



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

ANALÝZA POSTUPU POSOUZENÍ SHODY SPOUŠTĚ SE SPECIFIKACÍ

ANALYSIS OF CONFORMITY ASSESSMENT PROCEDURE OF A TRIGGER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Antes

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Matej Harčarík

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Jiří Antes**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Vedoucí práce: **Ing. Matej Harčarik**
Akademický rok: 2017/18

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:

Analýza postupu posouzení shody spouště se specifikací

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V rámci práce student zanalyzuje postup posuzování shody spouště s její specifikací a navrhne případné možnosti zlepšení.

Cíle bakalářské práce:

Analýza specifikace součásti
Analýza postupu posouzení shody
Doporučení pro praxi

Seznam doporučené literatury:

HOCKEN, Robert J., ed., 2012. Coordinate measuring machines and systems. 2nd ed. Boca Raton, Fla: CRC Press. ISBN 978-142-0017-533.

MEADOWS, James D., c1998. Measurement of geometric tolerances in manufacturing. New York: Marcel Dekker. ISBN 978-082-4701-635.

PLACKO, Dominique, ed., 2006. Metrology in industry: the key for quality. Newport Beach, CA: ISTE. ISBN 978-1-905209-51-4.

WHITEHOUSE, D. J., 2010. Handbook of surface and nanometrology. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4200-8201-2.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 16. 10. 2017



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

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

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce pojednává o analýze specifikace a procesu posouzení shody spouště se specifikací. Cíli práce byla analýza specifikace spouště, analýza postupu posouzení shody a návrh doporučení pro praxi. Výsledkem práce je návrh úpravy specifikace spouště a návrh zlepšení pro postup posouzení shody spouště se specifikací. Práce byla vypracována ve spolupráci s firmou vyrábějící revolvery a palné zbraně.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the analysis of a trigger's specification and the process of its conformity assessment procedure. The aims of the work were the analysis of specification, the analysis of conformity assessment procedure, and recommendation of possible improvements. The results of the work is a modified specification of the trigger and a proposal of improvements of the conformity assessment procedure. The work was created in collaboration with company which produces revolvers and other firearms.

KLÍČOVÁ SLOVA

shoda se specifikací, ISO GPS, posuzování shody, jednoznačnost specifikace

KEYWORDS

Conformity with specification, ISO GPS, conformity assessment, specification unambiguity

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ANTES, J. *Analýza postupu posouzení shody spouště se specifikací*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 47 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Matej Harčarík.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Mateji Harčaríkovi za odborné vedení a rady. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům firmy, za jejich ochotu a vstřícnost při četných konzultacích.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Matěje Harčaríka a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. 5. 2018

.....
Antes Jiří

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	FUNKCE SPOUŠTĚ	17
3	GEOMETRICKÁ SPECIFIKACE VÝROBKU	19
3.1	ISO GPS.....	19
3.2	Základní principy ISO GPS	19
3.3	Rozměrové tolerance	20
3.4	Všeobecné tolerance	22
3.5	Základny	23
3.6	Teoreticky přesné rozměry	23
3.7	Odchylky tvaru a polohy.....	23
3.8	Popis jednotlivých odchylek tvarů a polohy.....	25
3.9	Textura povrchu	27
4	ANALÝZA SPECIFIKACE	29
4.1	Analýza specifikace	29
5	ANALÝZA POSTUPU POSOUZENÍ SHODY	31
5.1	Používaná měřidla.....	31
5.2	Metodika měření spouště	31
5.2.1	Postup měření s upnutím do prizma	31
5.2.2	Postup měření s upnutím do přípravku.....	32
5.2.3	Měření malých rozměrů.....	33
5.3	Analýza postupu posouzení shody.....	34
5.3.1	Postup měření s upnutím do prizma	34
5.3.2	Postup měření s upnutím do přípravku.....	34
6	DOPORUČENÍ PRO PRAXI.....	35
6.1.1	Doporučení pro specifikaci.....	35
6.1.2	Doporučení pro postup posouzení shody.....	36
7	ZÁVĚR	37
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	39
	SEZNAM TABULEK	41
	SEZNAM OBRÁZKŮ	43
	SEZNAM ZKRATEK.....	45

1 ÚVOD

Cílem každé firmy je vyrábění co nejkvalitnějších výrobků při co nejnižších nákladech, proto je pro každou firmu důležitá kontrola funkčnosti jednotlivých dílů a mechanismů, které zajišťují funkci výsledného výrobku. Systém kontroly má být proces co nejrychlejší, ale zároveň musí podávat relevantní informace o stavu výrobku, které mohou dále sloužit pro nápravná či preventivní opatření.

Téma posuzování shody dílu se specifikací je velmi obsáhlé, souvisí s mnoha odvětvími strojírenství a je důležitou složkou v posuzování kvality výrobku. Pro správné posouzení kvality výrobku je třeba mít jednoznačnou specifikaci, podle které kontrolor součásti měří a specifikace musí být kótována jednoznačně, aby byla jednoznačně interpretovatelná. [10]

Na správnou specifikaci navazuje také vhodné vybavení, které umožňuje samotné měření. Firma musí být vybavena dostatečným množstvím měřidel, které umožňují měření požadavků uvedených ve specifikaci. Předpokladem pro fungující kontrolu je také kvalifikovaný personál schopný měřidla ovládat a výsledky interpretovat. Na základě výsledků měření je pak možné navázat dlouhodobým sledováním měření, díky kterému je pak možné upravovat problémové procesy a celkově zlepšovat kvalitu výroby.

Předmětem této bakalářské práce je analýza postupu posouzení shody spouště se specifikací neboli analýza procesu, který by měl vést ke správnému posouzení kvality výrobku. Spoušť poskytla firma vyrábějící revolvery, jméno firmy a konkrétní hodnoty ve specifikaci nejsou uvedeny kvůli ochraně obchodního tajemství.

Cílem práce byl popis a zhodnocení výkresové dokumentace spouště a jednotlivých kroků vedoucích ke schválení dílu. Posledním cílem práce je navržení možných zlepšení a úprav týkajících se specifikace nebo způsobu posouzení shody.

Druhá kapitola představuje funkci spouště uvnitř spoušťového mechanismu, objasňuje její důležitost a vazby, které má s ostatními díly v revolveru.

Třetí kapitola je věnována popisu systému norem ISO GPS jeho zavedení do specifikace a správného použití jednotlivých prvků užívaných ve specifikacích.

Čtvrtá kapitola se zabývá analýzou původní specifikace spouště. Specifikace je analyzována na základě požadavků norem ISO GPS popsanych v kapitole 3.

V páté kapitole je zpracována analýza postupu posouzení shody, kdy je nejprve popsán proces měření součástky a dále jsou pak rozebrány jeho výhody a nevýhody.

Kapitola šest se věnuje doporučení pro praxi. Na základě poznatků z provedených analýz jsou navrženy úpravy specifikace i postupu měření, které by mohly proces posouzení shody zlepšit.

Poslední kapitolou je závěr, který se věnuje shrnutí práce a jejích výsledků.

2 FUNKCE SPOUŠTĚ

Východiskem pro analýzy, které tvoří jádro práce, je pochopení funkce spoušťového a bicího mechanismu revolveru.

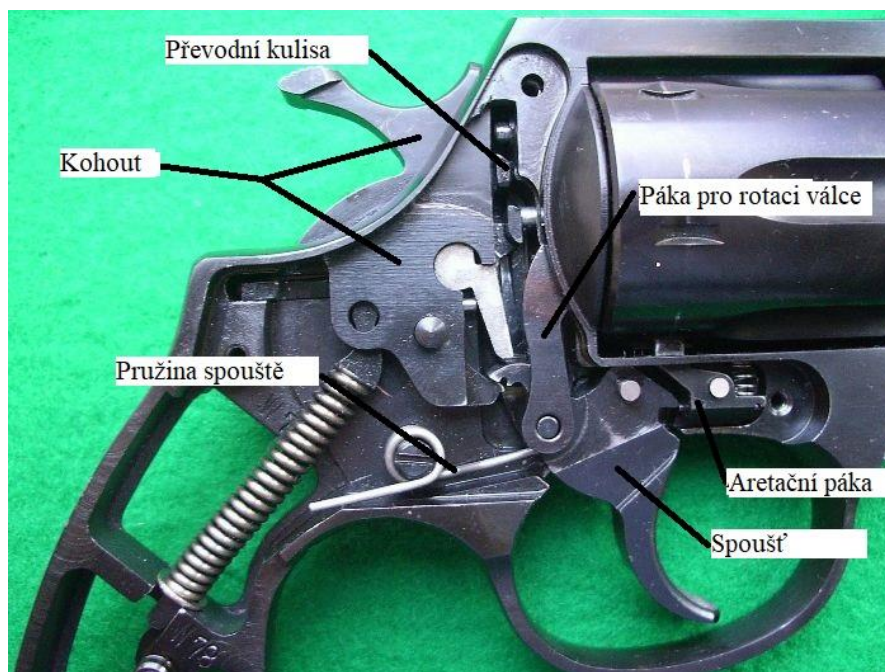
Jak je vidět na obrázku 1, na spoušť doléhá nebo je s ní propojena řada součástí, které spoušť uvádí v činnost. Jedná se o kohout, západku kohoutu, pružinu spouště, aretační páku, páku pro rotaci válce a převodní kulisu.

