



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

SYSTÉM MONITOROVÁNÍ VÝROBNÍHO PROCESU

PRODUCTION PROCESS MONITORING SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. ONDŘEJ ŠIMEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALOIS FIALA, CSc.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Ondřej Šimek

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Metrologie a řízení jakosti (3911T032)**

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

Systém monitorování výrobního procesu

v anglickém jazyce:

Production process monitoring system

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zásady pro vypracování:

1. Definování cílů práce.
2. Analýza problému a literární rešerše.
3. Návrh řešení.
4. Ověření návrhu.
5. Diskuse výsledků.
6. Závěry a doporučení.

Rozsah grafických prací: Bez omezení

Rozsah průvodní zprávy: Do 60 stran

Cíle diplomové práce:

Identifikace procesu

Určení indikátorů pro monitorování

Analýza procesu na základě shromážděných dat

Seznam odborné literatury:

Fiala, A.: Statistické řízení jakosti. VUI v Brně, 1997, ISBN 80-214-0895-2
ČSN ISO 8258 Shewhartovy regulační diagramy. ČNI, Praha, duben 1994

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Alois Fiala, CSc.

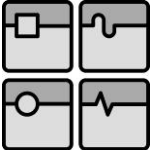
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/2010.

V Brně, dne 18.11.2009

L.S.

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

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Abstract

Tato diplomová práce se zabývá systémem monitorování výrobního procesu s využitím metody SPC. Důvodem zavedení SPC je snaha o neustálé zlepšování výrobního procesu a jakosti výroby. Práce se skládá ze tří částí:

- V první teoretické části jsou řešeny základní přístupy a postupy pro aplikaci metodiky SPC.
- Praktický úsek zahrnuje popis současného stavu provádění kontroly jakosti a návržení metody SPC.
- Na základě vyhodnocených dat jsou učiněny závěry a doporučení.

Abstract

This thesis deals with production system monitoring using the SPC method. The reason for the introduction of the SPC system is in an effort to improve the quality consistency. This master thesis consists of three parts:





- Theoretic part: to solve the basic access and process for the application of SPC methodics.
- Practical part: includes the description of contemporary quality control and propositions for the SPC method.
- Conclusion: Conclusions and recommendations are made on the basis of the data evaluation.

Klíčová slova

Regulace procesu, regulační diagramy, indexy způsobilosti a výkonnosti.





Key words

Proces regulation, regulation diagram, competency and effectiveness index of process

Str. 6	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	 
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	 

Bibliografické citace dle ISO 690

ŠIMEK, O. *Systém monitorování výrobního procesu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 68 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Alois Fiala, CSc.





 	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
 	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma *Systém monitorování výrobního procesu* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

.....
Datum

.....
Ondřej Šimek

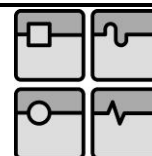
Str. 8	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	 
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	 

Poděkování

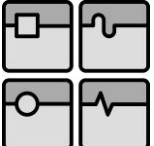
Děkuji tímto vedoucímu své diplomové práce panu Doc. Ing. Aloisi Fialovi, CSc. za jeho cenné připomínky a rady. Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům firmy Austin Detonator s.r.o. za poskytnutí informací pro zpracování této diplomové práce.

Obsah

1	ÚVOD.....	11
1.1	Obecně.....	11
1.2	Popis problému a formulace cílů.....	11
1.3	O firmě Austin Detonator	11
1.4	Produkty vyráběné v Austin Detonator	13
2	Statistické řízení a regulace výrobního procesu (SPC)	14
2.1	Prevence versus detekce.....	14
2.2	Systém regulace procesu	14
2.3	Kolísání: náhodné a zvláštní příčiny	15
2.4	Lokální opatření a opatření v systému	17
2.5	Regulace procesu a způsobilost procesu	18
2.5.1	Regulace versus způsobilost	18
2.6	Ukazatelé procesu	19
3	Regulační diagramy: nástroje pro regulaci procesu a jeho zlepšování	20
3.1	Druhy regulačních diagramů.....	21
3.1.1	Regulační diagramy při kontrole měřením	21
3.1.2	Regulační diagramy při kontrole srovnáváním.....	21
3.2	Prvky regulačních diagramů	21
3.3	Před aplikací regulačních diagramů	23
3.4	Mechanismus regulačních diagramů.....	24
3.5	Vzorce pro regulační diagram $\bar{X} - R$	26
3.6	Určení signálů statisticky nevládnutého stavu	27
3.7	Indexy způsobilosti	29
3.7.1	Index C_p	29
3.7.2	Index C_{pk}	29
3.7.3	Index P_p	30
3.7.4	Index P_{pk}	31
4	Definování procesu	32
4.1	Popis a princip rozbušek	32
4.2	Zpoždovače.....	33
4.2.1	Rozdělení	33
4.3	Proces výroby zpoždovačů	34
4.4	Stroj Pfiffner.....	37



4.5	Srovnání stroje Pfiffner a Eskomatic	38
4.6	Výňatek z průběžného postupu soustružení zpořřovačů na stroji Pfiffner.....	39
4.6.1	Potřebné nástroje, nářadí a přípravy pro jednotlivé operace	39
4.6.2	Průběžný postup soustružení pro typ LT620 (X01-X05) na stroji Pfiffner.....	40
4.6.3	Průběžný postup soustružení pro typ LT620 (X06-X18) na stroji Pfiffner.....	41
4.6.4	Průběžný postup soustružení pro typ LT600 (X02-X06,X08) na stroji Pfiffner	42
4.6.5	Průběžný postup soustružení pro typ LT 602 (X03-X07) na stroji Pfiffner.....	43
4.6.6	Průběžný postup soustružení pro typ LT 602 (X08-X18) na stroji Pfiffner.....	44
4.7	Stávající kontrola	45
5	Návrh metodiky SPC	47
5.1	Volba představitele	47
5.2	Určení znaků jakosti.....	47
5.2.1	Pro typ LT 600.....	47
5.2.2	pro typ LT 602	48
5.2.3	Pro typ LT 620.....	49
5.3	Návrh měřicího a monitorovacího zařízení.....	49
5.4	Výběr stupně regulace.....	50
5.5	Výběr regulačního diagramu.....	50
5.6	Volba počtu a odběrů vzorků	50
6	Implementace SPC do výrobního procesu	51
6.1	Regulační diagramy pro délku	51
6.1.1	Interpretace regulačních diagramů	53
6.1.2	Interpretace indexů způsobilosti a výkonnosti	54
6.2	Regulační diagramy pro osazení	55
6.2.1	Interpretace indexů způsobilosti a výkonnosti	58
7	Seřizovací (kontrolní) diagramy.....	59
7.1	Výhody seřizovacích (kontrolních) diagramů.....	59
7.2	Návrh seřizovacích (kontrolních) diagramů	59
7.3	Volba seřizovacích mezí	59
7.3.1	Seřizovací meze pro délku a	59
7.3.2	Seřizovací meze pro osazení.....	61
7.4	Program pro vyhodnocování.....	61
7.5	Jak bude probíhat kontrola pomocí kontrolních diagramů	62
8	ZÁVĚR	63

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1 ÚVOD

1.1 Obecně

V dnešní době, která je pro mnoho firem existenční, by si každá firma měla vážít svého zákazníka. K tomu, aby byla v lepším postavení než její konkurence, se musí starat o to, aby vyráběla kvalitnější výrobky. Zákazník, který se bude rozhodovat, dá hlavně na své zkušenosti, radu svých obchodních přátel nebo kolegů. Proto je v první řadě úkolem firmy zajistit spokojenost zákazníka, který své pozitivní, ale i negativní zkušenosti předává dál. Jde zejména o to eliminovat zkušenosti negativní, posílit ty pozitivní a současně snižovat náklady. Jak ale těchto cílů dosáhnout?

Mnoho firem v dnešní době zajišťuje jakost výrobku pomocí výstupní kontroly. Samozřejmě je to také možnost, jak dosáhnout toho, aby se k našemu zákazníkovi dostaly jen jakostní výrobky. Ale je tato cesta tou nejlepší? Myslím si, že ne, protože každý vyřazený kus nás už stál patřičné náklady, a proto se připravujeme o zisk. Právě proto bychom se měli snažit nejakostním výrobkům předcházet a udržovat proces na takové úrovni, kdy neshodné výrobky prakticky nebudou vznikat.

K tomu, abychom mohli být schopni udržet proces na předem stanovené úrovni, nám můžou pomoci nástroje SPC. Ty nám pomohou včas odhalit vymezené příčiny chyb v procesu, a tím nám dávají čas k jejich nápravě. Cílem SPC je dlouhodobě udržovat proces na stabilní úrovni nebo také pracovat na jeho zlepšení.

1.2 Popis problému a formulace cílů

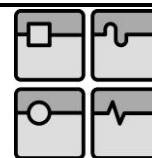
Ve své diplomové práci spolupracuji s firmou Austin Detonator. Mým úkolem je navrhnout systém monitorování výrobního procesu na stroji Pfiffner. Firma v rámci úspor a zavedení nové výroby, kterou nejdříve odebírala od jiné firmy, pořídila nový stroj Pfiffner. Ten částečně nahrazuje práci na původních strojích Eskomatic. Práce je orientována na jednoho typického představitele, který je na stroji Pfiffner vyráběn, a to na zpoždovače. Požadavky na systém monitorování byly ze strany Austin Detonator následující:

- aby monitorování využívalo nástrojů SPC,
- aby byla stanovena pravidla a aby bylo průkazné, že se měření provádí,
- aby bylo jednoduché a nenáročné uživatelsky,
- aby bylo nenáročné časově.

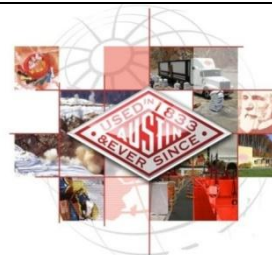
Teoretická část studie se zabývá oblastí statistické regulace procesů. Jsou v ní uvedeny základní přístupy a postupy pro aplikaci metodiky SPC. Praktický úsek zahrnuje popis současného stavu provádění kontroly jakosti zpoždovačů a návržení metody SPC. Pro ověření SPC jsou do provozních podmínek zapracovány Shewhartovy regulační diagramy. Na základě vyhodnocených diagramů jsou učiněny závěry a doporučení.

1.3 O firmě Austin Detonator [1]

Austin Detonator s.r.o. sídlí ve Vsetíně, je součástí korporace Austin Powder Company, Cleveland, Ohio, USA. Firma výrobu ve městě zahájila od 1. 1. 1999, kdy odkoupila výrobu rozbušek od tehdejší Zbrojovky Vsetín. Počátek výroby se datuje až do roku 1953, jež byla ve Vsetíně vyrobena první průmyslová rozbuška. V současné době je Austin Detonator s.r.o. jedním z nejvýznamnějších evropských výrobců. Až 90 % výroby je určeno pro země Evropské Unie, Island, Spojené Státy Americké, ale i pro oblasti vzdálenější jako např. země Středního východu, Taiwan, Japonsko, jižní Afriku. Austin je tradičním výrobcem iniciačních systémů pro průmyslové trhací práce a mezi jeho výrobky patří především:



- neelektrické rozbušky
- elektrické rozbušky
- elektronické rozbušky
- komponenty pro výrobu (sestavu) rozbušek
- iniciační prostředky
- pilule a palníky
- pomůcky pro trhací práce



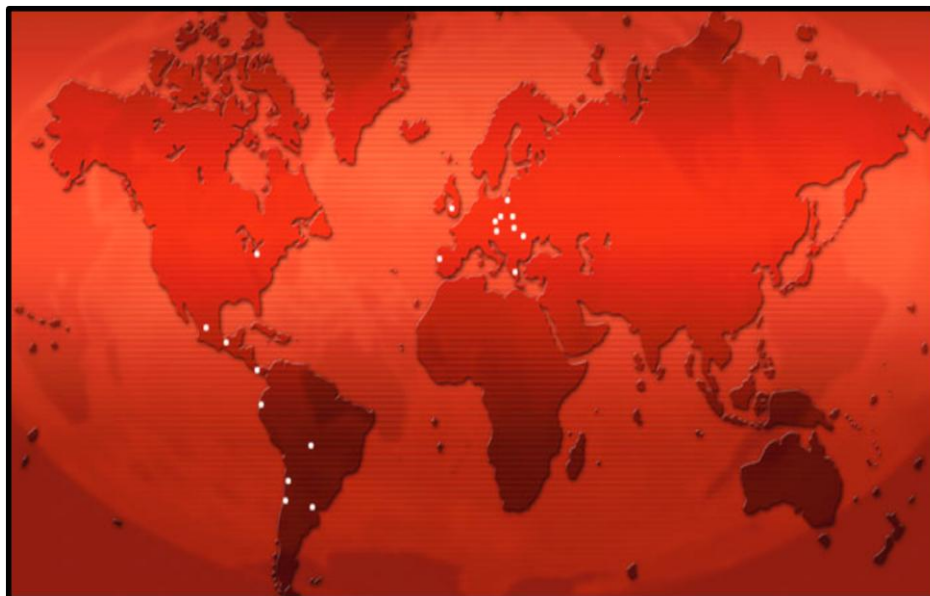
Společnost je jedním z největších a nejstálejších zaměstnavatelů regionu. I přes finanční krizi se stále rozrůstá a přijímá nové pracovníky. Firma se zařadila na první příčky v mnoha soutěžích:

- Exportér roku 2000/2001,
- Firma kraje 2005 - 3. místo,
- Top 10 nejobdivovanějších firem podle veřejnosti pro rok 2006, 2007 a 2008.

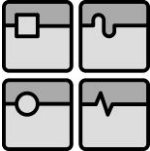
Od roku 1997 je systém jakosti společnosti Austin Detonator certifikován dle ISO 9001, certifikát ISO 9001:2000 je v současné době udělen českým certifikačním orgánem CQS - Sdružení pro certifikaci systémů jakosti, který je součástí mezinárodní sítě certifikačních orgánů IQNet a je platný do 14. 11. 2010.

Základní směr úsilí vedení společnosti v této oblasti určuje politika jakosti, která je provázána se strategií firmy a je definována v následujících bodech:

- Vedení AD podporuje tuto politiku, která je závazná pro všechny pracovníky společnosti.
- Nasloucháme svým zákazníkům i sobě navzájem.
- Poznáváme a uspokojujeme potřeby našich zákazníků a dohodnuté parametry.
- Bezpečně a efektivně vyrábíme výrobky a poskytujeme služby v souladu se všemi zákony a předpisy s důrazem na životní prostředí.
- Správné věci společně děláme správně, jednou a včas.
- Dbáme na neustálé zlepšování systému managementu jakosti.



Obr. 1 Přehled firem korporace Austin Powder Company [1]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1.4 Produkty vyráběné v Austin Detonator [1]

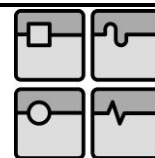
Největší část produkce, a to až z 95 % výroby firmy, jsou průmyslové rozbušky používané například pro ražbu tunelů, pro odstřely v dolech a v lomech.



Obr. 2 Rozbuška [1]

Rozbuška je prvotní stupeň iniciace průmyslových trhavin. Prakticky rozdělujeme rozbušky na několik základních druhů, všechny tyto druhy jsou vyráběny ve firmě Austin Detonator a jsou to:

- **Elektrické rozbušky** jedny z nejrozšířenějších. Jejich základem je odporový můstek (drátek), který se při průchodu proudem zahřeje a vyvolá detonaci iniciační složky, následuje primární a sekundární složky. Kontrola zapojení se provádí ohmmetrem. Iniciace probíhá rozněticí. Mezi výhody a nevýhody patří:
 - **výhody:** velká iniciační mohutnost, vysoká odolnost vůči mechanickým podnětům
 - **nevýhody:** špatná odolnost vůči vodě
- **Neelektrické rozbušky** jsou druhé nejrozšířenější. Jejich konstrukce je podobná elektrickým s rozdílem, že na jiném principu do rozbušky přichází výbuch z detonační trubičky. Nedochozí pouze k přenosu na primární a sekundární složky. Nelze kontrolovat strojem, pouze vizuálně. Iniciace probíhá rozněticí. Mezi výhody a nevýhody patří:
 - **výhody:** velká iniciační mohutnost, vysoká odolnost vůči mechanickým podnětům, vynikající odolnost vůči vodě, vysoká odolnost vůči cizím zdrojům elektrické energie
 - **nevýhody:** vyšší cena než u elektrických
- **Elektronické rozbušky** přinášejí nejmodernější trend v této oblasti, údajně jsou absolutně bezpečné, obsahují odporový můstek, který průchodem el. proudem z kondenzátoru rozbušky ohřeje pyrotechnickou směs el. pilule. Pilule následně svým plamenem způsobí výbuch primární a následně sekundární náplně rozbušky. Mezi výhody a nevýhody patří:
 - **výhody:** kontrola spolehlivosti roznětné sítě, možnost časování (1 ms – 10 000 ms), možnost iniciace velkého množství rozbušek, každá rozbuška má své ID, a proto je nezaměnitelná
 - **nevýhody:** vyšší cena než u elektrických i neelektrických.



2 Statistické řízení a regulace výrobního procesu (SPC) [2,3]

2.1 Prevence versus detekce

Prvořadým cílem výrobce musí být splnění potřeb zákazníka, bez tohoto nemůže firma dlouhodobě fungovat. Musí zákazníkovi prodat takový výrobek, který je ve shodě s jeho specifikacemi. V minulosti bylo na produkci vytvořit výrobek, kontrola měla následně za úkol z těchto výrobků vytřídit ty neshodné. Je nám jasné, že tento postup není zrovna ten nejlevnější, protože firma musí do nákladů na jeden kus připočítat také cenu neshodných produktů. Ovšem jestliže bude naše konkurence vyrábět bez zmetků, její cena za tentýž produkt bude nižší, a tak zákazník nebude váhat a přejde k ní. Daleko účinnější je zmetkovitosti předcházet tím, že na prvním místě nebudeme produkovat nepoužitelný výstup (to označujeme strategií prevence).

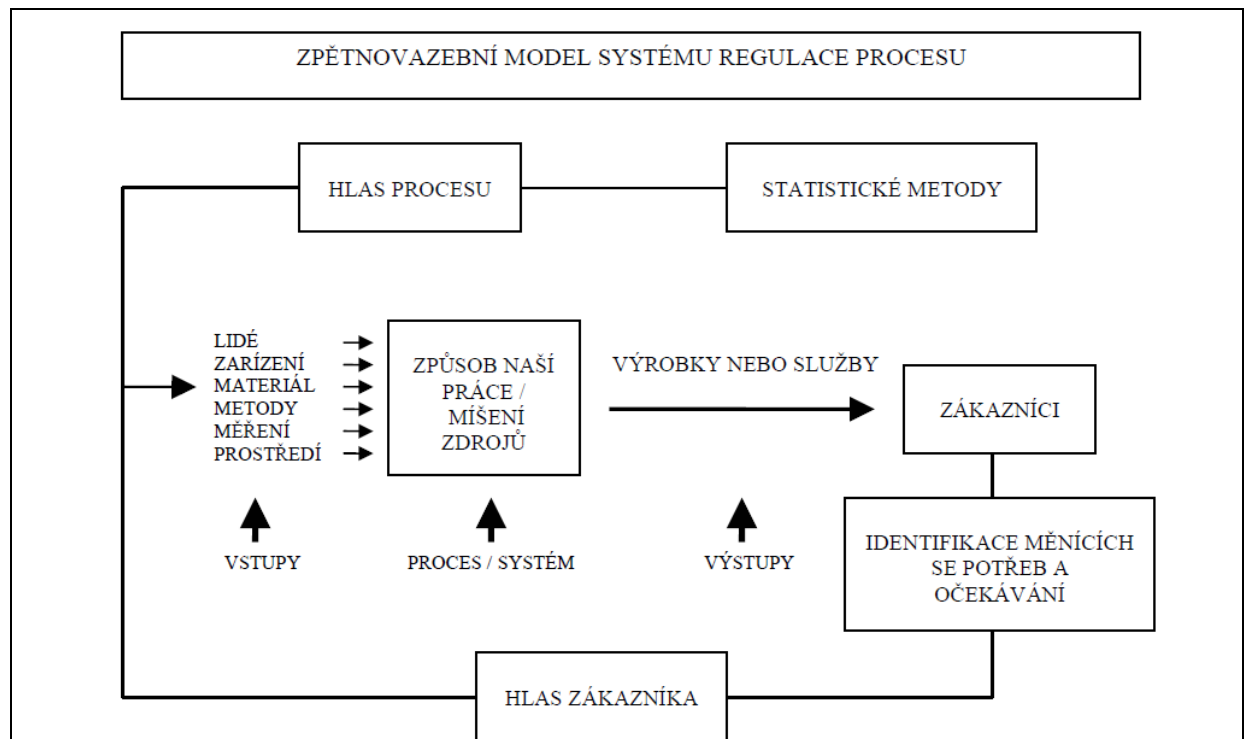
K tomu, abychom mohli porozumět, co je to statistická regulace procesu, musíme pochopit všechny prvky, na nichž je založena.

2.2 Systém regulace procesu

Systém regulace procesu lze popsat jako zpětnovazební systém. SPC je jeden takový typ systému se zpětnou vazbou.

- **Proces** – Procesem je míněná kombinace všech aspektů, které se nějakou měrou podílejí na výstupu procesu (dodavatelé, výrobce, lidé, zařízení, materiál, metody, prostředí atd.), jak můžeme vidět na obr. 3. Systém regulace procesu je užitečný jen tehdy, pokud má tendenci zůstat na požadované vysoké úrovni nebo jeho výkonnost vzrůstá.
- **Informace o výkonu** – Z výstupu procesu se můžeme dozvědět mnoho informací o jeho výkonu, ale mnohem větší informace zjistíme, pokud se budeme snažit pochopit vlastní proces a jeho variabilitu. Musíme se snažit určit cílové hodnoty pro ty znaky, které přispívají k co nejproduktivnějšímu chodu procesu, a poté tyto hodnoty monitorujeme a podle jejich hodnot usuzujeme, v jakém stavu je náš sledovaný proces.
- **Opatření v procesu** – Nejehospodárnější opatření je takové, které by zabránilo důležitým znakům procesu, jejich příliš velkému kolísání a odchylování se od požadovaných cílových hodnot. Mezi takové opatření patří:
 - Změny v operacích
 - výcvik operátora
 - změny ve vstupním materiálu
 - Změny v základních prvcích samotného systému
 - zařízení
 - komunikace lidí
 - návrh procesu jako celku

Pokud je to nutné, mají být dopady opatření monitorovány spolu s další analýzou a provedenými opatřeními.
- **Opatření na výstupu** – představuje činnost, která se bude zaměřovat jen na to, abychom neshodný výrobek detekovali, vyřadili, popřípadě opravili. Takové opatření je nejméně ekonomické. K tomuto kroku můžeme přistupovat jen v mimořádných situacích (např.: krátkodobá nestabilita či nezpůsobilost procesu). Nezapomeňme, že cílem SPC je soustředit se na prevenci, ne na detekci.



Obr. 3 Systém regulace procesu [2]

2.3 Kolísání: náhodné a zvláštní příčiny

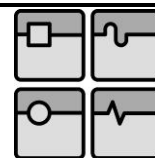
Při výrobě nenastává případ, že by dva výrobky v procesu byly přesně stejné, protože na průběh působí mnoho zdrojů kolísání. Rozdíly mezi nimi mohou být buď velké, nebo také malé, námi používaným měřidlem neměřitelné, ale vždy se nějaké vyskytují. Všechny zdroje kolísání nám proces ovlivňují, některé za delší a některé za kratší časové období.

Zatímco jednotlivé měření se od sebe liší tak jako soubor vytvářejí obrazec, který může být chápán jako rozdělení (viz obr. 4). Působí-li na proces pouze náhodné příčiny, lze ho charakterizovat těmito parametry normálního rozdělení:

- **Parametr polohy** (těžiště) – poloha je běžně odhadována pomocí výběrového průměru nebo výběrového mediánu.
- **Parametr variability** (rozptylu) – nejčastěji je odhadováno pomocí směrodatné odchylky a výběrového rozpětí.
- **Parametr tvaru** (symetričnost, šikmost)

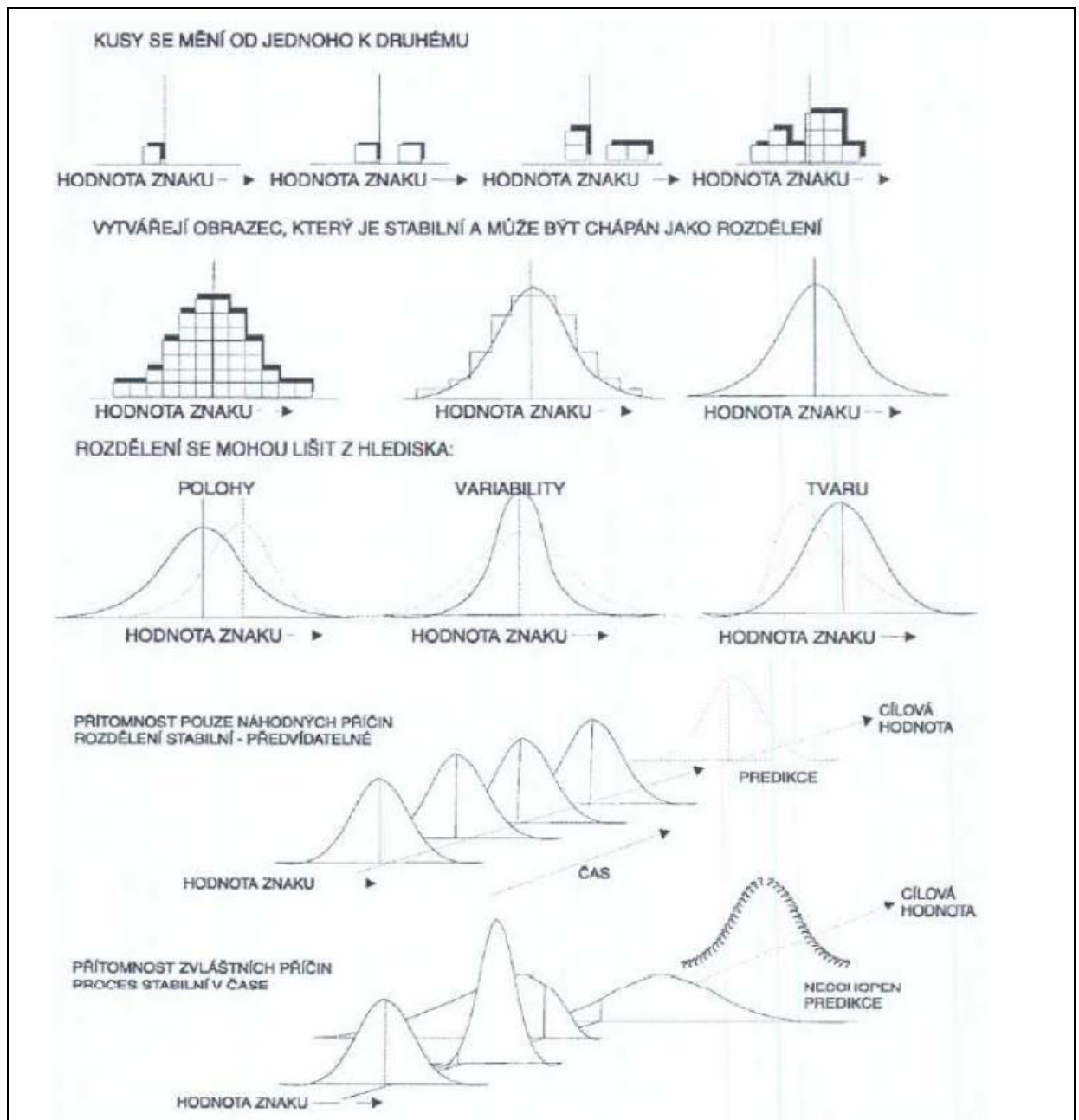
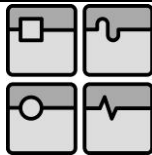
Ve výrobě je kolísání mnohdy zjednodušováno tím, zda leží kusy v toleranci. Cílem by však mělo být zachovat polohu při minimální variabilitě. Jestliže budeme chtít u procesu snížit jeho kolísání, budeme muset odlišit zdroje kolísání na náhodné a systematické.

