny z výrobcov neposkytuje podrobné zloženie cylindrických vložiek. Dôvodom je ochrana vlastného „know-how“, ktoré si všetky oslovené spoločnosti chránia a preto sú jednotlivé cylindrické vložky označené rímskymi číslicami I, II, III, IV a V, avšak neoznačujú triedu bezpečnosti.

Poskytnuté cylindrické vložky boli rozobrané na jednotlivé časti vid' obrázky 18 a 19. Tieto časti boli analyzované a následne boli merané mechanické vlastnosti. Základné cylindrické vložky obsahovali najmä prvok z mosadze.



Obr.18 Cylindrická vložka I (vľavo), II (v strede) a III (vpravo) [Vlastný zdroj]



Obr.19 Cylindrická vložka IV (vľavo) a V (vpravo) [Vlastný zdroj]

Cylindrické vložky vyšších tříd obsahovali prvky aj z tvrdokovových materiálů, napr. stavítka (Obr.20) či ochranné prvky proti odvrátání (Obr.21).



Obr.20 Ochranné prvky z tvrdokovových materiálů – stavítka [Vlastný zdroj]



Obr.21 Ochranné prvky proti odvrátání [Vlastný zdroj]

Bola zhotovená aj cylindrická vložka modulárnej konštrukcie, ktorá spĺňa jednu z najvyšších tried bezpečnosti vo svojej kategórii (Obr.22). Všetky tieto bežné (v cenovej relácii 300,- Kč až 1500,- Kč) aj veľmi odolné (1500,- Kč až 10000,- Kč) cylindrické vložky boli podrobené mechanickému testovaniu voči prelomeniu a mechanickému preniknutiu.



Obr.22 Modulárna konštrukcia cylindrickej vložky - rozložiteľná [Vlastný zdroj]

5.2 Skladba materiálov cylindrických vložiek

Kapitola 1.8 teoretickej časti popisuje základné prvky materiálového zloženia cylindrických vložiek, ktorými sú hlavne: mosadz, meď, zinok, oceľ, príp. aj iné prvky ale s minimálnym zastúpením. Zastúpenie spomenutých materiálov malo vo výsledku vplyv na hodnotu tvrdosti pri jednotlivých meraniach cylindrických vložiek.

Boli oslovení poprední výrobcovia cylindrických vložiek (ako sú STAR, CES, CISA, FAB, ABUS, EVVA a MUL-T-LOCK), ale žiaľ žiadny z týchto výrobcov cylindrických vložiek presne nedefinoval zloženie jednotlivých materiálov, ktoré používajú na výrobu jednotlivých prvkov, z ktorých sa skladajú vyrábané cylindrické vložky. Ale bolo potvrdené, že najbežnejším materiálom využívaným na výrobu tela aj prvkov cylindrických vložiek je mosadz. Výnimočne sú využívané zliatiny, ktoré majú podobné vlastnosti ako mosadz, ale sú finančne menej náročnejšie na výrobu. Na zvýšenie odolnosti tela proti prelomeniu je možné využiť modulárnu konštrukciu, kde môžu byť použité časti aj z odolnejších materiálov, ako je oceľ. Túto konštrukciu je možné využiť najmä pri objektoch s vysokým rizikom vniknutia. Avšak tieto objekty sú zabezpečené aj ďalšími zabezpečovacími prvkami, ako sú kamery, elektronický zabezpečovací systém (EVS) či strážna služba. V tejto práci je uvažované iba o preniknutí cez cylindrickú vložku. Neuvažuje sa ani dodatočné zabezpečenie kovaním či komplexné zabezpečenie dverami so zárubňami, ktoré hrajú pri zabezpečení objektov kľúčovú úlohu. Ani najsofistikovanejšie cylindrická vložka nedokáže zabrániť vniknutiu, keď nie je použitá v zodpovedajúcom systéme. Narušiteľ vždy prenikne cez najslabší článok systému.

Kapitola 5 zhodnotila druhy a zloženie cylindrických vložiek a ich skladbu materiálov, čo už bolo spomenuté aj v teoretickej časti diplomovej práce.

6 PRÍPRAVA SKÚŠOBNÝCH VZORIEK A ICH TESTOVANIE

Bolo vybraných päť druhov cylindrických vložiek rôznych konštrukcií, ktoré spĺňajú požiadavky na bezpečnostné cylindrické vložky minimálne triedy 3. Ako už bolo spomenuté vyššie, nie je možné presne identifikovať u rôznych svetových výrobcov, či ide o tretiu alebo už o štvrtú triedu bezpečnosti. Veľakrát ide iba o detaily, ktoré o zaradení do jednotlivých bezpečnostných tried rozhodujú. Keďže si výrobcovia cylindrických vložiek, ktorí poskytli tieto cylindrické vložky na testovanie neprajú aby bolo špecifikované označenie jednotlivých cylindrických vložiek, preto boli jednotlivé cylindrické vložky označené rímskymi číslicami I, II, III, IV a V. Tieto číslice však neznačia bezpečnostnú triedu, ale iba označenie série jednotlivých cylindrických vložiek.

Na základe skúseností s mechanickým poškodením cylindrických vložiek, boli vybrané štyri skúšky mechanického testovania. Prvou a zdanlivo najjednoduchšou technikou sa zdalo pretlačenie bubienka cez telo so stavítkami. Ďalšou veľmi využívanou technikou prekonania cylindrických vložiek je prelomenie tela cylindrickej vložky v jej najslabšej časti, kde je závit pre skrutku. Avšak prevažná časť diplomovej práce sa zaoberá charakterizáciou mechanických vlastností jednotlivých častí cylindrickej vložky (bubienok, stavítka a ostatné prvky) pomocou inštrumentovanej skúšky tvrdosti DSI. Ako posledný test bol vybraný test odvítaním. Tento test však nie je v praxi často používaný kvôli svojej časovej náročnosti a hlučnosti.

6.1 Pretlačovanie bubienku

Pretlačovanie bubienku cez telo vložky bolo testované na univerzálnom skúšobnom stroji LabTest 6.50 (Obr.23 a Tab. 1), ktorý je vhodný pre testovanie v tlaku, ohybe, ale aj ťahu. Ľahko nastaviteľný na požadovaný druh testovaného komponentu s možnosťou vymieňania nastavcov a násad podľa potreby. Namerané hodnoty priamo zaznamenávané v programe Test & Motion verzia 5.4.2.6 na počítači s možnosťou uchovania [31].



Obr.23 Stroj LabTest 6.50 [Vlastný zdroj]

Tabuľka 1. Parametre stroja LabTest 6.50 [31]

Parameter	Hodnota
Maximálna sila	50 kN
Maximálna rýchlosť posuvu	1000 mm/min
Výška skúšobného priestoru	1145 mm

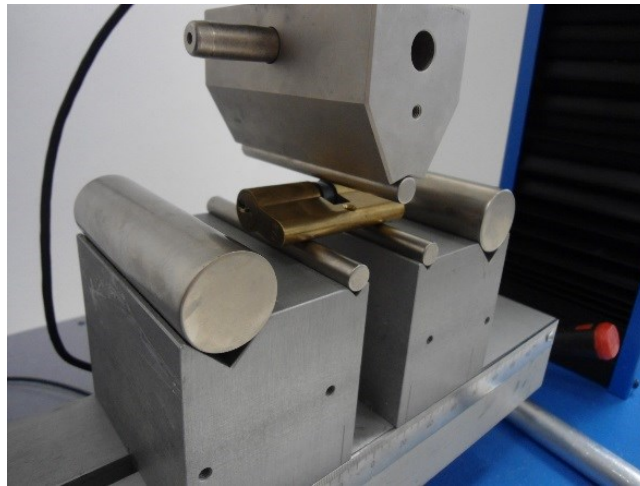
Pretlačovanie prebiehalo pri rýchlosti priechníka 2 mm/min. Na pretlačovanie bol použitý oceľový prípravok skladajúci sa zo spodnej základne s dierou o priemere 20 mm a z hornej časti, ktoré bolo zakončené pologuľatou plochou o priemere 10 mm.