Při natažení kohoutu o určitý úhel dochází k zajištění kohoutu spouští díky zapadnutí ostré hrany kohoutu do ozubu spouště. Při stisknutí spouště dochází k sesmeknutí z ozubu a kohout je tak uvolněn. Tento režim střelby se nazývá jednočinný, anglicky single action.

Při dvojitým režimu neboli double action systému je kohout napínán pohybem spouště, která se v krajní poloze vysmekne z kohoutu a uvolní jej.

Zároveň je mezi kohout a zápalník vytažena tzv. převodní kulisa, která slouží k přenosu kinetické energie kohoutu na zápalník a následnému odpálení náboje. Převodní kulisa je při nenataženém kohoutu spuštěna ve spodní poloze a slouží tak jako pojistka proti nechtěnému výstřelu například při pádu zbraně. Tento proces je společný pro oba režimy střelby.

Na pohybu spouště je také přímo závislý pohyb páky sloužící k rotaci válce a páky k jeho aretaci. K zajištění správného fungování tohoto procesu je nezbytné, aby zapadající, či míjející se části měli správnou geometrii. Při jejím nedodržení může dojít k zaseknutí zbraně z důvodu přesahu mezi jednotlivými součástmi, k nechtěnému výstřelu způsobeného malou styčnou plochou mezi kohoutem a spouští, nebo naopak bude třeba vynaložit příliš velkou sílu k překonání odporu spouště což může vést k nepohodlí při ovládání zbraně a např. snížení rychlosti a přesnosti střelby.



Obr. 1) Spoušťový mechanismus [1]

3 GEOMETRICKÁ SPECIFIKACE VÝROBKU

V následující kapitole je popsány části systému norem ISO GPS, které jsou použity k analýze nebo doporučením pro praxi.

3.1 ISO GPS

Systém ISO GPS (Geometrical product specification) se zabývá popisem a zavedením rozměrových a geometrických tolerancí, textury povrchu a způsobem měření a vyhodnocování těchto požadavků. Rozvoj a aplikace GPS by měla sjednotit způsob tolerování a tím zjednotit a sjednotit dokumentaci výrobků. Normy ISO GPS jsou rozděleny na několik typů [12]:

- Základní GPS normy se zabývají stanovením základních pravidel a postupů pro kótování a tolerování součástí. [12]
- Globální GPS normy se zaměřují na zapracování všech nebo několika všeobecných a doplňkových norem. [12]
- Všeobecné GPS normy jsou základním kamenem ISO GPS. Určují pravidla pro zapisování požadavků do výkresové dokumentace. [12]
- Doplňkové GPS normy konkretizují použití GPS pro jednotlivé aplikace, tj. sváření, odlévání, obrábění. [12]

3.2 Základní principy ISO GPS

Systém ISO GPS má několik základních principů, které je třeba dodržovat. Níže jsou vyjmenovány a stručně popsány ty nejdůležitější.

Invokační princip říká, že jakmile je ve výkresové dokumentaci použita značka specifikace, či jiný symbol systému ISO GPS, automaticky se pak systém ISO GPS vztahuje na celou specifikaci, pokud není uvedeno jinak. [5]

Princip konečného výkresu udává, že specifikace musí být na výkresové dokumentaci zaznamenány pomocí specifikačních značek a jejich modifikátorů. Pokud specifikace není označena, nemůže být vymáhána. Systém ISO GPS je u výkresové dokumentace aplikován při užití, kteréhokoliv principu ISO GPS a ani nemusí být přímo udáno, že se výkresová dokumentace řídí podle ISO GPS. Výkres může mít více částí, v tom případě je třeba, aby bylo jasné, jaká specifikace náleží dané části. [5]

Princip prvku říká, že požadavek na prvek nebo vztah mezi prvky je dán indikací na výkrese. Specifikace je vyjádřena pomocí prvků a vztahů mezi nimi. [5]

Princip nezávislosti požaduje, aby každá specifikace ISO GPS byla řešena samostatně pokud není předepsáno jinak. [5]

Výchozí princip předpokládá, že operátor úplné specifikace může být označen pomocí symbolů ISO GPS. Operátor tak značí, že požadavek je založen na výchozím operátoru specifikace. [5]

Princip funkční kontroly udává, že každá funkce výrobku je vyjádřena funkčním operátorem a může být zastoupena sadou specifikačních operátorů, které definují měřené veličiny a jejich tolerance. Specifikace výrobku je považována za kompletní, když jsou všechny zamýšlené funkce popsány pomocí GPS specifikací. Dokumentace je většinou nekompletní

kvůli použití GPS specifikací. Z toho poté pramení nejednoznačnost dokumentace nebo nevyhovující funkce výrobku. [5]

Princip všeobecné specifikace říká, že obecné specifikace GPS platí pro každou charakteristiku prvku i souboru prvků, pro které nebyla uvedena žádná jednotlivá specifikace GPS stejného typu. Obecné specifikace se považují za soubor specifikací a pokud není uvedeno jinak vztahují se na charakteristiky všech prvků. Není-li v popisném poli uvedena žádná obecná GPS specifikace, platí pouze jednotlivé specifikace uvedené samostatně ve výkrese. Pokud je v popisovém poli uvedena více než jedna specifikace, musí být doplněna o poznámku, aby bylo možné tento požadavek jasně interpretovat. [5]

Princip duality tvrdí, že GPS specifikace definuje operátor specifikace GPS nezávisle na jakémkoliv měřicím postupu či zařízení. Operátor specifikace GPS je realizován v ověřovacím operátoru, která je nezávislý na GPS specifikaci, která je ale určena k jeho zrcadlení. [5]

Princip odpovědnosti říká, že vzhledem k principu duality a principu funkční kontroly je nutné popsat blízkost specifikace k funkčnímu stavu a blízkost způsobu ověření ke specifikaci. Jednoznačný popis funkce a jednoznačná specifikace dohromady popisují blízkost specifikačního a funkčního operátoru. Tyto jednoznačné popisy jsou zodpovědností návrháře součástí. Pokud není uvedeno jinak, je za neurčitost měření zodpovědná strana poskytující důkaz o shodě nebo neshodě se specifikací. [5]

3.3 Rozměrové tolerance

Rozměr je definován normou ISO 14405-1 jako vlastní charakteristika rozměrového prvku, jenž může být určen na jmenovitém či přiřazeném prvku. Rozměr může být lineární nebo úhlový. Za lineární rozměr považujeme vzdálenost dvou rovnoběžných rovin nebo čar, průměr válce, či vzdálenost dvou soustředných kružnic. Zjednodušeně platí, že za lineární rozměr můžeme považovat rozměr, který je měřitelný pomocí posuvného měřidla. Jiné rozměry, než výše zmíněné typy nejsou považovány za lineární rozměry a je třeba (pokud je to z funkčního hlediska nutné) pro jejich tolerování použít geometrické tolerance. Pro rozměry, které nejsou nezbytné pro správnou funkci výrobku a jinak výrobek nedegradují, stačí využít všeobecné tolerance, které mohou být navrženy konstruktérem nebo je použita tabulka všeobecných rozměrů podle daných norem. [4,6]

U úhlových rozměrů je opět nutné rozlišit, zda se jedná o nezbytný rozměr, který se toleruje jako lineární rozměr nebo pomocí geometrických tolerancí, či jde o rozměr jehož přesnost není nezbytná a je zde možné uplatnit všeobecné tolerance. U lineárního úhlového rozměru lze opět říci, že je to rozměr, který lze měřit pomocí dílenského úhlooměru a strany mezi, kterými je úhel měřen si velikostně odpovídají. Opět je zde riziko nejednoznačného výkladu specifikace. [6]