- **Náhodné příčiny** (náhodné vlivy) - jsou součástí každého procesu. Pan Edwards W. Deming uvedl, že náhodné příčiny se podílí na celkovém kolísání až z 96 %, jenže je třeba si uvědomit, že žádné z těchto příčin nejsou nikterak dominantní, působí také proti sobě, čímž se sčítají a odčítají, a tím se mezi sebou nulují. Některé jsme schopni rozpoznat, ale o některých nemusíme vědět. Výsledek jejich působení je v čase stabilní a opakující se v rozdělení pravděpodobnosti sledovaného znaku jakosti. Mezi kořeny těchto příčin můžeme zahrnout:



- nástroj
 - chladicí médium
 - materiál
 - výrobní nepřesnosti stroje
 - výrobní postup
- **Vymezitelné příčiny** (systematické vlivy) – na celkovém kolísání procesu se podílí zbylými 4 %. Vyskytují se na rozdíl od náhodných příčin nepravidelně, způsobují výrazné vychýlení procesu, a proto představují větší nebezpečí. Jestliže jsou přítomny, je proces nestabilní. Mezi kořeny těchto příčin můžeme zahrnout:
- skryté vady materiálu
 - špatné seřízení stroje
 - selhání pracovníka
 - změnami na nástroji

Cílem SPC je nejen odhalení a identifikace vymezitelných příčin, ale i snaha pracovat na jejich eliminaci. K tomu nám mohou napomoci nástroje SPC jako jsou: vývojové diagramy, záznamy a záznamníky, histogramy, analýzy příčin a následků (Ishikawův diagram), Paretova analýza, regulační diagramy a regresivní a korelační analýza.



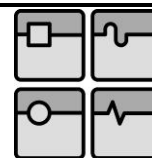
Obr. 4 Kolísání náhodné a zvláštní příčiny [2]

2.4 Lokální opatření a opatření v systému

Mezi vymežitelnými a náhodnými příčinami kolísání a typech opatření potřebných pro jejich snížení existuje důležitá souvislost.

Zvláštní příčiny kolísání lze odstranit jednoduchými metodami statistické regulace. Toto odstranění je většinou prováděno pracovníkem, který je v přímém kontaktu s operací. Tato příčina je většinou odstraněna lokálním opatřením a management většinou není zapojen do nápravy podmínek.

Náhodné příčiny kolísání mohou být taktéž odhaleny jednoduchými nástroji statistické regulace, avšak k izolaci nebo též k zmenšení dopadu náhodných příčin je většinou potřeba



podrobnější analýza. Náprava těchto příčin spadá obvykle do zodpovědnosti managementu a vyžaduje opatření v systému.

Z celkového počtu nadměrného kolísání je asi 15 % řešitelných lokálním opatřením a zbylých 85 % je řešitelných pouze managementem - formou opatření v systému. Velkou chybou je, pokud se místo systémového opatření provede obsluha opatření lokální. To může být pro organizaci velice nákladné, a proto je důležitá těsná spolupráce mezi pracovníky a managementem.

2.5 Regulace procesu a způsobilost procesu

Jestliže v procesu působí pouze náhodné příčiny, můžeme o něm prohlásit, že je ve *statisticky zvládnutém stavu*. Jednou z funkcí systému regulace je vydat statistický signál, pokud jsou v procesu přítomny vymezené příčiny a nevydávat zbytečný signál, když přítomny nejsou. To nám umožňuje provádět včas příslušná opatření, která budou mít za následek odstranění vymezených příčin. Systém regulace může být použit buď jednorázově pro rozlišení výrobků na dobré a špatné, nebo charakterizování procesu na stabilní a nestabilní/ způsobilý a nezpůsobilý. Jeho přínos bude skutečný až v případě, že se z něj stane trvalý nástroj.

2.5.1 Regulace versus způsobilost

Jestliže budeme mluvit o způsobilosti procesu, musíme si vysvětlit dva pojmy: způsobilost procesu a výkonnost procesu.

Způsobilost procesu je určena kolísáním, které je vyvoláno pouze náhodnými příčinami. To je obvykle označováno jako nejlepší možný výkon stroje. Ovšem zákazníci mnohdy nezajímá jeho kolísání, zaměřují se spíše na *výkonnost procesu*. Důležité také je, do jaké míry koresponduje s jejich požadavky definovanými technickou specifikací.

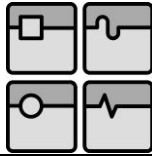
Pokud je proces ve statisticky zvládnutém stavu, můžeme jej popsat predikovatelným rozdělením sledovaného parametru. Podle toho můžeme poté usuzovat, zdali splňujeme nadefinované požadavky.

Jakmile je proces ve statisticky zvládnutém stavu, první akcí, která má být provedena, je nastavení procesu na střed tolerance. Tímto jednoduchým krokem si zajistíme minimalizaci počtu vyrobených součástí mimo specifikaci. Opatření v systému za účelem snížení kolísání vyvolané pouze náhodnými příčinami se vyžadují pro zlepšení schopnosti procesu a jeho výstupu dosáhnout souladu se specifikacemi.

Prvním krokem, který musí být proveden, je odstranit vymezené příčiny, a tím dostat proces do statisticky zvládnutého stavu. Pak je výkonnost předvídatelná a může být odhadnuta jeho vhodnost z hlediska stavu zvládnutí a způsobilosti. Procesy můžeme rozdělit do následujících případů:

Tab. 1 Způsobilost a stav procesu [2]

	Statistická regulace		
		Statisticky zvládnutý stav	Statisticky nezvládnutý stav
Způsobilost	Přijatelná	<i>Případ 1</i>	<i>Případ 2</i>
	Nepřijatelná	<i>Případ 3</i>	<i>Případ 4</i>



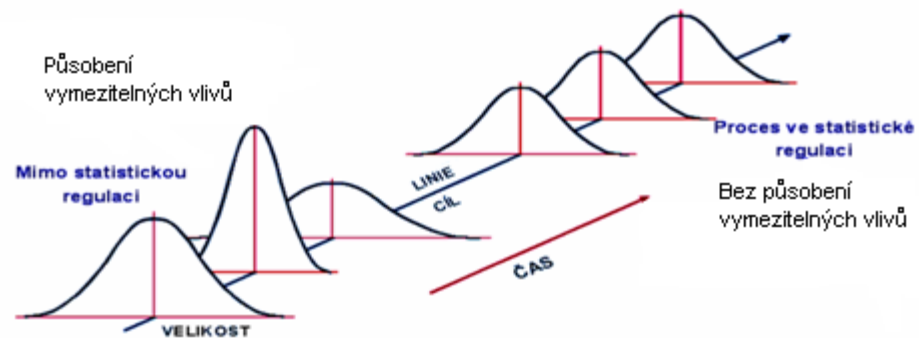
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Případ 1 - tento stav nastává, jestliže na proces nepůsobí vymežitelné vlivy a jeho kolísání způsobené náhodnými vlivy je v předepsané toleranci.

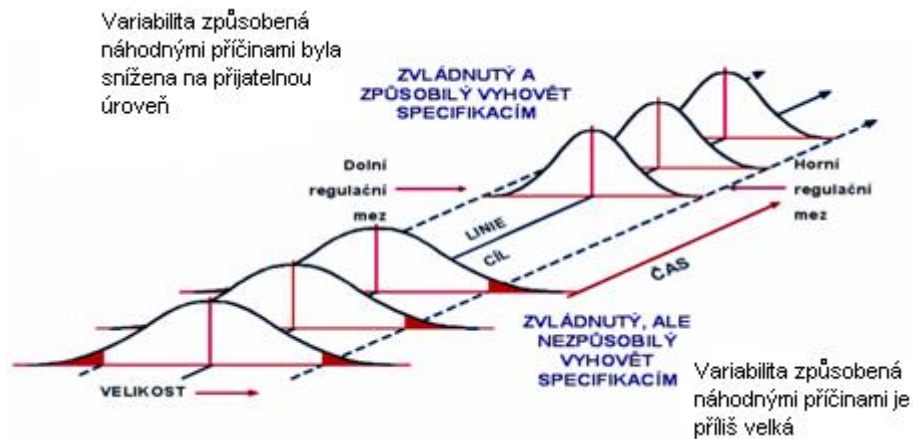
Případ 2 - tento stav nastává, jestliže na proces nepůsobí vymežitelné vlivy a jeho kolísání způsobené náhodnými vlivy není v předepsané toleranci.

Případ 3 - tento stav nastává, jestliže proces je v předepsané toleranci, ale není statisticky zvládnutý, je třeba odstranit vymežitelné příčiny.

Případ 4 - tento stav nastává, jestliže na proces působí, jak vymežitelné, tak náhodné příčiny, oboje musí být sníženy.



Obr. 5 Nezpůsobilý proces [4]

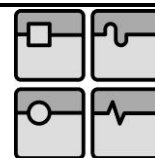


Obr. 6 Způsobilý proces[4]

2.6 Ukazatelé procesu

Přijatá praxe doporučuje počítat indexy způsobilosti pouze tehdy, jedná-li se o proces ve statisticky zvládnutém stavu. Tyto výsledky jsou poté použity jako základ pro predikci, jaký bude výkon procesu. A proto je zbytečné dělat predikci na datech, které nejsme schopni v čase zopakovat.

Ukazatele procesu můžeme rozdělit do dvou kategorií: první jsou počítány pomocí odhadů kolísání uvnitř podskupin a druhé pomocí odhadů celkového kolísání. Bylo zavedeno mnoho ukazatelů, ale žádný není aplikovatelný na všechny procesy, všechny mají své klady a zápory. V našich krajích jsou nejpoužívanější indexy C_p a C_{pk} P_p a P_{pk} . Tyto indexy jsou dále rozepsány v kapitole 3.7.



3 Regulační diagramy: nástroje pro regulaci procesu a jeho zlepšování [2, 3, 5]

Pro účinné zvládnutí kolísání v průběhu výroby musí existovat účinné prostředky pro detekci zvláštních příčin. Ačkoliv pro řešení tohoto úkolu jsou užitečné mnohé metody, tak nejuniverzálnější a nejrobustnější jsou metody regulačních diagramů, které byly vyvinuty a zaváděny Waltrem Shewhartem při studii dat.

V podstatě jsou dva typy regulačních diagramů, jedny jsou pro kvantitativní, druhé pro kvalitativní data. Podle procesu obvykle poznáme, jaký typ regulačních diagramů bude vhodné použít. Jestliže data z procesu mají diskrétní charakter (pouhé konstatování vyhovuj/nevyhovuje), použijeme regulační diagramy pro kvalitativní znaky (regulační diagramy srovnávání). Pokud data z procesu mají spojitý charakter (délka, čas, průměr), použijeme regulační diagramy pro kvantitativní znaky (regulační diagramy měření).

Jedny nejčastěji používaných regulačních diagramů jsou:

- Diagramy pro průměr (\bar{X}) a rozpětí (R), pro individuální hodnoty (I) a klouzavé rozpětí (MR), které patří do skupiny regulačních diagramů měření.
- Diagramy založené na počítání neshod na kusech (p, np, c, u- diagramy) patří do regulačních diagramů srovnávání.

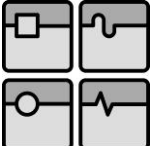
V případě možnosti je vždy lepší volit regulační diagramy měření, protože nesou mnohem více informací než regulační diagramy srovnávání. Pro získání stejné věrohodnosti výsledku je v případě kvantitativního sběru dat zapotřebí menšího rozsahu podskupiny.

Chyby v regulačních diagramech

V regulačních diagramech jsou možné dva druhy chyb:

- Chyba 1 druhu (type error 1)
Tyto chyby nastávají, jestliže je proces ve stavu zvládnutém, ale zjištěná hodnota sledovaného znaku jakosti padne náhodou mimo regulační meze a v důsledku toho se nesprávně požaduje odstranění vymezené příčiny, která ve skutečnosti neexistuje.
- Chyba 2 druhu (type error 2)
Tyto chyby nastávají, jestliže je proces ve stavu nezvládnutém, ale zjištěná hodnota sledovaného znaku jakosti padne náhodou mezi regulační meze, v důsledku toho se neprovede zásah do procesu, který by měl být proveden.

Shewhartovy regulační diagramy berou v potaz pouze chybu prvního druhu, která je při mezích 3 x směrodatná odchylka rovna asi 0,3 %.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 21
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3.1 Druhy regulačních diagramů

3.1.1 Regulační diagramy při kontrole měřením

Tyto regulační diagramy představují typickou aplikaci statistické regulace procesu, kde procesy a jejich výstupy lze charakterizovat hodnotami měření kvantitativního znaku. Tyto regulační diagramy jsou zejména vhodné protože:

- Kvantitativní hodnota (například délka 21,15 mm) obsahuje více informací než kvalitativní hodnota (ano, ne).
- I přesto, že je samotný kvantitativní sběr dat mnohdy nákladnější, tak v konečném hledisku může být méně nákladný, protože není potřeba takového rozsahu dat jako u kvalitativního.
- Před spolehlivým rozhodnutím je potřeba zkontrolovat méně kusů, eventuelní zásah do procesu se provádí dříve.
- Pro neustále zlepšování procesu je důležité, že můžeme vyhodnocovat výkonnost procesu, i když všechny hodnoty leží uvnitř regulačních mezí.

Regulační diagram při kontrole měřením pomáhá objasnit data z procesu v souvislosti s jeho kolísáním, kolísáním od jednoho kusu k druhému a pomocí průměru procesu. Z tohoto důvodu se nejčastěji používají regulační diagramy:

- pro průměr a rozpětí (\bar{X} -R)
- pro průměr a směrodatnou odchylku (\bar{X} -s)
- pro výběrový medián a výběrové rozpětí (Me-R)
- individuální hodnotu a rozpětí. (I-MR)

Kromě regulačního diagramu pro individuální hodnotu a rozpětí (I-MR) není třeba normálního rozdělení.

3.1.2 Regulační diagramy při kontrole srovnáváním

Při statistické regulaci srovnáváním se nejčastěji používají regulační diagramy:

- podíl neshodných jednotek (diagram p)
- počet neshodných jednotek (diagram np)
- počet neshod na jednotku nebo na 100 jednotek (diagram c)
- podíl neshod na jednotku nebo na 100 jednotek (diagram u)

Vzhledem k tomu, že jsou v praktické části použity regulační diagramy měřením, nejsou regulační diagramy srovnáváním dále řešeny.

3.2 Prvky regulačních diagramů

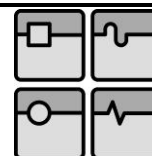
Není jediný schválený způsob, jak zobrazovat regulační diagramy. Je třeba si však uvědomit důvody pro použití regulačních diagramů. Musí obsahovat následující informace:

- (A) Odpovídající stupnici

Stupnice na regulačním diagramu má být taková, aby bylo možno znázornit přirozené kolísání procesu.

- (B) UCL, LCL

Schopnost určit hodnoty vně regulačních mezí, které signalizují výskyt zvláštních příčin, je dána regulačními mezím. Pozor nezaměňovat s tolerančními mezemi.



- (C) Centrální přímka

K určení nenáhodných seskupení, která signalizují přítomnost zvláštní příčiny, vyžaduje regulační diagram zakreslení centrální přímky založené na rozdělení výběrové charakteristiky.

- (D) Posloupnost podskupin/časová osa

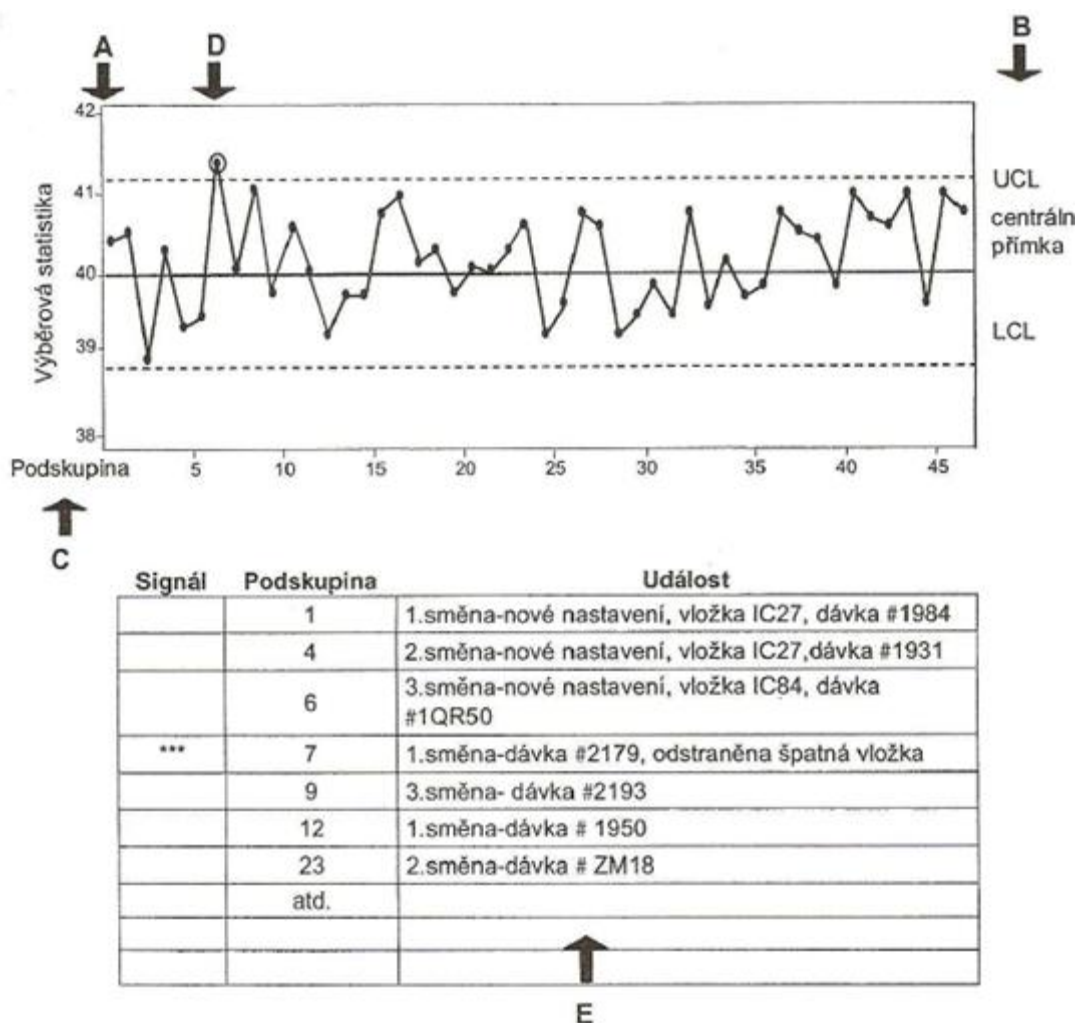
Data musí být časově orientována, aby se dalo dohledat, kdy odchylka vznikla.

- (E) Identifikace bodů, kdy není proces zvládnut

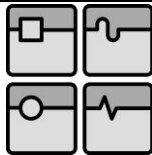
V regulačním musí být identifikovány ty body, kdy proces není ve statisticky zvládnutém stavu.

- (F) Deník pro záznam událostí

Do tohoto deníku by se měly zaznamenávat potenciální zdroje kolísání a rovněž všechna opatření k odstranění příčin signalizovanými body ukazujícími statisticky nezvládnutý stav.



Obr. 7 Prvky regulačního diagramu [2]



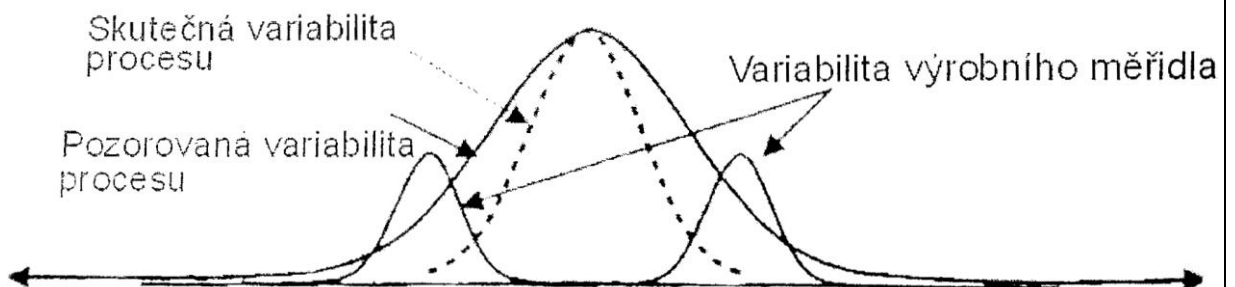
3.3 Před aplikací regulačních diagramů

Před aplikací regulačních diagramů se mají provést některé přípravné kroky:

- **Vedení by mělo vytvořit vhodné podmínky pro zavedení SPC**
- **Definovat proces**
- **Určit rysy nebo znaky jakosti**, které budou regulovány. Tyto znaky budeme volit podle:
 - potřeb zákazníka
 - stávajících a možných oblastí problémů
 - vazby mezi znaky jakosti

Definování znaku jakosti – znak musí být definován tak, aby výsledky mohly být sdělitelné všem, kterých se týkají. Musí obsahovat specifikaci, jaká informace se má sbírat, kde, jakým způsobem a za jakých podmínek.
- **Definovat systém měření**
je třeba si uvědomit, že celková variabilita procesu se skládá ze dvou částí:
 - variabilita způsobená výrobním procesem (rozdíly od jednoho kusu k druhému)
 - variabilita systému měření

$$\sigma_{\text{pozorovaný}}^2 = \sigma_{\text{skutečný}}^2 + \sigma_{\text{msa}}^2 \quad (3.1)$$

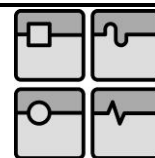


Obr. 8 Variabilita systému měření x variabilitě procesu [5]

Je velmi důležité věnovat velkou pozornost systému měření, protože jestliže způsobuje systém měření příliš velkou variabilitu, může být kvalita dat tak nízká, že nejsou užitečná. Například systém měření s velkou variabilitou nemusí být vhodný pro analyzování výrobního procesu, protože variabilita systému měření může zakrývat variabilitu výrobního procesu.

Při vyhodnocování systému měření musí být věnována pozornost třem základním otázkám:

1. Systém měření musí prokázat odpovídající citlivost
 - Přístroj musí mít odpovídající práh citlivosti, ten je určen návrhem a slouží jako výchozí bod pro volbu systému měření. Nejčastěji se používá tzv. „pravidlo deseti“, podle kterého má práh citlivosti rozdělit toleranci (nebo variabilitu procesu) na



minimálně deset částí. Záměrem této zásady je stanovit minimální výchozí bod pro volbu měřidla.

- Měřicí systém musí mít efektivní rozlišitelnost. Ve vztahu k prahu citlivosti se určí, zda má systém měření v případě aplikace a podmínek ke zjištění změn produktu nebo variability procesu.
- 2. Systém měření musí být stabilní
 - V podmínkách opakovatelnosti musí být variabilita systému měření způsobena pouze náhodnými vlivy, ne vymezenými.
- 3. Statistické vlastnosti chyby jsou přípustné a adekvátní k účelu měření. Chyby můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin:
 - Chyba polohy - tato chyba se definuje pomocí analýzy strannosti a lineariry. Obecně platí, že chyba strannosti a lineariry systému měření je nepřijatelná, pokud převyšuje maximální uvedenou chybu nebo je významně vzdálená od nuly.
 - Chyba šíře – rozhodnutí, zda je variabilita systému měření vyhovující, závisí na podílu variability měření a variability výrobního procesu nebo toleranci dílu.
- **Minimalizovat zdroje kolísání**

Před vlastním sledováním procesu regulačními diagramy mají být redukovány vnější příčiny kolísání na co nejmenší míru. Cílem je vyhnout se zjevným problémům, které by byly opraveny i bez použití regulačních diagramů.

3.4 Mechanismus regulačních diagramů

Kroky při používání regulačních diagramů

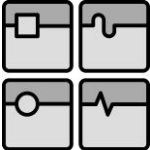
- sběr dat
- stanovení regulačních mezí
- interpretace statistické regulace
- prodloužení regulačních mezí prostávající regulaci

Sběr dat

Regulační diagramy jsou založeny na měření určitého znaku jakosti, tato měření se dále používají pro výpočet regulační statistiky (průměru, rozpětí, směrodatné odchylky). Data se odebírají v podskupinách, které jsou tvořeny jednou či více jednotkami. Čím větší je podskupina, tím snadnější je detekce malého posunu procesu.