Obr.24 Pretlačovanie na stroji LabTest 6.50 [Vlastný zdroj]

6.2 Trojbodový ohyb cylindrických vložiek

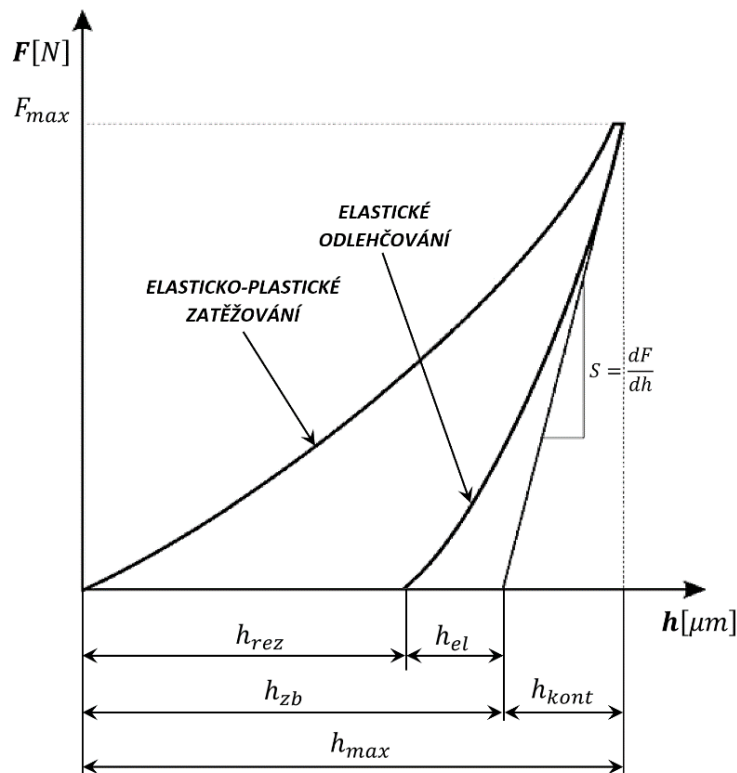
Trojbodový ohyb cylindrických vložiek sa testoval na stroji LabTest 6.50 na cylindrických vložkách s označením I, II, III, IV a V. Rýchlosť pohybu priečinku bola nastavená na 10 mm/min a rozstup valcových opôr s priemerom 10 mm bol nastavený na 40 mm. Bola snímaná sila potrebná na prelomenie tela cylindrickej vložky. Ďalej bola vyrezaná časť okolo oblasti upevňovacieho skrutky, kde sa očakáva najslabšia časť cylindrickej vložky.



Obr.25 Trojbodový ohyb na stroji LabTest 6.50 [Vlastný zdroj]

6.3 Inštrumentovaná skúška tvrdosti

Predlohou pre vývoj inštrumentovanej skúšky tvrdosti boli konvenčné metódy merania tvrdosti. Táto metóda nevyhodnocuje rozmery kontaktnej plochy, ale maximálnu hĺbku vtláčenia indentoru, ktorá je zaznamenávaná v priebehu celého merania (zaťažovanie, výdrž na maximálnej hodnote sily a odťažovanie). Záznam z indentačnej skúšky je zaznamenaný na Obr.26 [37] [38].



Obr.26 Indentačná krivka [37]

Presnosť merania je závislá na kvalite prístroja, ktorý musí spĺňať najprísnejšie požiadavky na presnosť, ako posuvu indentora, tak snímačov, ktoré zaznamenávajú silu, ktorou pôsobí indentor na materiál. Avšak iba kvalitný prístroj nedokáže zabezpečiť presné meranie. Dôležitá je tiež príprava povrchu, ktorá hrá kľúčovú úlohu pri meraní indentačnej tvrdosti. Kvalitu povrchu materiálov je nutné zabezpečiť v zrkadlovom lesku, aby bola vylúčená chyba vplyvom nekvalitného povrchu.

Jednotlivé časti cylindrických vložiek boli podľa potreby rozrezané na metalo-grafickej píle Mecatome T210 od spoločnosti Presi. Pripravené vzorky boli zalisované v prístroji Mecapress 3 od spoločnosti Presi, aby bolo možné tieto pripravené vzorky automaticky vybrúsiť/vyleštiť v prístroji Mecatech 250 od spoločnosti Presi. Takto pripravené vzorky boli podrobené testovaniu inštrumentovanej skúšky tvrdosti na prístroji NHT2 od spoločnosti CSM Instruments (Obr.27) [31] [32] [33].



Obr.27 Mecatome T210, Mecapress 3, Mecatech 250 (všetky tri značky Presi), NHT2 (značky CSM instrumens) [Vlastný zdroj]

6.3.1 Rezanie testovaných vzoriek cylindrických vložiek

Mecatome T210 značky Presi - zariadenie, na ktorom boli postupne pripravované jednotlivé cylindrické vložky a to metódou – rezanie, v pozdĺžnom ale aj v priečnom smere k potrebnému testovaniu (Obr.28). Zariadenie sa nastavovalo manuálne podľa konkrétnej časti cylindrickej vložky, kde následným programovým nastavením bol zadaný krok na dosiahnutie potrebného úkonu [32]. Taktiež týmto zariadením boli oddelené časti z cylindrickej vložky potrebné na nasledujúce merania a to hlavne uzamykací zub, valcový bubienok a teleso so stavítkami a kolíkmi.



Obr.28 Priechny rez na zariadenie Mecatome T210 značky Presi (vľavo) a pozdĺžny rez cylindrickej vložky (vpravo) [Vlastný zdroj]

6.3.2 Lisovanie testovaných vzoriek jednotlivých častí cylindrickej vložky

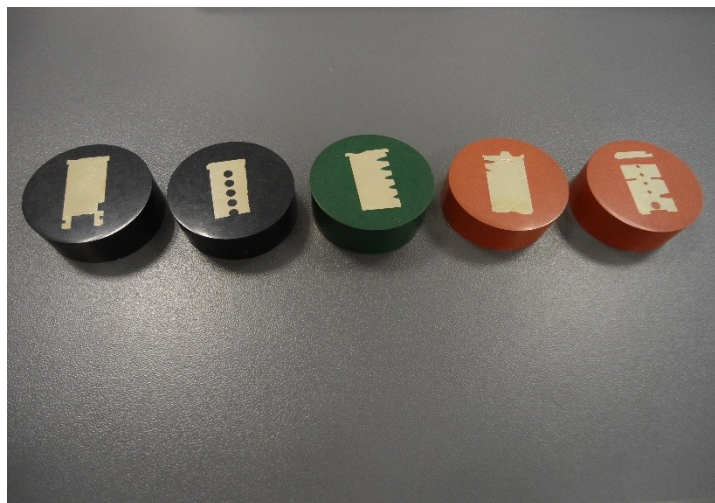
Mecapress 3 značky Presi - zariadenie slúži na prípravu vzoriek lisovaním za horúca do živice, aby sa touto technikou zachovala štruktúra testovanej vzorky. Postup lisovania testovaných vzoriek jednotlivých častí cylindrickej vložky bol nasledovný: na pohyblivý piest boli rozmiestnené vybrané vzorky, ktoré sa znížením piestu zasunuli dnu, kde boli následne zasypané približne dvomi odmerkami vybranej farby živice a príklopom uzatvorené. Zvolená teplota 170 °C a tlak pri sile 1200 daN (1 daN = 10 N) po dobu 500s spôsobilo zaliatie vzoriek do roztavenej živice, kde po nasledovnom ochladení počas intervalu 330s bola dosiahnutá požadovaná zalisovaná vzorka vo forme tvrdého odliatku (Obr.29). Jednotlivo zalisované a takto pripravené odliatky po dôkladnom očistení bolo možné použiť k ďalšiemu opracovaniu - brúsením a leštením povrchu odliatkov, čím sa zalisované vzorky mohli použiť na ich ďalšie merania a to meranie tvrdosti [32].



Obr.29 Příprava vzoriek na lisovanie [Vlastný zdroj]

6.3.3 Brúsenie a leštenie zalisovaných časti cylindrických vložiek

Mecatech 250 značky Presi - zariadenie opracováva vzorky brúsením a následným leštením, čo bolo nevyhnutné k ďalším meraniam. Pripravené časti jednotlivých cylindrických vložiek s označením I – V sa nakoniec opracovali brúsením a následne leštením povrchov do hladkej kvality, kde v reliéfe povrchu bolo možné rozpoznať zalisovanú časť cylindrickej vložky. Uvedené opracovanie sa opakovalo niekoľkokrát s použitím brúsnych papierov s rôznym typom zrnitosti až do prijateľnej kvality hladkosti. Postupne bolo brúsenie uskutočnené na jednotlivých brúsnych papieroch Silicon Carbide P600 a P1200 v trvaní 180s, P2400 - 240s, P4000 - 300s. Povrch všetkých vzoriek musel byť v zrkadlovom lesku, aby nedochádzalo k ovplyvneniu výsledkov pri meraní nano tvrdosti [32].

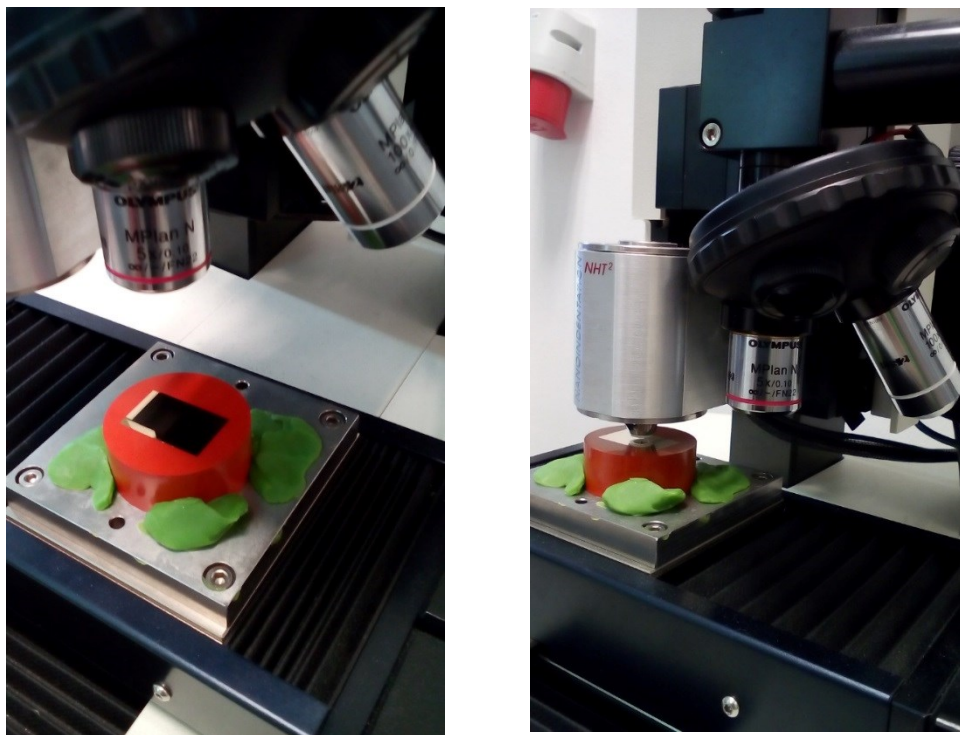
Obr.30 Zalisované časti cylindrickej vložky rôznych bezpečnostných tried
[Vlastný zdroj]

6.3.4 Meranie nano tvrdosti testovaných vzoriek cylindrických vložiek

NHT2 značky CSM instruments - prístroj na meranie nano tvrdosti metódou DSI (Depth-sensing indentation) inštrumentovanou skúškou tvrdosti [33].