Rozměrové tolerance se pro lineární rozměry zapisují několika způsoby:

- \pm úchytkami od nominální hodnoty,
- tolerančními třídami,
- pomocí horního a dolního mezního rozměru. [6]

Není-li uvedeno jinak, automaticky se předpokládá použití tolerování rozměru mezi dvěma body, které se značí modifikátorem LP . U zapisování tolerancí úhlů je nutné připojit jednotku jak k nominální hodnotě, tak k úchylkám nebo mezním rozměrům. [6]

Při použití pouze rozměrových tolerancí u prvků jiných než rozměrových, může být interpretace výkresu nejednoznačná, a proto se zavádějí geometrické tolerance. [7]

Norma ISO 14405-2 hovoří o rozměrech mezi integrálními a derivovanými charakteristikami. [7]

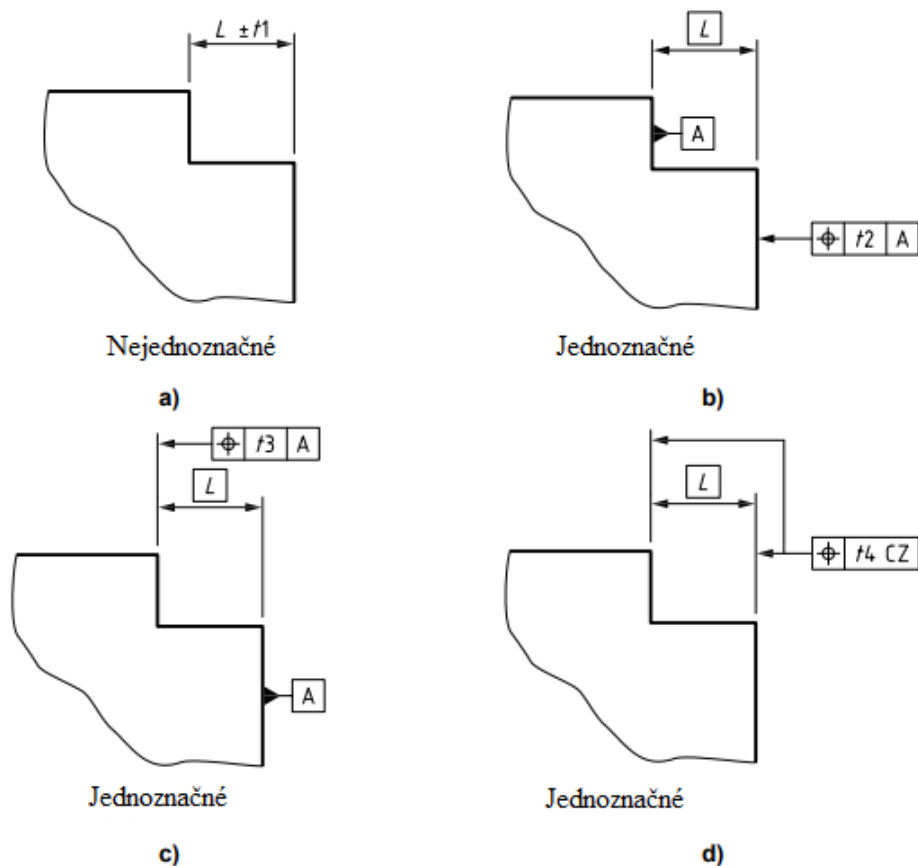
- a) Integrální charakteristika je prvek, který je součástí daného dílu/ výrobku. Například je to jasně ohraničitelná hrana.
- b) Derivovanou charakteristikou se rozumí prvek, který je odvozený z prvků integrálních. Například je to osa díry.

Při tolerování nelineárních rozměrů způsobem, který se používá pro tolerování lineárních rozměrů, dochází k možným nejednoznačným interpretacím specifikace. [7]

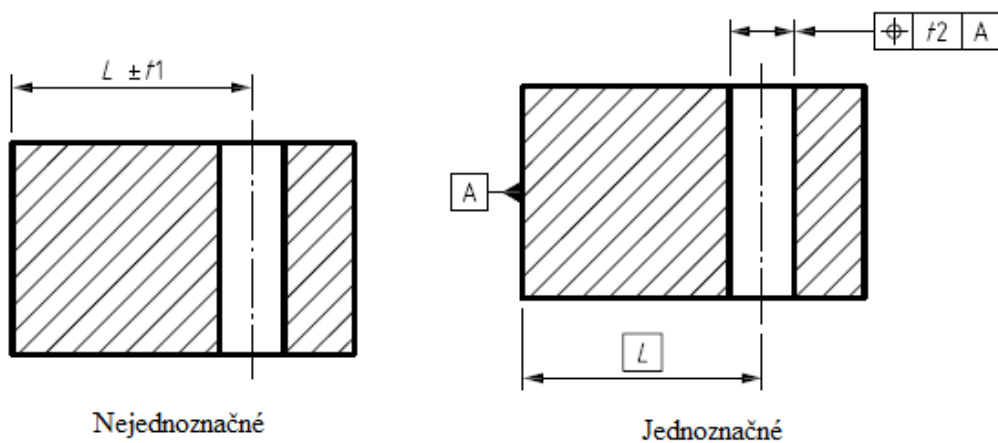
Na obrázku 2 jsou čtyři způsoby kótování a tolerování rozměrů mezi dvěma integrálními prvky dané součásti. [7]

Způsob a) je nejednoznačný, protože nelze s jistotou určit jaký je požadavek na orientaci jedné stěny vůči druhé. U způsobu b) je požadavek dán pomocí teoreticky přesného rozměru, který určuje nominální vzdálenost jedné stěny vůči druhé a tolerance polohy, která specifikuje, v jakém prostoru má být reálná stěna vyrobena. Způsob c) je stejný jako způsob b), jen je vyměněno označení stěn. Varianta d) je odlišná ve způsobu kótování tolerance polohy, kdy je použit modifikátor CZ, který značí, že tolerance je zadána pro oba prvky (v tomto případě obě stěny) zároveň a je tak vlastně zakótována jejich vzájemná poloha. [5, 7]

Na Obr.3) jsou ilustrovány způsoby kótování a tolerování mezi integrálním a derivovaným prvkem dané součásti. Princip specifikace tohoto typu uspořádání jednotlivých prvků je stejný jako u výše uvedeného kótování a tolerování dvou integrálních prvků. Jeden prvek je označený jako základna a ke druhému je připojena tolerance polohy, která specifikuje geometrii, ve které by měla být součást vyrobena. [7]



Obr. 2) Jednoznačné a nejednoznačné kótování integrálních charakteristik [7]



Obr. 3) Jednoznačnost kótování integrální a derivované charakteristiky [7]

3.4 Všeobecné tolerance

Na rozměry, které nejsou explicitně tolerovány se automaticky vztahují všeobecné tolerance. Jedná se obvykle o rozměry, jejichž přesnost není klíčová pro správnou funkci výrobku. Všeobecné tolerance jsou rozděleny do čtyřech tolerančních tříd, značených f, m, c, v, kdy f je nejužší toleranční pole a v je nejširší. Všeobecné tolerance se nevztahují na délkové a úhlové rozměry, které se odvolávají na jiný způsob tolerování a na pomocné a teoreticky

přesné rozměry. Norma ISO 2768 také udává, že v případě, kdy je všeobecně tolerovaný rozměr mimo interval tolerance, není nutné vyřadit tento výrobek jako neshodný. [4, 12]

3.5 Základny

Základna je myšlený ideální prvek sloužící k omezení stupňů volnosti tolerančního pole. K základnám jsou vztahovány jednotlivé geometrické tolerance. Níže je uvedena tabulka 1, ve které jsou zapsány jednotlivé typy geometrických tolerancí, k jejichž zápisu je potřeba základna. V případě, že je použito více základen, hovoříme o tzv. soustavě základen. Podle pořadí, ve kterém jsou jednotlivé základny zapsány, určujeme jejich důležitost. [2, 12]

3.6 Teoreticky přesné rozměry

Jedná se o teoreticky přesné vzdálenosti nebo úhly, které přesně určují polohu prvku, ke kterému je vztahována geometrická tolerance. Teoreticky přesné rozměry se netolerují, pouze se předepisuje poloha požadovaného tolerančního pole, ve kterém se má nacházet daný kótovaný prvek. [2]


