Tvorba plánu odběru vzorků

K zajištění činnosti regulačních diagramů má být určen plán odběru logických podskupin. Logická podskupina je skupina vzorků odebraných tak, aby se minimalizovala šance pro kolísání vyvolané zvláštními příčinami projevujícími se uvnitř podskupiny a současně se maximalizovala šance pro kolísání mezi podskupinami způsobené zvláštními příčinami. Vodítkem pro navrhování plánu odběru vzorků je, aby stávající kolísání mezi podskupinami bylo srovnatelné s kolísáním uvnitř podskupin. Při zahrnutí po sobě jdoucích vzorků do logické podskupiny se minimalizuje příležitost, aby se proces změnil a aby se minimalizovalo kolísání uvnitř podskupin. Frekvence odběru podskupin se obvykle stanovuje tak, aby byla možnost pro zachycení přítomnosti zvláštních příčin mezi podskupinami.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

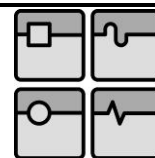
Kolísání uvnitř podskupiny představuje kolísání od jednoho kusu ke druhému v relativně krátkém časovém úseku. Každé významné kolísání mezi podskupinami má odrážet změny v procesu, které mají být vyšetřovány z pohledu vhodného opatření.

Rozsah podskupiny – Jak má být velký rozsah podskupiny, určuje obvykle sám typ vyšetřovaného procesu. Odpovídající rozsah podskupiny určuje odpovědný tým. Pokud se očekává malý posun procesu, pak bude zapotřebí větší rozsah podskupin oproti tomu, když očekávaný posun procesu bude velký. Rozsah podskupin má být konstantní. Výpočet regulačních mezí závisí na rozsahu podskupiny.

Frekvence odběru podskupin – Podskupiny jsou odebírány jedna po druhé postupně v čase, např. každých 15 minut nebo dvakrát za směnu. Cílem je detekovat změny v procesu v čase. Podskupiny se mají odebírat tak často a v takových vhodných okamžicích, aby mohly odrážet možné příležitosti ke změně. Možné příčiny změny v procesu mohou být odvislé od rozdílů charakterizujících pracovní směny, od střídání operátorů, náběhové fáze procesu, dávkami materiálu apod.

Počet podskupin – Počet skupin, nutných pro stanovení regulačních mezí, má splňovat následující kritérium: Z procesu odebrat tak velký počet podskupin, aby bylo zjištěno, že se projevila většina možných zdrojů zvláštních příčin kolísání, které mohly ovlivňovat proces. Obecně 25 a více podskupin obsahujících kolem 100 či více jednotlivých čtení je postačující pro dobrý test stability procesu a je-li tento proces stabilní, dává i dobré odhady polohy a rozptýlení. Tento počet podskupin zaručuje, že bude minimalizován vliv jakékoliv extrémní hodnoty v rozpětí nebo ve směrodatné odchylce.

Schéma odběru vzorků – Při nepředvídatelném výskytu zvláštních příčin v procesu představuje odpovídající schéma odběru vzorků náhodný výběr. Náhodný výběr je takový výběr, v němž každý prvek (zde prvek podskupiny) má stejnou šanci, že bude vybrán. Náhodný výběr je systematický a plánovaný, což znamená, že všechny vzorky jsou určeny před vlastním sběrem dat.



3.5 Vzorce pro regulační diagram $\bar{X} - R$

Průměr podskupiny:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (3.2)$$

n = počet vzorků v podskupinách

Rozpětí podskupiny:

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (3.3)$$

x_{max}, x_{min} - max, min hodnota z podskupiny

Celkový (totální) průměr:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_k}{k} \quad (3.4)$$

k = počet podskupin

Průměrné rozpětí:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \quad (3.5)$$

Odhad směrodatné odchylky pro X :

$$\hat{\sigma}_c = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (3.6)$$

Odhad směrodatné odchylky pro \bar{X} :

$$\hat{\sigma}_{\bar{X}} = \frac{\hat{\sigma}_c}{\sqrt{n}} \quad (3.7)$$

Parametry diagramu:

Centrální přímka:

$$CL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} \quad (3.8)$$

$$CL_R = \bar{R} \quad (3.9)$$

Regulační meze:

$$UCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (3.10)$$

$$LCL_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (3.11)$$

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R} \quad (3.12)$$

$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} \quad (3.13)$$

V praktické části je použit regulační diagram pro průměr a rozpětí a proto jsou uvedeny vzorce jen pro něj.

Tab. 2 Tabulka koeficientů [3]

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_2	1,88	1,023	0,729	0,577	0,483	0,419	0,373	0,337	0,308
D_4	3,267	2,574	2,282	2,114	2,004	1,924	1,864	1,816	1,777
D_3	*	*	*	*	*	0,076	0,136	0,184	0,223
d_2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,97	3,078

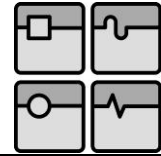
3.6 Určení signálů statisticky nevládnutého stavu

Na obr. 9 je znázorněna skupina osmi doplňkových testů použitých pro interpretaci určitých seskupení v Shewhartových diagramech. Náznak jakéhokoliv z těchto testů ukazuje na to, že v procesu mohou působit nějaké vymezené příčiny. Typické projevy lze rozdělit do třech skupin:

- Body leží mimo regulační meze.
- Body leží po jedné straně střední čáry – systematická chyba.
- Body tvoří monotónně stoupající nebo klesající řadu – trend.

Tab. 3 Testy vymezených příčin [7]

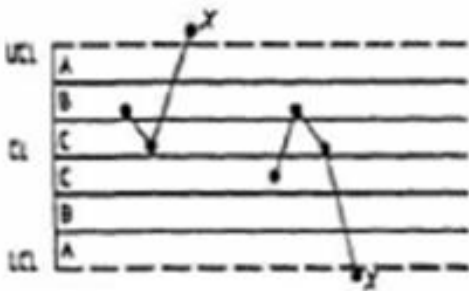
Test 1	Jedna hodnota je mimo regulační meze. Lokální porucha procesu, výpadek, chybné měření.
Test 2	9 hodnot je na téže straně od centrální linie. Pravděpodobně posunutí střední hodnoty, snížení variability mezi podskupinami.
Test 3	6 hodnot za sebou plynule klesá nebo stoupá. Autokorelovaný proces, závislá měření. Lineární trend způsobený opotřebením nebo výpadkem.
Test 4	14 hodnot v řadě za sebou pravidelně kolísá nahoru a dolů. Autokorelovaná měření, podvádění operátorem, vymyšlená čísla.
Test 5	Dvě ze tří hodnot v řadě za sebou leží mimo interval $\pm 2\sigma$. Varování před možným překročením regulačních akčních mezí.
Test 6	Čtyři z pěti hodnot za sebou leží mimo interval $\pm \sigma$ na téže straně centrální linie. Pravděpodobně posunutí střední hodnoty. Varování před možným překročením regulačních akčních mezí.
Test 7	15 hodnot v řadě za sebou je uvnitř intervalu $\pm \sigma$. Snížení variability mezi podskupinami. Nesprávná volba regulačních mezí (při opakování uvažovat o nových regulačních mezích). Podvádění operátorem, vymyšlená čísla.



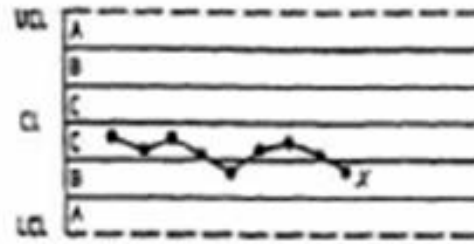
Test 8

8 hodnot je mimo interval $\pm\sigma$ na obou stranách centrální linie.

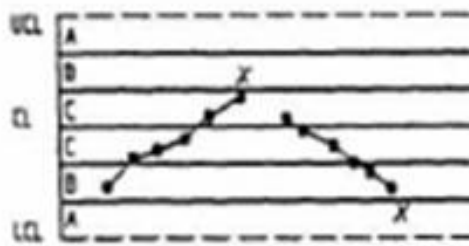
Zvýšení variability mezi podskupinami. Varování před překročením regulačních mezí.



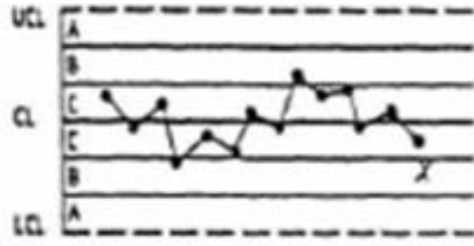
Test 1



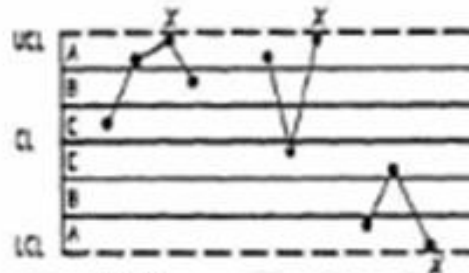
Test 2



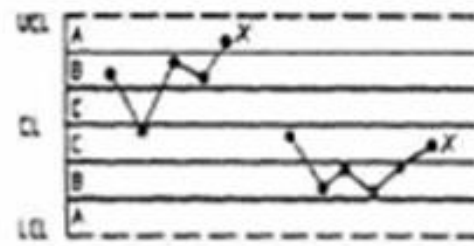
Test 3



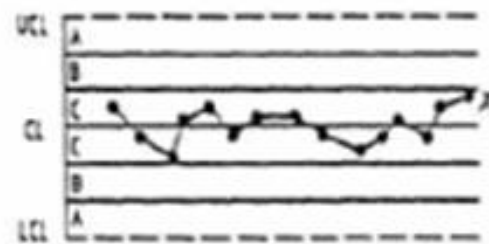
Test 4



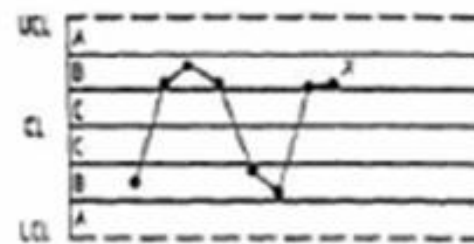
Test 5



Test 6

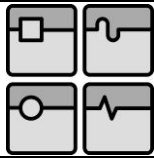


Test 7



Test 8

Obr. 9 Testy vymežitelných příčin [3]



3.7 Indexy způsobilosti [2]

Je-li proces statisticky zvládnutý, tzn. bez vymezitelných příčin (tvrzení ověřeno regulačními diagramy s pomocí testů vymezitelných příčin), spočítají se následující indexy:

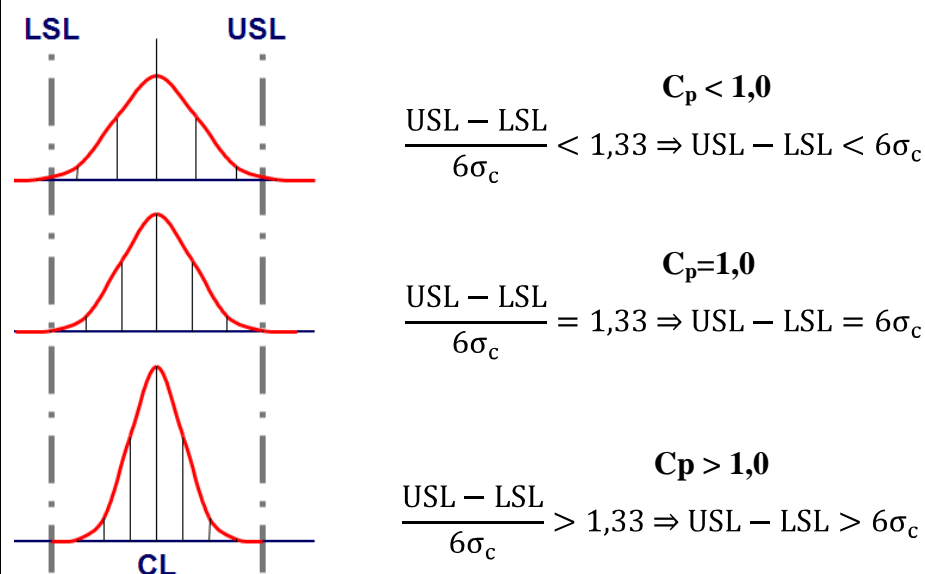
3.7.1 Index C_p

C_p je bezrozměrné číslo, je to poměr mezi skutečnou variabilitou výrobního procesu a mezi maximálním možným kolísáním procesu daným například tolerančními mezemi. Je to míra toho, jak dobře proces splňuje požadavek na variabilitu. C_p se spočítá podle vzorce:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}_c} = \frac{USL - LSL}{6\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} \quad (3.14)$$

- USL - horní mezní rozměr
 LSL - dolní mezní rozměr
 $\hat{\sigma}_c$ - odhad směrodatné odchylky pro X
 d_2 - koeficient pro výpočet
 \bar{R} - průměrné rozpětí

Index c_p hodnotí variabilitu procesu k předepsaným mezím. Nebere v úvahu posunutí střední hodnoty proti předepsané úrovni.

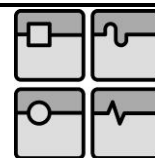


Obr. 10 Možné mezní hodnoty C_p [6]

3.7.2 Index C_{pk}

Je to podobný ukazatel jako C_p , ale s tím rozdílem, že bere v potaz také centrování procesu. V nejlepším případě může být index C_{pk} roven C_p , ale nikdy nemůže být vyšší, jestliže bude ležet proces mimo regulační meze, může být index C_{pk} i záporný. C_{pk} je menší z hodnot CPU a CPL.

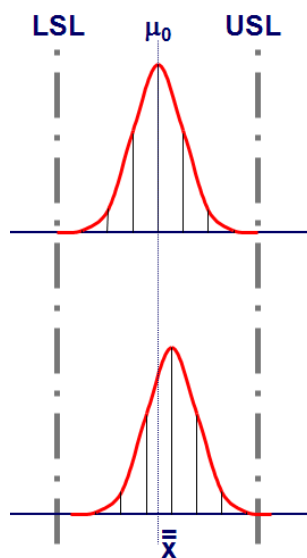
$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{X}}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} \quad (3.15)$$



$$CPL = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSL}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} \quad (3.16)$$

$USL, LSL, d_2, \bar{R}, \hat{\sigma}_c$ - viz výše
 $\bar{\bar{X}}$ - celkový průměr

Při počítání indexů způsobilosti se doporučuje počítat oba dva indexy jak C_p tak C_{pk} .



$C_{pk} \geq 1,33 \Rightarrow$ proces je způsobilý

$C_{pk} < 1,33 \Rightarrow$ proces je nezpůsobilý

Obr. 11 Možné mezní hodnoty C_{pk} [6]

3.7.3 Index P_p

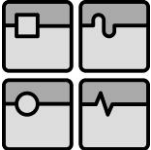
Index výkonnosti procesu P_p je velice podobný indexu C_p , rozdíl mezi nimi je pouze ve výpočtu variability. Porovnává výkon procesu s maximálním dovoleným kolísáním daným tolerančním polem. Tento ukazatel vyjadřuje míru toho, jak dobře proces splňuje požadavek na kolísání procesu, používá se pro zjištění způsobilosti za delší časové období. Ukazatel P_p zjistíme podle vzorce:

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{USL - LSL}{6s} \quad (3.17)$$

$$\sigma_p \approx s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (3.18)$$

USL, LSL - viz výše
 s - výběrová směrodatná odchylka
 σ_p - celkové kolísání

Index P_p nebere v potaz centrování procesu

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 31
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3.7.4 Index P_{pk}

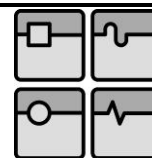
Index výkonnosti P_{pk} bere v potaz jak variabilitu, tak také polohu. V nejlepším případě může být index P_{pk} roven P_p, ale nikdy nemůže být vyšší. Jestliže bude ležet proces mimo regulační meze, může být index P_{pk} i záporný. P_{pk} je menší z hodnot PPU, PPL.

$$PPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_p} = \frac{USL - \bar{X}}{3s} \quad (3.19)$$

$$PPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_p} = \frac{\bar{X} - LSL}{3s} \quad (3.20)$$

USL, LSL, s, \bar{X} , σ_p - viz výše

Při počítání indexů způsobilosti se doporučuje počítat oba dva indexy jak P_p i P_{pk}. Pokud máme statisticky zvládnutý proces, vyjdou nám indexy způsobilosti a výkonnosti prakticky shodné, jestliže se liší o mnoho, jsou velké rozdíly mezi podskupinami, tak v procesu působí nejspíše nějaké vymezitelné příčiny.

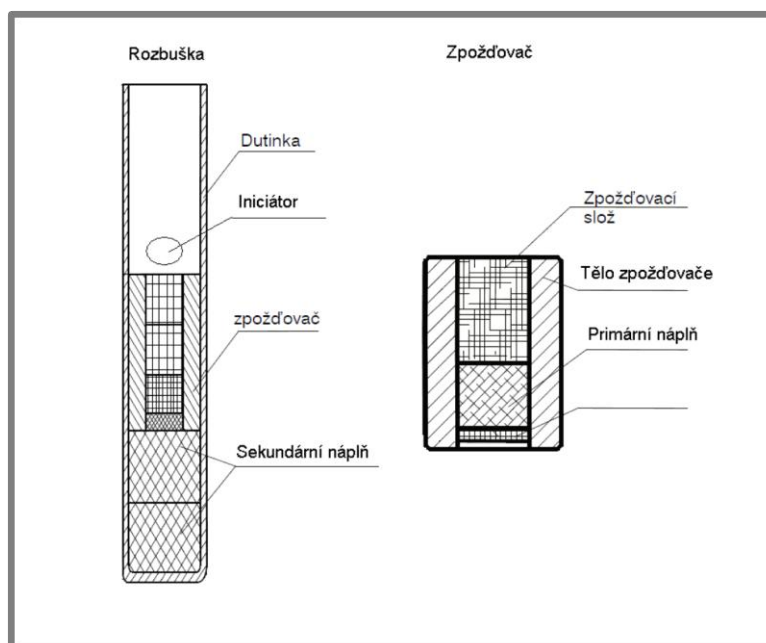


4 Definování procesu

V této části diplomové práce bude popsána funkce hlavního představitele výroby tj. zpoždovače, který je soustružen na strojích Pfiffner. Po zobrazení jeho funkce v rozbušce budou představeny typy zpoždovačů, poté celý proces výroby a také proces soustružení na Pfiffneru.

4.1 Popis a princip rozbušek

Pro pochopení, k čemu je zpoždovač používán, musí být nejdříve vysvětlen princip rozbušky, který je následující:



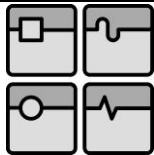
Obr. 12 Základní popis konstrukce rozbušky [1]

- Základem je tenká tažená trubička nazývaná dutinka.
- Iniciátor zažehne třaskavinu (primární slož).

 - pro elektrické rozbušky je iniciátorem pilule,
 - pro neelektrické detonační trubička,
 - pro elektronické odporový můstek.

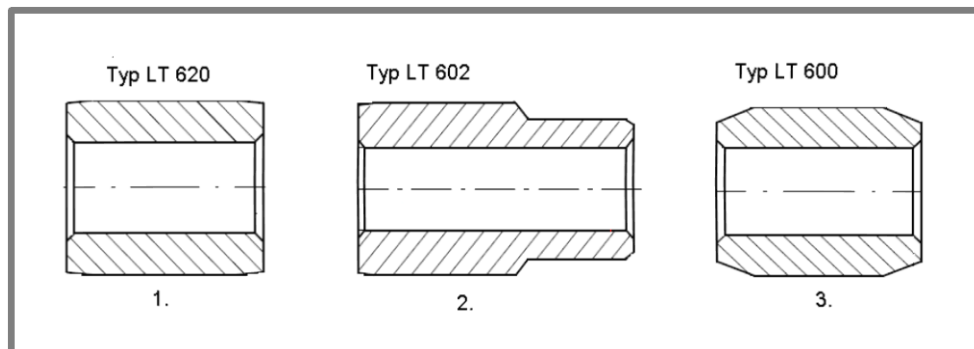
- Třaskavina nato předá svou tepelnou energii trhavině (sekundární slož).
- Rozbuška poté odpálí výbušninu.

Ovšem praxe si žádala, aby jeden velký výbuch byl rozdělen v čase na mnoho malých výbuchů, čímž by se zmenšily rázové vlny a výbuch skutečně zasáhl jen tam, kde má. Proto se vymyslel způsob, kdy se mezi iniciátor a třaskavinu vloží **zpoždovač**, ten podle své konstrukce odděluje jednotlivé exploze v čase. Tento postup se začal používat jak pro elektrické, tak i neelektrické rozbušky. Zvláštní skupinou jsou rozbušky elektronické, které pro své zpoždění využívají možnost časování iniciátoru (odporového můstku).



4.2 Zpoždovače

Ve firmě Austin Detonator se vyrábí tři typy zpoždovačů, které se liší podle účelu použití. Velikost zpoždění je nejvíce závislá na vnitřním průměru zpoždovače a jeho délce, Vnitřní průměr je však konstantní, a proto se podle potřeby zpoždění mění jeho délka. Pro různé typy rozbušek se používají odlišné druhy zpoždovačů a to:



Obr. 13 Typy zpoždovačů

4.2.1 Rozdělení

- *Typ LT 620* představuje jedny z nejpoužívanějších zpoždovačů a je instalován jak do elektrických, tak i neelektrických rozbušek. Tento zpoždovač se v největší míře vyrábí na strojích Eskomatic, a to ve stupních (X01-X18)

Tab. 4 Stupně zpoždovačů pro typ LT 620

Stupeň	X01	X02	X03	X04	X05	X06	X07
Délka	7	9	11	13	15	17	19
Stupeň	X08	X09	X10	X11	X12	X13	X14
Délka	21	23	25,3	27,4	29,8	32,1	34,2
Stupeň	X15	X16	X17	X18			
Délka	36,4	38,4	40,2	42,7			

- *Typ LT 602* je instalován pouze do neelektrických rozbušek typu T200 a T500 tento zpoždovač se v největší míře vyrábí na strojích Pfiffner ve stupních (X03-X18)

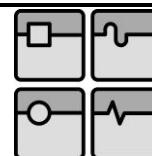
Tab. 5 Stupně zpoždovačů pro typ LT 602

Stupeň	X03	X04	X05	X06	X07	X08	X09
Délka	11	13	15	17	19	21	23
Stupeň	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16
Délka	25,3	27,4	29,8	32,1	34,2	36,4	38,4
Stupeň	X17	X18					
Délka	40,2	42,7					

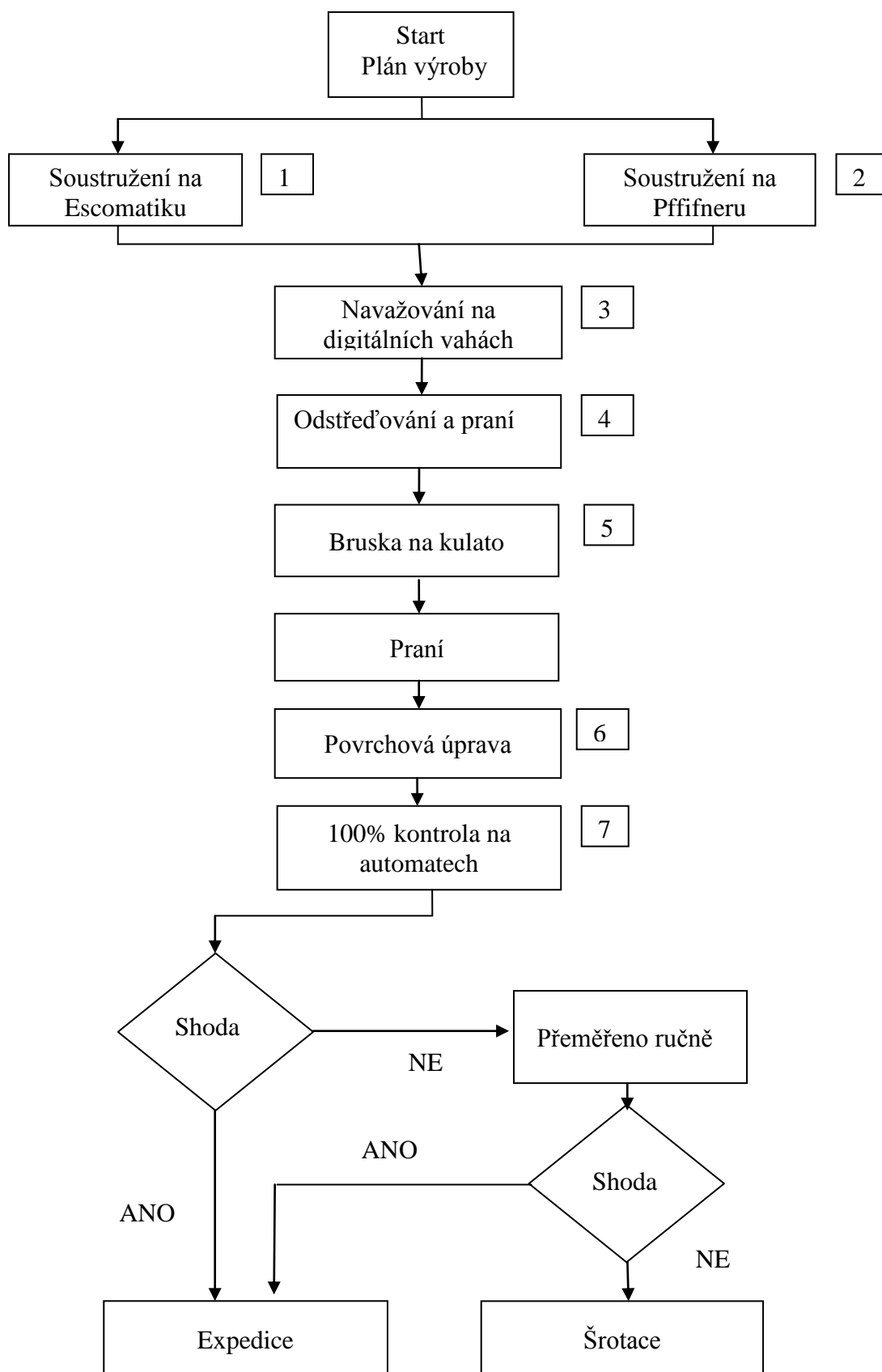
- *Typ LT 600* je instalován pouze u neelektrických rozbušek typu QRC 3, tento zpoždovač je v největší míře vyráběn na strojích Eskomatic ve stupních (X02-X06, X08)

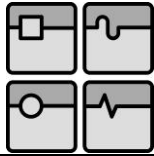
Tab. 6 Stupně zpoždovačů pro typ LT 600

Stupeň	X01	X02	X03	X04	X05	X06	X08
Délka	---	9	11	13	15	17	21



4.3 Proces výroby zpoždovačů





1. **Soustružení na stroji Eskomatic** – ve firmě jsou tyto automaty již 15 let, ale pro potřeby výroby stále ještě vyhovují. Před 5 lety byl na strojích zaveden systém monitorování pomocí SPC. Do stroje se ze svitku přes srovnávačku přivede trubkový materiál, který je obráběn a upíchnut na požadovanou délku. Na Eskomaticu se z 90 % vyrábějí zpoždovače typu LT 600 a LT 620.
2. **Soustružení na Pfiffner** - firma koupila stroj Pfiffner minulý rok hlavně kvůli výrobě pojistek, které předtím odebírala od německé firmy, vznikaly však problémy, a proto se rozhodla vyrábět si tyto pojistky sama. Vyrábějí se pouze asi čtyři týdny do roka, a proto se firma rozhodla tento stroj po zbytek roku používat na výrobu zpoždovačů. *Tento stroj bude podrobněji popsán v kapitole 4.4*



Obr. 14 Automat Eskomatic



Obr. 15 Automat Pfiffner

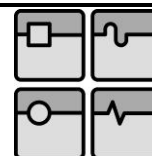
3. **Navazování na digitálních vahách „SOEHLE S20“** - pro každý typ a stupeň zpoždovače jsou určeny počty kusů, v kterých budou zpoždovače pokračovat dál do procesu. Tyto počty pracovník Pfiffneru nebo Eskomatic zjistí pomocí těchto digitálních vah.
4. **Odstředování a praní** - kbelík s naváženým počtem kusů nasype pracovník do odstředivky „Vltava“, kde se odstředí přebytečný olej, poté nasype zpoždovače do pračky a sušičky „WIR/OSN-SUMMA“.