Na pripravených vzorkách bola nameraná nano tvrdosť jednotlivých častí cylindrických vložiek s označením I až V. Všetky skúšobné vzorky boli zaťažované rýchlosťou 1 N/min. až do maximálnej sily 0,5 N s výdržou 5 sekúnd. Po uplynutí tejto doby nastalo odťažovanie rýchlosti 1 N/min. Na základe metódy Oliver-Pharr bola z indentačných kriviek vyhodnotená indentačná tvrdosť.

Metóda Oliver-Pharr, zavedená od roku 1992 na meranie tvrdosti a pružnosti prístrojovými indentačnými technikami. Preskúmané súčasné chápanie mechaniky, ktorou sa riadi elasticko-plastové vtláčanie, pretože sa týka testovania vtláčania monolitických materiálov zaťažením a hĺbkovým snímaním a poskytuje informáciu, ako sa implementuje metóda na čo najpresnejšie merania mechanických vlastností [38] [39].



Obr.31 Meranie nano tvrdosti na prístroji NHT2 značky CSM instruments [Vlastný zdroj]

6.4 Odvrtávanie cylindrických vložiek

Vrtanie cylindrickej vložky bolo prevedené na stojanovej vrtačke značky PROMA typ E-1516 BVL s konštantným prítlakom a akumulátorovej vrtačke značky BOSCH typ PSB 18 LI-2 s otáčkami 1500 ot./min. za použitia strojného tvrdokovového vrtáku s priemerom 6 mm. Meral sa čas potrebný na odvrávanie 15 mm cylindrickej vložky.



Obr.32 Odvrtávanie cylindrickej vložky na stojanovej vrtačke značky PROMA typ E-1516 BVL (vľavo) a akumulátorovej vrtačke značky BOSCH typ PSB 18 LI-2 (vpravo)

[Vlastný zdroj]

V šiestej kapitole praktickej časti diplomovej práce prebehla príprava skúšobných vzoriek časti cylindrických vložiek s označením I až V a následné ich testovanie, ktoré bolo prevedené postupnými úkonmi:

- Pretlačovanie bubienka
- Trojbodový ohyb cylindrickej vložky
- Inštrumentovaná skúška tvrdosti
 - Rezanie testovaných vzoriek
 - Lisovanie jednotlivých častí
 - Brúsenie a leštenie zalisovaných častí
 - Meranie nano tvrdosti vzoriek
- Odvrtávanie cylindrických vložiek.

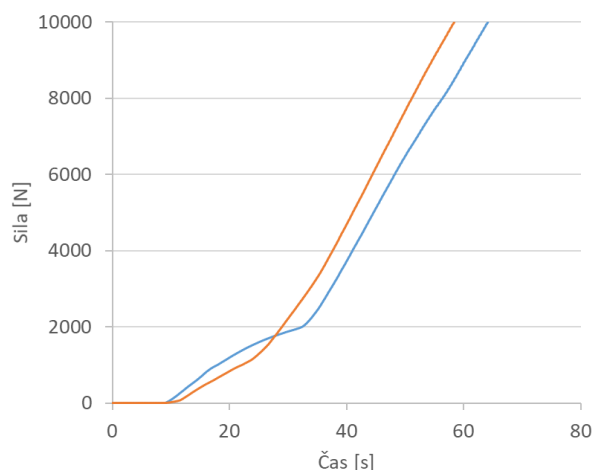
Absolvovanými skúškami a úkonmi pri testovaniach a meraniach boli získané výsledky, a následne všetky údaje a dáta zosumarizované v nasledujúcej kapitole vo forme tabuľkových a grafových výstupoch.

7 VÝSLEDKY LABORATÓRNYCH MERANÍ A DISKUSIA

Posledná kapitola je súhrnným vyhodnotením výsledkov laboratórnych meraní, kde vykonané merania prielomovej odolnosti cylindrických vložiek – pretlačovanie, ohyb, tvrdosť, odvítavanie sú zhodnotené v tabuľkách a grafoch, kde prostredníctvom prezentácie a vizualizácie nameraných hodnôt je možné diskutovať o získaných údajoch a dátach.

7.1 Pretlačovanie cylindrických vložiek

Pretláčanie bubienka cez telo cylindrickej vložky bolo vykonávané na univerzálnom skúšobnom stroji LabTest 6.50. Pretláčanie prebiehalo pri rýchlosti posuvu priechnika 2 mm/min. Boli skúšané iba cylindricke vložky s označením I. Na základe navrhnutého postupu skúšky bol test ukončený pri sile 10 000 N. Pri tejto sile nebolo dosiahnuté prieniku ani poškodenie cylindrickej vložky s označením I. Po odťazení sily 10 000 N došlo iba k otlaku bubienka, kde bola styčná plocha s otláčeným tŕňom. Ostatné cylindricke vložky s označením I – V neboli testované z dôvodu neporušenia menej odolnej cylindrickej vložky s označením I. Na testovanie pretlačenia bubienka cez telo cylindrickej vložky je nutné vytvoriť jednoúčelový prípravok na testovanie pretlačenia a vhodný testovací stroj, ktorý bude mať dostatočnú silu a tuhosť rámu. Ale možno konštatovať, že aj sila 10 000 N je dostatočná na to, aby bežnými prostriedkami nebolo možné jednoducho pretlačiť bubienok cez telo cylindrickej vložky.



Graf 1. Zobrazenie hodnôt pretlačovania cylindrických vložiek [Vlastný zdroj]

7.2 Ohyb cylindrických vložiek

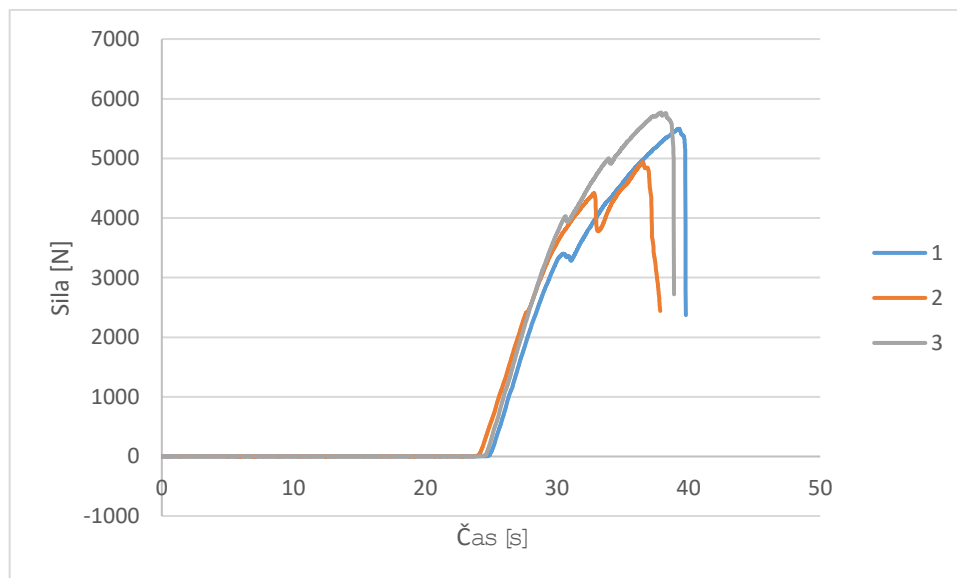
Trojbodový ohyb cylindrických vložiek prebiehal na univerzálnom skúšobnom stroji LabTest 6.50. Testovanie prebiehalo na cylindrických vložkách s označením I – V (popísaných v kapitole 5.1). Všetky cylindrické vložky boli testované rovnakým spôsobom. Cylindrická vložka bola položená v dvoch bodoch na základňu. Tretím tlačným bodom bolo smerované do najslabšieho miesta cylindrickej vložky, ktorým je miesto, kde prechádza upevňovacia skrutka M5.