3.7 Odchytky tvaru a polohy

Geometrické tolerance definují velikost tolerančního pole, daného tvaru, okolo referenčního rozměru a reálně vyrobená součást by se měla svou geometrií a rozměry do tohoto tolerančního pole vejít. [2]

Specifikace by měl být navrhována tak aby požadavky v ní bylo možné změřit a vyhodnotit. Nezřídka je nutné navrhnout měřicí přípravky umožňující měření výrobků, které mají splňovat požadavky dané specifikace. [2]

Tab 1) Přehled geometrických tolerancí se symboly [2]

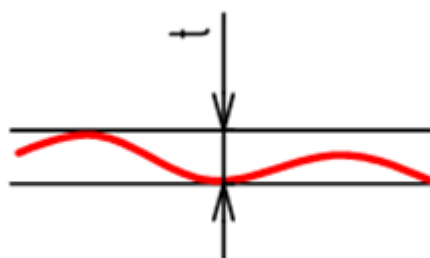
Symbole používané pro geometrické tolerance

Typ	Název	Značka	Nutnost základny
Tvaru	Přímost	—	Ne
	Rovinnost		Ne
	Kruhovitost		Ne
	Válcovitost		Ne
	Profil přímky		Ne
	Profil roviny		Ne
Směru	Rovnoběžnost	//	Ano
	Kolmost		Ano
	Sklon		Ano
	Profil přímky		Ano
	Profil roviny		Ano
Polohy	Umístění		Ano i ne
	Souososti		Ano
	Soustřednosti		Ano
	Symetrie		Ano
	Profil přímky		Ano
	Profil roviny		Ano
Házení	Kruhové házení		Ano
	Celkové házení		Ano

3.8 Popis jednotlivých odchylek tvarů a polohy

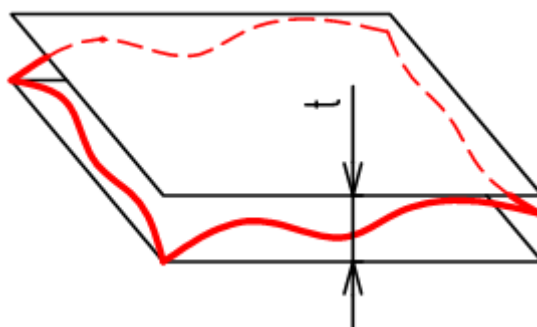
Níže detailněji popisují geometrické tolerance použité ve výkresové dokumentaci spouště. Geometrické tolerance se liší tvarem tolerančního pole, podle kterého jsou pojmenovány.

Prvním typem geometrických tolerancí je přímost, kde je toleranční pole vymezeno válcem o průměru rovném velikosti tolerance přímosti t , které je vyobrazeno na Obr. 4). [2, 12]



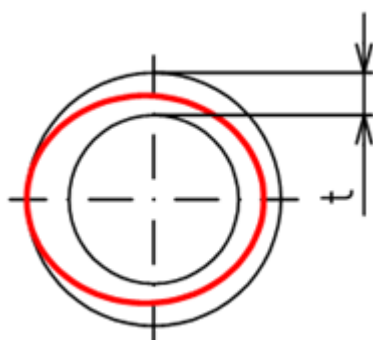
Obr. 4) Tolerance přímosti [8]

Dalším typem geometrické tolerance je rovinnost. Toleranční pole rovinnosti je omezeno dvěma rovnoběžnými rovinami vzdálenými od sebe o velikost tolerance t . [2, 12]



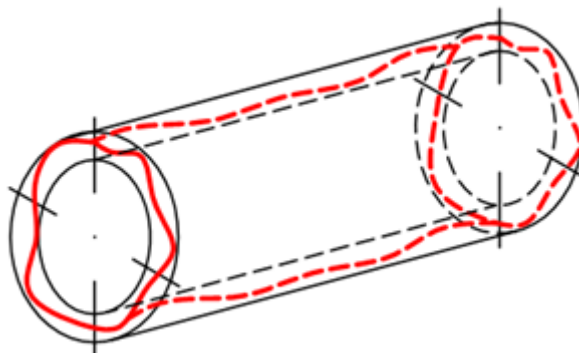
Obr. 5) Tolerance rovinnosti [8]

Kruhovitost má toleranční pole ohraničeno dvěma soustřednými kružnicemi, mezi kterými se má reálný rozměr nacházet, šířka mezikruží je rovna velikosti tolerance t . [2, 12]



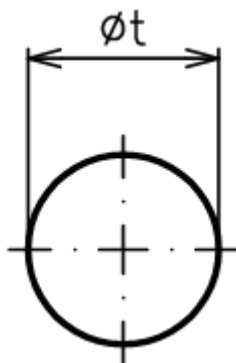
Obr. 6) Ilustrace tolerance kruhovitosti [8]

Válcovitost má toleranční pole, které je vymezeno prostorem mezi dvěma soustřednými válci vzdálenými od sebe o hodnotu tolerance válcovitosti t . viz. Obr 7) [2, 12]



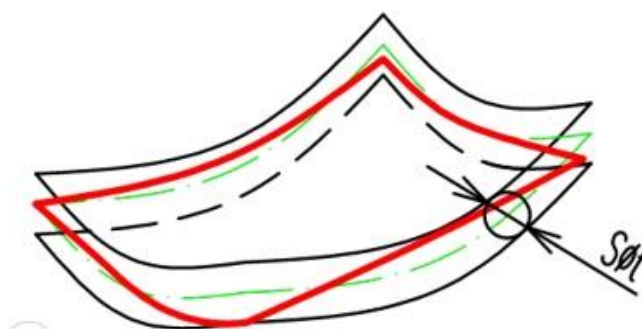
Obr. 7) Ilustrace tolerance válcovitosti [8]

U tolerance umístění existují dva typy zápisů. Pokud je před hodnotou tolerance vyznačen ϕ je toleranční pole kruhové. Jestliže ϕ vyznačen není, má toleranční pole tvar čtverce. Poloha osy je určena zakótováním pomocí teoreticky přesných rozměrů vůči základnám. Obr 8) [2, 12]



Obr. 8) Ilustrace tolerance umístění [8]

U profilu plochy je toleranční pole dáno dvěma ekvidistantními plochami, mezi kterými se musí nacházet skutečná geometrie dané plochy. [2, 12]

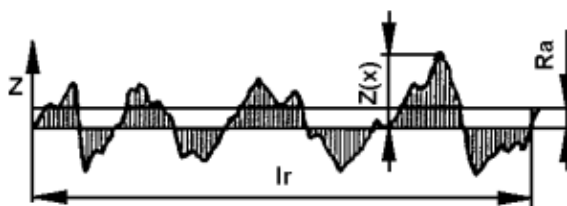


Obr. 9) Ilustrace tolerance tvaru plochy [13]

3.9 Textura povrchu

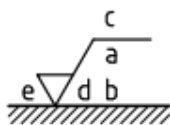
Textura povrchu¹ je charakterizována třemi složkami, které se od sebe liší vlnovou délkou. Složka s nejmenší vlnovou délkou je drsnost a značí se R. Druhou složkou je vlnitost W a třetí složka, se nazývá základní profil P, což je součet vlnových délek drsnosti a vlnitosti. Pro oddělení těchto složek od sebe v průběhu měření slouží proces filtrace. [3, 15]

Ve specifikaci spouště je použit pouze parametr Ra neboli střední aritmetická úchylka posuzovaného profilu. Je vypočítána jako aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic v základní délce l_r . Bohužel parametr Ra příliš nevypovídá o skutečném profilu povrchu, protože se jedná o průměr z absolutních hodnot odchylek od nominální hodnoty povrchu viz. obrázek 10. [3, 14]



Obr. 10) Znárodnění parametru Ra [14]

K označení textury ve specifikaci se podle normy ISO 1302 používá (mimo jiné) značka uvedená na obrázku 11. Jedná se o rozšířenou značku textury povrchu předepisující způsob obrábění s doplňkovými požadavky, které se zapisují do pozic označených **a** až **e**. [3]

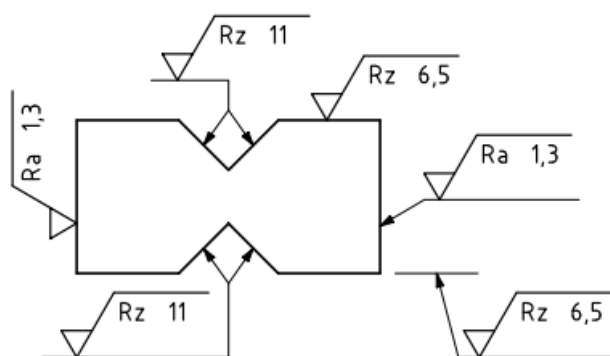


Obr. 11) Podoba rozšířené značky pro texturu [3]