Obr. 16 Pračka a sušička



Obr. 17 Odstředivka



5. **Broušení** - broušení vnějšího průměru zpoždovačů na předepsaný průměr se provádí na bezhroté brusce. Pracovník nasype výrobky do násypky, ze které jsou vyváženy dopravníkem do vibračního zásobníku, poté jsou tlačeny trubkou mezi brusné kotouče, ve kterých dochází k požadovanému odběru materiálu.
6. **Povrchová úprava** - provádí se fosfátování s ohledem na korozní odolnost. Pracovník vysype potřebné množství zpoždovačů a nechá projet linkou.



Obr. 18 Bruska na kulato

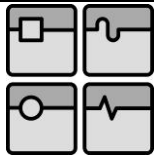


Obr. 19 Linka na fosfátování

7. **100% kontrola na Automatech KPZ-1** - na kontrolních automatech se nastaví zkoušený typ a stupeň zpoždovače a zapne se do chodu, podavačem jsou do automatu přiváděny jednotlivé zkoušené zpoždovače. Po každém z jednotlivých měření vypadnou do zásobníku neshodné kusy, rozdělené podle patřičných kontrolovaných rozměrů. Tyto kusy pracovník ručně přezkouší, a pokud jsou vyhovující, zařadí je do shodných výrobků, pokud nikoliv, tak do neshodných.



Obr. 20 KPZ Automat



4.4 Stroj Pfiffner

Model: Stroj s otočným taktovaným stolem Hydromat

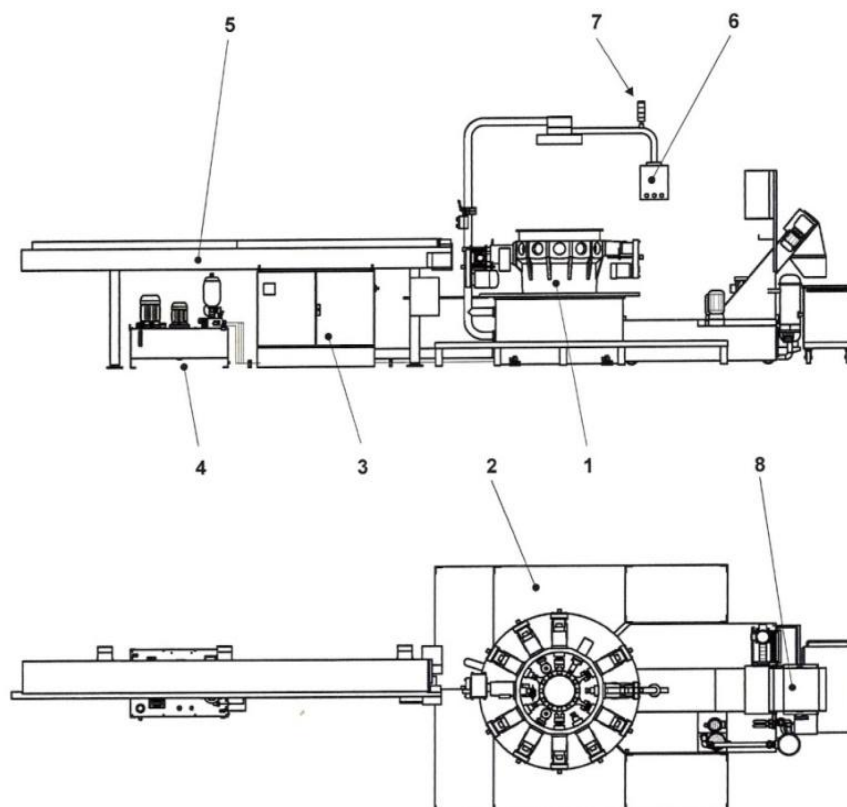
Typové označení: HLW 25/12

Výrobce: K.R. Pfiffner AG (Švýcarsko)

Rok výroby: 2007

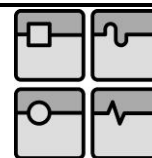
Číslo stroje: HLW25-1047

Zařízení Hydromat lze vybavit 12 horizontálními a 6 vertikálními obráběcími jednotkami. Taktovací otočný stůl (12dílný) má spínací dobu 0,5 s. Stroje jsou vybaveny upínacími kleštěmi typu W 25. Tím jsme schopni obrábět tyčový a profilový materiál do průměru 25 mm a délky 100 mm. Obrobky mohou být navzdory upevnění v kleštině obráběny z obou stran díky speciální otočné jednotce. Dodatečná vyhazovací jednotka na konci obrábění odpadá, hotový kus je automaticky vyhozen mezi poslední a první operací. U strojů Hydromat může být každý pohyb, každá rychlost a každý rychloposuv plynule nastaven obráběcí jednotkou s přiděleným hydraulickým řídicím ventilem.



Obr. 21 Schéma stroje Pfiffner

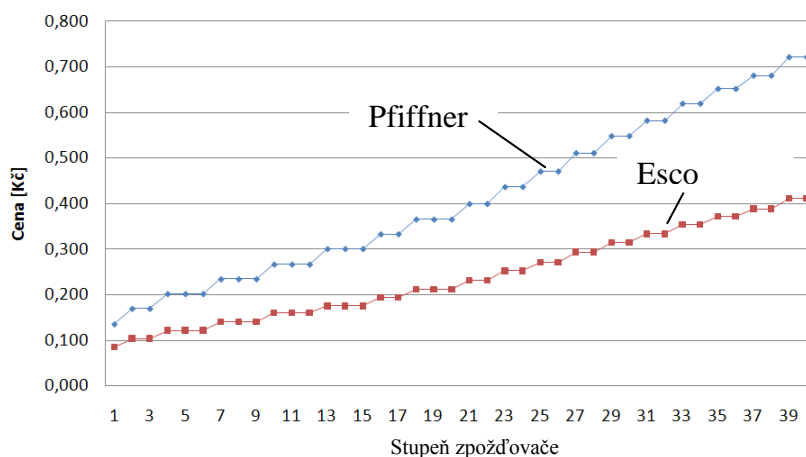
- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 5. Taktovaný otočný stůl | 1. Zakládací zásobník |
| 6. Podesta | 2. Závěsný ovládací pult |
| 7. Elektroskříň | 3. Signální světlo |
| 8. Hydraulický agregát | 4. Chladicí zařízení |



4.5 Srovnání stroje Pfiffner a Eskomatic

Stroj Pfiffner má oproti stroji Eskomatic 3 hlavní přednosti z hlediska:

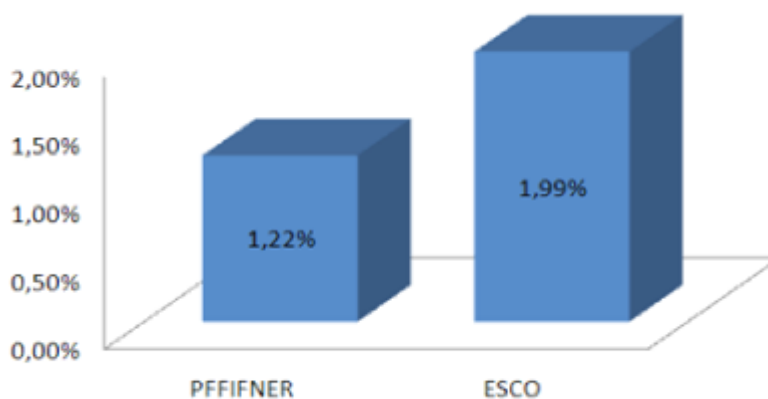
- **Materiálu** – Oproti Eskomaticu, kde se k výrobě zpoždovačů používá materiál trubkový, se na stroji Pfiffner používá materiál plný, který je cca. o 1/2 levnější.



Obr. 22 Materiálový náklad na 1 kus na Escomatic a Pfiffner

Z grafu je patrné, že cena materiálu u Escomaticu je vyšší než u materiálu na Pfiffner, z grafu také můžeme vyčíst, že na Pfiffneru by se měly vyrábět spíše větší stupně (délky) zpoždovačů, na kterých by se ušetřilo z hlediska materiálu nejvíce.

- **Zmetkovitosti**



Obr. 23 Průměrné procento zmetků

Z grafu je patrné, že Pfiffner má o 0,7 % menší zmetkovitost než Escomatic (číslo u Pfiffneru je ještě navíc negativně ovlivněno zaváděním výroby na tomto stroji).

- **Kapacity výroby**

Tab. 7 Kapacita výroby na Pfiffneru a Eskomaticu

Stroj	Kapacita od (Ks/7,5h)	Kapacita do (Ks/7,5h)
Escomatic	5500	7000
Pfiffner	7000	11250

4.6 Výňatek z průběžného postupu soustružení zpoždovačů na stroji Pfiffner [1]

4.6.1 Potřebné nástroje, nářadí a přípravky pro jednotlivé operace

Tab. 8 Nástroje pro LT620-X01 až X18; LT600 - X02 až X06, X08; LT602-X03 až X18

Název nářadí, přípravky	č. výkresu	Název nářadí, přípravky	Č. výkresu
Pilový kotouč 160x1,2 Z=160 DIN 1838C	INH 3525	Kleštinový upínač HSK C32 ER 16 DIN 69893-1	
VHM NC navrtávák 90° ϕ 5 DIN 6539		Kleština ER 16 ϕ 4-3 DIN 6499	
Kleštinový upínač HSK C40 ER 25 DIN 69893-1		Držák vyměnitelné destičky 90° SCACR 1010 E06	INH 41116
Kleština ER 25 ϕ 5-4 DIN 6499		Otočná hlava HSK-C40	
VHM vrták ϕ 3,25 DIN 6537		Nožový držák 40	
Vrták ϕ 3,28	INH 41198	Břítová destička CCGT 060202 FN-25P	
Vrták ϕ 3,25B (l=35, l=65)	INH 41141	Břítová destička TCGT 110204 FN- 27	

Tab. 9 Nástroje pro LT620 - X01 až X18

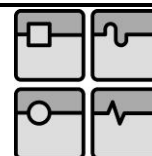
Název nářadí, přípravky	č. výkresu	Název nářadí, přípravky	Č. výkresu
Nůž STFCR 1212 F11 CERATIZIT --- úprava	INH 41114		

Tab. 10 Nástroje pro LT600 - X02 až X06, X08

Název nářadí, přípravky	č. výkresu	Název nářadí, přípravky	Č. výkresu
Držák vyměnitelné destičky 30° SCWCR (5°úkos)	INH 41117		

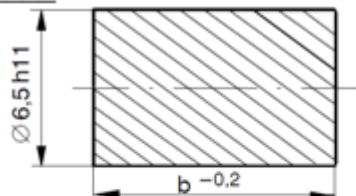
Tab. 11 Nástroje pro LT602 - X03 až X18

Název nářadí, přípravky	č. výkresu	Název nářadí, přípravky	Č. výkresu
Nůž STFCR 1212 F 11 CERATIZIT - úprava	INH 41114	Držák brit. destičky	INH 41148
Vyměnitelná břítová destička CCMW 060204 H13A	INH 41115	Vrták ϕ 3,25 zkosení 45°	INH 41195

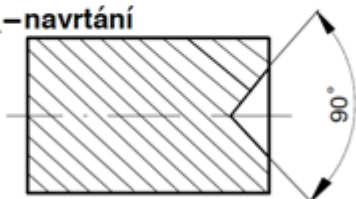


4.6.2 Průběžný postup soustružení pro typ LT620 (X01-X05) na stroji Pfiffner

Pozice I – řezání materiálu



Pozice II – navrtání

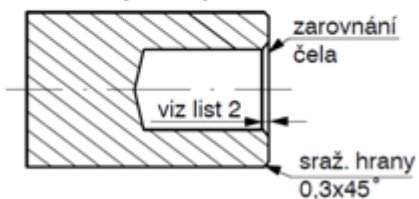


Pozice III – vrtání otvoru $\varnothing 3,20^{+0,12}$

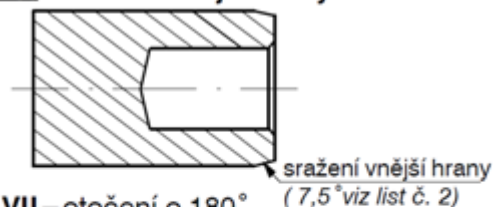


Pozice IV – vypnuta

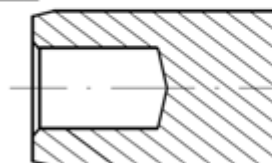
Pozice V – zarovnání čela, + sraž. vnější hrany 45°



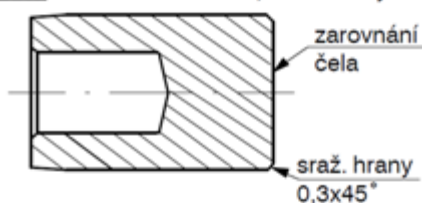
Pozice VI – sražení vnější hrany



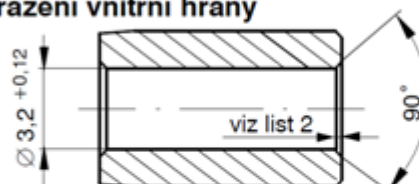
Pozice VII – otočení o 180°



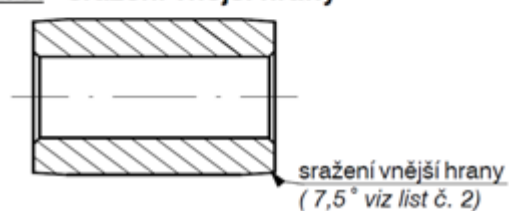
Pozice VIII – zarovnání čela, sraž. hrany



Pozice IX – dovtání otvoru $\varnothing 3,20^{+0,12}$ sražení vnitřní hrany

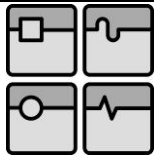


Pozice X – sražení vnější hrany



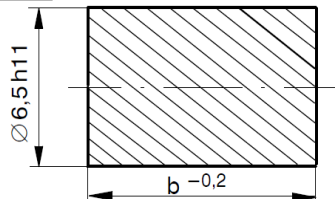
Tab. 12 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$

Stupeň	1	2	3	4	5
$b^{-0,2}$ mm	7,8	9,8	11,8	13,8	15,8
LT 620-	X01	X02	X03	X04	X05

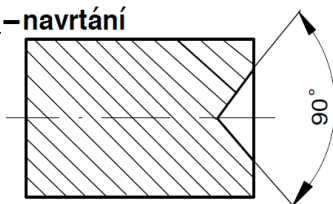


4.6.3 Průběžný postup soustružení pro typ LT620 (X06-X18) na stroji Pfiffner

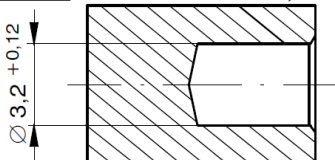
Pozice I – řezání materiálu



Pozice II – navrtání

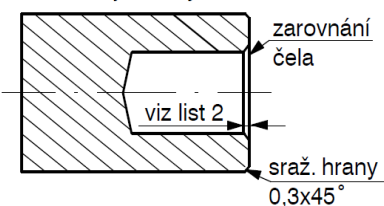


Pozice III – vrtání otvoru $\varnothing 3,20^{+0,12}$

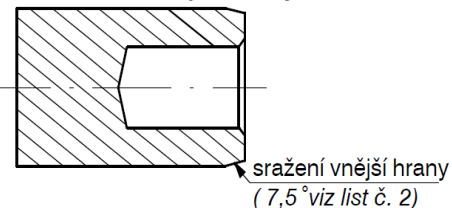


Pozice IV – vypnuta

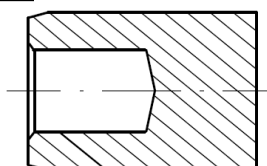
Pozice V – zarovnání čela, + sraž. vnější hrany 45°



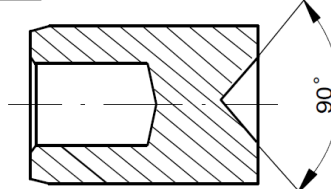
Pozice VI – sražení vnější hrany



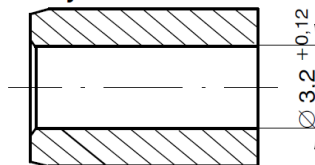
Pozice VII – otočení o 180°



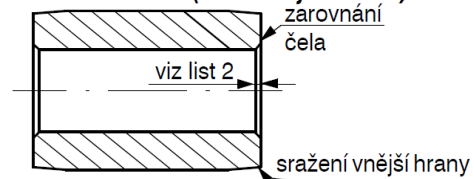
Pozice VIII – navrtání z druhé strany



Pozice IX – dovržení otvoru $\varnothing 3,20^{+0,12}$ z druhé strany

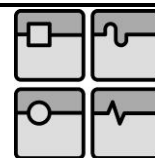


Pozice X – sražení vnější hrany 45° , poté $7,5^\circ$, zarovnání čela (složená jednotka)



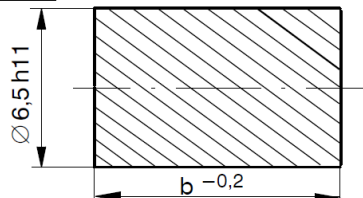
Tab. 13 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$

Stupeň	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$b^{-0,2}$ mm	17,8	19,8	21,8	23,8	26,1	28,2	30,6	32,9	35
LT 620-	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
Stupeň	15	16	17	18					
$b^{-0,2}$ mm	37,2	39,2	41	43,5					
LT 620-	X15	X16	X17	X18					

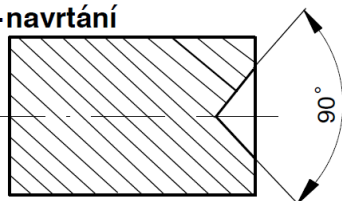


4.6.4 Průběžný postup soustružení pro typ LT600 (X02-X06, X08) na stroji Pfiffner

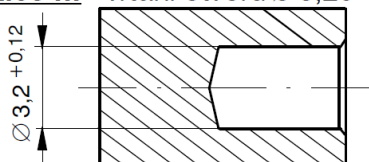
Pozice I – řezání materiálu



Pozice II – navrtání

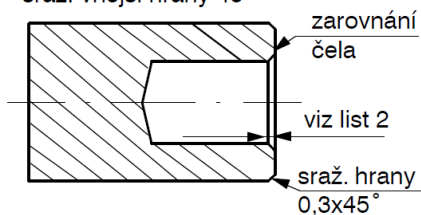


Pozice III – vrtání otvoru $\varnothing 3,20_{+0,12}$

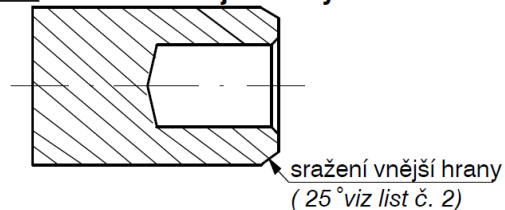


Pozice IV – vypnuta

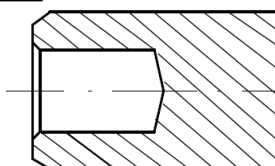
Pozice V – zarovnání čela, + sraž. vnější hrany 45°



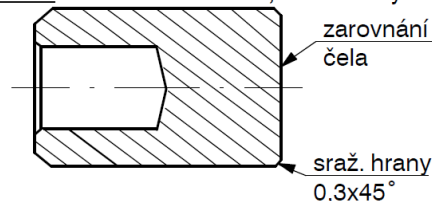
Pozice VI – sražení vnější hrany



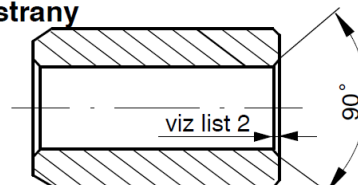
Pozice VII – otočení o 180°



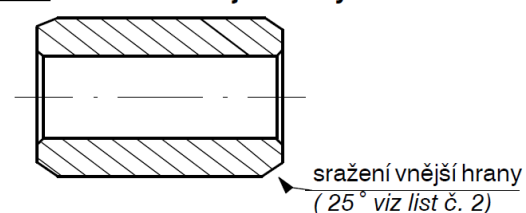
Pozice VIII – zarovnání čela, sraž. hrany



Pozice IX – dovrštění otvoru $\varnothing 3,20_{+0,12}$ z druhé strany

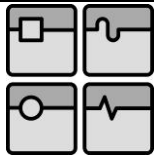


Pozice X – sražení vnější hrany



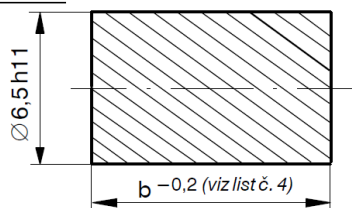
Tab. 14 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$

Stupeň	2	3	4	5	6	8
$b^{-0,2}$ mm	9,8	11,8	13,8	15,8	17,8	21,8
LT 620-	X02	X03	X04	X05	X06	X08



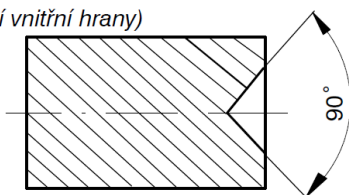
4.6.5 Průběžný postup soustružení pro typ LT 602 (X03-X07) na stroji Pfiffner

Pozice I – řezání materiálu



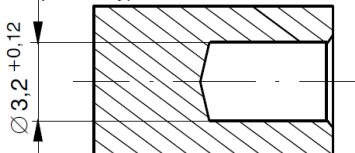
Pozice II – navrtání

(pro sražení vnitřní hrany)



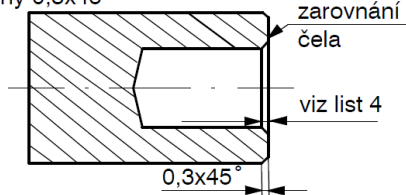
Pozice III – vrtání otvoru $\varnothing 3,20^{+0,12}$

(cca do poloviny)

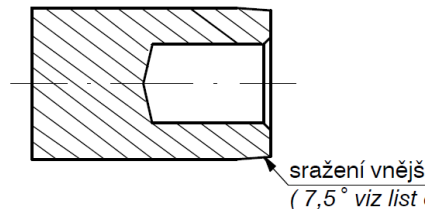


Pozice IV – vypnuto

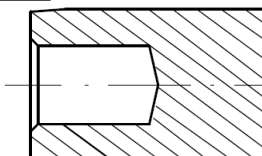
Pozice V – zarovnání čela,
sražení hrany $0,3 \times 45^\circ$



Pozice VI – sražení vnější hrany

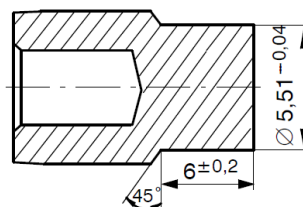


Pozice VII – otočení o 180°

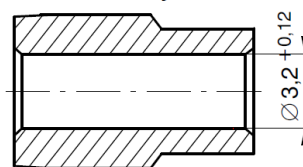


Pozice VIII – soustružení

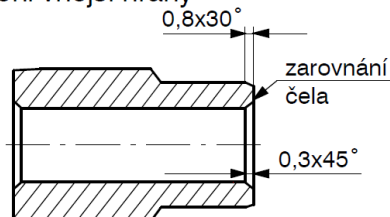
$\varnothing 5,51^{-0,04}$, sražení 45°



Pozice IX – dovrtání otvoru $\varnothing 3,20^{+0}$
+ sražení vnitřní hrany

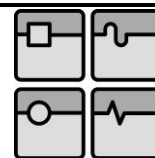


Pozice X – zarovnání čela
+ sražení vnější hrany



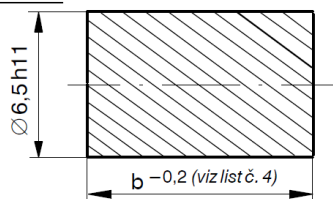
Tab. 15 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$

Stupeň	3	4	5	6	7
$b^{-0,2}$ mm	11,8	13,8	15,8	17,8	19,8
LT 620-	X03	X04	X05	X06	X07



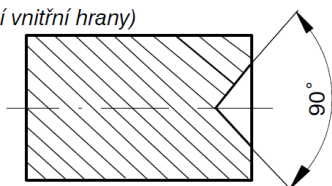
4.6.6 Průběžný postup soustružení pro typ LT 602 (X08-X18) na stroji Pfiffner