Na jednotlivých grafoch 2. až 6. sú znázornené priebehy zaťažovania cylindrických vložiek s označením I – V. Je možné pozorovať, že ku každému testu je nutné pristupovať individuálne. Je však možné štatisticky vyhodnotiť maximálnu silu, pri ktorej dôjde k poškodeniu/prasknutiu tela cylindrickej vložky.

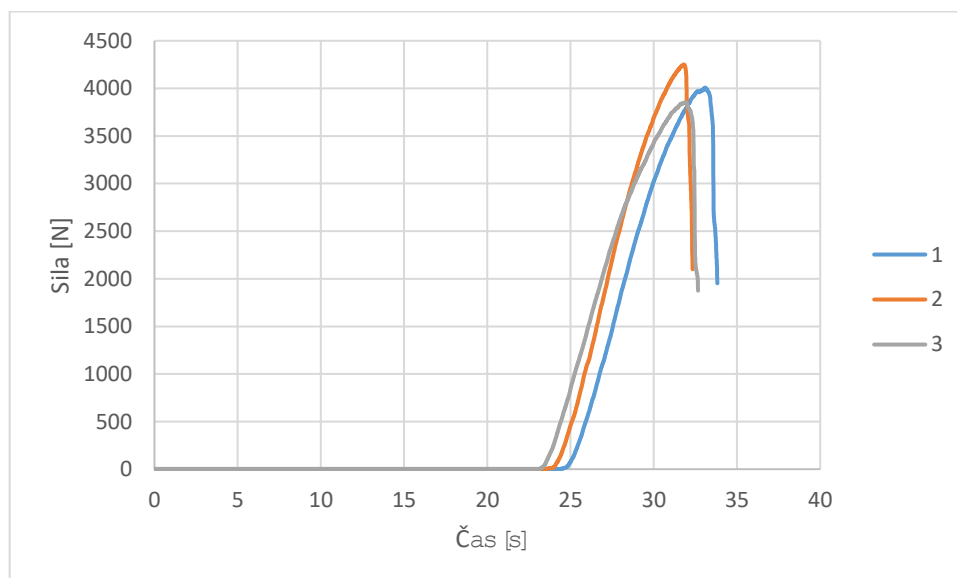
Najnižšie sily 4039 ± 199 N potrebné na porušenie tela cylindrickej vložky boli zaznamenané pri cylindrickej vložke s označením II. Jedná sa o základnú bezpečnostnú cylindrickú vložku, ktorú je možné zaobstaráť za cca 400 Kč. Cylindrická vložka s vyšším zabezpečením vykazovala vyššiu maximálnu silu v ohybe. Napr. cylindrická vložka s označením V dosahovala maximálnu silu v ohybe 6513 ± 259 N. Avšak tieto cylindrické vložky sa môžu pohybovať v cenovej relácii až 15000 Kč za jednu cylindrickú vložku.

Tabuľka 2. Namerané hodnoty pri ohybe cylindrických vložiek [Vlastný zdroj]

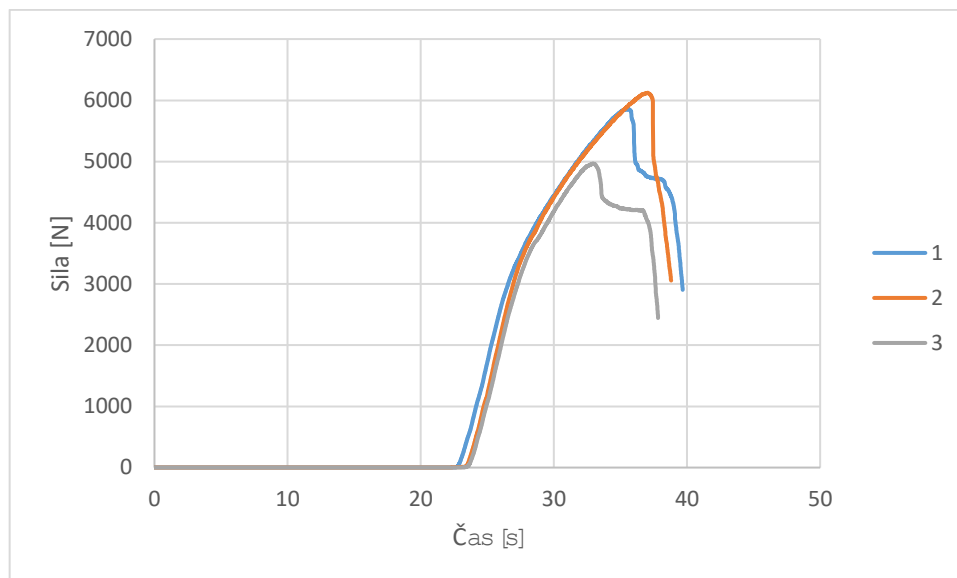
Označenie	Sila [N]				
	1	2	3	Priemer	Sm. odch.
I	5496	4937	5771	5401	425
II	4009	4252	3857	4039	199
III	5860	6125	4965	5650	608
IV	6376	6381	6496	6418	68
V	6603	6714	6221	6513	259



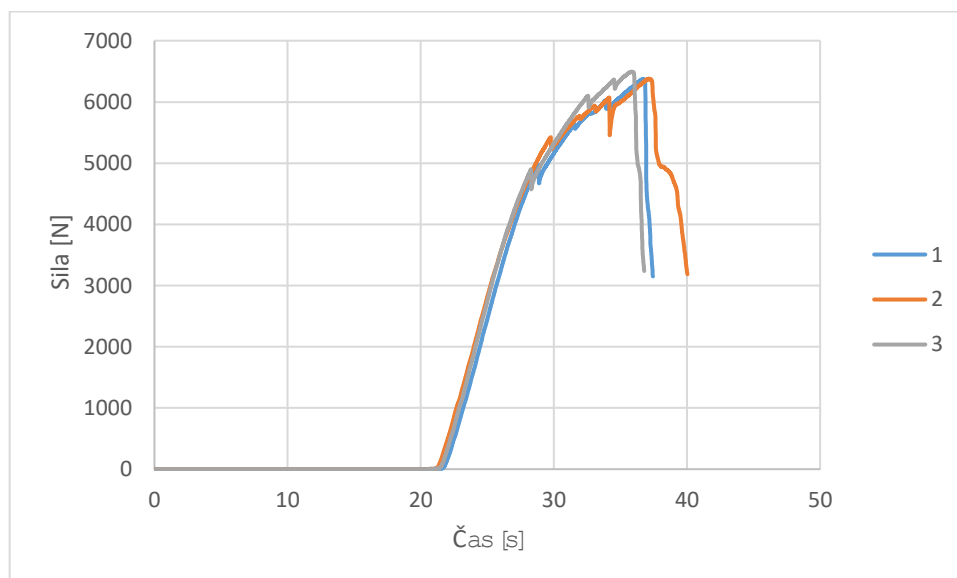
Graf 2. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením I
[Vlastný zdroj]



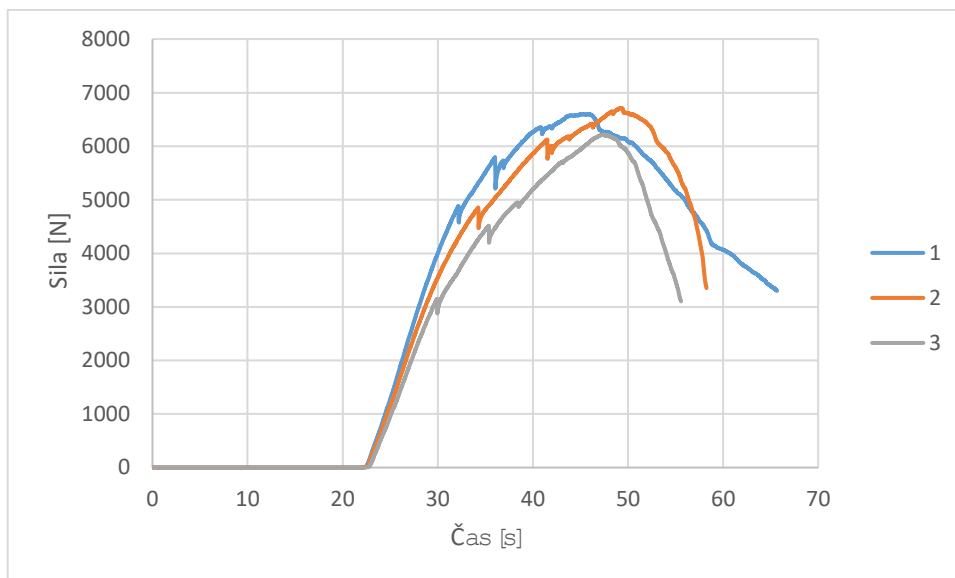
Graf 3. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením II
[Vlastný zdroj]



Graf 4. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením III
[Vlastný zdroj]



Graf 5. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením IV
[Vlastný zdroj]



Graf 6. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením V
[Vlastný zdroj]

7.3 Tvrdosť cylindrických vložiek

Meraním vzoriek bola nameraná nano tvrdosť jednotlivých častí cylindrických vložiek 2. a 4. bezpečnostnej triedy. Z merania tvrdosti vyplynulo, že jednotlivé časti cylindrickej vložky 2. a 4. bezpečnostnej triedy majú obdobnú tvrdosť, až na stavítka cylindrickej vložky 4. bezpečnostnej triedy, ktorá vykazovala viac ako dvojnásobnú tvrdosť ako stavítka cylindrickej vložky 2. bezpečnostnej triedy.