Na pozici **a** se zapisují požadavky na texturu povrchu, pokud je požadavků více, je obsazena pozice **b** dalším požadavkem. Na místo označené písmenem **c** se zapisuje požadovaný způsob obrábění. Dále pak lze upřesnit směr stop po obrábění, který se specifikuje na pozici **d**. V případě nutnosti použití přídatku materiálu je potřeba využít pozici **e**. [3]

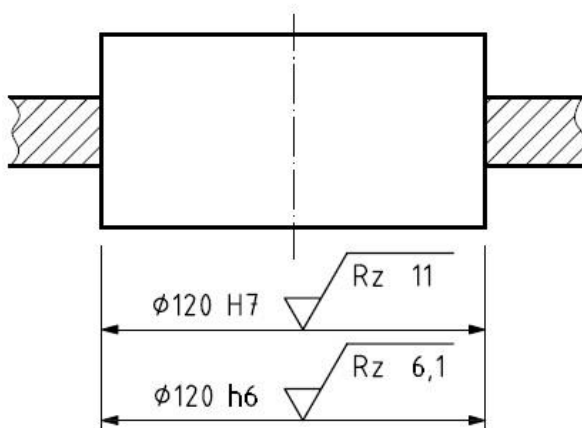
¹ Anglický termín „surface structure“ má dva české překlady. Jedním je struktura povrchu a druhým je textura povrchu. Dle pokynů vedoucího práce používám termín textura jako souhrnné označení charakteristiky povrchu. Pro prvky související konkrétně s drsností používám pojem drsnost.

Umístění značek textury povrchu je orientováno vždy ve směru čtení výkresu, v případě, že značku nelze takto umístit, je potřeba využít odkazovou čáru. Způsoby zakótování textury povrchu na různě orientované povrchy jsou uvedeny na obrázku 12. [3]

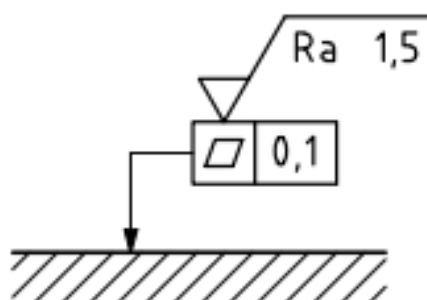


Obr. 12) Umístění značky drsnosti [3]

Na níže uvedeném obrázku 13 jsou ilustrovány přístupy ke kótování drsnosti na průměru a na obrázku 14 je uveden způsob značení drsnosti nad rámečkem geometrické tolerance. [3]



Obr. 13) Umístění značky drsnosti na průměru [3]



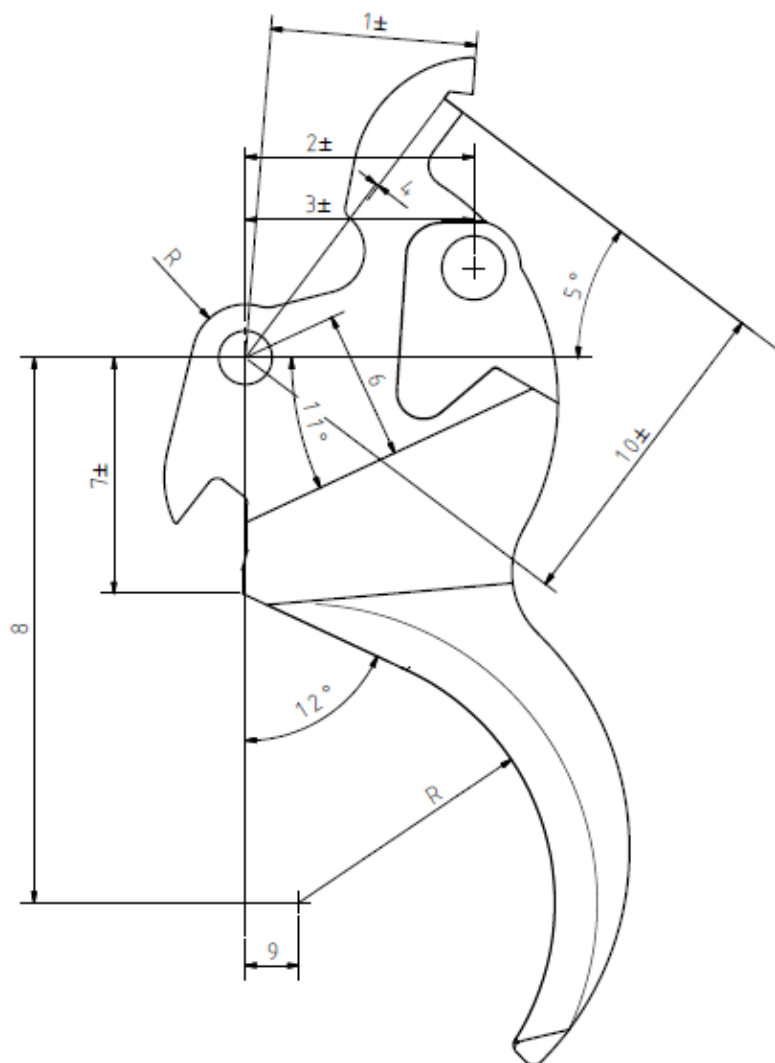
Obr. 14) Umístění značky drsnosti nad rámečkem geometrické tolerance [3]

4 ANALÝZA SPECIFIKACE

V následující části je popsán současný stav výkresové dokumentace.

4.1 Analýza specifikace

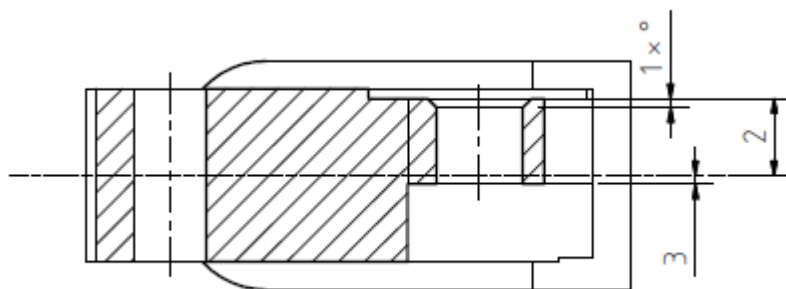
Kótování původní specifikace je celé založeno na ortogonálním souřadnicovém systému, který však není odvozen od žádné reálné geometrie součásti. Důsledkem toho je, že při natáčení součásti není jisté, jakou orientaci systém má. Nenachází se na ní totiž žádný reálný prvek, který by sloužil jako pomyslná základna, na které by mohl být souřadnicový systém založen. Všechny kóty se odrážejí od os díry pro čep rotace, nebo od uměle vytvořených bodů zakótovaných k jedné z nich. Princip kótování je vidět na obrázku 15, u kterého jsou pro přehlednost některé kóty vymazány. Rozměry jsou očíslovány a je u nich naznačen způsob tolerování pomocí symbolu „±“ a „IT“ (označení toleranční třídy), úhlové rozměry jsou označeny symbolem „°“. U kót, které nejsou označeny pomocí výše zmíněných symbolů pro tolerování, je předpokládáno použití všeobecných tolerancí.



Obr. 15) Princip kótování

Na současném výkrese se nachází množství údajů, které nejsou jednoznačné a mohli by vést k jejich nepřesnému pochopení. Obecně se jedná o nesprávně použité kóty rozměrů, pro představu se jedná např. o kóty 1,2,3,7,10 na obrázku 15.

Dále se pak jedná o kótování prvků, které komplikují proces kontroly, která se podle specifikace řídí, v důsledku čehož pak kontroluje prvky zbytečně složitě kótované navzdory tomu, že je jejich přesnost pro funkci spouště nepodstatná. Jedná se hlavně o zkosení hran a označení textury povrchu. Jedná se například o kótu 1 značící zkosení vnitřního zahloubení na obrázku 16.



Obr. 16) Ukázka nadbytečně kótovaného zkosení

Zkosení je v určitých místech zbytečně komplikovaně zakótováno a v těchto případech je měření daných kót složité ne-li nemožné. Jedná se o sražení vnitřní hrany zahloubených děr nebo malých rádiusů. Navíc tyto prvky mohou být široce tolerovatelné vzhledem k tomu, že se jedná jen o sražení hran nebo rádiusy, u nichž není třeba pro zachování funkčnosti dodržovat těsnou toleranci.