Pozice I – řezání materiálu



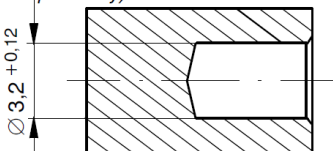
Pozice II – navrtání

(pro sražení vnitřní hrany)



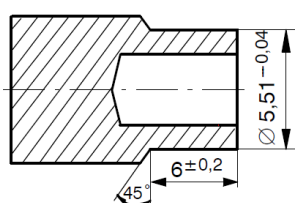
Pozice III – vrtání otvoru $\varnothing 3,20^{+0,12}$

(cca do poloviny)

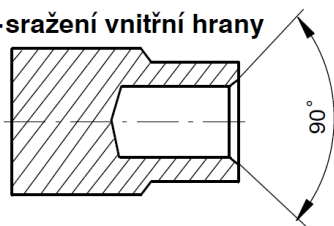


Pozice IV – soustružení

$\varnothing 5,51^{-0,04}$, sražení 45°

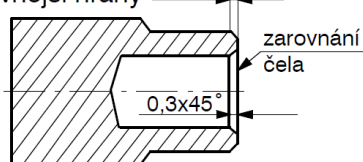


Pozice V – sražení vnitřní hrany

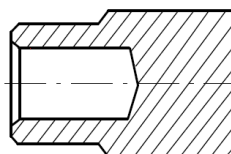


Pozice VI – zarovnání čela

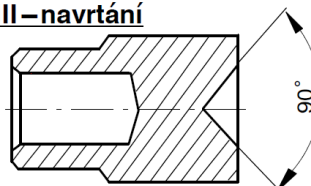
+ sražení vnější hrany $0,8 \times 30^\circ$



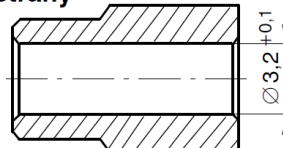
Pozice VII – otočení o 180°



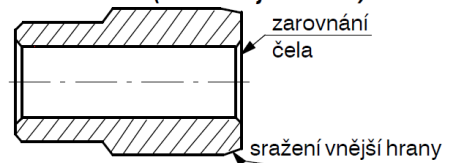
Pozice VIII – navrtání



Pozice IX – dovrtnání otvoru $\varnothing 3,20^{+0,12}$ z druhé strany

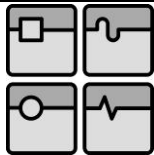


Pozice X – sražení vnější hrany 45° , poté $7,5^\circ$, zarovnání čela (složená jednotka)



Tab. 16 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$

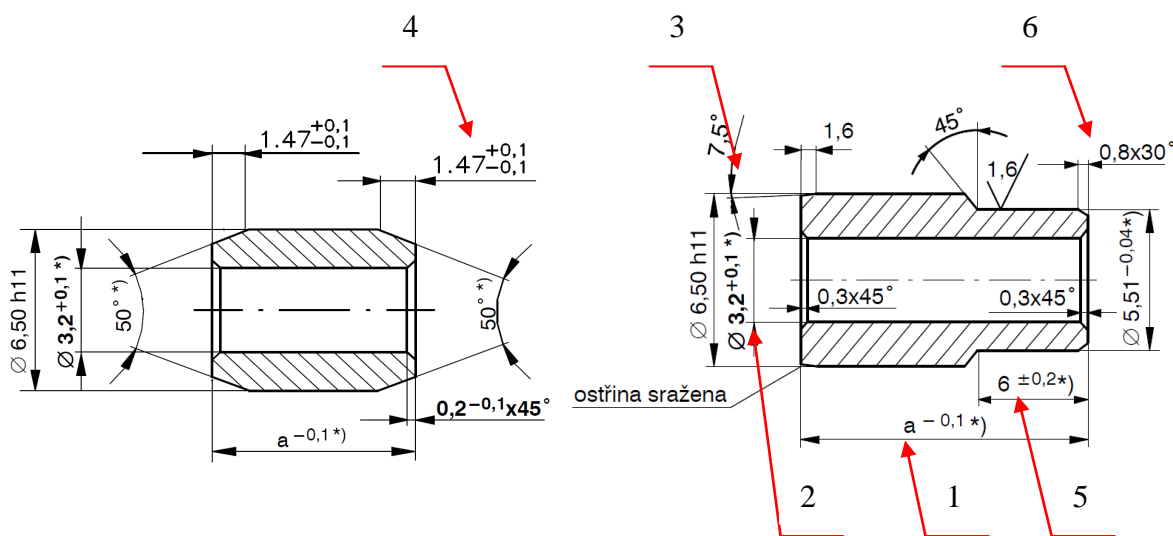
Stupeň	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$b^{-0,2}$ mm	21,8	23,8	26,1	28,2	30,6	32,9	35	37,2	39,2
LT 620-	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14	X15	X16
Stupeň	17	18							
$b^{-0,2}$ mm	41	43,5							
LT 620-	X17	X18							



4.7 Stávající kontrola

Stávající kontrola se provádí následujícím způsobem:

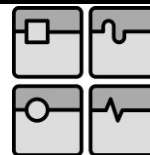
- Každou ½ hodinu provede pracovník výběr 5 ks čistých součástek.
- Zkontroluje předepsané rozměry předepsanými měřidly uvedené v tabulce č.17.
- Dále zkontroluje úkosy na vnějším průměru, sražení hrany na vnitřním průměru (nesmí docházet k natlačení ostřiny do vnitřního průměru $\phi 3,2$ mm). Kontrolu úkosů, sražení a ostřin provádí pracovník pomocí zvětšovacího stroje Mantis.
- Při zjištění nevyhovujícího rozměru, úkosů nebo ostřin zastaví stroj a závadu nahlásí seřizovači, který ji odstraní
- Obsluha poté musí provést 100% kontrolu všech zpoždovačů vyrobených během uplynulé půl hodiny.







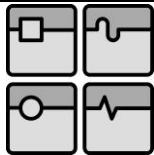
Obr. 24 Přehled kontrolních rozměrů

Tab. 17 Přehled měřidel používaných při kontrole zpoždovačů

Název měřidla a jeho specifikace	č. výkresu	Poznámky	Foto
1) - Měřidlo délky zpoždovačů: (pro LT 620 +LT 600 +LT 602) - digitální úchylkoměr - rozlišitelnost: 0,001 mm	IMH 2007	U úchylkoměru sice zjišťujeme pouze úchylku od etalonu, ale tento úchylkoměr má v paměti jmenovitou hodnotu použitého etalonu a proto odečítáme jmenovitou hodnotu měřeného kusu	
2) - Měřidlo pro vnitřní průměr zpoždovače (pro LT 620 +LT 600 +LT 602) - Mezní trn $\phi 3,2^{+0,1}$ mm	IMH 4304		



Název měřidla a jeho specifikace	č. výkresu	Poznámky	Foto
3) - Měřidlo na sražení vnější hrany $7,5^\circ$ v délce $1,6 \pm 0,1$ mm - (pro LT 620 +LT 600 +LT 602) - analogový úchylkoměr s přípravkem	IMH 3084	Provádí se jen jako orientační pro potřeby obsluhy, v postupu jako kontrolní rozměr není předepsán	
4) - Měřidlo na sražení vnější hrany 25° v délce $1,47 \pm 0,1$ mm - pro LT 600 - analogový úchylkoměr s přípravkem	IMH 3084		
5) - Měřidlo na délku osazení $6 \pm 0,2$ mm - Pro typ LT 602 - analogový úchylkoměr s přípravkem	DMV 20984		
6) - Měřidlo na průměr osazení - Pro typ LT 602 - Mezní kroužek $\phi 5,51^{-0,04}$ mm	IMH 3038		



5 Návrh metodiky SPC

Tato kapitola je věnována návrhu statistické kontroly do výrobního procesu.

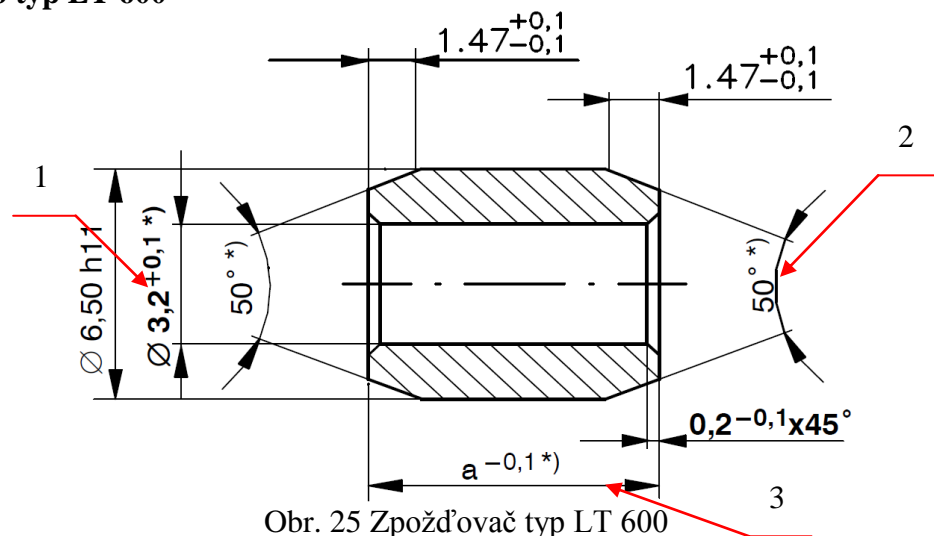
- Je vybrán hlavní představitel vyráběný na stroji Pfiffner.
- Jsou určeny znaky jakosti, které budeme regulovat.
- Je definován systém měření regulovaných znaků.
- Je určen výběr stupně regulace.
- Je vybrán regulační diagram.
- počet skupin a podskupin,
- frekvence odběru.

5.1 Volba představitel

Na strojích Pfiffner jsou vyráběny dva druhy výrobků, jedním jsou pojistky a druhým zpoždovače. Hlavním představitel jsou bezesporu zpoždovače, které tvoří výrobu na strojích Pfiffner asi z 90 procent. Zpoždovače, jak již bylo zmíněno v kapitole 4.2, se vyrábějí ve třech typech, a to LT 602, LT 600 a LT 620. V největší míře je vyráběn typ LT 602, ale podle potřeb výroby také zbylé dva typy, proto se musí SPC zavést na všechny.

5.2 Určení znaků jakosti

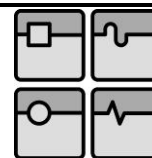
5.2.1 Pro typ LT 600



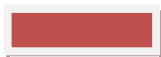
Rozměry označené* jsou kontrolní

Kontrolní rozměry:

1. Kontrolní rozměr $\phi 3,2^{+0,1}$ mm (je kontrolován měřidlem č. 2), po domluvě s obsluhou a seřizovači bude pro jeho sledování nejlepším způsobem ten stávající, protože u vrtáku budeme jen těžko hodnotu díry regulovat. Do statistické regulace nebude zahrnut jako znak jakosti.
2. Sražení 50° závisí na nástroji (je kontrolován pomocí měřidla č. 4) a obsluha nemá šanci tento znak nijak regulovat. Po domluvě se seřizovači bude pro jeho sledování nejlepším způsobem ten stávající a do statistické regulace nebude zahrnut jako znak jakosti.



3. **Kontrolovaný rozměr $a^{-0,1}$** (je kontrolován pomocí měřidla č. 1) tento rozměr je důležitý pro další montáž, také z hlediska zmetkovitosti jsou s ním problémy, proto bude zahrnut jako sledovaný znak jakosti do statistické regulace.

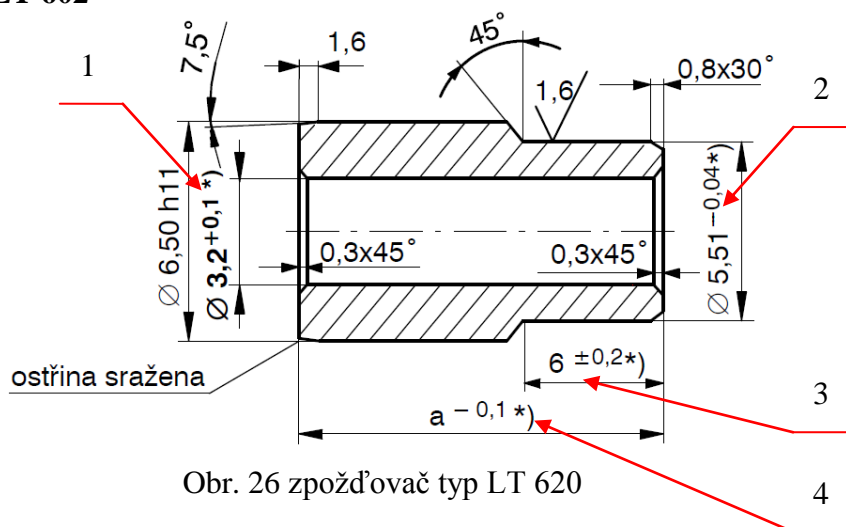


- sledovaný znak bude zahrnut do statistické regulace



- sledovaný znak nebude zahrnut do statistické regulace

5.2.2 pro typ LT 602



Obr. 26 zpoždovač typ LT 602

Rozměry označené* jsou kontrolní

Kontrolní rozměry:

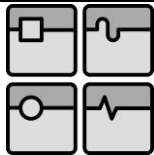
1. Kontrolní rozměr $\phi 3,2^{+0,1}$ mm (je kontrolován měřidlem č. 2) a po domluvě s obsluhou a seřizovači, bude pro jeho sledování nejlepším způsobem ten stávající, protože u vrtáku budeme jen těžko hodnotu díry regulovat a do statistické regulace nebude zahrnut jako znak jakosti.
2. **Kontrolní rozměr $\phi 5,51^{-0,04}$ mm** (kontroluje měřidlem č. 6) tento rozměr je důležitý pro další montáž, také z hlediska zmetkovitosti jsou s ním problémy, proto bude zahrnut jako sledovaný znak jakosti do statistické regulace.
3. Kontrolní rozměr $6^{\pm 0,2}$ mm - u tohoto rozměru je velká tolerance, se kterou nejsou žádné problémy, a proto do statistické regulace nebude zahrnut jako znak jakosti.
4. **Kontrolovaný rozměr $a^{-0,1}$** (je kontrolován pomocí měřidla č. 1), tento rozměr je důležitý pro další montáž a z hlediska zmetkovitosti jsou s ním problémy, proto bude zahrnut jako sledovaný znak jakosti do statistické regulace.



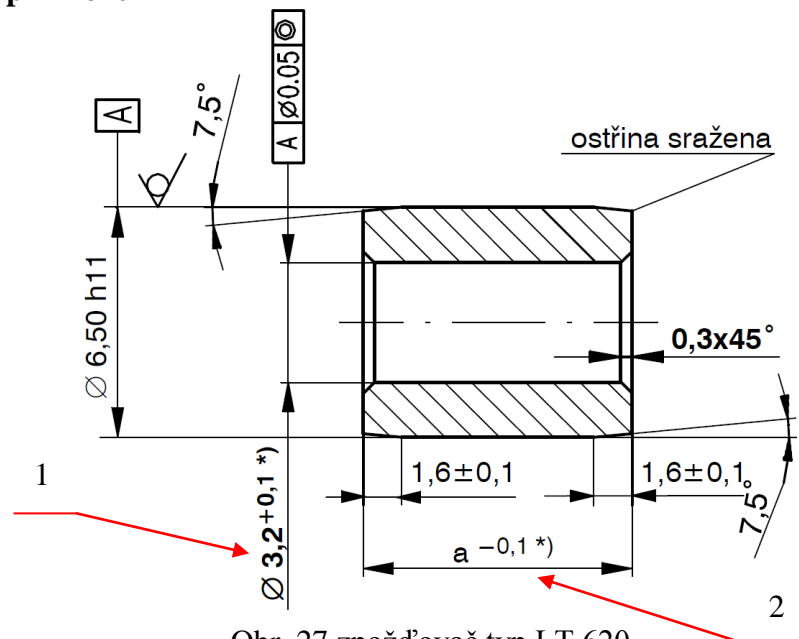
- sledovaný znak bude zahrnut do statistické regulace



- sledovaný znak nebude zahrnut do statistické regulace



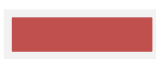
5.2.3 Pro typ LT 620



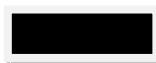
Obr. 27 zpoždovač typ LT 620

Rozměry označené* jsou kontrolní
Kontrolní rozměry:

1. Kontrolní rozměr $\phi 3,2^{+0,1}$ mm (je kontrolován měřidlem č. 2) a po domluvě s obsluhou a seřizovači, bude pro jeho sledování nejlepším způsobem ten stávající, protože u vrtáku budeme jen těžko hodnotu díry regulovat a do statistické regulace nebude zahrnut jako znak jakosti
2. **Kontrolovaný rozměr $a^{-0,1}$ (je kontrolován pomocí měřidla č. 1), tento rozměr je důležitý pro další montáž, z hlediska zmetkovitosti jsou s ním problémy, proto bude zahrnut jako sledovaný znak jakosti do statistické regulace.**



- sledovaný znak bude zahrnut do statistické regulace



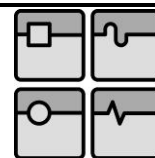
- sledovaný znak nebude zahrnut do statistické regulace

Tab. 18 Shrnutí znaků jakosti

Typ zpoždovače	Znak jakosti 1	Znak jakosti 2
LT 600	délka $a^{-0,1}$	---
LT 602	délka $a^{-0,1}$	$\phi 5,51^{-0,04}$
LT 620	délka $a^{-0,1}$	---

5.3 Návrh měřícího a monitorovacího zařízení

Požadavek organizace je, aby statistická regulace co nejméně zatěžovala obsluhu a byla pravidelně prováděna, proto se musí volit měřidla s datovým výstupem a rozhraním pro přenos dat do počítače. Tato kombinace odstraní obsluhu čas, který by věnovala zápisu a vyhodnocení naměřených hodnot.



- Pro měření znaku jakosti 1 (délka $a^{-0.1}$) bude použito stávajícího měřidla, digitálního úchylkoměru s rozlišitelností 0,001 mm, který je opatřen datovým výstupem a lze ho propojit s počítačem. Měřidlo je kalibrováno dle interního postupu Austin Detonator a kalibrační list je součástí přílohy
- Pro měření znaku jakosti 2 ($\phi 5,51^{+0.04}$) se bude muset pořídit nové měřidlo, digitální třmenový mikrometr o rozsahu $0 \div 25$ mm s rozlišitelností 0,001mm s datovým výstupem, který lze propojit s počítačem.

Data z měřidel budou automaticky přenesena do počítačového programu, kde budou dále vyhodnocována a ukládána pro dlouhodobé použití.

Analýza MSA

Z kapitoly 3.3 vyplývá, že pozornost při analýze MSA by měla být věnována těmto třem základním otázkám

1. Systém měření musí prokázat odpovídající citlivost.
2. Systém měření musí být stabilní.
3. Statistické vlastnosti chyby jsou přípustné a adekvátní k účelu měření.

Prvnímu pravidlu odpovídá jak měřidlo pro znak jakosti 1 (digitální úchylkoměr s rozlišitelností 0,001 mm), tak i měřidlo pro znak jakosti 2 (digitální třmenový mikrometr s rozlišitelností 0,001 mm)

Pro zbývající dvě pravidla by se dalo uvažovat jen o prvním měřidlu, protože druhé ještě není pořízené, ale digitální úchylkoměr se každý den přeseřizuje, a proto by jen těžko šlo udělat určení stability a reprodukovatelnosti, protože k tomu bychom potřebovali delší časové období. Proto předpokládáme, že splňujeme jak druhé, tak třetí pravidlo. Uvažovat by se také dalo o spočtení indexů způsobilosti měřidla C_g a C_{gk} , ale vzhledem k použitým měřidlům a tolerancím je to zbytečné, protože tyto indexy nám bez problémů vyjdou.

5.4 Výběr stupně regulace

Tab. 19 Stupně zajišťování jakosti ve výrobě

5	Automatická regulace výrobního procesu podle automatického měření
4	Automatický sběr dat a provádění ručních zásahů do výrobního procesu
3	Statistická regulace na regulačních kartách vedených na počítači
2	Statistická regulace na regulačních kartách vedených ručně
1	Statistická regulace na kartách pro atributivní znaky

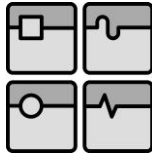
Vzhledem k možnostem a požadavkům organizace je jako stupeň regulace zvolen stupeň regulace č. 3, což představuje sběr dat ručně s přenosem do pc a zpracování na počítači.

5.5 Výběr regulačního diagramu

Vzhledem k možnostem a vlastnostem procesu byl jako nejvhodnější regulační diagram vybrán regulační diagram pro aritmetický průměr a rozpětí (\bar{X}, R)

5.6 Volba počtu a odběrů vzorků

Rozsah podskupiny volím rovnu 5 a frekvenci odběru po 10 minutách, čímž pokryjeme kontrolu cca. u 4 % vyrobených součástek, a počet podskupin je roven 25, čímž bychom měli zachytit všechny změny v procesu.

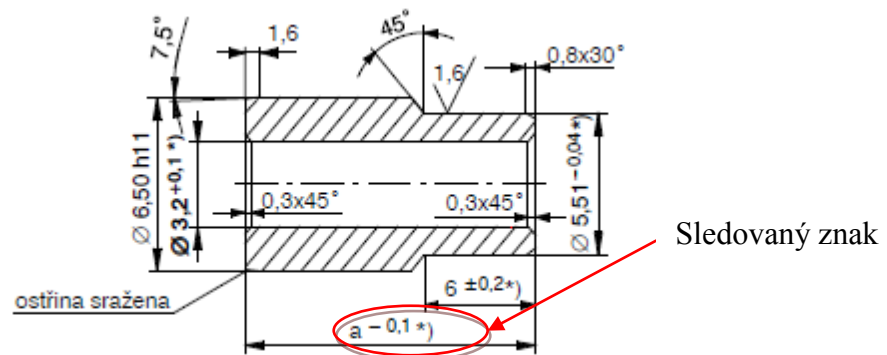


6 Implementace SPC do výrobního procesu

V této kapitole je SPC implementováno do výrobního procesu. V první části se zabýváme prvním sledovaným znakem - délkou $a^{-0,1}$ a ve druhé části $\phi 5,51^{-0,04}$.

6.1 Regulační diagramy pro délku

Délka $a^{-0,1}$ je měřena na typu LT 602 v první implementaci ve stupni X05, jejíž hodnota je $a=15^{-0,1}$ mm. Volba počtu a odběrů vzorků je ve shodě s kapitolou 5.6 a k výpočtu byly použity vzorce z kapitoly 3.5. Soustružení bylo prováděno podle skupinového postupu 74A. K měření bylo použito měřidlo: digitální úchylkoměr s rozlišitelností 0,001 mm (kalibrační list je součástí přílohy). Další provedená měření včetně jejich regulačních diagramů a indexů způsobilosti a výkonnosti jsou uvedeny v příloze. K jejich vyhodnocení byl použit software MINITAB release 14.