Tabuľka 3. Namerané hodnoty tvrdosti cylindrických vložiek 2. bezpečnostnej triedy

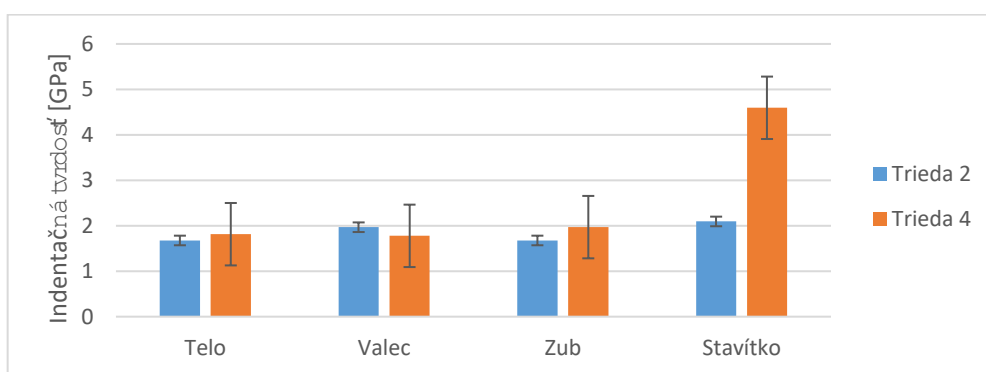
[Vlastný zdroj]

Označenie	Ind. tvrdosť [GPa]	
	Priemer	Sm. odch.
Telo	1,68	0,08
Valec	1,97	0,07
Zub	1,68	0,08
Stavítko	2,09	0,09

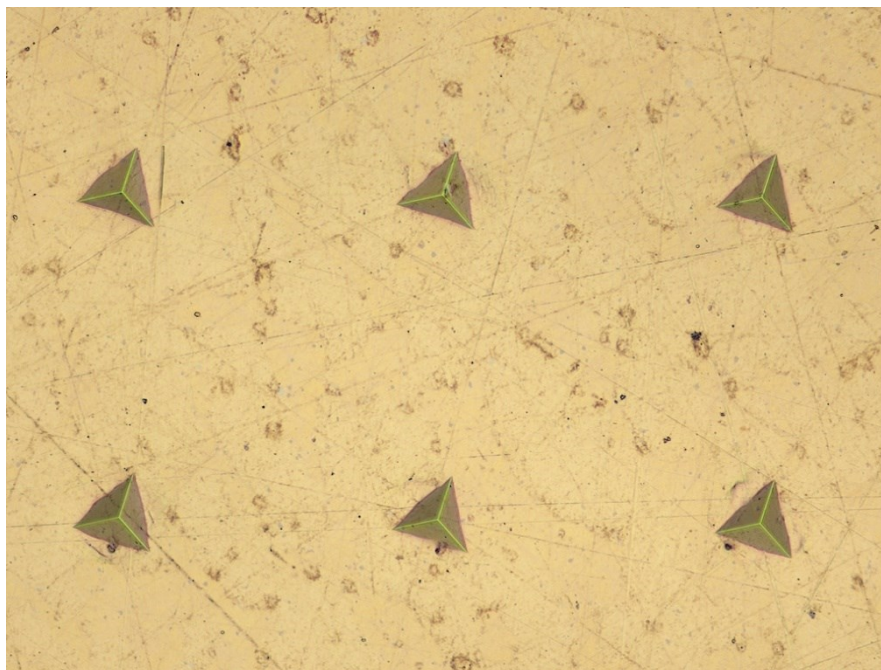
Tabuľka 4. Namerané hodnoty tvrdosti cylindrických vložiek 4. bezpečnostnej triedy

[Vlastný zdroj]

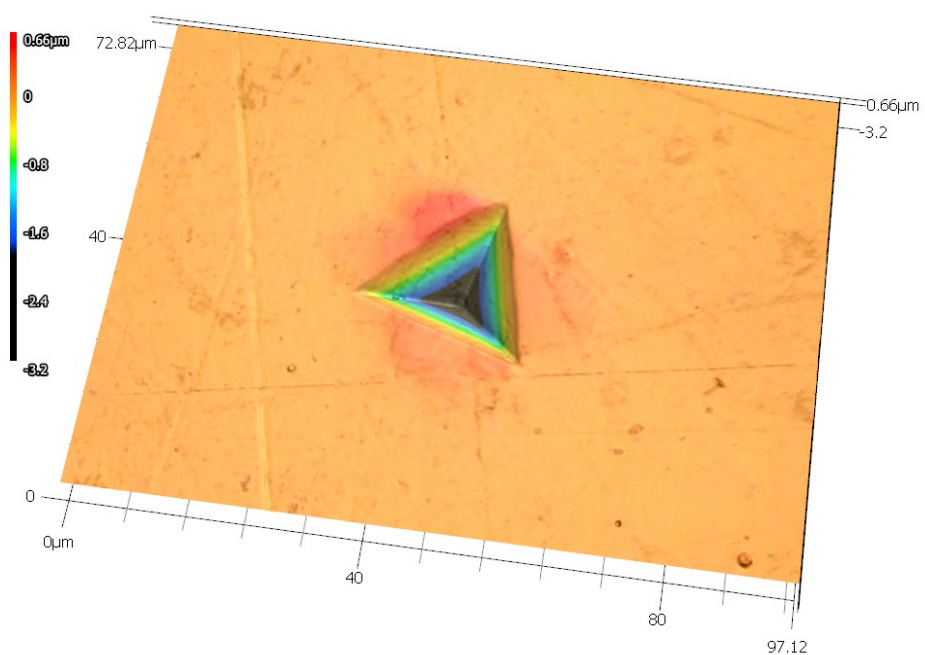
Označenie	Ind. tvrdosť [GPa]	
	Priemer	Sm. odch.
Telo	1,81	0,09
Valec	1,78	0,05
Zub	1,97	0,05
Stavítko	4,60	1,25



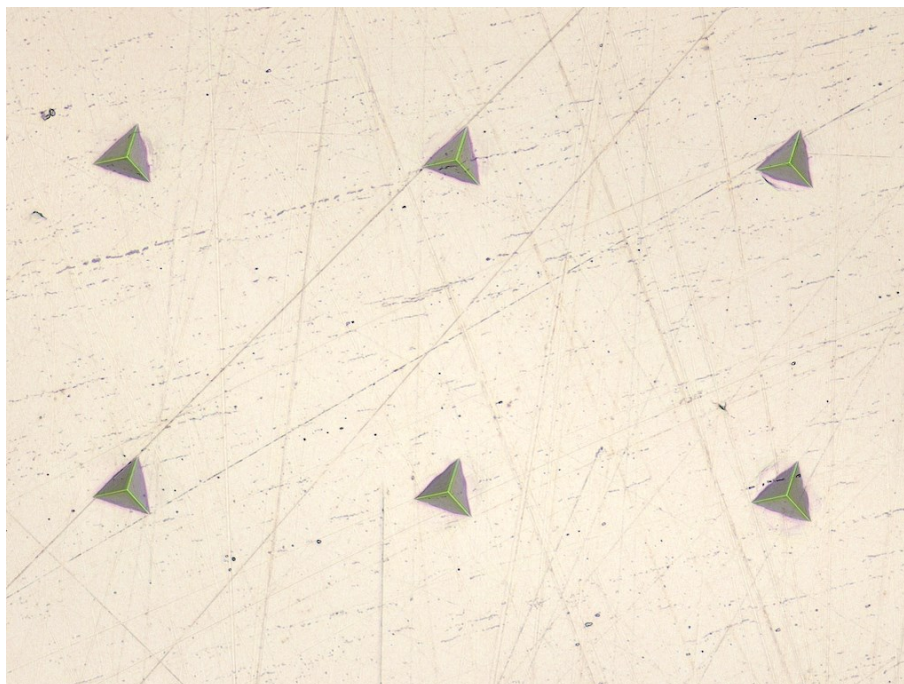
Graf 7. Zobrazenie hodnôt tvrdosti cylindrických vložiek [Vlastný zdroj]