Značky drsnosti slouží spíše pro označení způsobu obrábění, způsob jejich kótování je popsán v příloze 1 nad popisovým polem.

Všechny prvky jsou v příloze 1 označeny čísly. Nevhodně kótované prvky jsou označeny červenou barvou. K označení prvků jsou ještě připojeny další symboly. Prvky tolerované pomocí mezních úchylek od nominální hodnoty jsou označeny symbolem \pm , prvky tolerované pomocí tolerančních tříd jsou doplněny o zkratku „IT“. Písmena a, b, c za symboly tolerancí označují velikost původního tolerančního pole, jejich tabulka je vypsána v popisovém poli. Prvky nevhodně zakótované, ale ponechané ve stejném stavu jsou označeny písmenem P. Prvky zakótované správným způsobem jsou označeny pomocí „OK“ a výše uvedených symbolů doplňujících informace o způsobu tolerování.

Všechny prvky, ať už rozměrové nebo jiné jsou kótovány jako rozměry lineární, a to pomocí kladných a záporných odchylek od nominálních hodnot nebo pomocí tolerančních tříd. V případě lineárních rozměrů, které jsou definovány normou ISO 14405-2 jako vzdálenost dvou rovnoběžných rovin nebo čar, průměru válcovitého prvku nebo vzdálenosti je tento způsob v pořádku. U všech ostatních neboli nelineárních rozměrů tento způsob vede k nejednoznačné interpretaci, a tudíž je potenciálně problematický. [7]

5 ANALÝZA POSTUPU POSOUZENÍ SHODY

V následující kapitole jsou popsána používaná měřidla a způsob měření spouště.

5.1 Používaná měřidla

- Digitální výškoměr s páčkovým úchylkoměrem – Jedná se o digitální výškoměr s rozlišením 0,01 mm, který má jako dotek připevněn páčkový úchylkoměr s rozlišením 0,01 mm. Úchylkoměr je zde připevněn, aby byl vždy zajištěn přítlak měřidla na měřenou součást.
- Dílenský mikroskop Carl Zeiss – Dílenský mikroskop má rozlišení 0,001 mm a digitální výstup. Mikroskop slouží k měření délek, úhlů, průměru, závitů, či rádiusů. Součást je položena na posuvném osvětleném stole, který lze polohovat v osách x, y, z a také jím lze rotovat pro měření úhlů. Mikroskop lze v jednotlivých bodech „nulovat“ a odměřovat tak požadované úseky.
- Sinové pravítka – Funguje na principu goniometrické funkce sinus. Při měření je známa délka pravítka a myšlená protilehlá strana trojúhelníku, kterou představuje koncová měrka podpírající jednu stranu pravítka. Úhel je pak vypočítán nebo odečten z tabulek. Ve firmě je používáno pravítka o délce 150 mm neznámého výrobce.
- Válcové kalibry a koncové měrky – Ve firmě jsou používány ocelové válcové kalibry v průměrech od 1,02 mm až 5,99 mm a 6,00 mm až 9,99 mm od České zbrojovky a koncové měrky v délkách od 1,001 mm do 100 mm s rozlišením 0,001 mm od firmy Somet.

5.2 Metodika měření spouště

Měření je prováděno pomocí digitálního výškoměru s páčkovým úchylkoměrem, sady válcových kalibrů, sady koncových měrek, sinového pravítka a dílenského mikroskopu. Pro rozměry, které lze odečíst pomocí dotyku, se používá výškoměr s páčkovým úchylkoměrem, pro rozměry na malých rádiusech či špatně dosažitelných plochách se používá mikroskop. Dále jsou popsány způsoby měření, které jsou ve firmě používány.

5.2.1 Postup měření s upnutím do prizma

Měření dílu začíná upevněním spouště do měřicího přípravku pomocí trnu, vybraného tak, aby jej šlo s přesahem ručně zasunout do díry pro čep rotace spouště. Spoušť je poté upevněna k prizmatu viz. obrázek 17.

Dále je spoušť natočena tak, aby jeden rozměr, v tomto případě se jedná o vzájemnou vzdálenost děr, byl stejný a stejně orientovaný jako je uvedeno ve specifikaci. Tohoto je docíleno pomocí průběžného kontrolování vzdálenosti mezi spodní hranou díry pro posuvnou páku a vrcholem trnu v díře pro čep rotace spouště, která by měla být rovna vzdálenosti mezi osami děr uvedené na výkrese a přepočítané přes nominální průměry díry a trnu. Orientace spouště a tím i kolmá vzdálenost os děr je pak jemně korigována až je dosaženo nominální hodnoty uvedené ve specifikaci.



Obr. 17) Měření s upnutím do prizma

Další rozměry jsou poté měřeny tak jak se nachází ve výkresové dokumentaci. Celé prizma s upnutou spouští je podle potřeby natáčeno a jednotlivé rozměry jsou měřeny pomocí výškoměru. Stejného tlaku dotyku měřidla na měřenou součást je docíleno pomocí číselníkového úchylkoměru připevněného jako dotek výškoměru.

5.2.2 Postup měření s upnutím do přípravku

Ve firmě se spouště měří ještě dalším způsobem, kdy je pro měření používán přípravek viz. obrázek 18. Jedná se o ocelový přípravek s jedním zalisovaným trnem a s trnem, který je uvnitř uložen s vůlí. Konce trnů jsou obrobena tak, aby se daly volně zasunout do dvou děr ve spoušti. Přípravek má několik ploch, které mají náklony takové, že když se na ně kostka postaví, je možné pohodlně odměřit požadovaný rozměr, tak jak je zakreslen ve výkresové dokumentaci. Opět se pro měření jednotlivých rozměrů používá výškoměr stejně jako v kapitole 5.2.1



Obr. 18) Měření s upnutím do přípravku

5.2.3 Měření malých rozměrů

Pro měření malých rozměrů a úhlů, do kterých se nedostane dotyk výškoměru např. ozub spouště do kterého zapadá kohout se používá dílenský mikroskop Zeiss. Měření probíhá podobně jako s výškoměrem. Vždy je na stůl mikroskopu postaveno prizma nebo přípravek na kterém je spoušť ve stejné poloze jako při měření výškoměrem a jsou odměřeny požadované rozměry. Tento způsob měření malých rozměrů je společný pro oba výše uvedené postupy měření. Mikroskop umožňuje měřit lineární rozměry v rovině a úhly. Mikroskop je vybaven digitálním výstupem s rozlišením 0,001mm. Mikroskop je na obrázku 19.



Obr. 19) Laboratorní mikroskop Carl Zeiss

Pro měření úhlů je používáno sinové pravítko, které je vidět na obrázku 20.



Obr. 20) Použití sinového pravítka

5.3 Analýza postupu posouzení shody

5.3.1 Postup měření s upnutím do prizma

Výsledkem nastavovacího procesu s upnutím do prizma je součástka upnutá teoreticky se stejnou orientací jako má specifikace. Středky těchto děr jsou použity jako základny, od kterých jsou měřeny další rozměry. Úskalím tohoto postupu je nepřesnost upínaných trnů, které se postupným zatlačováním deformují, nezřídka je pak nechtěně upravena i samotná součástka tak aby trn zůstal uvnitř uchycen a neprotácel se. Samotné díry také nejsou dokonale válcovité. Tyto všechny faktory se sčítají a vytváří celkovou odchylku od reálného rozměru.

Dalším možným problémem přípravku je absence aretace. Jakmile se podaří spoušť orientovat požadovaným způsobem, není nijak uzamčena v pozici, kde nehrozí při např. náhodném doteku její otočení, což by zapříčinilo opakování celého nastavovacího procesu.

Některé rozměry jsou kontrolovány pouze pohledově, jako je zkosení děr a textura jednotlivých povrchů. Toto je samozřejmě možné, ale není nutné mít přesně tolerované rozměry ve specifikaci, když není nezbytné, aby byly v této přesnosti vyrobeny a jsou kontrolovány pohledově.

5.3.2 Postup měření s upnutím do přípravku

U měření s upnutím do přípravku mohou nastat potíže v souvislosti s uložením trnů v měřicím přípravku a uložením samotné spouště na nich. Jak bylo výše zmíněno, v obou případech se jedná o uložení s vůlí, které se při natáčení měřicího přípravku různě vymezují, čímž zanáší do měření nepřesnosti. Při samotném měření může docházet k podobným nežádoucím jevům jako u postupu z kapitoly 5.2.1.

U obou způsobů měření je hlavním možným zdrojem problémů, to že se měří s rozměry, o kterých se předpokládá, že na součásti opravdu jsou (viz. usazování spouště do prizma). A ty nejsou dále kontrolovány a je tak do měření zanášena už od začátku možná chyba. Není pak možné určit, zda tyto rozměry skutečně odpovídají parametrům specifikace, či nikoliv.

Dalším důležitým aspektem je skutečnost, že jedna součástka je měřena více způsoby, což zavádí rozdíly mezi jednotlivá měření. To může být problémem v případě potřeby dlouhodobého použití výsledků měření na kterých by se stavělo při úpravě procesů či sledování dlouhodobého trendu přesnosti výroby.

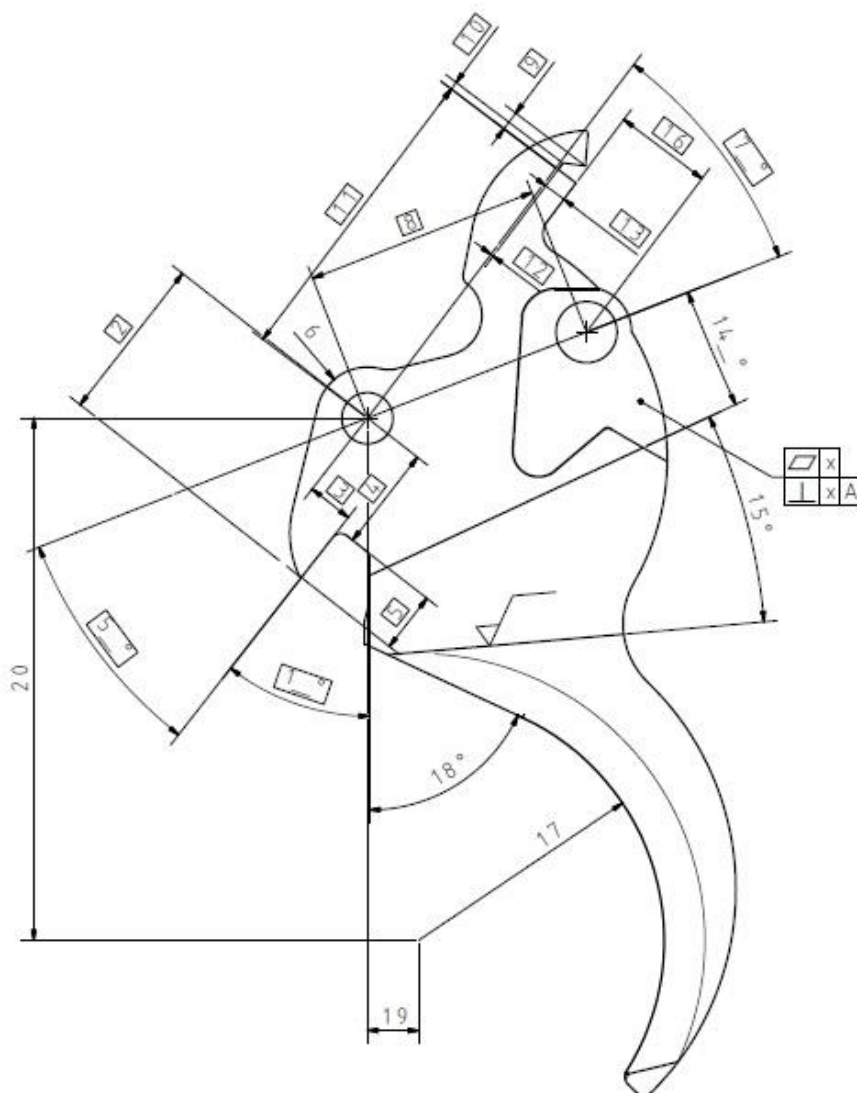
6 DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Posledním cílem této bakalářské práce je doporučení zlepšení pro praxi, která jsou navržena níže.

6.1.1 Doporučení pro specifikaci

Na základě analýzy původní specifikace (příloha 1) byl vypracován návrh nové specifikace při použití systému GPS (v příloze 2).

Oproti původnímu ortogonálnímu souřadnicovému systému založeném na ose díry rotace byl zvolen souřadnicový systém založený na spojnici os díry rotace a díry pro posuvnou páku. Jednotlivé prvky jsou pak od ní kótovány pomocí teoreticky přesných rozměrů a tolerovány geometrickými tolerancemi ke třem základnám. Některé rozměry jsou kótovány pouze od samotné osy díry pro čep rotace, ale už nejsou kótovány jako v původní specifikaci jako lineární rozměry, ale pomocí teoreticky přesných rozměrů a geometrických tolerancí. Pro představu je uveden obrázek 21 pro porovnání s původním způsobem kótování.



Obr. 21) Nový způsob kótování

Nejednoznačně kótované rozměry v příloze 1, označené červenou barvou byly nahrazeny kótováním pomocí teoreticky přesných rozměrů a geometrických tolerancí. Kóty s označením „OK“ byly ponechány nebo odstraněny v případě, že došlo k duplikacím.

Ve výkrese 1 jsou také kóty označené písmenem P, tyto rozměry nejsou dle norem správně zakótovány, jedná se v zásadě o nelineární rozměry zakótované a tolerované jako rozměry lineární. Kóty značené písmenem P ponechávám v původním stavu, protože se jedná o rozměry, které lze tolerovat pomocí všeobecných tolerancí podle normy ISO 2768, která říká, že překročení všeobecných tolerancí nutně nevede k vyřazení součástky, pokud daná naměřená hodnota neomezí funkci, do stejné skupiny patří i zakótované rádiusy. [4]

Sražení hran zakótované často používaným způsobem pomocí předpisu délka x úhel, na místech, kde sražení hran nemusí být tak přesně specifikováno jsem nahradil obecným předpisem pro hrany neurčitých tvarů.

Za zmínku stojí geometrická tolerance profilu plochy, kterou jsem použil na dvou místech, a to v místě ozubu do kterého zapadá kohoutek a ve vybrání sloužícím k posuvu aretační páky. Tolerance je vztažena zároveň ke třem základnám a je doplněna o modifikátor UF (united feature). Ten říká, že označené prvky mají být brány jako jeden celek, to znamená, že se na ně nevztahuje princip nezávislosti. [2, 5]

6.1.2 Doporučení pro postup posouzení shody

Prvním možným zlepšením současného postupu posouzení shody by mělo být sjednocení postupu měření. Po úpravě měřicího přípravku se mi jako vhodný jeví měření s upnutím do přípravku. Úprava spočívá v nahrazení jednoho trnu, trnem pohyblivým v lineárním vedení, který by bylo možné polohovat pomocí šroubu. Jednotného dotažení šroubu by bylo docíleno pomocí momentového klíče s přesně daným momentem síly. Takto upevněná spoušť by pak měla pevně danou polohu a nehrozilo by samovolné vymezování vůlí, které probíhá v současnosti. Díky kruhovému tvaru děr a trnů by bylo možné pohodlně změřit absolutní vzdálenost krajů děr. Tímto postupem by bylo zajištěno rychlé a jednoznačné upnutí součástí. Současný způsob měření pomocí výše jmenovaných měřidel bych ponechal, kvůli jejich dostupnosti ve firmě a šetření finančních prostředků. V budoucnu by bylo ideální přepracování výkresové dokumentace s využitím GPS pro jednoznačné určení důležitých rozměrů a použití 3D měření, které již je ve firmě využíváno pro měření např. kohoutků. [9]

Alternativou je použití kombinace optického měření a měření sondou, pro které je uzpůsoben souřadnicový měřicí systém De Meet. Pro tento postup je třeba navrhnout celý postup měření tak aby byl jednoznačný a byl používán jediným možným způsobem.

Variantou by bylo pořízení konturografu, kterým by bylo možné měřit, jak malé tvary jako je například ozub spouště, do které zapadá kohoutek, tak také texturu jednotlivých povrchů.

7 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala analýzou postupu posouzení shody spouště se specifikací. Jejím cíli byla analýza specifikace, analýza postupu posouzení shody a doporučení pro praxi.

Nejdříve byla zpracována teoretická část, věnující se popsání funkce spouště ve spoušťovém mechanismu a požadavkům norem ISO GPS na specifikaci. Teoretické části jsou věnovány kapitoly 2 a 3.

V kapitole 4 je splněn první cíl, kterým je analýza specifikace. Je zde rozebrán základ kótovacího schématu původní specifikace, jaké prvky se na výkrese nacházejí a jak jsou kótovány. Všechny prvky, jejichž kótování nespĺňuje požadavky norem ISO GPS nebo komplikuje proces posouzení shody, který je na specifikaci, jsou označeny v příloze 1. Pozornost je věnována definici nejednoznačně kótovaných prvků a také prvkům, které jsou pro kontrolu součásti nadbytečné. Popis prvků je doplněn o výřezy z původní dokumentace pro jasnou představu o způsobech kótování. Na tuto analýzu je navázáno v kapitole 6 doporučením pro praxi.

Kapitola 5 se věnuje splnění druhého cíle. Nejdříve jsou stručně popsána měřidla, která jsou ve firmě používána k posouzení shody. Dále jsou popsány oba způsoby, kterými je spoušť měřena. Jsou zde popsány varianty uchycení spouště a měření jednotlivých prvků spouště.

Na popis metodiky měření navazuje analýza postupu posouzení shody, kde jsou popsány kroky vedoucí k zanášení možných chyb do procesu měření. Tyto jsou popsány a je vysvětleno proč mohou negativně ovlivňovat proces měření a tím celé posouzení shody součásti se specifikací.

Kapitola 6 zpracovává výsledky čtvrté a páté kapitoly a na jejich základě je stanoveno doporučení pro praxi, které bylo třetím a posledním cílem práce.

První část kapitoly 6 se věnuje zlepšení výkresové dokumentace. Popisuje změnu základního souřadnicového systému a zavedení geometrických tolerancí za účelem zjednoznačnění specifikace. Je zde uvedeno i vysvětlení proč jsou některé kóty ponechané ve stejném stavu jako kóty původní specifikace i když nespĺňují požadavky norem.

Druhá část kapitoly 6 navrhuje zlepšení v oblasti postupu měření. Navazuje na analýzu postupu posouzení shody z kapitoly 5 a navrhuje zlepšení potenciálně problémových situací. Problémem společným pro oba způsoby měření je polohování součástky s předpokládaným nominálním rozměrem, který se dále nekontroluje. Dalším problémem měření je jeho nesjednocenost. Každý kontrolor, měří svým vlastním způsobem, který však vytváří odlišné naměřené hodnoty odchylek. U postupu měření s pomocí prizma vzniká nepřesnost kvůli úpravám děr pro měřicí trny a u postupu měření s pomocí přípravku dochází k vymezování vůlí při natáčení přípravku, které se přičítají k měřeným hodnotám. U obou způsobů se měří s teoretickými hodnotami, o kterých nemůžeme jasně říci, zda je součástka splňuje či nikoliv. Proto je doporučeno sjednocení postupu měření. Do budoucna by bylo vhodné zakoupení konturografu, který by mohl sloužit jak pro měření textury povrchu, tak pro měření různých zahloubení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Alfa steel 3840 – STŘELCI.COM. STŘELCI.COM – Příznivci zbraní a střelby [online]. Copyright © 2018 [cit. 17.05.2018]. Dostupné z: <https://www.strelci.com/?p=462>
- [2] ČSN EN ISO 1101 (014120) *N Geometrické specifikace výrobků (GPS) - Geometrické tolerování - Tolerance tvaru, orientace, umístění a házení*. Praha: Český normalizační institut, 2006. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [3] ČSN EN ISO 1302 (014457) *A Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Označování struktury povrchu v technické dokumentaci výrobků*. Praha: Český normalizační institut, 2002. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [4] ČSN ISO 2768-1 (014240) *A Všeobecné tolerance. Nepředepsané mezní úchytky délkových a úhlových rozměrů*. Praha: Český normalizační institut, 1992. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [5] ČSN EN ISO 8015 (014204) *A Geometrické specifikace produktu (GPS) - Základy - Pojmy, principy a pravidla*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [6] ČSN EN ISO 14405-1 (014115) *N Geometrické specifikace produktu (GPS) - Tolerování rozměrů. Část 1, Lineární rozměry = Geometrical product specifications (GPS) - Dimensional tolerancing. Part 1, Linear sizes*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [7] ČSN EN ISO 14405-2 (014115) *A Geometrické specifikace produktu (GPS) - Tolerování rozměrů. Část 2, Rozměry jiné než lineární rozměry = Geometrical product specifications (GPS) - Dimensional tolerancing. Part 2, Dimensions other than linear sizes*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [8] *Geometrické tolerance*. <https://e-konstrukter.cz/> [online]. 2014 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/geometricke-tolerance>
- [9] HOCKEN, Robert J., ed., 2012. *Coordinate measuring machines and systems*. 2nd ed. Boca Raton, Fla: CRC Press. ISBN 978-14200-8201-2.
- [10] MEADOWS, James D., c1998. *Measurement of geometric tolerances in manufacturing*. New York: Marcel Dekker. ISBN 978-082-4701-635.
- [11] PLACKO, Dominique, ed., 2006. *Metrology in industry: the key for quality*. Newport Beach, CA: ISTE. ISBN 978-1-905209-51-4.
- [12] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vydání šesté. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-7204-921-9. Článek
- [13] Střední průmyslová škola na Proseku [online]. Copyright © [cit. 17.05.2018]. Dostupné z: http://www.sps-prosek.cz/soubory/M/TD/TD-geometricke_tolerance.pdf
- [14] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie – část 1*. Ostrava 2004: VŠB-TU Ostrava. 112s., ISBN 80-248-0672-X
- [15] WHITEHOUSE, D. J., 2010. *Handbook of surface and nanometrology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4200-8201-2.

SEZNAM TABULEK

TAB 1) PŘEHLED GEOMETRICKÝCH TOLERANCÍ SE SYMBOLY24

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 1) SPOUŠŤOVÝ MECHANISMUS [1].....	17
OBR. 2) JEDNOZNAČNÉ A NEJEDNOZNAČNÉ KÓTOVÁNÍ INTEGRÁLNÍCH CHARAKTERISTIK [7]	22
OBR. 3) JEDNOZNAČNOST KÓTOVÁNÍ INTEGRÁLNÍ A DERIVOVANÉ CHARAKTERISTIKY[7]	22
OBR. 4) TOLERANCE PŘÍMOSTI [8].....	25
OBR. 5) TOLERANCE ROVINNOSTI [8]	25
OBR. 6) ILUSTRACE TOLERANCE KRUHOVITOSTI [8].....	25
OBR. 7) ILUSTRACE TOLERANCE VÁLCOVITOSTI [8]	26
OBR. 8) ILUSTRACE TOLERANCE UMÍSTĚNÍ [8]	26
OBR. 9) ILUSTRACE TOLERANCE TVARU PLOCHY [13]	26
OBR. 10) ZNÁZORNĚNÍ PARAMETRU RA	27
OBR. 11) PODOBA ROZŠÍŘENÉ ZNAČKY PRO TEXTURU [3]	27
OBR. 12) UMÍSTĚNÍ ZNAČKY DRSNOSTI [3]	27
OBR. 13) UMÍSTĚNÍ ZNAČKY DRSNOSTI NA PRŮMĚRU [3]	28
OBR. 14) UMÍSTĚNÍ ZNAČKY DRSNOSTI NAD RÁMEČKEM GEOMETRICKÉ TOLERANCE [3].....	28
OBR. 15) PRINCIP KÓTOVÁNÍ.....	29
OBR. 16) UKÁZKA NADBYTEČNĚ KÓTOVANÉHO ZKOSENÍ.....	30
OBR. 17) MĚŘENÍ S UPNUTÍM DO PRIZMA	32
OBR. 18) MĚŘENÍ S UPNUTÍM DO PŘÍPRAVKU	32
OBR. 19) LABORATORNÍ MIKROSKOP CARL ZEISS.....	33
OBR. 20) POUŽITÍ SINOVÉHO PRAVÍTKA	33
OBR. 21) NOVÝ ZPŮSOB KÓTOVÁNÍ.....	35

SEZNAM ZKRATEK

GPS	Geometrical product specification – geometrická specifikace dílu
IT	Toleranční třída
LP	Rozměr ze dvou bodů
lr	Základní délka
Ra	Střední aritmetická úchylka profilu
UF	United feature – Sloučený prvek

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Překreslená původní specifikace (elektronická příloha)

Příloha 2 – Návrh nové specifikace (elektronická příloha)