Obr. 28 Znak jakosti 1

Výpočty:

Průměr první podskupiny:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_5}{5} = \frac{14,948 + 14,953 + 14,957 + 14,951 + 14,954}{5} = 14,953 \text{ mm}$$

Rozpětí první podskupiny:

$$R = x_{max} - x_{min} = 14,957 - 14,948 = 0,009 \text{ mm}$$

Celkový (totální) průměr:

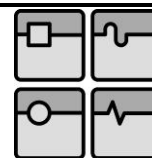
$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_{25}}{25} = \frac{14,9526 + 14,953 + \dots + 14,9528}{25} = 14,9517 \text{ mm}$$

Průměrné rozpětí:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_{25}}{25} = \frac{0,009 + 0,006 + \dots + 0,016}{25} = 0,00930 \text{ mm}$$

Odhad směrodatné odchylky pro X:

$$\hat{\sigma}_c = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,0093}{2,33} = 0,00399 \text{ mm}$$

**Parametry diagramu:**

Centrální přímka:

$$CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} = 14,951 \text{ mm}$$

$$CL_R = \bar{R} = 0,0093 \text{ mm}$$

Regulační meze:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} = 14,951 + 0,58 \cdot 0,0093 = 14,957 \text{ mm}$$

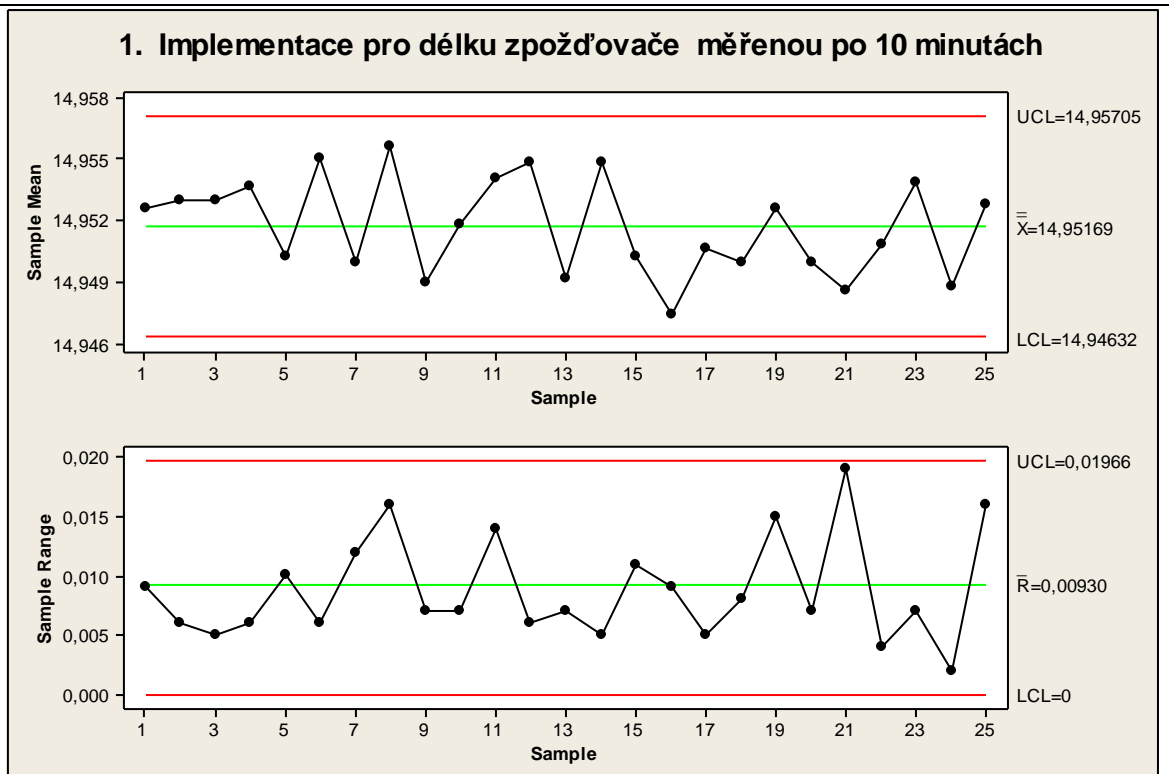
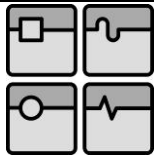
$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} = 14,951 - 0,58 \cdot 0,0093 = 14,946 \text{ mm}$$

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R} = 2,11 \cdot 0,0093 = 0,0196 \text{ mm}$$

$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} = 0 \cdot 0,0093 = 0 \text{ mm}$$

Tab. 20 Naměřené a vypočtené hodnoty pro délku

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	\bar{X}	R	
1	14,948	14,953	14,957	14,951	14,954	14,9526	0,009	
2	14,956	14,95	14,955	14,950	14,954	14,9530	0,006	
3	14,951	14,955	14,955	14,954	14,950	14,9530	0,005	
4	14,953	14,951	14,955	14,952	14,957	14,9536	0,006	
5	14,946	14,950	14,955	14,955	14,945	14,9502	0,01	
6	14,953	14,956	14,959	14,953	14,954	14,9550	0,006	
7	14,941	14,953	14,953	14,950	14,953	14,9500	0,012	
8	14,953	14,957	14,954	14,965	14,949	14,9556	0,016	
9	14,953	14,948	14,950	14,948	14,946	14,9490	0,007	
10	14,951	14,948	14,951	14,955	14,954	14,9518	0,007	
11	14,957	14,946	14,958	14,949	14,960	14,9540	0,014	
12	14,952	14,958	14,952	14,955	14,957	14,9548	0,006	
13	14,947	14,951	14,953	14,949	14,946	14,9492	0,007	
14	14,956	14,952	14,956	14,953	14,957	14,9548	0,005	
15	14,955	14,953	14,948	14,944	14,951	14,9502	0,011	
16	14,944	14,947	14,953	14,946	14,947	14,9474	0,009	
17	14,951	14,951	14,948	14,953	14,950	14,9506	0,005	
18	14,950	14,951	14,954	14,949	14,946	14,9500	0,008	
19	14,948	14,954	14,962	14,952	14,947	14,9526	0,015	
20	14,947	14,947	14,951	14,951	14,954	14,9500	0,007	
21	14,948	14,957	14,953	14,947	14,938	14,9486	0,019	
22	14,951	14,952	14,949	14,949	14,953	14,9508	0,004	
23	14,955	14,951	14,952	14,958	14,953	14,9538	0,007	
24	14,949	14,949	14,948	14,950	14,948	14,9488	0,002	
25	14,950	14,948	14,961	14,945	14,960	14,9528	0,016	
						$\bar{\bar{X}}, \bar{R}$	14,95169	0,0093



Obr. 29 Regulační diagram pro délku $15^{-0,1}$

6.1.1 Interpretace regulačních diagramů

Vzhledem k tomu, že jak v regulačním diagramu pro R (rozpětí), tak i v regulačním diagramu pro \bar{X} (průměr) nebyl nalezen žádný z testů vymezených příčin, můžeme o procesu prohlásit, že je ve statisticky zvládnutém stavu. Tato stabilita byla také potvrzena u zbylých regulačních diagramů pro délku, které jsou uvedeny v příloze. Měření bylo provedeno u různých stupňů zpoždovačů. Nyní můžeme přikročit ke spočítání indexů způsobilosti a výkonnosti C_p a C_{pk} a P_p a P_{pk} .

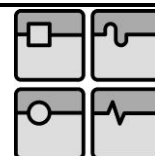
Výpočet C_p a C_{pk}

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} = \frac{USL - LSL}{6\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{15,0 - 14,9}{6\left(\frac{0,0093}{2,33}\right)} = 4,17$$

C_{pk} je menší z hodnot CPU a CPL

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{X}}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{15,0 - 14,952}{3\left(\frac{0,0093}{2,33}\right)} = 4,00$$

$$CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{14,952 - 14,9}{3\left(\frac{0,0093}{2,33}\right)} = 4,34$$



$$\underline{C_p=4,17 \text{ a } C_{pk}=4,00}$$

Výpočet P_p a P_{pk}

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{15,0 - 14,9}{6 \cdot 0,00426} = 3,92$$

$$\sigma_p \approx s = \sqrt{\sum_1^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\sum_1^{25} \frac{(x_1 - 14,951)^2}{25-1}} = 0,00426 \text{ mm}$$

P_{pk} je menší z hodnot CPU a CPL

$$PPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_p} = \frac{15 - 14,951}{3 \cdot 0,00426} = 3,83$$

$$PPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_p} = \frac{14,951 - 14,9}{3 \cdot 0,00426} = 4,0$$

$$\underline{P_p=3,92 \text{ a } P_{pk}=3,83}$$

6.1.2 Interpretace indexů způsobilosti a výkonnosti

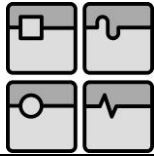
Index C_p je v porovnání s indexem C_{pk} větší, a proto můžeme usuzovat, že proces není ideálně centrován, indexy C_{pk} a P_{pk} se od sebe nikterak znatelně neliší, a proto můžeme usuzovat, že zde není velké kolísání mezi podskupinami. Při číslech C_p , C_{pk} kolem hodnoty 3-4 můžeme prohlásit, že využíváme toleranci jen asi 20 – 30 %, což je výborný výsledek.

V příloze jsou další dvě implementace regulačního diagramu pro délku a jejich hodnoty C_p , C_{pk} a P_p P_{pk} jsou zobrazeny v tab. 21

Tab. 21 Přehled indexů způsobilosti a výkonnosti

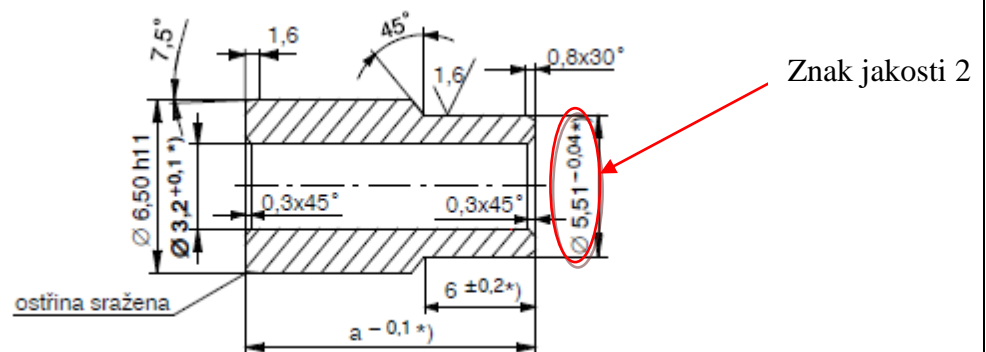
Implementace	C_p	C_{pk}	P_p	P_{pk}
1	4,17	4,00	3,92	3,83
2	3,78	3,33	3,68	3,24
3	3,55	3,24	3,27	2,98

Vzhledem k vysokým hodnotám C_p a C_{pk} a vzhledem k procesu jako takovému doporučuji pro regulaci délky **nepoužívat regulační diagramy**, ale kontrolní diagramy (seřizovací diagramy). Ty budou přiblíženy v kapitole 7 i s dalšími důvody jejich použití.



6.2 Regulační diagramy pro osazení

$\phi 5,51^{-0,04}$ je měřen na typu LT 602, protože na žádném jiném typu se nevyskytuje. V první implementaci je průměr měřen na stupni X05. Volba počtu a odběrů vzorků je ve shodě s kapitolou 5.6. K výpočtu byly použity vzorce z kapitoly 3.5. Soustružení bylo prováděno podle skupinového postupu 74A. K měření bylo použito měřidlo: digitální třmenový mikrometr 0-25 mm (zapůjčený od metrologa firmy Austin Detonator) s rozlišitelností 0,001 mm (kalibrační list je součástí přílohy). Další provedená měření včetně jejich regulačních diagramů a indexů způsobilosti a výkonnosti jsou uvedeny v příloze. K jejich vyhodnocení byl použit software MINITAB release 14.



Obr. 30 Znak jakosti 2

Výpočty:

Průměr první podskupiny:

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_5}{5} = \frac{5,489 + 5,489 + 5,495 + 5,492 + 5,492}{5} = 5,491 \text{ mm}$$

Rozpětí první podskupiny:

$$R = x_{max} - x_{min} = 5,495 - 5,489 = 0,006 \text{ mm}$$

Celkový (totální) průměr:

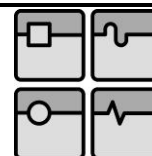
$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \dots + \bar{X}_{25}}{25} = \frac{5,491 + 5,493 + \dots + 5,490}{25} = 5,4911 \text{ mm}$$

Průměrné rozpětí:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_{25}}{25} = \frac{0,006 + 0,003 + \dots + 0,003}{25} = 0,004169 \text{ mm}$$

Odhad směrodatné odchylky pro \bar{X} :

$$\hat{\sigma}_c = \frac{\bar{R}}{d_2} = \frac{0,004169}{2,33} = 0,001789 \text{ mm}$$

**Parametry diagramu:**

Centrální přímka:

$$CL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} = 5,4911 \text{ mm}$$

$$CL_R = \bar{R} = 0,004169 \text{ mm}$$

Regulační meze:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} = 5,4911 + 0,58 \cdot 0,004169 = 5,4935 \text{ mm}$$

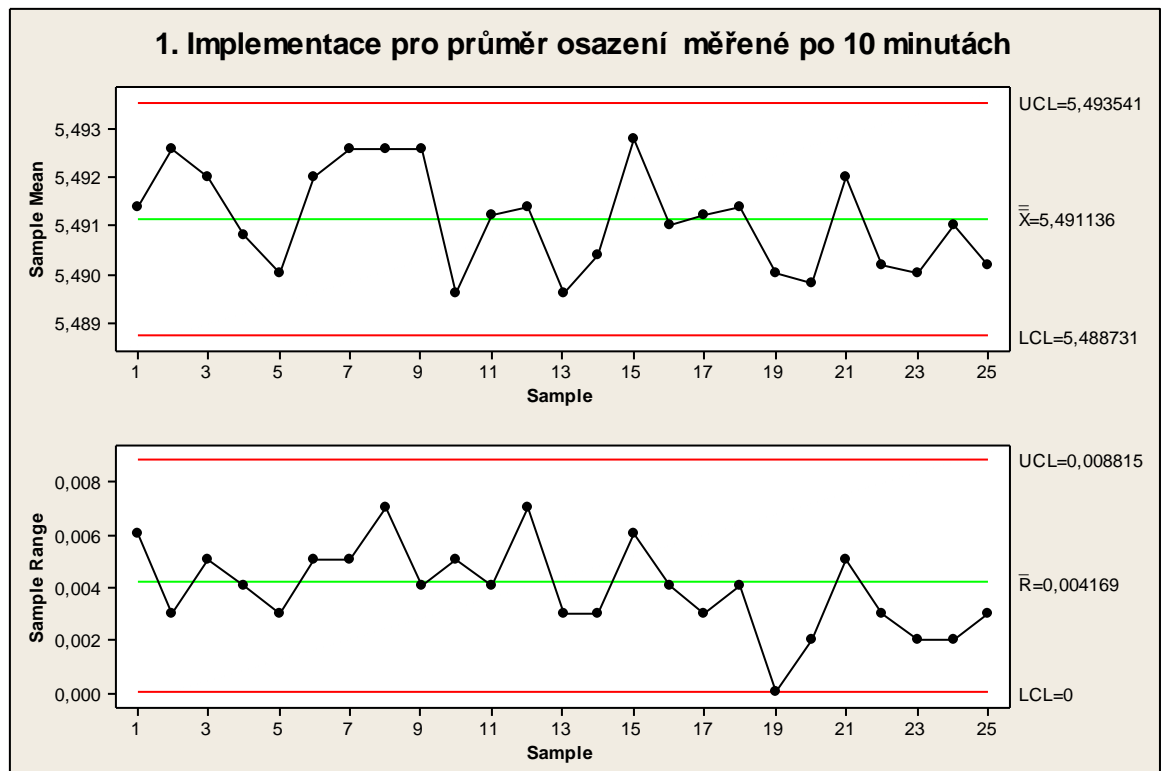
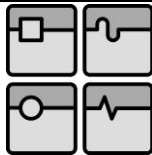
$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} = 5,4911 - 0,58 \cdot 0,004169 = 5,4887 \text{ mm}$$

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R} = 2,11 \cdot 0,004169 = 0,008815 \text{ mm}$$

$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} = 0 \cdot 0,004169 = 0 \text{ mm}$$

Tab. 22 Naměřené a vypočtené hodnoty pro osazení

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	\bar{X}	R	
1	5,489	5,489	5,495	5,492	5,492	5,4910	0,006	
2	5,491	5,493	5,492	5,494	5,493	5,4926	0,003	
3	5,489	5,491	5,494	5,493	5,493	5,4920	0,005	
4	5,489	5,489	5,491	5,493	5,492	5,4908	0,004	
5	5,492	5,490	5,489	5,490	5,489	5,4900	0,003	
6	5,490	5,491	5,494	5,490	5,495	5,4920	0,005	
7	5,495	5,494	5,491	5,493	5,490	5,4926	0,005	
8	5,498	5,491	5,491	5,492	5,491	5,4926	0,007	
9	5,492	5,492	5,493	5,495	5,491	5,4926	0,004	
10	5,493	5,490	5,488	5,488	5,489	5,4896	0,005	
11	5,493	5,492	5,489	5,490	5,492	5,4912	0,004	
12	5,492	5,496	5,490	5,490	5,489	5,4914	0,007	
13	5,49	5,488	5,491	5,488	5,491	5,4896	0,003	
14	5,490	5,492	5,489	5,489	5,492	5,4904	0,003	
15	5,493	5,490	5,490	5,496	5,495	5,4928	0,006	
16	5,491	5,493	5,490	5,489	5,492	5,4910	0,004	
17	5,491	5,492	5,492	5,492	5,489	5,4912	0,003	
18	5,491	5,494	5,491	5,490	5,491	5,4914	0,004	
19	5,490	5,490	5,490	5,490	5,490	5,4900	0	
20	5,489	5,490	5,489	5,490	5,491	5,4898	0,002	
21	5,492	5,494	5,492	5,493	5,489	5,4920	0,005	
22	5,492	5,490	5,489	5,491	5,489	5,4902	0,003	
23	5,489	5,490	5,491	5,490	5,490	5,4900	0,002	
24	5,490	5,491	5,491	5,491	5,492	5,4910	0,002	
25	5,489	5,492	5,490	5,489	5,491	5,4902	0,003	
						$\bar{\bar{X}}, \bar{R}$	5,4911	0,004169

Obr. 31 Regulační diagram pro průměr $\phi 5,51^{-0,04}$

Vzhledem k tomu, že jak v regulačním diagramu pro R (rozpětí), tak i v regulačním diagramu pro \bar{X} (průměr) nebyl nalezen žádný z testů vymezených příčin, můžeme o procesu prohlásit, že je ve statisticky zvládnutém stavu. Tato stabilita byla také potvrzena u zbylých regulačních diagramů pro průměr osazení, které jsou uvedeny v příloze, nyní můžeme přikročit ke spočítání indexů způsobilosti a výkonnosti C_p a C_{pk} a P_p a P_{pk} .

Výpočet C_p a C_{pk}

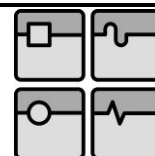
$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} = \frac{USL - LSL}{6\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{5,51 - 5,47}{6\left(\frac{0,004169}{2,33}\right)} = 3,72$$

C_{pk} je menší z hodnot CPU a CPL

$$CPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{X}}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{5,51 - 5,4911}{3\left(\frac{0,004169}{2,33}\right)} = 3,52$$

$$CPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{X} - LSL}{3\left(\frac{\bar{R}}{d_2}\right)} = \frac{5,4911 - 5,47}{3\left(\frac{0,004169}{2,33}\right)} = 3,93$$

$$\underline{C_p=3,72 \text{ a } C_{pk}=3,52}$$

**Výpočet P_p a P_{pk}**

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{5,51 - 5,47}{6 \cdot 0,00191} = 3,49$$

$$\sigma_p \approx s = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum_1^{25} (x_1 - 5,4911)^2}{25-1}} = 0,00191 \text{ mm}$$

P_{pk} je menší z hodnot CPU a CPL

$$PPU = \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma_p} = \frac{5,51 - 5,4911}{3 \cdot 0,00191} = 3,3$$

$$PPL = \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma_p} = \frac{5,4911 - 5,47}{3 \cdot 0,00191} = 3,68$$

$$\underline{\underline{P_p=3,49 \quad \text{a} \quad P_{pk}=3,3}}$$

6.2.1 Interpretace indexů způsobilosti a výkonnosti

Index C_p je v porovnání s indexem C_{pk} větší, z čehož soudíme, že proces není ideálně centrován, indexy C_{pk} a P_{pk} se od sebe nikterak znatelně neliší, a proto můžeme usuzovat, že zde není velké kolísání mezi podskupinami. Při číslech C_p , C_{pk} kolem hodnoty 3-4 můžeme prohlásit, že využíváme toleranci jen asi 20 - 30 %, což je výborný výsledek.

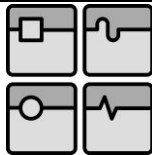
V příloze jsou další dvě implementace regulačního diagramu pro průměr osazení a její hodnoty C_p , C_{pk} a P_p , P_{pk} jsou zobrazeny v tab. 23

Tab. 23 Přehled indexů způsobilosti a výkonnosti

Implementace	C_p	C_{pk}	P_p	P_{pk}
1	3,72	3,52	3,49	3,3
2	3,78	3,33	3,68	3,24
3	5,01	4,51	4,74	4,27

Pozn. u. implementace č. 3 jsou kusy odebírané po 5 minutách

Vzhledem vysokým hodnotám C_p a C_{pk} a vzhledem k procesu jako takovému doporučují pro regulaci osazení (stejně jako u délky) **nepoužívat regulační diagramy**, ale kontrolní diagramy (seřizovací diagramy). Ty budou přiblíženy v kapitole 7 i s dalšími důvody jejich použití.



7 Seřizovací (kontrolní) diagramy

Tyto diagramy berou v potaz, že je proces ve statisticky zvládnutém stavu u všech typů a stupňů. Předpokládáme, že v tomto stavu bude i nadále. Stabilita bude ověřována jednou za týden offline pomocí regulačního diagramu. Indexy způsobilosti a výkonnosti vyšly na tak vysoké úrovni, že není třeba proces regulovat pomocí regulačních diagramů, stroj je sám schopen bez problému vyrábět v předepsaných tolerancích a záleží jen na obsluze, aby nedělala chyby v seřízení, k tomu jí napomůžou kontrolní (seřizovací) diagramy.

Kontrolní diagramy splňují všechna přání a požadavky organizace a budou zavedeny jak pro délku, tak i pro osazení.

7.1 Výhody seřizovacích (kontrolních) diagramů

- Jedna z hlavních výhod je, že nebudeme muset zvlášť pro každý typ a stupeň což představuje 40 druhů zpořřovačů vést regulační diagram a provádět odběr minimálně 25 podskupin, ze kterých bychom mohli sečíst regulační meze. Se seřizovacími diagramy můžeme rovnou regulovat.
- Při výměně nástroje by dělalo problémy vrátit se s nástrojem zpět na střední hodnotu procesu před výměnou nástroje.
- Možnost využití větší části tolerance.
- Seřizovací diagramy jsou jednodušší a pochopitelnější pro obsluhu.

7.2 Návrh seřizovacích (kontrolních) diagramů

- Měření se bude provádět po 30 minutách, tato doba bude dostatečná vzhledem ke zkušenostem s regulačních diagramů, také bude co nejméně zaměstnávat obsluhu.
- Pro každý typ zpořřovače a jeho stupeň budou navrženy tzv. seřizovací meze, které budou na úrovni $C_p=1,67$, čímž zajistíme, že pokud proces budeme udržovat mezi těmito mezemi, neměli bychom překročit toleranční meze.
- Seřizovací diagramy budou obsahovat střední čáru, která bude na úrovni středu tolerance
- Seřizovací diagramy budou pro individuální hodnoty, čímž zajistíme neskreslování procesu průměrnými hodnotami a možnost použití výrobního rozmezí 6σ

7.3 Volba seřizovacích mezí

7.3.1 Seřizovací meze pro délku a

Volím $C_p=1,67$, což je dostatečná hodnota proto, abychom mohli prohlásit, že pokud budeme vyrábět v předepsaných mezích, tak nám nebudou vznikat neshodné kusy.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \Rightarrow 6\sigma = \frac{USL - LSL}{C_p} = \frac{0,1}{1,67} = 0,06 \text{ mm}$$

Například pro typ LT 602 ve stupni 14, kdy je jmenovitá hodnota $a= 34,2$ mm budou seřizovací meze rovny:

UKL=34,18 mm

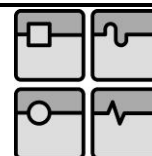
Horní seřizovací (kontrolní) mez

LKL=34,12 mm

Dolní seřizovací (kontrolní) mez

KL=34,15 mm

Centrální seřizovací (kontrolní) mez



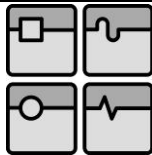
Analogicky spočítáme seřizovací meze pro všechny zbylé typy a stupně zpoždovačů, ty jsou uvedeny v následujících tabulkách:

Tab. 24 Seřizovací meze pro délku u stupně LT 620

Stupeň	UKL	LKL	KL
1	6,98	6,92	6,95
2	8,98	8,92	8,95
3	10,98	10,92	10,95
4	12,98	12,92	12,95
5	14,98	14,92	14,95
6	16,98	16,92	16,95
7	18,98	18,92	18,95
8	20,98	20,92	20,95
9	22,98	22,92	22,95
10	25,28	25,22	25,25
11	27,38	27,32	27,35
12	29,78	29,72	29,75
13	32,08	32,02	32,05
14	34,18	34,12	34,15
15	36,38	36,32	36,35
16	38,38	38,32	38,35
17	40,18	40,12	40,15
18	42,68	42,62	42,65

Tab. 25 Seřizovací meze pro délku u stupně LT 602

Stupeň	UKL	LKL	KL
1	-----	-----	-----
2	-----	-----	-----
3	10,98	10,92	10,95
4	12,98	12,92	12,95
5	14,98	14,92	14,95
6	16,98	16,92	16,95
7	18,98	18,92	18,95
8	20,98	20,92	20,95
9	22,98	22,92	22,95
10	25,28	25,22	25,25
11	27,38	27,32	27,35
12	29,78	29,72	29,75
13	32,08	32,02	32,05
14	34,18	34,12	34,15
15	36,38	36,32	36,35
16	38,38	38,32	38,35
17	40,18	40,12	40,15
18	42,68	42,62	42,65



Tab. 26 Seřizovací meze pro délku u stupně LT 600

Stupeň	UKL	LKL	KL
2	9	8,98	8,92
3	11	10,98	10,92
4	13	12,98	12,92
5	15	14,98	14,92
6	17	16,98	16,92
7	-----	-----	-----
8	21	20,98	20,92

7.3.2 Seřizovací meze pro osazení

Volím $C_p=1,67$, což je dostatečná hodnota proto, abychom mohli prohlásit, že pokud budeme vyrábět v předepsaných mezích, tak nám nebudou vznikat neshodné kusy.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \Rightarrow 6\sigma = \frac{USL - LSL}{C_p} = \frac{0,04}{1,67} = 0,024 \text{ mm}$$

Seřizovací meze pro průměr osazení budou pouze u typu LT 602 a ve všech stupních jsou shodné:

UKL=5,502 mm

Horní seřizovací (kontrolní) mez

LKL=5,478 mm

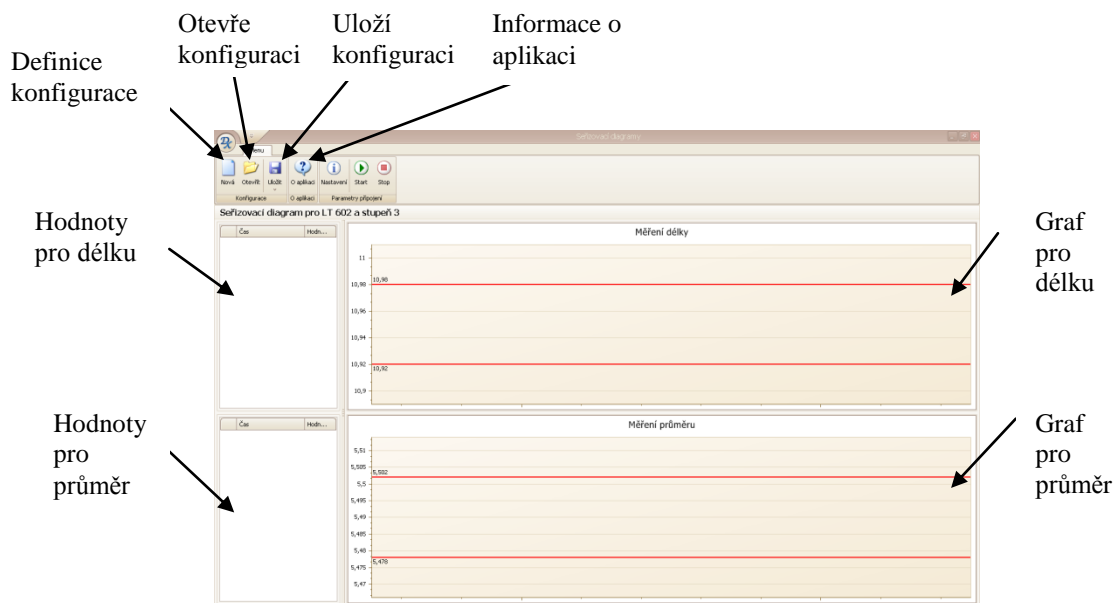
Dolní seřizovací (kontrolní) mez

KL=5,490 mm

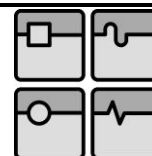
Centrální seřizovací (kontrolní) mez

7.4 Program pro vyhodnocování

Ve spolupráci s Mgr. Markem Matušem byl vytvořen program, který bude používán pro regulaci procesu pomocí seřizovacích diagramů. Instalace tohoto programu je součástí diplomové práce. Jak první, tak i druhé měřidlo bude připojeno k počítači přes interface, automaticky se budou vkládat data do programu **Seřizovací diagramy**, zde budou také ukládány pro další použití.

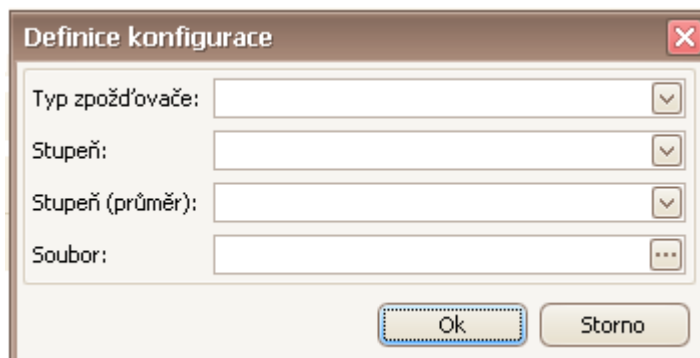


Obr. 32 Popis programu „Seřizovací diagramy“



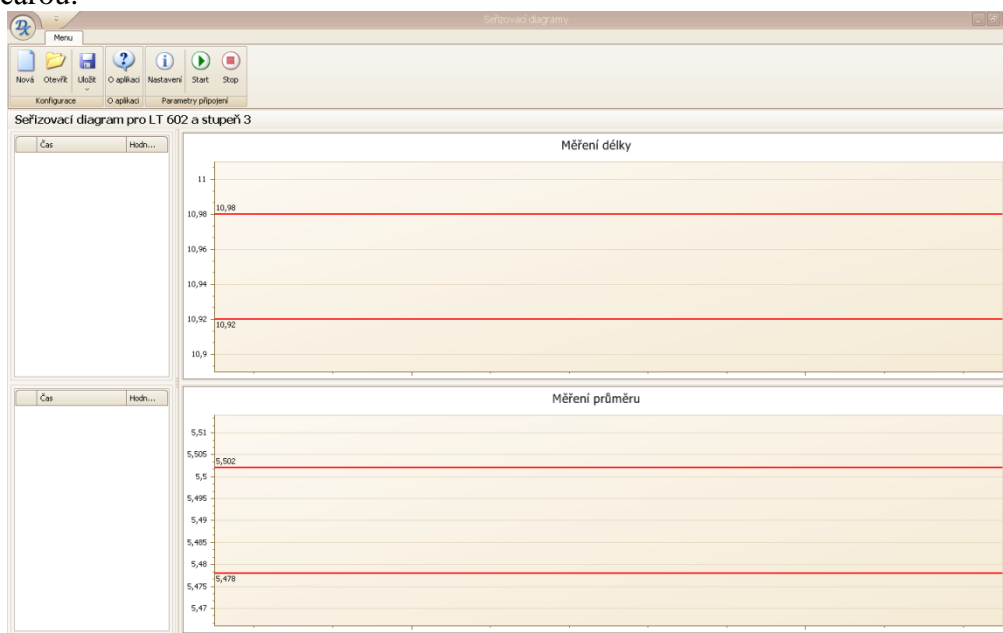
7.5 Jak bude probíhat kontrola pomocí kontrolních diagramů

1. Obsluha si podle typu a stupně zpoždovače vybere z předdefinované nabídky typ, místo uložení a stupeň, který potřebuje.



Obr. 33 Definice konfigurace

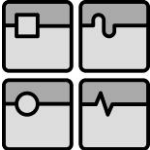
2. Na počítači se zobrazí předdefinovaný diagram se seřizovacími mezemi a střední čarou.



Obr. 34 Náhled programu se seřizovacími mezemi

3. Pracovník provede odběr 5 vzorků, které se zaznamenají do diagramu (podle měřidla buď do grafu pro průměr, nebo pro délku), poté provede pracovník seřízení na střední hodnotu.
4. Poté provede kontrolní odběr, pokud je proces správně centrován, ponechá ho beze změn, pokud ne, vrací se k bodu 3.
5. Další odběr, pokud nedojde k žádným anomáliím (zlomení nástroje, poškození břitové destičky), se provede po 30 minutách. Když budou hodnoty uvnitř seřizovacích mezí, obsluha do procesu nezasahuje a bod 5 opakuje.

Upozorňuji, že až na změny v měření délky a průměru osazení, je celá kontrola podle postupu č. 74A beze změn.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 63
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

8 ZÁVĚR

Cíle této diplomové práce byly navrženy podle požadavků organizace Austin Detonator. Její požadavky byly následující:

- Aby monitorování využívalo nástrojů SPC,
- aby byla stanovena pravidla a aby bylo průkazné, že se měření provádí,
- aby bylo jednoduché a nenáročné uživatelsky,
- aby bylo nenáročné časově.

V první teoretické části jsou vysvětleny metody a principy potřebné pro praktickou část.

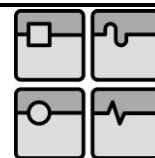
V následující praktické části jsou nejdříve představeni hlavní představitelé výroby, tj. zpoždovače. V jednotlivých částech je popsána jejich základní funkce v rozbuškách, jejich rozdělení, proces výroby a proces soustružení. Praktická část dále obsahuje popis stroje, na němž jsou zpoždovače vyráběny, také stávající kontrolu jakosti u vyráběných zpoždovačů. V další kapitole praktické části jsou nejdříve vybrány znaky jakosti, které budeme regulovat u jednotlivých typů zpoždovačů pro typ:

- LT 600 je jediným sledovaným znakem délka,
- LT 620 je jediným sledovaným znakem délka
- LT 602 je sledovaným znakem délka společně s průměrem osazení.

Po určení znaků jakosti jsou vybrána měřidla, jakými se budou kontrolovat. Průměr osazení se bude kontrolovat digitálním třmenovým mikrometrem s rozlišitelností 0,001 mm a délka digitálním úchylkoměrem s rozlišitelností 0,001 mm. První měřidlo tj. digitální třmenový úchylkoměr se bude muset zajistit, protože při stávající kontrole se nepoužívá. Pomocí regulačních diagramů pro rozpětí a aritmetický průměr je jak u délky, tak i u průměru osazení potvrzena stabilita procesu. To nám poskytuje možnost spočtení indexů způsobilosti a výkonnosti. Tyto indexy vycházejí kolem hodnoty 3, což lze také převést na míru využití tolerance kolem 30 procent, proto můžeme usuzovat, že proces je ve velice dobrém stavu. Vzhledem k tak vysokým hodnotám indexů způsobilosti a výkonnosti a také na základě jiných důvodů bylo rozhodnuto, že používání regulačních diagramů je zbytečné a bude dostačovat kontrola pomocí seřizovacích diagramů. Do těchto diagramů zanášíme individuální hodnoty jak pro průměr, tak také pro délku. Hlídáme, abychom se pohybovali v pevně nastavených seřizovacích mezích, které jsou spočteny pro každý typ a stupeň zpoždovače.

Abychom splnili podmínky jednoduchosti a časové nenáročnosti, byl s Mgr. Markem Matušem vytvořen program s názvem „Seřizovací diagramy“. Instalace tohoto programu je součástí diplomové práce. Kontrola s tímto programem je velice jednoduchá. Pracovník si jen vybere, o jaký typ a stupeň zpoždovače se jedná, na obrazovce se mu předdefinují grafy s nastavenými seřizovacími mezemi pro délku popřípadě pro průměr. Co půl hodiny pracovník provede odběr 5 vzorků. Z měřidel se čísla automaticky zapisují do grafu a tabulky, kde jsou uloženy pro další použití.

Ve firmě Austin Detonator je nyní u stroje Pfiffner zaváděn zkušební provoz systému monitorování na stolním počítači. Pokud se tento systém osvědčí, bude nainstalován na průmyslový počítač, který je k dispozici ve firmě Austin Detonator. Investice do tohoto zkušebního provozu jsou prakticky nulové, protože jsou použity buď věci stávající (úchylkoměr), nebo vyřazené (počítač), popřípadě zapůjčeny ze skladu (digitální mikrometr, interface Mitutoyo, datové propojení). Jestliže se rozhodne, že bude tento systém monitorování používán, bude na firmě, jestli věci ze skladu uvolní, nebo zakoupí věci nové (digitální mikrometr Mitutoyo, interface Mitutoyo, datové propojení).

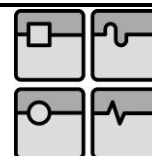


Seznam použitých zdrojů

- [1] Interní materiály firmy Austin Detonator s.r.o.
- [2] MICHÁLEK, Jiří. *Statistická regulace procesů (SPC) : příručka*. 2. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2006. 216 s. Terminologický slovník. ISBN 80-02-01810-9.
- [3] ČSN ISO 8258:1994. *Shewhartovy regulační diagramy*. ČNI, Praha, duben 1994.
- [4] PALSTAT s.r.o. *Metodiky PALSTAT CAQ* [CD]. PALSTAT s.r.o. červenec 2008
- [5] *Analýza systémů měření (MSA) : příručka*. 3. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2003. 233 s. Terminologický slovník. ISBN 80-02-01562-2.
- [6] FIALA, A. *Statistické řízení procesů (XRP)*, 2009. přednášky
- [7] KOŠKA, P. *Statistické řízení procesů (XRP)*, 2009. cvičení
- [8] FIALA, A. *Statistické řízení procesů. Prostředky a nástroje pro řízení a zlepšování procesů*. VUT v Brně, 1997. ISBN 80-214-0895-2.
- [9] ČSN ISO 11462-1:2002. *Směrnice pro uplatňování statistické regulace procesu (SPC) – Část 1: Prvky SPC*. 2002.

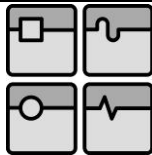
Seznam obrázků

Obr.1 Přehled firem korporace Austin Powder Company	12
Obr.2 Rozbuška	13
Obr.3 Systém regulace procesu	15
Obr.4 Kolísání náhodné a zvláštní příčiny	17
Obr.6 Způsobitý proces.....	19
Obr.8 Variabilita systému měření x variabilitě procesu	23
Obr.9 Testy vymezitelných příčin	28
Obr.10 Možné mezní hodnoty C_p	29
Obr.11 Možné mezní hodnoty C_{pk}	30
Obr.12 Základní popis konstrukce rozbušky	32
Obr.13 Typy zpožďovačů	33
Obr.15 Automat Pfiffner.....	35
Obr.14 Automat Eskomati	35
Obr.15 Automat Pfiffner	35
Obr.16 Pračka a sušička.....	35
Obr.17 Odstředivka.....	36
Obr.18 Bruska nakulato	36
Obr.19 Linka na fosfátování	36
Obr.20 KPZ Automat.....	36
Obr.21 Schéma stroje Pfiffner	37
Obr.22 Materiálový náklad na 1 kus na Escomatic a Pfiffner	38
Obr.23 Průměrné procento zmetků	38
Obr.24 Přehled kontrolních rozměrů	45
Obr.25 Zpožďovač typ LT 600	47
Obr.26 Zpožďovač typ LT 620	48
Obr.28 Znak jakosti 1	51
Obr.29 Regulační diagram pro délku $15^{-0,1}$	53
Obr.30 Znak jakosti 2	55



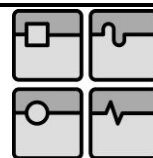
Seznam tabulek

Tab.1 Způsobilost a stav procesu.....	18
Tab.2 Tabulka koeficientů	27
Tab.3 Testy vymežitelných příčin	27
Tab.4 Stupně zpoždovačů pro typ LT 620	33
Tab.5 Stupně zpoždovačů pro typ LT 602	33
Tab.6 Stupně zpoždovačů pro typ LT 600	33
Tab.7 Kapacita výroby na Pfiffneru a Eskomaticu.....	38
Tab.8 Nástroje pro LT620-X01 až X18; LT600 -X02 až X06, X08; LT602-X03 až X18	39
Tab.9 Nástroje pro pro č.p. LT620 - X01 až X18.....	39
Tab.10 Nástroje pro pro č.p. LT600 - X02 až X06, X08.....	39
Tab.11 Nástroje pro pro č.p. LT602 - X03 až X18.....	39
Tab.12 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$	40
Tab.13 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$	41
Tab.14 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$	42
Tab.15 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$	43
Tab.16 Přehled rozměrů $b^{-0,2}$	44
Tab.17 Přehled měřidel používaných při kontrole zpoždovačů.....	45
Tab.18 Shrnutí znaků jakosti	49
Tab.19 Stupně zajišťování jakosti ve výrobě	50
Tab.20 Naměřené a vypočtené hodnoty pro délku	52
Tab.21 Přehled indexů způsobilosti a výkonnosti	54
Tab.22 Naměřené a vypočtené hodnoty pro osazení	56
Tab.23 Přehled indexů způsobilosti a výkonnosti	58
Tab.24 Seřizovací meze pro délku u stupně LT 620	60
Tab.25 Seřizovací meze pro délku u stupně LT 602	60
Tab.26 Seřizovací meze pro délku u stupně LT 600	61



Seznam použitých zkratk a symbolů

A_2	[-]	konstanta dle ČSN ISO 8258
CL	[mm]	centrální přímka
CL_R	[mm]	centrální přímka pro regulační diagram pro rozpětí
$CL_{\bar{x}}$	[mm]	centrální přímka pro regulační diagram pro průměr
C_p	[-]	ukazatel způsobilosti procesu
C_{pk}	[-]	ukazatel způsobilosti procesu
C_g	[-]	ukazatel způsobilosti měřidla
C_{gk}	[-]	ukazatel způsobilosti měřidla
D_3	[-]	konstanta dle ČSN ISO 8258
D_4	[-]	konstanta dle ČSN ISO 8258
I	[mm]	individuální hodnota
LCL	[mm]	horní regulační mez
LCL_R	[mm]	horní regulační mez pro regulační diagram pro rozpětí
$LCL_{\bar{x}}$	[mm]	horní regulační mez pro regulační diagram pro průměr
LSL	[mm]	dolní mezní rozměr
MR	[mm]	klouzavé rozpětí
P_p	[-]	ukazatel výkonnosti procesu
P_{pk}	[-]	ukazatel výkonnosti procesu
R	[mm]	rozpětí podskupiny
\bar{R}	[mm]	průměrné rozpětí
R_1	[mm]	rozpětí první podskupiny
R_k	[mm]	rozpětí k-té podskupiny
SPC		statistické řízení a regulace výrobního procesu
T	[mm]	tolerance
\bar{X}	[mm]	průměr podskupiny
$\bar{\bar{X}}$	[mm]	celkový průměr podskupin
UCL	[mm]	dolní regulační mez
UCL_R	[mm]	dolní regulační mez pro regulační diagram pro rozpětí
$UCL_{\bar{x}}$	[mm]	dolní regulační mez pro regulační diagram pro průměr
USL	[mm]	horní mezní rozměr
c	[mm]	citlivost
d_2	[-]	konstanta dle ČSN ISO 8258
k	[-]	počet podskupin
n	[-]	počet vzorků v podskupině
s	[mm]	výběrová směrodatná odchylka
\bar{x}	[mm]	aritmetický průměr
x_{max}	[mm]	maximální hodnota v podskupině
x_{min}	[mm]	minimální hodnota v podskupině
x_1	[mm]	hodnota prvního měření
x_n	[mm]	hodnota n-tého měření
x_i	[mm]	hodnota i-tého měření
$\hat{\sigma}_c$	[mm]	odhad směrodatné odchylky pro X
$\sigma_{pozorovaný}^2$		variabilita pozorovaná
$\sigma_{skutečný}^2$		variabilita skutečná
σ_{msa}^2		variabilita měřicího zařízení
$\hat{\sigma}_{\bar{x}}$	[mm]	odhad směrodatné odchylky pro \bar{X}
σ_p	[mm]	celkové kolísání



Seznam příloh

Příloha A: **2. Implementace pro délku**

Příloha B: **3. Implementace pro délku**

Příloha C: **2. Implementace pro osazení**

Příloha D: **3. Implementace pro osazení**

Příloha E: **Kalibrační list pro mikrometr**

Příloha F: **Kalibrační list pro úchylkoměr**

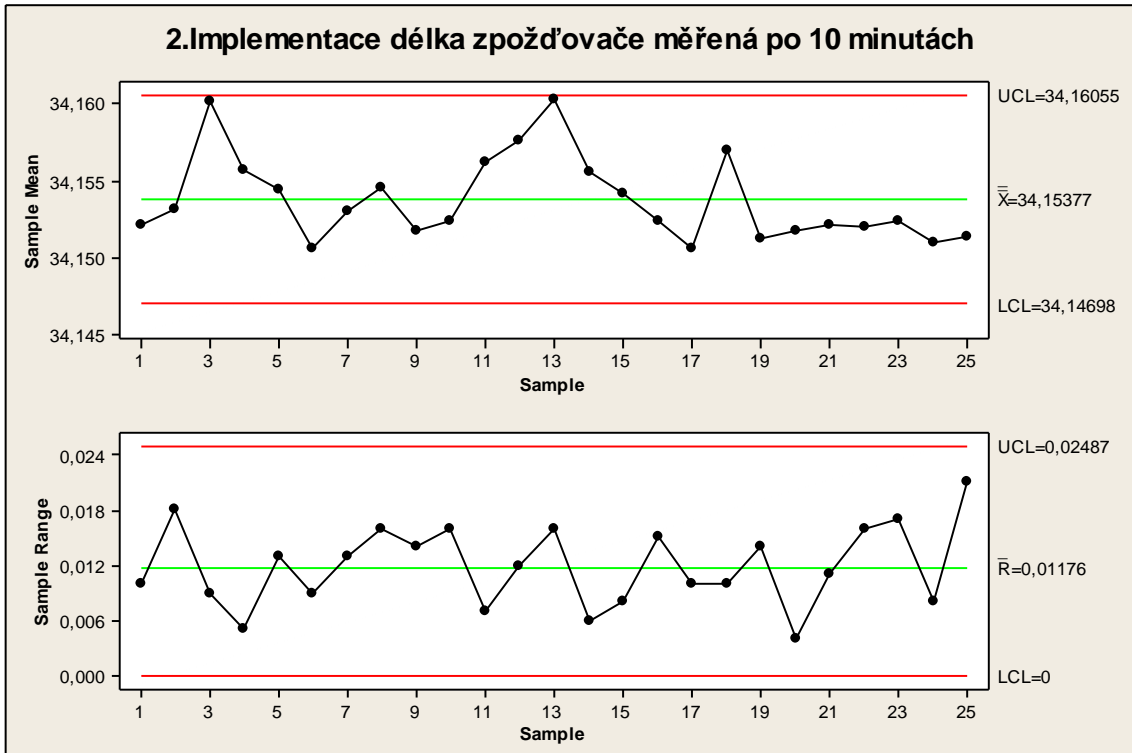
Příloha G: **Instalace programu Seřizovací diagramy + potřebná podpora pro instalaci + ukázková data (na disku CD)**

Přílohy

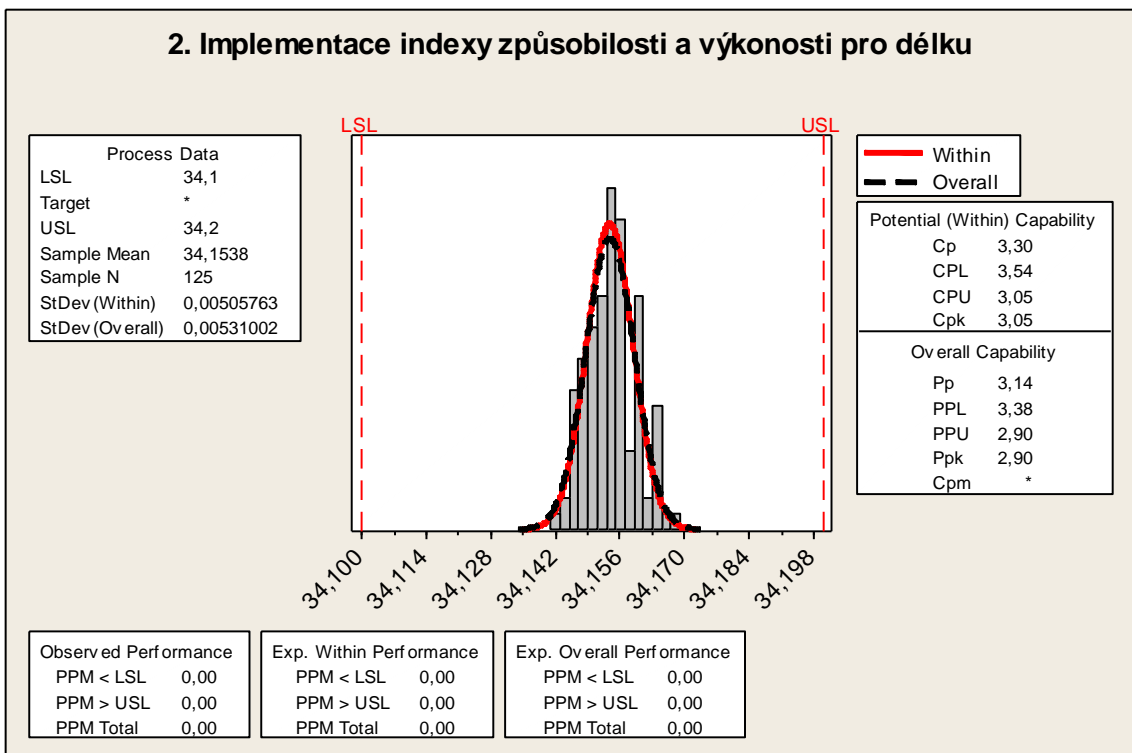
Příloha A: 2. Implementace pro délku

Tabulka naměřených hodnot pro typ LT602 a stupeň X14

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	34,158	34,149	34,155	34,148	34,151
2	34,147	34,156	34,165	34,151	34,147
3	34,164	34,163	34,159	34,155	34,16
4	34,156	34,155	34,159	34,154	34,155
5	34,152	34,156	34,149	34,153	34,162
6	34,146	34,155	34,152	34,15	34,15
7	34,156	34,145	34,152	34,158	34,154
8	34,153	34,162	34,153	34,146	34,159
9	34,147	34,16	34,154	34,146	34,152
10	34,156	34,15	34,144	34,152	34,16
11	34,154	34,159	34,16	34,153	34,155
12	34,152	34,155	34,164	34,157	34,16
13	34,163	34,168	34,156	34,152	34,163
14	34,16	34,156	34,154	34,154	34,154
15	34,154	34,156	34,15	34,153	34,158
16	34,152	34,16	34,155	34,15	34,145
17	34,156	34,152	34,146	34,151	34,148
18	34,154	34,155	34,163	34,153	34,16
19	34,152	34,16	34,147	34,151	34,146
20	34,15	34,152	34,15	34,154	34,153
21	34,15	34,158	34,153	34,147	34,153
22	34,16	34,155	34,144	34,148	34,153
23	34,146	34,159	34,148	34,163	34,146
24	34,148	34,148	34,156	34,154	34,149
25	34,142	34,153	34,163	34,15	34,149



Obr. Regulační diagram

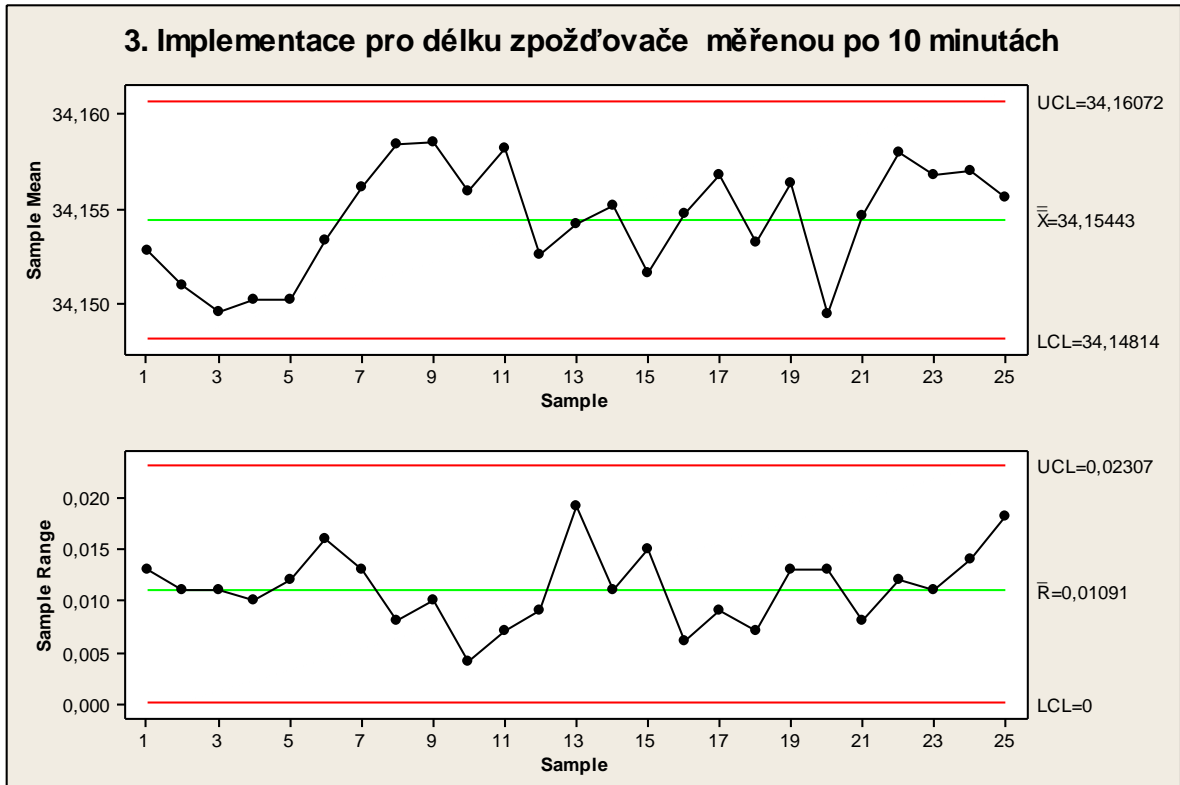


Obr. Indexy způsobilosti a výkonosti

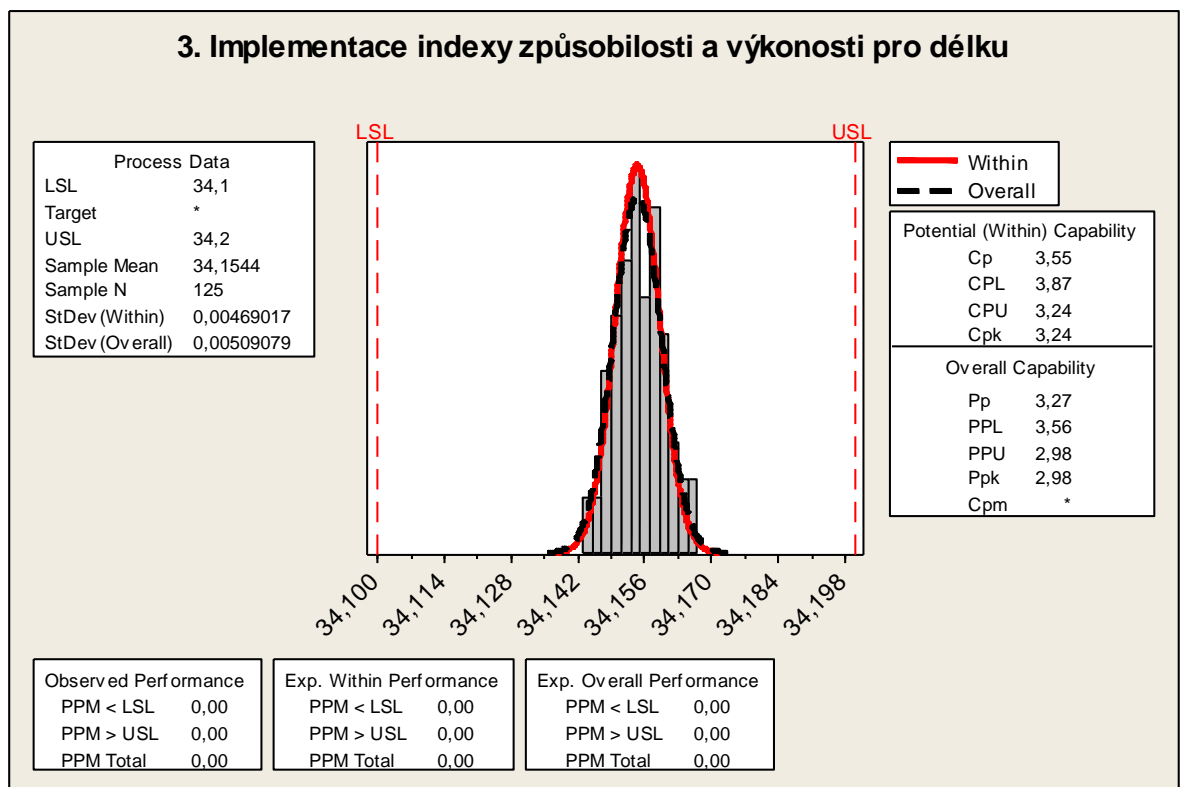
Příloha B: **3. Implementace pro délku**

Tabulka naměřených hodnot pro typ LT602 a stupeň X14

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	34,149	34,147	34,155	34,153	34,16
2	34,15	34,15	34,156	34,145	34,154
3	34,148	34,153	34,148	34,144	34,155
4	34,145	34,155	34,152	34,151	34,148
5	34,156	34,148	34,144	34,155	34,148
6	34,152	34,147	34,163	34,154	34,151
7	34,153	34,154	34,155	34,166	34,153
8	34,16	34,16	34,153	34,158	34,161
9	34,158	34,157	34,162	34,153	34,163
10	34,156	34,158	34,154	34,156	34,156
11	34,155	34,159	34,162	34,158	34,157
12	34,15	34,153	34,159	34,15	34,151
13	34,149	34,166	34,147	34,158	34,151
14	34,162	34,157	34,153	34,153	34,151
15	34,152	34,145	34,152	34,16	34,149
16	34,152	34,154	34,157	34,153	34,158
17	34,156	34,16	34,151	34,159	34,158
18	34,153	34,152	34,151	34,152	34,158
19	34,15	34,163	34,16	34,157	34,152
20	34,144	34,148	34,157	34,149	34,149
21	34,15	34,154	34,158	34,154	34,157
22	34,16	34,158	34,165	34,154	34,153
23	34,151	34,162	34,157	34,155	34,159
24	34,163	34,158	34,16	34,155	34,149
25	34,15	34,165	34,154	34,147	34,162



Obr. Regulační diagram

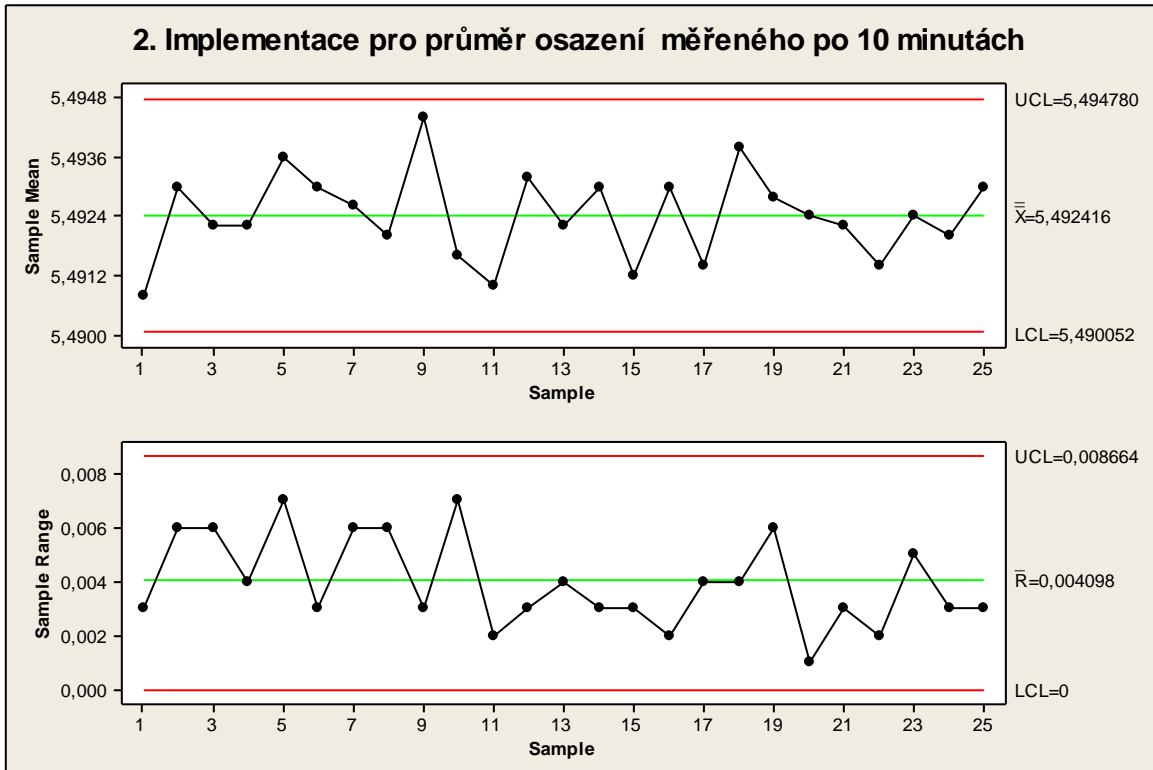


Obr. Indexy způsobilosti a výkonosti

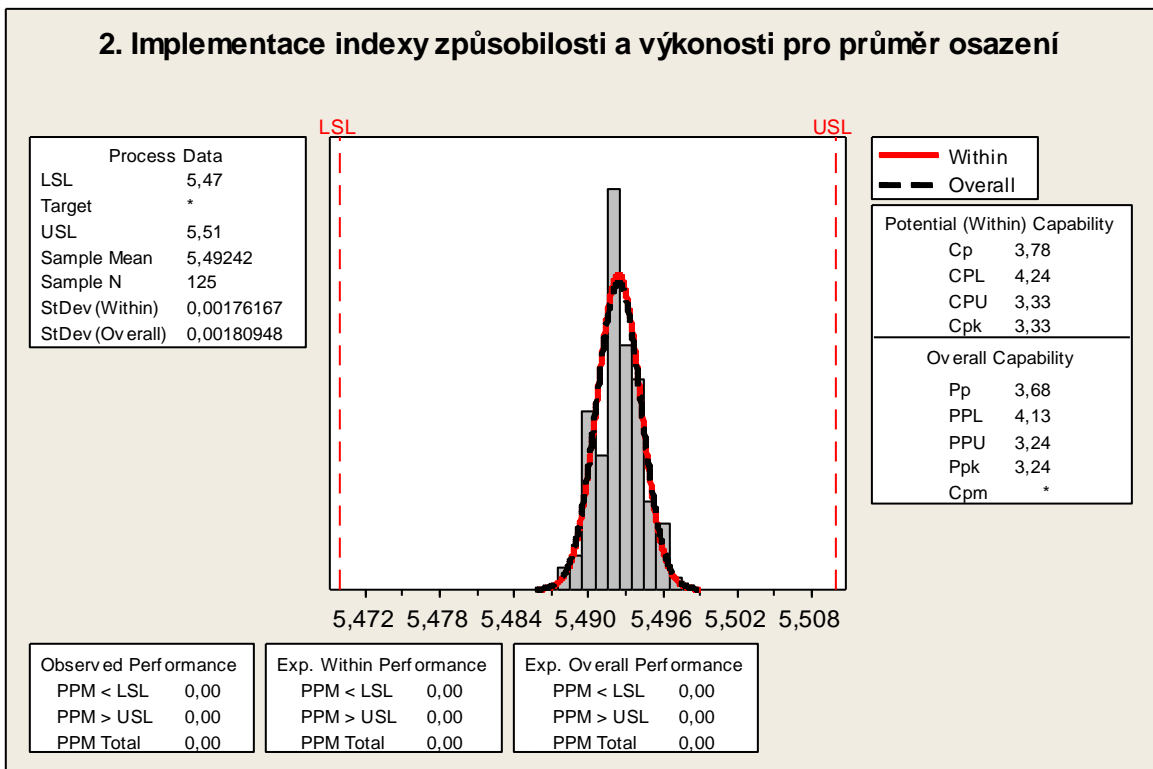
Příloha C: 2. Implementace pro osazení

Tabulka naměřených hodnot pro typ LT602 a stupeň X14

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	5,489	5,49	5,491	5,492	5,492
2	5,495	5,494	5,492	5,489	5,495
3	5,496	5,49	5,492	5,491	5,492
4	5,494	5,493	5,492	5,492	5,49
5	5,493	5,49	5,497	5,495	5,493
6	5,493	5,495	5,492	5,492	5,493
7	5,49	5,492	5,494	5,496	5,491
8	5,492	5,493	5,494	5,493	5,488
9	5,496	5,493	5,493	5,494	5,496
10	5,492	5,491	5,488	5,495	5,492
11	5,492	5,49	5,49	5,492	5,491
12	5,494	5,493	5,495	5,492	5,492
13	5,493	5,494	5,494	5,49	5,49
14	5,494	5,494	5,492	5,491	5,494
15	5,49	5,493	5,492	5,49	5,491
16	5,492	5,493	5,494	5,492	5,494
17	5,492	5,49	5,493	5,489	5,493
18	5,494	5,496	5,492	5,492	5,495
19	5,492	5,494	5,492	5,49	5,496
20	5,493	5,493	5,492	5,492	5,492
21	5,491	5,492	5,493	5,491	5,494
22	5,492	5,49	5,491	5,492	5,492
23	5,495	5,494	5,491	5,492	5,49
24	5,49	5,493	5,493	5,492	5,492
25	5,494	5,493	5,493	5,491	5,494



Obr. Regulační diagram



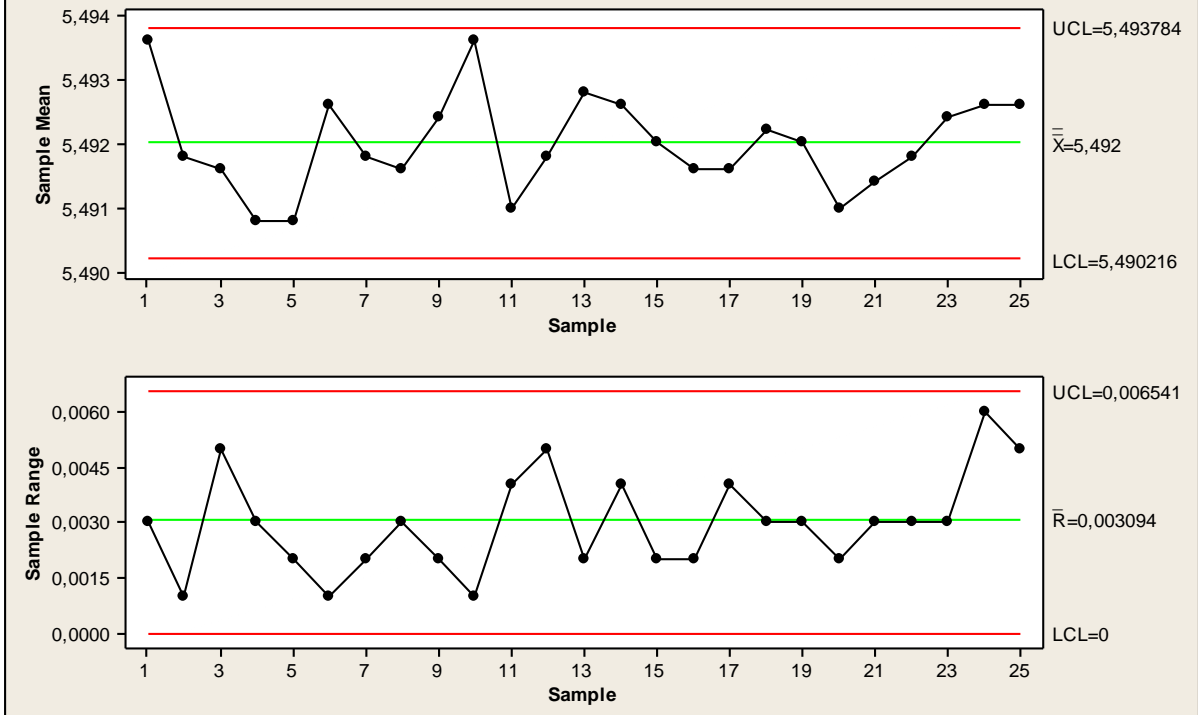
Obr. Indexy způsobilosti a výkonosti

Příloha D: **3. Implementace pro osazení**

Tabulka naměřených hodnot pro typ LT602 a stupeň X14

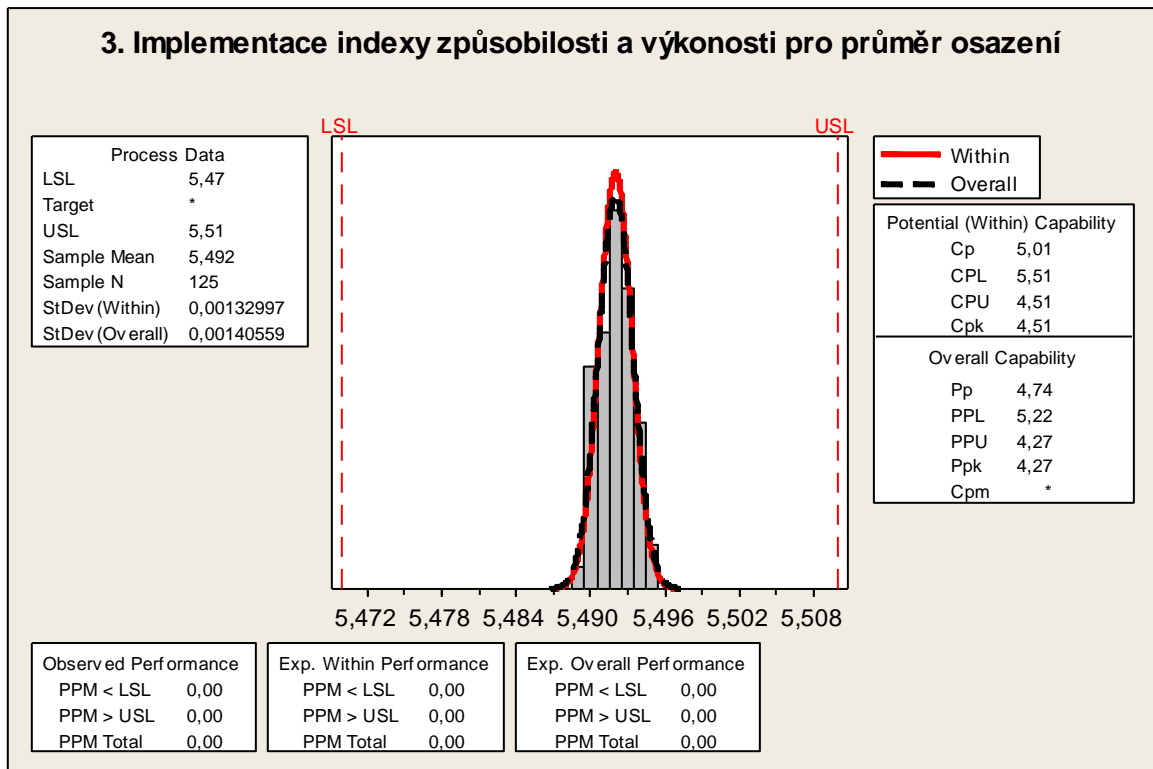
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
1	5,492	5,494	5,495	5,493	5,494
2	5,492	5,492	5,491	5,492	5,492
3	5,491	5,492	5,495	5,49	5,49
4	5,493	5,491	5,49	5,49	5,49
5	5,491	5,491	5,492	5,49	5,49
6	5,493	5,493	5,492	5,492	5,493
7	5,491	5,491	5,492	5,493	5,492
8	5,49	5,493	5,491	5,492	5,492
9	5,491	5,493	5,493	5,492	5,493
10	5,493	5,494	5,493	5,494	5,494
11	5,491	5,494	5,49	5,49	5,49
12	5,494	5,489	5,491	5,492	5,493
13	5,492	5,494	5,492	5,494	5,492
14	5,492	5,494	5,494	5,493	5,49
15	5,493	5,491	5,491	5,492	5,493
16	5,491	5,492	5,493	5,491	5,491
17	5,49	5,492	5,492	5,494	5,49
18	5,492	5,492	5,491	5,494	5,492
19	5,493	5,49	5,491	5,493	5,493
20	5,491	5,492	5,49	5,49	5,492
21	5,492	5,493	5,491	5,49	5,491
22	5,493	5,492	5,492	5,49	5,492
23	5,493	5,491	5,493	5,491	5,494
24	5,495	5,492	5,493	5,494	5,489
25	5,493	5,495	5,49	5,492	5,493

3. Implementace pro průměr osazení měřeného po 5 minutách




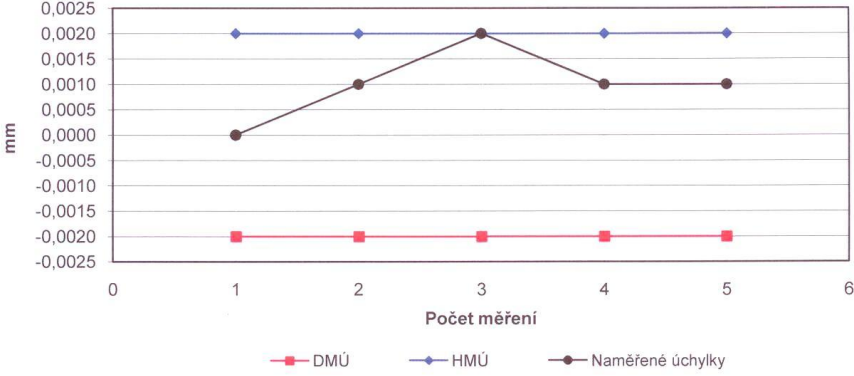
Obr. Regulační diagram

3. Implementace indexy způsobilosti a výkonosti pro průměr osazení



Obr. Indexy způsobilosti a výkonosti

Příloha E: Kalibrační list pro mikrometr

 VSETÍN Jasenice 712 Austin Detonator s.r.o.		tel. 0571/404098 Metrologie oboru délek, str. 4498																									
KALIBRAČNÍ PROTOKOL č. 141-10D			Počet listů: 1																								
NÁZEV MĚŘIDLA : Třmenový digitální mikrometr 0-25 mm																											
ČÍSLO MĚŘIDLA :		DATUM KALIBRACE : 10.3.2010																									
EVID.ČÍSLO : 4148364		PLATNOST KALIBRACE : 31.3.2011																									
UŽIVATEL : Austin Detonator s.r.o. str.																											
MĚŘICÍ ZAŘÍZENÍ : Základní měrky Mitutoyo 958528; interferenční sklička Mitutoyo NO.157102 No.04950																											
POUŽITÉ ETALONY : Základní měrky Mitutoyo 958528; interferenční sklička Mitutoyo NO.157102 No.04950																											
NÁVAZNOST ETALONU : Navázán na etalon III. sekund. řádu v.č. N4-77846, Kalibrační list č. 1000-09-D																											
PODMÍNKY KALIBRACE : Relativní vlhkost max. 65%; teplota okolí 23 ± 2°C																											
JMENOVITÝ ROZMĚR : 2,5000 7,1000 12,3000 18,4000 25,0000 mm		DMÚ : -0,0020 mm																									
POČET MĚŘENÍ : 5		HMÚ : 0,0020 mm																									
TABULKA NAMĚŘENÝCH HODNOT MĚŘIDLA																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>POZICE</th> <th>ZMĚŘENO</th> <th>ÚCHYLKA</th> <th>VÝSLEDEK</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>2,5000</td> <td>0,0000</td> <td>vyhovuje</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7,1010</td> <td>0,0010</td> <td>vyhovuje</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12,3020</td> <td>0,0020</td> <td>vyhovuje</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>18,4010</td> <td>0,0010</td> <td>vyhovuje</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>25,0010</td> <td>0,0010</td> <td>vyhovuje</td> </tr> </tbody> </table>				POZICE	ZMĚŘENO	ÚCHYLKA	VÝSLEDEK	1	2,5000	0,0000	vyhovuje	2	7,1010	0,0010	vyhovuje	3	12,3020	0,0020	vyhovuje	4	18,4010	0,0010	vyhovuje	5	25,0010	0,0010	vyhovuje
POZICE	ZMĚŘENO	ÚCHYLKA	VÝSLEDEK																								
1	2,5000	0,0000	vyhovuje																								
2	7,1010	0,0010	vyhovuje																								
3	12,3020	0,0020	vyhovuje																								
4	18,4010	0,0010	vyhovuje																								
5	25,0010	0,0010	vyhovuje																								
Graf naměřených hodnot																											
																											
VYHODNOCENÍ : Měřidlo vyhovuje předepsaným mezním rozměrům dle MP 1/03 Rovinnost měřicích dotyků - 0 Rovnoběžnost měřicích dotyků - 0																											
Kalibroval/a/ : Vychopeň Jakub metrolog oboru délka																											

Příloha F: Kalibrační list pro úchylkoměr

INFORMATIVNÍ VÝTISK

Měrové středisko geometrických veličin

NS 4498
Objekt 15
Místnost č.27



AUSTIN DETONATOR

Vsetín
Jasenice 712
755 01
Česká Republika
☎ : +420 571404098
☎ : +420 571404002
✉ jakub.vychopen@austin
.cz

KALIBRAČNÍ LIST č.86-10D

TYP KALIBRACE:



Uživatel:

Austin Detonator s.r.o.

Metrolog a měřidlo:

pracovník: Jakub Vychopeň
datum: 09.02.2010

měření: úchylky -přesný úchylkoměr

měřený objekt: přesný úchylkoměr
označení: 001171
identifikace: NM-MD1810/10002-001171
vztažná teplota : 20 °C

Podmínky kalibrace :

Teplota měřidla:	24.18
Teplota prostředí :	24.04
Teplota referenčního normálu :	20.00

Tento dokument nesmí být bez písemného schválení laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu stran. Naměřené výsledky se vztahují ke dni a místu, ve kterých byla kalibrace provedena.

Výsledek kalibrace:

výsledky měření v mm:

čís.	poloha	skutečná poloha	odchylka
1	0.0000	0.0000	0.0000
2	1.0000	1.0006	-0.0006
3	2.0000	2.0006	-0.0006
4	3.0000	3.0005	-0.0005
5	4.0000	4.0004	-0.0004
6	5.0000	5.0012	-0.0012
7	6.0000	6.0021	-0.0021
8	7.0000	7.0015	-0.0015
9	8.0000	8.0019	-0.0019
10	9.0000	9.0035	-0.0035
11	10.0000	10.0039	-0.0039
12	11.0000	11.0036	-0.0036
13	12.0000	12.0049	-0.0049

úchytky v um:

	naměř.hodnota	přípustné	mimo toleranci
fe	4.9	10.0	-

měřený objekt v toleranci

Použité etalony:

Základní měrky: Mitutoyo
Výrobní číslo: 958528
Datum kalibrace: 25.9.2009
Kalibrační protokol: 4204.1-09-D
Návaznost etalonu: Navázán na etalon III.sekund.řádu v.č. N4-77846
Kalibrační list č. 1000-09-D

Univerzální délkoměr : ULM OPAL 300
Výrobní číslo: 1124/06 ; 5355004
Datum kalibrace: 22. Leden 2009
Kalibrační certifikát : KA 1106/2009
Návaznost délkoměru : Etalon 1124/06 navázán na etalon II.sekundárního řádu v.č.2

Vyhodnocení:

Měřidlo VYHOVUJE předepsaným mezním rozměrům dle metodiky MP 1/03.

Vsetín 09.02.2010

Razítko & Podpis

Austin Detonátor
NS 4498 ①

Nycko

Tento dokument nesmí být bez písemného schválení laboratoře rozmnožován jinak než v celkovém počtu stran. Naměřené výsledky se vztahují ke dni a místu, ve kterých byla kalibrace provedena.