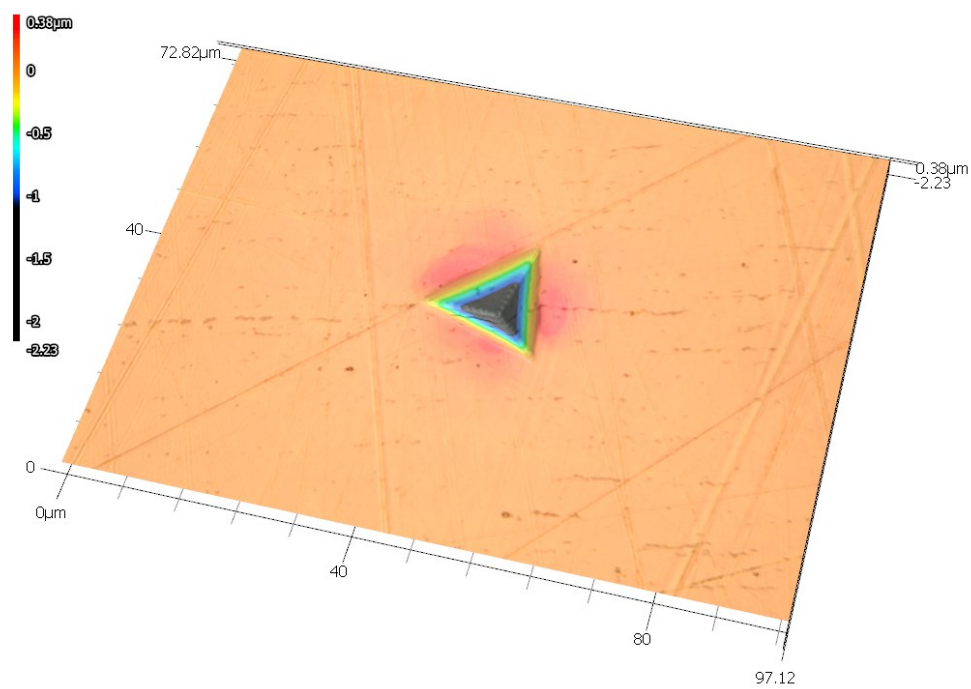
Obr.33 Zobrazenie vniknutia hrotu do materiálu stavítka cylindrickej vložky 2. bezpečnostnej triedy [Vlastný zdroj]



Obr.34 3D zobrazenie vniknutia hrotu do materiálu stavítka cylindrickej vložky 2. bezpečnostnej triedy [Vlastný zdroj]



Obr.35 Zobrazenie vníknutí hrotu do materiálu stavítka cylindrickej vložky
4. bezpečnostnej triedy [Vlastný zdroj]



Obr.36 3D zobrazenie vníknutia hrotu do materiálu stavítka cylindrickej vložky
4. bezpečnostnej triedy [Vlastný zdroj]

Na základe merania jednotlivých častí bezpečnostnej vložky nižšej a vyššej triedy sa zistilo, že tieto vložky sa líšia svojou konštrukciou a najmä použitím rozdielnych materiálov stavítok, ktoré sú vyrobené z odolnejších (tvrdších) materiálov, než u cylindrických vložiek nižšej bezpečnostnej triedy.

Pri meraní inštrumentovanej skúšky tvrdosti bezpečnostných vložiek s označením I – V, boli využité iba funkčné časti bezpečnostnej cylindrickej vložky ako sú bubienok, stavítka a nárazník. V tabuľke 6 sú znázornené hodnoty merania inštrumentovanej skúšky bubienka pri bezpečnostných cylindrických vložkách s označením I – V.

Bezpečnostné vložky s označením I a II, ktoré sú považované za cylindrické vložky s nižšou bezpečnosťou. Tieto cylindrické vložky však vykazovali vyššiu tvrdosť ako u cylindrických vložiek s vyššou bezpečnosťou (cylindrické vložky s označením IV a V).

V tejto práci boli študované iba mechanické vlastnosti jednotlivých častí cylindrických vložiek, preto nie je možné určiť, či sa jedná o rovnakú zliatinu (mosadz) alebo sa jedná o iné zliatiny. Najmä sa to týka cylindrických vložiek pre vyšší stupeň zabezpečenia (cylindrické vložky s označením IV a V).

Tabuľka 5. Štatisticky vyhodnotené hodnoty z inštrumentovanej skúšky tvrdosti bubienka [Vlastný zdroj]

Označenie	HIT [GPa]		HVIT [Vickers]		EIT [GPa]	
	Priemer	Sm.odch	Priemer	Sm.odch	Priemer	Sm.odch
I	2,4	0,6	221,2	53,6	107,9	17,5
II	2,2	0,3	208,2	27,1	98,9	9,6
III	2,1	0,3	196,6	24,7	109,6	11,0
IV	1,8	0,4	171,2	32,9	60,5	12,9
V	1,6	0,1	147,0	7,7	83,9	4,9

Tvrdosť je meraná podľa príslušnej stupnice, napr. Brinell, Rockwell alebo Vickers. Avšak pri inštrumentovanej skúške nanotvrdosti sa bežne využíva jednotka GPa, ktorá vyznačuje aktuálnu popr. maximálnu hodnotu sily vzťahnutej na plochu vniku. Nameranú hodnotu v GPa je možné podľa tabuliek (empiricky zistených hodnôt) previesť napr. na hodnotu tvrdosti Vickers (HVIT). Ďalej je možné z nameraných hodnôt vypočítať hodnotu indentačného modulu pružnosti (EIT).

Ako už bolo spomenuté vyššie, hlavná časť merania prebiehala na funkčných častiach cylindrických vložiek – stavítkach a nárazníku.

Najnižšiu bezpečnostnú triedu cylindrických vložiek zastupujú cylindrické vložky s označením I a II. Oba tieto typy cylindrických vložiek obsahujú päť rovnakých stavítok v rade. Stavítka cylindrickej vložky s označením I dosahujú indentačnú tvrdosť ($2,5 \pm 0,3$) GPa.

Zatiaľ čo stavítka cylindrickej vložky s označením II dosahujú najmenšiu indentačnú tvrdosť ($2,1 \pm 0,1$) GPa.

Ako strednú triedu zabezpečenia možno považovať cylindrickú vložku s označením III. Táto cylindrická vložka obsahuje prvé dve stavítka z tvrdého kovu s indentačnou tvrdosťou ($6,2 \pm 0,4$) GPa. Ďalšie tri stavítka v rade sú už z bežného materiálu (mosadz) s indentačnou tvrdosťou ($2,1 \pm 0,1$) GPa.

Cylindrické vložky vyššieho typu zabezpečenia využívajú stavítka rôznych materiálov (tvrdostí). Napr. cylindrická vložka s označením IV obsahuje tri rôzne druhy stavítok v postavení: prvé stavítko s indentačnou tvrdosťou ($5,3 \pm 0,2$) GPa, druhé stavítko s hodnotou tvrdosti ($3,7 \pm 0,1$) GPa, tretie stavítko v rade dosahovalo najväčšiu indentačnú tvrdosť ($9,5 \pm 0,2$) GPa, štvrté až šieste stavítko je vyrobené z rovnakého materiálu ako stavítko druhé, avšak hodnota indentačnej tvrdosti je ($3,6 \pm 0,1$) GPa. Táto hodnota leží v chybe merania jednotlivých stavítok.

Posledná bezpečnostná cylindrická vložka s označením V je modulárna konštrukcia s mnohými bezpečnostnými prvkami vrátane magnetických. Čo sa týka zloženia tak je vybavená nárazníkom proti odvráteniu a ďalej šiestimi stavítkami z dvoch materiálov. Pri nárazníku bola nameraná indentačná tvrdosť ($9,3 \pm 0,7$) GPa. Prvé stavítko v rade dosahovalo indentačnú tvrdosť ($9,1 \pm 0,4$) GPa, druhé iba tvrdosti ($3,7 \pm 0,1$) GPa, tretie stavítko vykazovalo tvrdosti ($9,5 \pm 0,2$) GPa, ostatné použité stavítka boli rovnakej tvrdosti ako stavítko druhé v rade.

Tabuľka 6. Štatisticky vyhodnotené hodnoty z inštrumentovanej skúšky tvrdosti stavítok a nárazníka (0.) [Vlastný zdroj]

Označenie	HIT [GPa]		HVIT [Vickers]		EIT [GPa]	
	Priemer	Sm.odch	Priemer	Sm.odch	Priemer	Sm.odch
I (1.-5.)	2,5	0,3	235,3	26,9	96,6	8,7
II (1.-5.)	2,1	0,1	189,9	7,8	79,6	3,3
III (1.-2.)	6,2	0,4	570,7	33,5	166,2	11,1
III (3.-5.)	2,1	0,1	192,4	5,6	78,5	1,2
IV (1.)	5,3	0,2	491,3	16,8	144,1	4,5
IV (2.)	3,7	0,1	338,7	10,7	148,3	5,0
IV (3.)	9,5	0,2	877,3	16,0	185,4	2,6
IV (4.-6.)	3,6	0,1	337,0	12,6	148,4	6,6
V (0.)	9,3	0,7	862,5	61,0	162,8	9,1
V (1.)	9,1	0,4	840,9	38,7	139,9	4,3
V (2.)	3,7	0,1	338,9	12,7	126,2	5,2
V (3.)	9,5	0,2	883,4	19,0	183,9	2,1
V (4.-6.)	3,7	0,1	339,8	11,8	125,7	6,4

Meraním indentačnej tvrdosti bolo preukázané, že bezpečnostné cylindrické vložky sa líšia ako konštrukciou, tak materiálovým zložením. Avšak kvalita zabezpečenia, je závislá nielen na triede bezpečnosti cylindrickej vložky, ale najmä od celého systému zabezpečenia. Nie je možné dosiahnuť kvalitné zabezpečenie iba cylindrickou vložkou, ktorá je zaradená do najvyššej triedy bezpečnosti, ale je potrebné k tomuto prvku voliť aj príslušné kovania, dvere a zárubne. Rovnako je veľmi dôležité voliť zodpovedajúce murivo, najlepšie železo-betón.

Bezpečnostný systém je tak slabý, ako je slabý jeho najslabší článok, ktorý môže byť schovaný kdekoľvek. Veľakrát ľudia volia nevhodne stupeň zabezpečenia cylindrických vložiek oproti existujúcim dverám so zárubňami a zbytočne platia za vyššiu triedu bezpečnosti cylindrickej vložky. K vniknutiu do objektu dochádza bez poškodenia cylindrickej vložky, ale za poškodenia dverí či zárubní.

7.4 Odvrtávanie cylindrických vložiek

Posledným testom mechanickej odolnosti bolo zvolené odvrtávanie cylindrickej vložky. Tento spôsob prekonávania cylindrických vložiek nie je už bežný, kvôli jeho časovo náročnému a obzvlášť hlučnému prevedeniu.

Boli testované cylindrické vložky s označením I a III. Prvá spomínaná obsahovala iba mosadzné stavítka. Druhá spomínaná cylindrická vložka obsahovala prvé dve stavítka z tvrdého kovu. Na test bola využitá ručná akumulátorová vrtačka značky BOSCH a typu PSB 18 LI-2 a stojanová vrtačka značky PROMA a typu E-1516 BVL.

Použitím akumulátorovej vrtačky značky BOSCH typ PSB 18 LI-2 bolo vykonané vrtávanie cylindrickej vložky s označením I do hĺbky 15 mm za 30 sekúnd. Ale pri cylindrickej vložke s označením III bolo vrtané do hĺbky len 2,7 mm lebo ďalej už nebola možnosť ďalšieho prevrtania.

Z tohto dôvodu bola využitá stojanová vrtačka značky PROMA typ E-1516 BVL kde pri cylindrickej vložke s označením I bolo preniknuté vrtákom s priemerom 6 mm za 15 sekúnd (15 mm). Pri cylindrickej vložke s označením III bolo preniknutie za 180 sekúnd (15 mm).

Následne boli prevrtané cylindrické vložky úplne krížom aby bola overená možnosť otáčania bubienku v tele cylindrickej vložky. Bubienok pri cylindrickej vložke s označením I bolo možné otočiť bez väčšieho úsilia, ale bubienok pri cylindrickej vložke s označením III nebolo možné otočiť vôbec. Po rozrezaní bolo zistené, že sa bubienok pri vrtaní natavil k telu cylindrickej vložky.

ZÁVĚR

Diplomová práce bola zameraná na zistenie mechanickej odolnosti cylindrických vložiek a to skúmaním závislosti sily a deformácie pri ich prelomení s prihliadnutým na tvrdosť. Testovanie prebehlo na všetkých bezpečnostných triedach cylindrických vložiek, pretože ich používanie s odlišnými nárokmi spotrebiteľov je v bežnej praxi rôznorodá.

V praktickom živote to znamená, že poškodenie cylindrickej vložky nastane vždy pri pôsobení určitého tlaku, a rýchlosť poškodenia je závislá od mechanických vlastností (napr. tvrdosť) zámkového telesa a typu bezpečnostnej triedy.

Pri spracovaní mojej témy som sa opierala o poznatky, ktoré už boli overené praxou, s využitím uvedenej literatúry. Ale tiež som sa snažila v čo najväčšej miere využiť poznatky a vedomosti získané počas môjho päťročného štúdia na tejto fakulte. A v neposlednom rade boli pre mňa veľkým prínosom aj získanie skúsenosti pri všetkých meraniach v laboratóriách v rámci UTB, kde som mala možnosť dané testovania uskutočniť.

Nemožno opomenúť, že pri spracovaní diplomovej práce a v priebehu celého testovania a pri všetkých meraniach v laboratórnych priestoroch boli dodržované všetky predpisy BOZP.

V práci bola testovaná mechanická odolnosť cylindrických vložiek, ale v praxi sa jedná o komplexný zabezpečovací systém.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] IVANKA, Ján. *Mechanické zábranné systémy*. 1. vyd. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010. ISBN 978-80-7318-910-5.
- [2] Uhlář, Jan. *Technická ochrana objektů: Mechanické zábranné systémy II*. Praha : Vydavatelství PA ČR, 2004. ISBN 80-7251-172-6.
- [3] Studijní materiály – SŠEaS. 2010 [online]. [cit. 2023-03-22]. [Http://studijni-materialy.sseas.cz](http://studijni-materialy.sseas.cz). Dostupné z WWW:<<http://studijni-materialy.sseas.cz/bezpecnostni-systemy/rozdeleni-mechanickych-zabrannych-systemu-mzs/>>.
- [4] ČECH, L. *Profilové cylindrické vložky v České republice. Zabezpečení a kriminalita +SAFE*, XI. ročník, č.11, 2002. s.22-23. ISSN 1212-5202. [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z <<http://safe.czechian.net/safe11.pdf>>.
- [5] *Historie zámků* [online]. [cit. 2023-03-25]. Dostupné z: <http://old.lockpick.cz/modules.php?name=News&file=print&sid=44>.
- [6] MACH, V. – RAČKO, A. 2004. *Technické bezpečnostné mechanizmy*. Košice: Žilinská univerzita v Žiline. 131 s.
- [7] IVANKA, Ján. *Mechanické zábranné systémy*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2014. ISBN 978-80-7454-427-9.
- [8] GYMERSKÁ, J. 2003. *Mechanické prostriedky a systémy technickej ochrany objektov*. Bratislava: APZ, 2003. ISBN 80-8054-282-1.
- [9] <http://www.lockpickers.cz/kategorie/zamky-vlozky/23-profilove-cylindricke-vlozky-s-magneticko-mechanickym-systemem>.
- [10] TOMS, Ladislav a kol. *Zabezpečení dveří a oken – rizikových míst objektů*. Praha: Themis, 1997. ISBN 80-85821-50-8.
- [11] BÜBL, Michael. *Tajemství zámečnictví: Návod k otevírání zámků*. Michael BÜBL, 2013, ISBN 9781490343617.
- [12] ČANDÍK, M.: *Objektová bezpečnost*, Zlín, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2004, ISBN 80-7318-217-3.
- [13] KONÍČEK, T., KOCÁBEK, P.: *Bezpečné bydlení*, Brno, ERA, 2003, ISBN 80-86517-63-2.
- [14] TOMS, Ladislav a kol. *Zabezpečení dveří a oken – rizikových míst objektů*. Praha: Themis, 1997. ISBN 80-85821-50-8.

- [15] GOBRIW. Historie zámků : otevírání zámků, lockpicking, bumping [online]. 22.10.2008. 2009 [cit. 2023-03-30]. Dostupný z WWW: <http://www.lockpick.cz/modules.php?name=Downloads&d_op=getit&lid=32>.
- [16] PTÁČEK, Luděk, et al. Nauka o materiálu I.. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2000. 505 s.
- [17] https://www.tokoz.cz/content/wys_pages/katalogy/KATALOG_TOKOZ_3v1.pdf.
- [18] VLACH, Bohumil; FORET, Rudolf. Masarykova univerzita [online]. 2009 [cit. 2023-03-31]. <Http://sci.muni.cz>. Dostupné z WWW: https://www.sci.muni.cz/chemsekce/c8870/pdf/Uloha12_mechan_vl.pdf.
- [19] HUTAŘ, Pavel; NÁHLÍK, Luboš. Mezní stav pružnosti obecného trojdimensionálního tělesa. In [online]. [s.l.]: [s.n.], 2007 [cit. 2023-03-30]. Dostupné z WWW: <http://hutar.wz.cz/lo>.
- [20] L.HOFREITER a Z.ZVAKOVÁ, Teória bezpečnosti. Krakow, 2019. ISBN 978-83-61645-35-1.
- [21] MIKOLAJ, J. – HOFREITER, L. – MACH, V. – MIHÓK, J. – SELINGER, P. 2004. Terminológia bezpečnostného manažmentu. Košice: Multiprint, 2004. 191 s . ISBN 80-969148-1-2.
- [22] MACH, V., A. VELAS, 2013. Metodika zisťovania prielomovej odolnosti mechanických zábranných prostriedkov obvodovej ochrany. In: Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie Riešenie krízových situácií v špecifickom prostredí konanej dňa 5.-6. jún 2013 v Žiline. Žilina: FŠI ŽU, s. 357-356. ISBN 978-80-554-0702-9.
- [23] LEJČEK, Pavel; NOVÁK, Pavel. *Fyzikální základy vědy o materiálu. 2007* [online]. [cit. 2023-03-31]. <Http://www.ped.muni.cz>. Dostupné z WWW: <<http://www.ped.muni.cz/wphy/fyzvla/index.htm>>.
- [24] *Ústav materiálových věd a inženýrství* [online]. 2009 [cit. 2023-04-02]. <Http://ime.fme.vutbr.cz/>. Dostupné z WWW: <<http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/hmsm/Mikrotvrdest/uvod/uvod/uvodstr.htm>>.
- [25] <https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-en-1303-165191-168372.html>.
- [26] ČSN EN 1303. Stavební kování – Cylindrické vložky pro zámky – Požadavky a zkušební metody. 2005.

- [27] ČSN EN 1627 Dveře, okna, lehké obvodové pláště, mříže a okenice - Odolnost proti vloupání - Požadavky a klasifikace. 2022.
- [28] <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/24872>. [online]. [cit. 2023-05-05].
- [29] ŠTEFÍK, Ján. Nedeštruktívne techniky prekonávania zámkových systémov. Zlín, 2011. bakalářská práce (Bc.). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky. [online]. [cit. 2023-05-05].
- [30] https://www.idnes.cz/hobby/domov/zabezpeceni-domu-chalupy-chyby-bezpecnost-zamek-vlozka-bezpecnost.A201001_172025_hobby-domov_bma/foto/BMA6c562f_3_odolny_visaci_zamek.jpg. [online]. [cit. 2023-05-15].
- [31] <https://www.labortech.cz/wp-content/uploads/2018/10/LabTest-6.30.1-6.50.1-v1.0-2017.pdf> [online]. [cit. 2023-05-15].
- [32] <https://www.presi.com/en/our-products/> [online]. [cit. 2023-05-15].
- [33] <https://www.anton-paar.com/sk-cs/how-csm-instruments-became-part-of-the-anton-paar-group-in-2013/> [online]. [cit. 2023-05-15].
- [34] http://www.vseprookna.cz/kovani/winkhaus/bezpecnostni-cylindricke-vlozky/VSP_CZ [online]. [cit. 2023-05-25].
- [35] <https://www.zelezarstvi-az.cz/cz/e-shop/2389684/c48204-vlozky-zamky-klice-frezky/vlozka-fab-302-dkmns-30-35k-5-klicu-kovovy-knoflik-nikl-saten-ochrana-proti-odvrtani.html> [online]. [cit. 2023-05-25].
- [36] https://www.klicovecentrum.cz/produkt/bezpecnostni-rozeta-s-prekrytem/?gclid=EAIaIQobChMIz960traQ_wIVhQUGAB0qsgsrEAkYBiABEgKQUfD_BwE [online]. [cit. 2023-05-25].
- [37] FISCHER-CRIPPS, A.C., Critical review of analysis and interpretation of nanoindentation test data. Surface and Coatings Technology. 2006. vol 200, pp. 4153-4165, ISSN 0257-8972.
- [38] BROITMAN, E., Indentation Hardness Measurements at Macro-, Micro-, and Nanoscale: A Critical Overview. Tribology Letters, 2017. 18p. ISSN 1573-2711.
- [39] Measurement of hardness and elastic modulus by instrumented indentation: Advances in understanding and refinements of methodology. 2004. p. 18.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

μm	mikrometer
atd.	a tak d'alej
BOZP	Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci
CEN	Európsky výbor pre normalizáciu (franc. Comité Européen de Normalisation)
CENELEC	Európsky výbor pre normalizáciu v elektrotechnike (franc. Comité Européen de Normalisation Électrotechnique)
ČSN	česká technická norma (česká soustava norem)
daN	dekanewton
DSI	Inštrumentovaná skúška tvrdosti (angl. Depth-sensing indentation)
EIT	Indentačný modul pružnosti
EN	európske normy
EU	Európska únia
EZS	Elektronický zabezpečovací systém
FAI	Fakulta aplikované informatiky
GPa	Gigapascal
HIT	Indentačná tvrdosť
HVIT	Indentačná tvrdosť v stupnici Vickers
Kč	Koruna česká
kN	kilonewton
MCS	systém magnetického kódu (angl. Magnetic-Code-System)
min	minúta
mm	milimeter
MZS	Mechanické zábranné systémy

N	newton
napr.	například
°C	stupeň Celzia
ot.	otáčky
PKB	Priemysel komerčnej bezpečnosti
príp.	prípadne
s	sekunda
USA	Spojené štáty americké (angl. United States of America)
UTB	Univerzita Tomáše Bati

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 Cylindrická vložka - rez [Vlastný zdroj].	11
Obr.2 Zloženie cylindrickej vložky [34].....	13
Obr.3 Tvar profilu valca [Vlastný zdroj].	15
Obr.4 Rôzne tvary blokovacích kolíkov [Vlastný zdroj].	16
Obr.5 Stavítka, blokovacie kolíky a pružiny [Vlastný zdroj].	17
Obr.6 Skrutka M5 na upevnenie cylindrickej vložky [Vlastný zdroj].	18
Obr.7 Spojka a zub cylindrickej vložky [Vlastný zdroj].	18
Obr.8 Popis profilového kľúča [Vlastný zdroj].	20
Obr.9 Valec cylindrickej vložky [Vlastný zdroj].....	22
Obr.10 Nákres nesúososti [Vlastný zdroj].	23
Obr.11 Rozlomenie cylindrickej vložky [Vlastný zdroj].....	25
Obr.12 Cylindrická vložka s ochranou proti odvráteniu [35].....	25
Obr.13 Ochrana proti vytrhnutiu [36].....	26
Obr.14 Klasická konštrukcia cylindrickej vložky [Vlastný zdroj].....	34
Obr.15 Modulárna konštrukcia cylindrickej vložky [Vlastný zdroj].....	34
Obr.16 Tvrdokovové a magnetické prvky cylindrickej vložky [Vlastný zdroj].....	35
Obr.17 Ochrana cylindrických vložiek [30].....	35
Obr.18 Cylindrická vložka I (vľavo), II (v strede) a III (vpravo) [Vlastný zdroj].....	36
Obr.19 Cylindrická vložka IV (vľavo) a V (vpravo) [Vlastný zdroj].....	36
Obr.20 Ochranné prvky z tvrdokovových materiálov – stavítka [Vlastný zdroj].....	37
Obr.21 Ochranné prvky proti odvráteniu [Vlastný zdroj].....	37
Obr.22 Modulárna konštrukcia cylindrickej vložky - rozložiteľná [Vlastný zdroj].....	38
Obr.23 Stroj LabTest 6.50 [Vlastný zdroj].....	41
Obr.24 Pretlačovanie na stroji LabTest 6.50 [Vlastný zdroj].....	42
Obr.25 Trojbodový ohyb na stroji LabTest 6.50 [Vlastný zdroj].....	43

Obr.26 Indentačná krivka [37].....	44
Obr.27 Mecatome T210, Mecapress 3, Mecatech 250 (všetky tri značky Presi), NHT2 (značky CSM instrumens) [Vlastný zdroj].....	45
Obr.28 Priečný rez na zariadení Mecatome T210 značky Presi (vľavo) a pozdĺžny rez cylindrickej vložky (vpravo) [Vlastný zdroj].....	46
Obr.29 Príprava vzoriek na lisovanie [Vlastný zdroj].....	47
Obr.30 Zalisované časti cylindrickej vložky rôznych bezpečnostných tried [Vlastný zdroj].....	47
Obr.31 Meranie nano tvrdosti na prístroji NHT2 značky CSM instruments [Vlastný zdroj].....	48
Obr.32 Odvrtanie cylindrickej vložky na stojanovej vrtačke značky PROMA typ E-1516 BVL (vľavo) a akumulátorovej vrtačke značky BOSH typ PSB 18 LI-2 (vpravo) [Vlastný zdroj].....	49
Obr.33 Zobrazenie vniknutia hrotu do materiálu stavítka cylindrickej vložky 2. bezpečnostnej triedy [Vlastný zdroj].....	57
Obr.34 3D zobrazenie vniknutia hrotu do materiálu stavítka cylindrickej vložky 2. bezpečnostnej triedy [Vlastný zdroj].....	57
Obr.35 Zobrazenie vniknutí hrotu do materiálu stavítka cylindrickej vložky 4. bezpečnostnej triedy [Vlastný zdroj].....	58
Obr.36 3D zobrazenie vniknutia hrotu do materiálu stavítka cylindrickej vložky 4. bezpečnostnej triedy [Vlastný zdroj].....	58

SEZNAM TABULEK

Tabuľka 1. Parametre stroja LabTest 6.50 [31].....	41
Tabuľka 2. Namerané hodnoty pri ohybe cylindrických vložiek [Vlastný zdroj].....	52
Tabuľka 3. Namerané hodnoty tvrdosti cylindrických vložiek s označením II [Vlastný zdroj].....	56
Tabuľka 4. Namerané hodnoty tvrdosti cylindrických vložiek s označením IV [Vlastný zdroj].....	56
Tabuľka 5. Štatisticky vyhodnotené hodnoty z inštrumentovanej skúšky tvrdosti bubienka [Vlastný zdroj].....	59
Tabuľka 6. Štatisticky vyhodnotené hodnoty z inštrumentovanej skúšky tvrdosti stavítok a nárazníka (0.) [Vlastný zdroj].....	61

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1. Zobrazenie hodnôt pretlačovania cylindrických vložiek [Vlastný zdroj].....	51
Graf 2. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením I [Vlastný zdroj].....	53
Graf 3. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením II [Vlastný zdroj].....	53
Graf 4. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením III [Vlastný zdroj].....	54
Graf 5. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením IV [Vlastný zdroj].....	54
Graf 6. Zobrazenie hodnôt pri ohybe cylindrických vložiek s označením V [Vlastný zdroj].....	55
Graf 7. Zobrazenie hodnôt tvrdosti cylindrických vložiek [Vlastný zdroj].....	56

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY