

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů



**Hodnocení způsobilosti procesu výroby
tlačných pružin**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Aleš, Ph.D.

Autor práce: Stanislav Bleha

Praha 2015

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Aleše. Použil jsem jen pramenů citovaných v příložené bibliografii.

V Praze dne:

Podpis:

Velice děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Zdeňku Alešovi za jeho odborné rady, připomínky, vstřícný přístup a podněty, které mi v průběhu zpracovávání práce poskytl. Také mu děkuji za čas, který mi při konzultacích věnoval. Také bych chtěl poděkovat své rodině a všem osobám mně blízkým za jejich trpělivost a podporu při psaní této práce.

Hodnocení způsobilosti procesu výroby tlačných pružin

Klíčová slova: Indexy způsobilosti procesu, variabilita, toleranční meze.

Abstrakt: Tato bakalářská práce nahlíží do výrobního procesu firmy Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o., ve které autor pracuje. V první části je představena tato firma, druhá část pojednává o nástrojích managementu kvality, které jsou ve firmě uplatňovány, a ve třetí části je ověřena praxe ve vybraném podniku s teorií uvedenou v doporučené literatuře.

Ověření výsledků, zjištěných pomocí firemního software s teoretickým základem, je na závěr demonstrováno několika výpočty.

Process capability evaluation of compression springs manufacturing

Keywords: Process capability index, variability, tolerance limits

Abstract: This Bachelor thesis explores on the process of the company Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o., where the author is working at. The first part present the company and its history, the second one deals about quality management tools, which are used by the company and the third part is the application of the theory, given in the recommended literature, at the chosen company.

Results calculated by of the software used by SCHERDEL are full validated with theoretical analysis mentioned in this work.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra jakosti a spolehlivosti strojů

Technická fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Stanislav Bleha

Obchod a podnikání s technikou

Název práce

Hodnocení způsobilosti procesu výroby tlačných pružin

Název anglicky

Process capability evaluation of compression springs manufacturing

Cíle práce

Cílem bakalářské práce je vypracování rešerše hodnocení způsobilosti procesu se zaměřením na výrobu tlačných pružin.

Metodika

Vyhledání a studium odborné literatury. Úkolem studenta bude vypracovat rešeršní práci týkající se hodnocení způsobilosti procesů. Součástí bakalářské práce bude aplikace popsaných metod při výrobě tlačných pružin. Seznámení s pokyny Technické fakulty pro vypracování a odevzdání bakalářské práce. Průběžné konzultace s vedoucím práce. Vypracování čistopisu na PC. Odevzdání bakalářské práce sekretářce katedry.

Doporučený rozsah práce

40 až 50 stran

Klíčová slova

indexy způsobilosti procesu, variabilita, toleranční meze

Doporučené zdroje informací

1. FABIAN, František. Statistické metody řízení jakosti. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007, [394] s. ISBN 978-800-2018-971.
2. HEIZER, Jay H a Barry RENDER. Operations management. 9th ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson Prentice Hall, 2008, ISBN 01-315-8559-2.
3. KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. Management jakosti I. Vyd. 3., Praha: České vysoké učení technické, 2010, 227 s. ISBN 978-80-01-04568-8.
4. NENADÁL, Jaroslav, et al. Moderní management jakosti: Principy, postupy a metody. 1. vyd. Praha: Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
5. PLURA, Jiří. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
6. TÖPFER, Armin, et al. Six Sigma: Koncepce a příklady pro řízení bez chyb. 1. vyd. Brno: Computer Press, a.s., 2008. 508 s. ISBN 978-80-251-1766-8.

Předběžný termín obhajoby

2015/05 (květen)

Vedoucí práce

Ing. Zdeněk Aleš, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 18. 11. 2013

doc. Ing. Martin Pexa, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2014

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 05. 04. 2015

OBSAH

1. Úvod	1
2. Charakteristika organizace Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o.....	2
2.2 Firma v ČR.....	2
3. Nástroje managementu kvality používané ve firmě.....	8
3.1 Metodika PPAP a VDA2	8
3.2 Metodika APQP	9
3.3 Vývojový diagram	10
3.3.1 Pravidla sestavení vývojového diagramu	10
3.3.2 Symboly vývojového diagramu.....	11
3.3.3 Postup sestavení vývojového diagramu.....	11
3.4 SPC – statistická regulace procesů	14
3.5 Histogram.....	16
3.5.1 Postup sestavení histogramu	16
3.5.2 Interpretace histogramu	17
3.6 Metoda FMEA	20
3.6.1 FMEA návrhu produktu	21
3.6.2 FMEA procesu.....	21
3.7 MSA – Analýza systému měření	22
3.7.1 Využití analýzy MSA v praxi:.....	23
3.7.2 Metoda R&R	23
3.7.3 Koeficienty způsobilosti měřidla.....	24
4. Způsobilost výrobního procesu	27
4.1 Analýza způsobilosti procesu	27
4.1.1 Volba znaku jakosti	28

4.1.2	Analýza systému měření.....	28
4.1.3	Shromáždění údajů	29
4.1.4	Průzkumová analýza shromážděných údajů.....	29
4.1.5	Ověření normality sledovaného znaku	30
4.2	Posouzení statistické zvládnutosti procesu	31
4.3	Výpočet indexů způsobilosti a jejich porovnání s požadovanými hodnotami.....	31
4.3.1	Index způsobilosti C_p	32
4.3.2	Index způsobilosti C_{pk}	32
4.3.3	Index způsobilosti C_m a C_{mk}	35
4.3.4	Index způsobilosti C_{pm}	36
4.3.5	Index způsobilosti C^*_{pm}	37
4.3.6	Index způsobilosti C_{pmk}	37
4.5	Požadavky na způsobilost procesu a možnosti jejího dosažení	38
4.6	Příčiny nezpůsobilosti procesu	39
5.	Závěr.....	40
	Použitá literatura.....	41
	Přílohy	42

1. Úvod

„Chcete-li se uplatnit na trhu a trvale dosahovat vysokou jakost tou nejehospodárnější cestou, musíte systematicky a permanentně sbírat, zpracovávat a analyzovat všechny dosažitelné údaje z výroby, trhu, technologie atd., a závěry těchto analýz v nejkratší možné době uplatňovat v řízení a politice jakosti v podniku.“ [zdroj 1]

Hlavním cílem této bakalářské práce je vyhodnocení způsobilosti procesu ve vybraném výrobním podniku v podmínkách automobilového průmyslu. Způsobilost bude vyhodnocena na základě naměřených dat, která se získávají během výroby pružin. Toto vyhodnocení bude porovnáno s údaji z doporučené literatury.

Veškeré materiály a data využitá v této práci pocházejí z procesu výroby pružin společnosti Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. a byla pro tuto práci získána v období říjen 2014-březen 2015. Tento podnik si autor vybral z toho důvodu, že zde od října 1998 do dnešní doby pracuje. Firma je stručně představena ve druhé kapitole.

Třetí kapitola pojednává o nástrojích managementu kvality, které jsou ve firmě uplatňovány. Je rozčleněna do podkapitol, které postupně obsahují celý záběr procesu výroby a její kontroly. Čtvrtá kapitola popisuje teoretický základ, který je následně autorem ověřen v praxi ve vybraném podniku. Tyto dvě kapitoly jsou nosnou částí práce, je v nich zjišťováno, jakým způsobem dochází k zabezpečení výrobního procesu firmy.

Obecně platí, že péčí o jakost se náklady na zajišťování jakosti výroby nezvyšují, ale naopak výrazně snižují. Navíc lze očekávat, že zvyšování jakosti bude pro zákazníka natolik atraktivní, že bude ochoten akceptovat i vyšší ceny výrobků. I přes zvýšení jednorázových nákladů na pořízení bude uživatel očekávat redukci provozních nákladů a ztrát z toho, že by nebyl výrobek v provozuschopném stavu. [zdroj 6]

2. Charakteristika organizace Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o.

Stávající skupina SCHERDEL (mateřská firma) vznikla v roce 1890 v blízkosti našich státních hranic založením první firmy ve městě Marktredwitz v Německu. Původním zaměřením skupiny SCHERDEL bylo tažení vysoce kvalitního drátu používaného převážně pro klavírní struny. Vzápětí došlo paralelně k rozvoji spalovacích motorů. Tento nový výrobek vyvolal velkou potřebu technických pružin, zejména ventilových. Právě firma SCHERDEL se stala díky vysoké kvalitě taženého drátu předním dodavatelem ventilových pružin pro první prototypy spalovacích motorů. Postupně se začal rozvíjet i sortiment, např. o výlisky, nástroje, zařízení aj. Skupina SCHERDEL se stala předním světovým výrobcem i dodavatelem částí pro automobilový průmysl, ale i pro další průmyslová odvětví.

2.2 Firma v ČR

Očekávaný rozvoj automobilového průmyslu v ČR byl rozhodující motivací pro založení společnosti Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. v roce 1994. Výroba byla zahájena 1. dubna 1996 v pronajaté budově v průmyslovém areálu v prostoru bývalých kasáren Vysočany. Během dvou let firma zahájila výstavbu vlastní, nové, moderní haly, s výrobní plochou 2000m² a dalších 800m² vznikalo pro kancelářské prostory a sociální zázemí. V nové hale byla zahájena výroba v roce 1999. Firma získala certifikát dle DIN EN ISO 9001, rok poté obdržela certifikát dle ISO TS 16949. Kvalita výroby a rostoucí kvalifikace pracovníků umožnily zavést výrobu dalších výrobků a rozšířit tím i okruh zákazníků.

Obrázek I. – Podnik Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. v Boru, nedaleko Rozvadova



Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/>

V roce 2003 byla formou přístavby postavena další výrobní hala, která znamenala zvýšení výrobních a skladových ploch o 50%, což v následujících letech umožnilo adekvátně zvýšit výrobu.

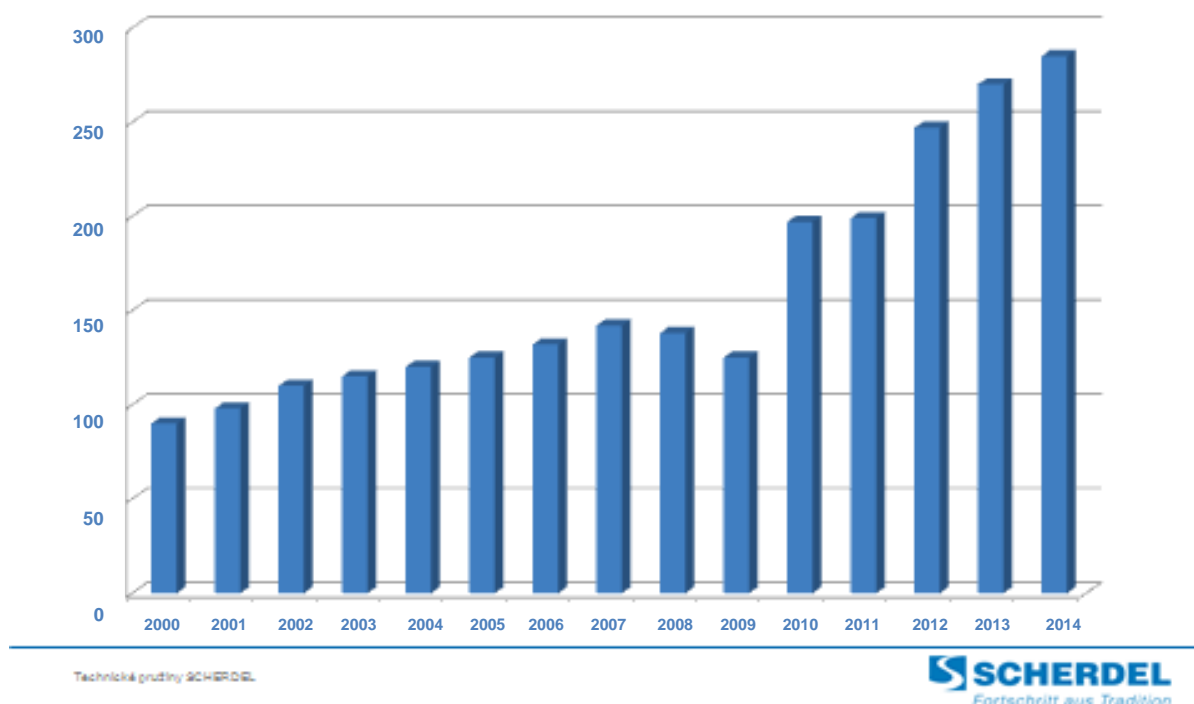
Vstup ČR do EU v roce 2004 znamenal pro společnost, která je součástí nadnárodní skupiny, významný přínos, zvláště pak odbouráním celních bariér a zvětšením trhu.

V roce 2005 byly zahájeny přípravné projekční práce na další rozšíření stávajících kapacit a v roce 2006 byla realizována stavba dvou nových výrobních hal o celkové ploše 2200 m². Firma prošla úspěšně auditem životního prostředí a získala certifikát DIN EN ISO 14001.

Rok 2007 přinesl do firmy zavedení nového vnitropodnikového systému FORS – software vytvořený na zakázku pouze pro firmu SCHERDEL.

Vliv celosvětové krize v roce 2008 postihl i automobilový průmysl. V České republice však relativně málo díky výrobě menších aut, která nebyla tolik ovlivněna. Bohužel však postihla vyšší kategorie vozů v zahraničí, pro které firma rovněž dodává. To se nepříznivě odrazilo i na počtu zaměstnanců firmy, který v důsledku těchto událostí poprvé v historii firmy místo nárůstu vykázal pokles.

Obrázek II. – Vývoj počtu zaměstnanců firmy v jednotlivých letech



Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/>

Díky úzké spolupráci s mateřskou firmou v Marktredwitz se dařilo postupně překlenout nepříznivé dopady krize zaváděním nových náročných programů včetně instalace nových strojů a zařízení nezbytných pro jejich výrobu. Kladné výsledky se začaly projevovat již v závěru roku 2009. Rostoucí konkurence v automobilovém průmyslu způsobila zvýšení již tak tvrdých

cenových tlaků. Neustále posilující česká koruna v roce 2010 ovlivňovala možnost dosáhnout vyšších ekonomických ukazatelů.

V roce 2011 došlo ke zvýšení výroby přibližně o 40%, což bylo způsobeno získáním zakázek pro výrobu nových produktů v oblastech, jako je úspora paliv, snižování znečištění ovzduší a zvyšování komfortu nejen u osobních, nýbrž i v oblasti výroby nákladních automobilů. Na základě těchto nových projektů byl v roce 2012 zakoupen přílehlý pozemek a bylo rozhodnuto o realizaci dalšího rozšíření závodu během roku 2013. Po dokončení v roce 2014 vznikly firmě další prostory potřebné pro výrobu.

Autor práce zde tedy působí téměř od počátku. V roce 1998 bylo ve firmě přibližně 50 pracovníků, v dnešní době se počet pracovníků pohybuje kolem 300 a stále se navyšuje. Autor pracoval nejprve na pozici kontrolora kvality. Oddělení kontroly kvality mělo v tehdejší době jednu kancelář a 2 pracovníky, v současnosti je kontrola kvality ve firmě v pěti různých kancelářích a pracuje zde 18 kontrolorů kvality. Během 16 let se autor vypracoval na manažera kvality a prošel řadou procesů, od výroby pružin, která je hlavní doménou firmy, přes výrobu lisovaných dílů, procesy svařování, frézování a soustružení, až po ruční ohýbání a další...

Proces výroby pružin, s ohledem na skutečnost, že v současné době vyrábí firma cca. 3 miliony tlačných pružin za rok, patří mezi nejdůležitější v podniku. Největší část produkce je využívána do automobilového průmyslu, kde pružiny slouží jako vzpěry do systému pátých dveří osobních automobilů.

Obrázek III. – Tlačné pružiny jsou využívány jako vzpěry pro systém pátých dveří u osobních automobilů

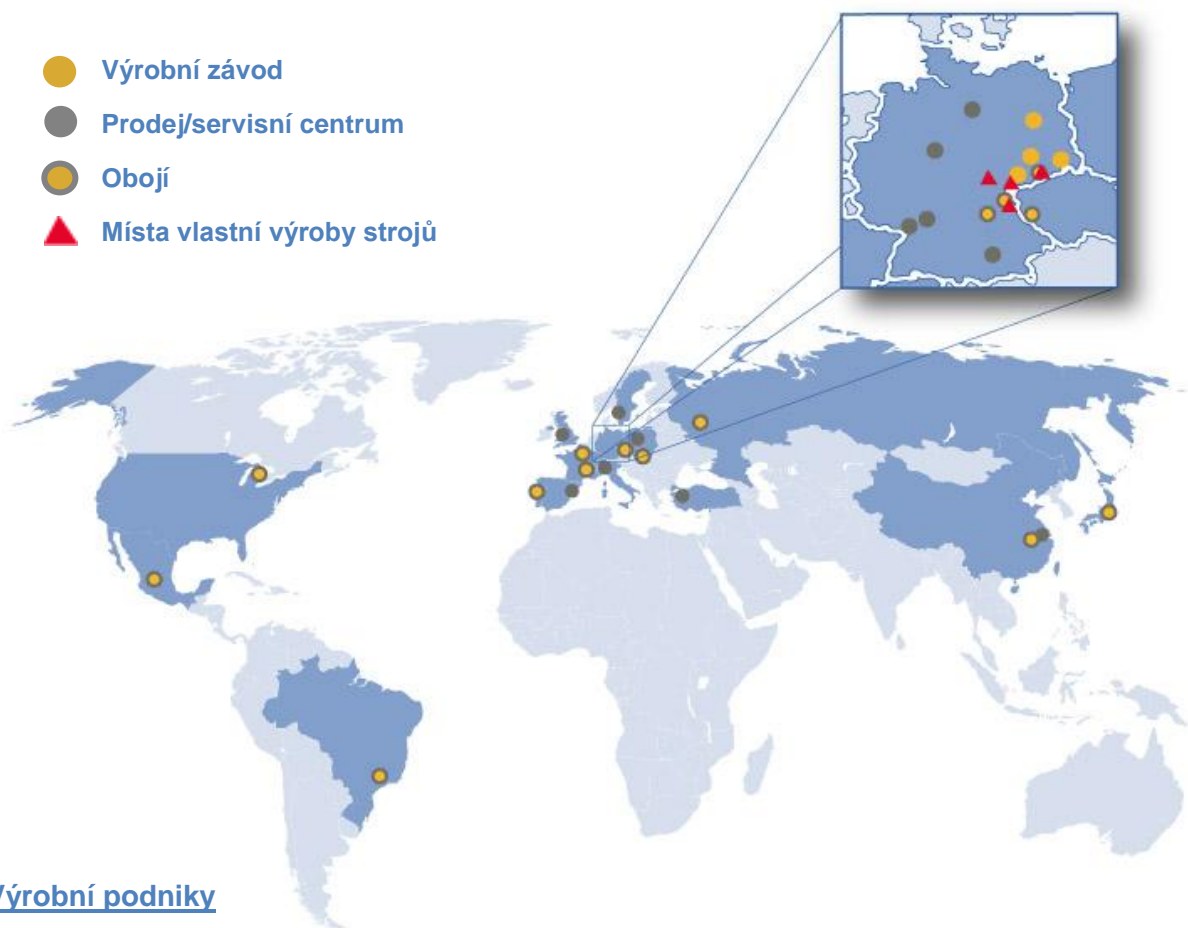


Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/>

Společnost zde má zavedený takový systém řízení kvality, že je schopna garantovat kvalitu svých výrobků. Dnes je slovo kvalita v celosvětovém měřítku důležité, a to zejména pro rozhodování zákazníků. Proto systém řízení kvality dle DIN EN ISO 9001, ISO/TS16949, DIN EN ISO 14001, jako doklad o úspěšném absolvování certifikačního procesu vypovídá o tom, že společnost, jež certifikaci obdržela, umí kvalitu nabídnout a udržet na potřebné nebo vyšší úrovni s vysokou spolehlivostí a velkou mírou komplexnosti. Kvalita je klíčem k dosažení zákaznické spokojenosti a důvěry, který podstatně ovlivňuje potenciální odběratele při rozhodování o přidělení zakázek.

Vzhledem k tomu, že většina zákazníků je mimo ČR, používá firma formuláře v německém nebo anglickém jazyce.

Obrázek IV. – Výrobní podniky a servisní centra firmy ve světě



Výrobní podniky

V Německu: *Berlín
Chemnitz
Coburg
Erlangen
Markterdwitz
Marienberg
Plauen
Röslau
Seifhennersdorf
Treuen*

V Evropě: *Francie, Beauvais
Francie, l'Arbresle
Portugalsko, S. J. da Madeira
Rusko, Kaluga
Slovensko, Myjava
Česká republika, Bor*

V Americe: *Brazílie, Sorocaba
Mexiko, Leon
USA, Muskegon*

V Asii: *Čína, Anqing
Japonsko, Aichi*

Servisní centra

V Evropě: *Německo, Belgie, Francie, Velká Británie, Itálie, Švýcarsko, Polsko, Portugalsko, Švédsko, Slovensko, Španělsko, Česká republika, Turecko*

Mimo Evropu: *Amerika: Brazílie, USA
Asie: Čína, Japonsko*

Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/>

3. Nástroje managementu kvality používané ve firmě

V oblasti automobilového průmyslu kladou zákazníci na výrobce nesmírné požadavky na kvalitu a její dodržování během spolupráce.

V následujících podkapitolách je uveden přehled metod a dokumentů využívaných ve firmě Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. během procesu výroby pružin, které jsou požadovány zákazníky jako záruka splnění kladených požadavků na výrobek.

3.1 Metodika PPAP a VDA2

Cílem PPAP nebo VDA2 je zabezpečit, že organizace rozumí požadavkům zákazníka ve vztahu k specifikacím a záznamům o technickém návrhu, a že proces má potenciál vyrábět výrobky tak, že budou plněny požadavky v reálném objemu výroby a při dohodnuté rychlosti výroby.

Firma Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. dodává zákazníkům PPAP nebo VDA2 na základě požadavků, které zákazník zašle s objednávkou prvního vzorkování. Veškerá dokumentace je v německém nebo anglickém jazyce. Součástí standardního vzorkování je krycí list, rozměrový protokol, výkresová dokumentace, IMDS, materiálový atest, vývojový diagram procesu, kontrolní plán a většinou 5 kusů jednotlivě naměřených vzorků.

Zákazník zaslané vzorky přeměří a vyhodnotí vše, včetně dokumentace. Při splnění požadavků udělí status „Uvolněno“ (uvolnění se zapisuje do spodní části VDA2 nebo PPAP). V případě zjištění odchylky lze podle závažnosti udělit povolení s výhradou nebo je vzorkování zamítnuto.

/Příloha 2: Krycí list PPAP k uvolnění výrobního procesu nebo produktu/

/Příloha 3: Karta VDA2 ke schvalování dílů do sériové výroby/

3.2 Metodika APQP

V průběhu osmdesátých let minulého století se začalo intenzivně rozvíjet tzv. simultánní inženýrství, při jehož uplatnění jsou návrh produktu, návrh procesu a vývoj všech dalších prvků úspěšnosti produktu od počátku chápány jako integrovaný soubor činností a cílů. Všechny aktivity probíhají souběžně a jsou realizovány týmem.

Prvky simultánního inženýrství jsou zahrnuty v metodikách plánování jakosti produktů zpracovaných v rámci standardů pro dodavatele automobilového průmyslu. Příkladem je metodika APQP (Advanced Product Quality Planning and Control Plan), jejíž název lze přeložit jako „zdokonalené (pokročilé, moderní) plánování jakosti produktu a kontrolní plán“. Tato metodika byla společně vyvinuta firmami Chrysler, Ford a General Motors v rámci standardu QS-9000. [zdroj 3]

APQP stanovuje postupy a metodiky pro plánování kvality. Ve firmě Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. je využívána následujícím způsobem:

Na začátku celého procesu je poptávka od zákazníka, kdy firma obdrží v dnešní době většinou mailem požadavek na pružinu. Tento požadavek jde v podniku na vývoj, kde se pomocí programu vytvoří první výkres prototypu. Je zde zadána kvalita a průměr materiálu, počet závitů, způsob točení (pravá nebo levá), délka pružiny, průměr, síla při délce, maximální délka při bloku. Dále se stanoví, které procesy budou k výrobě použity, např. popouštění, broušení, kuličkování, usazení, povrchová úprava, případná kontrola, balení atd.

Na základě tohoto návrhu se určí cena pružiny a návrh termínu. To je zasláno zákazníkovi ke schválení. V případě schválení, které je potvrzeno objednávkou, je objednán materiál. Vzhledem k tomu, že dodací lhůty materiálů pro výrobu pružin se pohybují v rozmezí 4-12 týdnů, má podnik dostatek prostoru pro vytvoření různých plánů, metod, diagramů a dalších podkladů potřebných k procesu výroby.

3.3 Vývojový diagram

Jako první se vytváří vývojový diagram. Je to univerzální nástroj popisu jakéhokoliv procesu. Je to konečný orientovaný graf s jedním začátkem a jedním koncem. Struktura a sekvence aktivit tvořících popisovaný proces je v grafu vyjádřena operačními bloky zobrazujícími činnosti a rozhodovací bloky.

Velmi užitečným nástrojem jsou vývojové diagramy při:

- vysvětlování procesu zákazníkům nebo uživatelům pro prokazování jakosti;
- objasňování vazeb mezi činnostmi procesu novým pracovníkům;
- odkrývání a objasňování vazeb mezi útvary participujícími na určitém procesu;
- odhalování nedostatků v procesu (nevhodné, zbytečné činnosti, chybějící činnosti, zdvojování úsilí, zpoždování) a navrhování zlepšení;
- srovnání skutečného a ideálního průběhu procesu.

[zdroj 3]

3.3.1 Pravidla sestavení vývojového diagramu

Při tvorbě vývojového diagramu je třeba dodržovat tyto zásady:

1. Sestavovat vývojový diagram v týmu.
2. Vhodně volit otázky. Základní jsou dotazy typu: „Co se stalo nejdříve?“, „Jak přichází do procesu?“, „Co se děje, rozhodne-li se ANO?“, „Co se děje, rozhodne-li se NE?“, „Kdo rozhoduje?“, „Kam výrobek pokračuje?“, „Co se stane, jsou-li výsledky zkoušky mimo tolerance?“ apod. Nedoporučuje se otázka typu „PROČ“.
3. Udržet popis procesu jednoduchý, stručný a přehledný.
4. Zajistit stejnou jazykovou formu popisu činností (např. všechny činnosti vyjádřit infinitivem) a udržet stejnou úroveň jeho podrobnosti v rámci popisovaného procesu.
5. Správně identifikovat rozhodování.
6. Snažit se o umístění jednoho vývojového diagramu na jednu stránku.
7. Využívat jednotné symboliky.

8. Používat jeden blok začátku a jeden blok konce.
9. Zobrazit orientaci v rámci procesu.

[zdroj 3]

3.3.2 Symboly vývojového diagramu

Mezi nejběžněji používané symboly patří úsečky, obdélníky, kosočtverce a kruhy. Jejich ustálený význam je následující:

1. *Úsečka*, případně množina navazujících úseček končící šipkou, určuje směr zpracování algoritmu. Může jít o:
 - svislé nebo vodorovné čáry,
 - čáry, které se kříží nebo spojují.

Směr dolů a doprava je v diagramu prioritní. V tomto případě není nutné použít šipky. Šipky se používají jenom v případě, že tento směr je jiný, nebo když je potřeba směr toku informace zvýraznit, například při znázornění iterace.

2. *Obdélník* s popisem definuje dílčí krok zpracování algoritmu.
3. *Kosočtverec* je využíván pro znázornění větvení postupu v algoritmu v závislosti na splnění podmínky.
4. *Obdélník se zaoblenými rohy* označuje počátek nebo ukončení zpracování algoritmu.
5. *Kruh* je používán jako spojka jednotlivých úseček.

3.3.3 Postup sestavení vývojového diagramu

Při sestavování vývojového diagramu je třeba postupovat takto:

1. Identifikovat proces, jeho rozhraní s jinými procesy a činnostmi.
2. Sestavit tým (všichni, kteří se účastní realizace procesu).
3. Schválit symboly, které budou ve vývojovém diagramu použity, včetně jejich významu.
4. Zakreslit symbol pro začátek procesu.

5. Identifikovat první činnost (otázka: „Co se děje jako první?“) a zakreslit symbol a popis první činnosti.
6. Identifikovat další činnosti a místa, kde probíhají rozhodování, včetně záznamu opatření pro všechny možnosti rozhodnutí (otázky: „Co se stane dále?“, „Co se stane, když...?“), zakreslit je do diagramu a spojit šipkami.
7. Po poslední činnosti zakreslit symbol pro konec procesu.
8. Jednoznačně identifikovat vývojový diagram (uvést název procesu, autory vývojového diagramu, jméno uživatele, číslo varianty vývojového diagramu, datum poslední revize...)

[zdroj 3]

Ve firmě Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. bylo podobným způsobem vytvořeno několik „univerzálních“ vývojových diagramů, které jasně popisují kroky a posloupnosti výrobních procesů. Tyto jsou rozděleny podle druhů procesu a v případě potřeby upraveny. Pro vybraný proces výroby pružin se používá následující plán:

|Příloha 4: Vývojový diagram procesu výroby tlačné pružiny|

Postup dle průběhového plánu:

U materiálu se po doručení provádí vstupní kontrola, kdy se v podniku překontroluje hmotnost dodaného materiálu a přeměří průměr drátu. Dále se z každé cívky odstříhne vzorek (3ks dlouhé 20-30cm), který se zasílá do laboratoře ke kontrole pevnosti v tahu a obsahu některých chemických prvků, jako jsou uhlík, hliník, křemík, vanadium, měď a jiné.

V případě, že materiál odpovídá požadavkům, je laboratoří uvolněn v systému pro použití k výrobě pružin.

Zkušební zpráva

Lieferant	: Pengg	Werk	: Leutendorf
Werkstoff	: VD SiCrV2 unver.	Charge	: C38586
Eingangsdatum	: 23.03.2015	Prüfer	: Kraus S.
Gewicht	: 323 kg	Teilenummer	: S95154
Kunde	:	Bemerkung	: i.O.
Abmessung	: 5,00 mm	Prüfdatum	: 25.03.2015 11:56:08
Verwindung	: 0/9 gl.		

Resultate Pengg 25.03.15:

Name	Fmax [N]	So [mm ²]	Rm [MPa]	D [mm]	Z* [%]	Ringnummer
Probe 10	29177,55	19,44	1500,972	4,975	51,827	

Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/>

Cívka s materiálem se umístí na odvíječ, navíjecí stroj se nastaví dle seřizovacích parametrů a poté se natočí první kusy. Ty dále pokračují do popouštěcí pece. U popuštěných pružin se dále obrousí oboustranně konce (kvůli lepšímu usazení v originálním díle), dále se pružiny kuličkují, poté znovu popustí. V této fázi se pružiny dostanou na kontrolu kvality.

Pracovník kontroly kvality na základě zkušebního plánu, který se vytvoří podle výkresové dokumentace dílu, porovná naměřené hodnoty s hodnotami požadovanými. U tlačné pružiny je nejdůležitější její síla při určité délce, vnější a vnitřní průměr, počet závitů a blok pružiny. V případě, že není zjištěna odchylka, je uděleno povolení k výrobě.

[Příloha 5: Výkresová dokumentace tlačné pružiny]

Součástí procesu povolení je i tvorba plánu pro mezikontrolu výroby – SPC = dosažení a udržování procesu ve statisticky zvládnutém stavu ve shodě se specifickými požadavky (způsobilý proces).

3.4 SPC – statistická regulace procesů

Statistická regulace procesů (SPC = Statistical Process Control) je nejvýhodnější způsob mezioperační kontroly hromadné a sériové výroby. Statistický charakter metody se projevuje v tom, že jak časový rozvrh kontrol, tak způsob braní výběru ke kontrole a rozhodování o jakosti se řídí předpisy, založenými na předběžném rozboru zvažovaného výrobního procesu a na teoretických základech matematické statistiky.

Namátková kontrola, která je druhou možnou variantou mezioperační kontroly, má účinnost omezenou nedostatkem soustavnosti v časovém rozvrhu i ve způsobu kontroly, nedostatkem objektivního rozhodování a evidence o provedené kontrole. Přitom nelze tvrdit, že by statistická regulace kladla na kontrolora ve výrobě větší nároky než kontrola namátková, pouze plní jednoduchý předepsaný postup. Statistická regulace má preventivní charakter, umožňuje zásah do výroby ještě před skutečným výskytem zmetků. V tom se liší od pooperační kontroly (výstupní kontroly), která pouze konstatuje, jaká je jakost dávky po již provedené operaci.

Statistickou regulací se rozumí sledování a řízení výrobního procesu statistickými metodami tak, aby byla udržena jakost výrobků na žádoucí úrovni. Účelem regulace je určit podle výsledků kontroly malého počtu výrobků odebraných z výrobní dávky za určitý časový interval, zda působením nějakého systematického jevu nenastávají takové změny, které by ohrozily splnění požadavků na jakost.

|Příloha 6: Data zkušebního plánu pro statistickou kontrolu procesu|

Metody regulace se dělí podle způsobu a prostředků, jimiž se provádí kontrola sledovaného znaku. Při regulaci měřením je znak vyjádřen spojitou kvantitativní veličinou, regulace srovnáváním užívá znaky kvalitativní. Uvnitř těchto dvou základních skupin se metody regulace dělí podle toho, jakého výběrového ukazatele bylo užito (průměr, rozpětí, medián, extrémní hodnoty apod.). Při volbě metody je nutno vycházet z požadavků na přesnost, přesnost a účinnost mezioperační kontroly uvažovaného znaku jakosti a sladit je s požadavky hospodárnosti kontroly a jednoduchostí práce kontrolora při regulaci.

Postup pracovníka kontroly při statistické regulaci lze charakterizovat několika základními činnostmi. V pravidelných časových intervalech během výrobního pochodu zpravidla u stroje se provádí výběrová kontrola pevného rozsahu. Na základě údajů se pro každou jednotlivou kontrolu nejlépe okamžitě určí výběroví ukazatelé. Jejich velikost se zanesse do předem připraveného regulačního diagramu a podle jejich polohy vzhledem k regulačním mezím se rozhodne, zda je průběh výrobního pochodu uspokojivý. Rozsah výběru se volí podle metody regulace, způsob výběru musí zaručit nejvěrohodnější informace o posuzování dávky i okamžitého stavu výrobních podmínek, délka kontrolního intervalu přihlíží k charakteru výrobního pochodu.

O správné provedení statistické regulace se stará určený útvar, který zaručuje podmínky správného provádění regulace. Pro určitý znak jakosti na určitém výrobku obráběném na určitém typu výrobního zařízení je sestaven předpis regulace, který určuje postup při regulaci. Prostředkem ke statistické regulaci, kam kontrolor zaznamenává výsledky své kontroly, je regulační diagram. Na vodorovné ose se nanáší časová pořadí jednotlivých kontrol, ve směru osy hodnoty výběrových ukazatelů. Na regulačním diagramu jsou uvedeny základní technické údaje (závod, středisko, výrobní zařízení, název a číslo výrobku, číslo výkresu, výrobní operace, regulovaný znak jakosti, metoda regulace apod.), pod vlastním diagramem se zachycují údaje přidružených znaků jakosti, časové údaje a případné závady ve výrobě. Další metodickou pomůckou jsou kontrolní postupy, které obsahují jak schematický návod kontrolních úkonů pro měření jednotlivých znaků jakosti, tak i některé části předpisu regulace. Pro regulační diagramy a kontrolní postupy jsou běžné předtištěné formuláře.

V každém regulačním diagramu jsou zřetelně vodorovnými přímkami vyznačeny regulační meze, které se stanovují podle zásad pro zvolenou metodu regulace. Regulační meze představují hodnoty, intervaly, v nichž se mají pohybovat výběrové ukazatele za předpokladu, že je proces stabilní. Regulační meze nejsou technickým předpisem a jsou srovnatelné s dolním a horním tolerančním rozměrem pouze v tom případě, že jde o regulaci jednotlivých hodnot. Regulační meze poskytují tedy určité kritérium pro posouzení stability výrobního procesu. Pracují tak, že dostane-li se výběrový ukazatel mezi regulační meze, pokládáme průběh výrobního procesu za uspokojivý z hlediska stabilizace. Překročí-li hodnoty výběrového ukazatele tyto meze, znamená to, že stabilita byla porušena. Na základě zkušenosti z práce s regulačními mezemi

vznikla další kritéria. Porušení stability indikuje např. situace, kdy dva nebo více ukazatelů jsou v blízkosti regulačních mezí, nebo kdy uspořádání bodů je málo pravděpodobné (11 hodnot za sebou stále na jedné straně od střední hodnoty apod.) V takových případech je nutné hledat příčinu porušení stability a provést opatření, která zaručí návrat do stabilizovaného stavu.

Při stanovení regulačních mezí i jednotlivých metod regulace měřením je nutno vycházet ze skutečnosti výrobního zařízení a schopnosti dodržet technologické předpisy. Při regulaci měřením je sledován měřitelný znak jakosti. Je to druh regulace ve strojírenské výrobě poměrně více rozšířený než regulace srovnáváním. Souvisí to s charakterem kontroly ve strojírenství, kdy se pro přesné měření užívají měřidla udávající konkrétní hodnoty znaku (oblast regulace měřením); pro měření, kdy stačí pouze znalost, že výrobek vyhovuje nebo ne, převažuje měření kalibrem a měřícími přípravky (zde vhodná regulace srovnáváním). [zdroj 2]

3.5 Histogram

Při zpracování prvotních údajů se neobejdeme bez určitého uspořádání údajů nebo jejich roztřídění do určitých skupin, tříd nebo intervalů. Statistickým tříděním rozumíme obecně jednoznačné rozdělení (přiřazení) prvků (údajů) statistického souboru do skupin, tříd nebo intervalů z takových hledisek, abychom co nejlépe poznali povahu zkoumaných jevů. Statistické údaje nebo ukazatele, uspořádané nebo roztříděné podle časového, místního, věcného nebo jiného kvantitativního znaku nazýváme statistickými řadami. Podle těchto hledisek známe statistické řady časové, místní, věcné a řady rozdělení četností. Charakteristická pro třídění je jednoznačnost přiřazení prvků statistického souboru do určité skupiny (třídy) nebo intervalu. [zdroj 2]

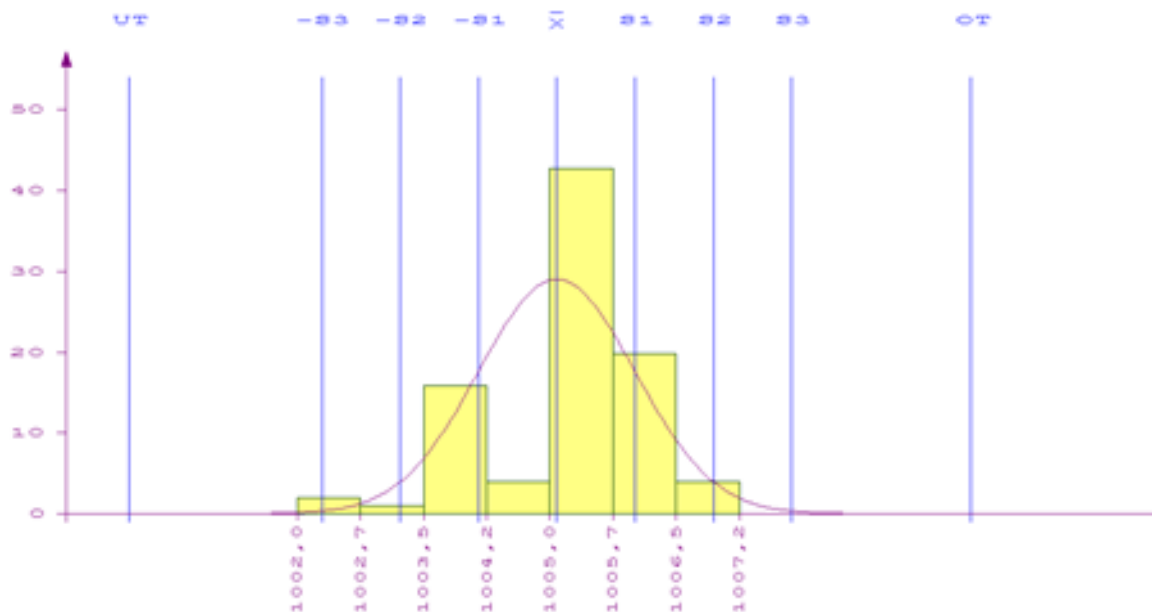
3.5.1 Postup sestavení histogramu

Sestavení histogramu lze shrnout do následujících kroků:

1. Výpočet rozpětí souboru R.
2. Stanovení počtu a šíře intervalů.
3. Sestavení tabulky četností.

4. Stanovení hranic intervalů.
5. Stanovení středů intervalů (třídních znaků).
6. Přiřazení naměřených hodnot do jednotlivých intervalů v tabulce četností pomocí čárkovací metody.
7. Sestrojení vlastního histogramu.

Obrázek VI. – Histogram



Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/guard>

3.5.2 Interpretace histogramu

Analýza tvaru histogramu umožňuje posoudit:

- a) typ rozdělení (symetrické, asymetrické);
- b) působení vymežitelných příčin variability. Je-li analýzou prokázáno, že sledovaný znak jakosti či parametr procesu má normální rozdělení, pak by histogram měl mít zvonovitý tvar, který signalizuje, že na proces působí pouze náhodné vlivy, a že je tak ve statisticky

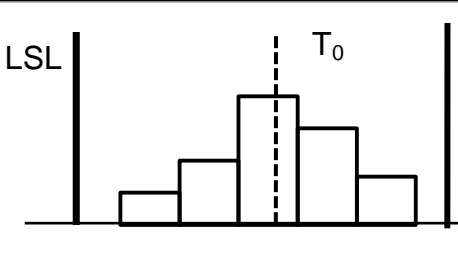
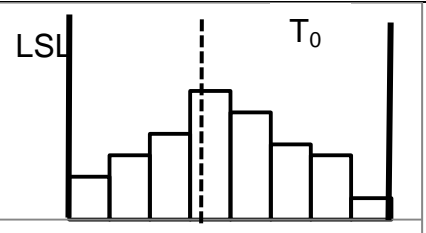
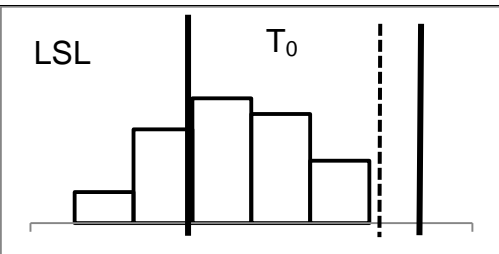
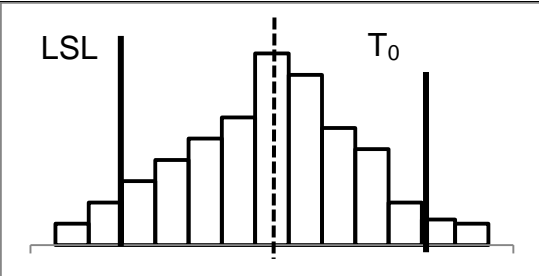
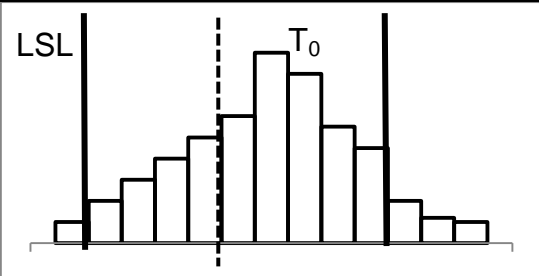
stabilním stavu. Každá odchylka histogramu od tohoto tvaru pak signalizuje pravděpodobné působení identifikovatelných (vymezitelných) vlivů. [zdroj 2]

Z histogramu lze provést odhad statistických ukazatelů polohy a měnlivosti.

Histogram umožňuje prvotní analýzu způsobilosti procesu.

Jsou-li do histogramu zakresleny specifikace (toleranční meze) USL a LSL a střed tolerančního pole To , lze provést odhad způsobilosti procesu. V případě signalizujícím nezpůsobilý proces lze zvážit přijatelná řešení zvýšení způsobilosti. Možné situace a jejich řešení jsou v následující tabulce:

TABULKA Histogram a analýza způsobilosti procesu

Situace		Opatření
	USL	Nejsou nutné žádné zásahy, proces je způsobilý.
	USL	Proces je blízky způsobilosti. Krátkodobě nejsou nutná žádná opatření, z dlouhodobého pohledu je třeba provádět analýze procesu s cílem proces zdokonalit a zvýšit míru jeho způsobilosti.
	USL	Proces produkuje neshodné výrobky, není způsobilý. Je třeba stroj seřídít na střed tolerančního pole.
	USL	Proces je na středu tolerančního pole, ale produkuje neshodné jednotky. Není způsobilý z důvodu velké variability. Je nutné přijmout opatření ke snížení této variability: převod výroby na jiný, přesnější stroj, nákup nového přesného stroje, zvážení, zda toleranční meze nejsou zbytečně přísné...
	USL	Proces není na středu tolerančního pole, a současně jeho variabilita je velká. Není způsobilý. Opatření lze hledat v nákupu nového stroje, je třeba zvážít zúžení tolerančního pole.

[zdroj 3]

3.6 Metoda FMEA

Metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) představuje týmovou analýzu možností vzniku vad u posuzovaného návrhu, spojenou s ohodnocením jejich rizik, jež je východiskem pro návrh a realizaci opatření vedoucích ke zmírnění těchto rizik. Je důležitou součástí přezkoumání návrhu a její aplikací lze odhalit až 90% možných neshod.

Cílem FMEA je už ve fázi vývoje nového výrobku definovat všechny možné chyby související s daným výrobkem/procesem, a pro potenciálně nejrizikovější chyby realizovat preventivní opatření.

Metody FMEA se využívá zejména ve dvou základních aplikacích:

- FMEA návrhu produktu – analyzuje rizika možných vad u navrhovaného produktu;
- FMEA procesu – analyzuje rizika možných vad v průběhu navrhovaného procesu.

K hlavním přínosům FMEA lze přiřadit:

- systémový přístup k prevenci nízké jakosti;
- možnost ohodnotit riziko možných vad a na jeho základě stanovit priority opatření ke zlepšení;
- možnost optimalizovat návrh, což se projeví ve snížení počtu změn ve fázi realizace;
- vytváření cenné informační databáze o produktu či procesu;
- minimální náklady na její provedení v porovnání s náklady, které by mohly vzniknout při výskytu vad.

[zdroj 5]

FMEA návrhu výrobku nebo procesu probíhá v těchto základních fázích:

- a) analýza a hodnocení současného stavu;
- b) návrh opatření;
- c) hodnocení stavu po realizaci opatření.

3.6.1 FMEA návrhu produktu

Zajišťuje co nejúplnější zkoumání návrhu produktu s cílem již v etapě návrhu odhalit veškeré nedostatky, které by předpokládaný návrh mohl mít, a ještě před jeho schválením realizovat opatření, která by tyto nedostatky odstranila.

- a) Analýza a hodnocení současného stavu.
Rizikové číslo (RPN) = Význam (1 až 10) x Výskyt (1 až 10) x Odhalitelnost (1 až 10)
- b) Návrh opatření.
- c) Hodnocení stavu po realizaci opatření.

3.6.2 FMEA procesu

Provádí se před zahájením výroby nových či inovovaných výrobků nebo při změnách technologického postupu a obvykle následuje po FMEA návrhu produktu, na kterou navazuje a jejíchž výsledků využívá. Technologický postup by měl zahrnovat všechny fáze výroby a rovněž povýrobní operace až do okamžiku předání výrobku zákazníkovi. Návaznost jednotlivých operací by měla být přehledně znázorněna pomocí vývojového diagramu.

- a) Analýza a hodnocení současného stavu.
- b) Návrh opatření.
- c) Hodnocení stavu po provedení opatření.

Výsledky FMEA se průběžně zaznamenávají do formuláře FMEA. Vyplněný formulář FMEA by však neměl být pouhým záznamem o jakosti, ale živým dokumentem dokládajícím soustavnou péči o jakost. [zdroj 3]

Ve firmě Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. je na tvorbu FMEA kladen velký důraz, vyhodnocení jak produktu, tak procesu probíhá v týmech, v případě potřeby je zajištěn externí specialista. Jakmile rizikové číslo přesáhne hodnotu 120, je nutné provést opatření, na základě kterého je hodnocení možností výskytu a odhalitelnosti přehodnoceno. FMEA produktu ani procesu se nesmí zasílat zákazníkům (interní nařízení firmy), jsou pouze k nahlédnutí v podniku. Z tohoto důvodu není možné vložit ukázkou do této práce. Co je uvolněno vedením závodu a zasílá se zákazníkům jako důkaz o existenci FMEA, je úvodní strana s kompletní historií změn.

|Příloha 7: Doklad o provedení analýzy možného výskytu a vlivu vad|

3.7 MSA – Analýza systému měření

MSA (Measurement Systems Analysis) v překladu Analýza měřicího systému nebo Analýza systému měření, nepřekládá se, používá se zkratka MSA, je sada postupů pro vyhodnocení nastaveného systému měření. MSA vychází z měření kvality v automobilovém průmyslu a stala se součástí normy QS 9000, přesněji 3. vydání. Sama o sobě je MSA analytická technika pro posouzení systému měření, která je však součástí nějakého systému řízení jakosti - buď podle zmiňované normy QS 9000, nebo jiné normy či celostní metody řízení kvality (TQM, SixSigma).

Důležitou součástí plánování jakosti je analýza navrženého systému měření, který bude při realizaci výrobku používán. Úkolem této analýzy je ověřit způsobilost daného systému měření k měření sledovaného znaku jakosti v daném výrobním nebo tolerančním rozpětí. Způsobilost použitého systému měření rozhoduje o jakosti naměřených údajů. Uvážíme-li, že management jakosti se neobejde bez naměřených údajů, což je přesně v souladu se zásadou: “Co neměřím, to neřídím”, je zřejmé, že analýze systému měření je potřeba věnovat náležitou pozornost. Naměřené údaje jsou základním podkladem pro rozhodování, například při regulaci procesu, posuzování shody výrobku, hodnocení účinnosti nápravných opatření atd. [zdroj 4]

3.7.1 Využití analýzy MSA v praxi:

Přestože byla původně vyvinutá v automobilovém průmyslu, používá se vzhledem ke své praktičnosti a univerzálnosti také v dalších odvětvích. Metoda MSA se používá pro hodnocení jak samotného měřidla (např. kalibrovaného měřidla), tak na posouzení celého systému měření (odtud zkratka Measurement System Analysis). Metoda se zaměřuje na analýzu zdrojů nejistot v celém procesu měření, protože vychází z předpokladu, že pro měření nestačí mít jen přesné měřidlo, ale vliv mohou mít i jiné faktory a proto hodnotí měřicí systém jako celek. Cílem je zjistit vliv různých faktorů na variabilitu výsledků měření, tedy jaký mají faktory v celém procesu měření vliv na proměnlivost výsledků (například operátora). Metoda MSA proto využívá a obsahuje další statistické metody a techniky.

Kroky v rámci MSA jsou následující:

- Určit způsobilost systému měření.
- Určit zdroje variability systému měření.
- Popsat zdroje variability statistickými a metrologickými veličinami.
- Přinést potřebné informace o systému měření.

[zdroj 8]

3.7.2 Metoda R&R

Metoda MSA klade důraz na opakovatelnost a reprodukovatelnost měření (R&R - Repeatability and Reproducibility). Tato metoda bývá někdy nazývána metodou průměrů a rozpětí.

Vyšetření způsobilosti se provádí na několika skutečných výrobcích. Výrobky plní z pohledu této metody role etalonů. Skutečné hodnoty etalonů však není potřeba zjišťovat – nemají žádný vliv na výsledek. Metoda spočívá v opakovaném měření jednoho rozměru několika různých kusů stejného výrobku několika pracovníky (každý pracovník měření hodnot skupiny výrobků několikrát zopakuje), zjištění opakovatelnosti EV (variability měřicího zařízení při opakovaném

měření jedním pracovníkem), reprodukovatelnosti AV (variability hodnocení při opakovaném měření různými pracovníky) a celkové variability měření $R\&R\%$ vyjádřené v procentech vzhledem k toleranci výrobku nebo vzhledem k proměnlivosti procesu (variabilitě výrobku). Opakovatelnost a reprodukovatelnost je možné pomocí této metody posuzovat individuálně. Pokud je $R\&R\% < 10$, je systém měření vyhovující. Pokud je $R\&R\%$ v rozmezí 10-30, je podmíněčně vyhovující (systém měření může být přijatelný podle důležitosti aplikace, nákladů na měřidlo, nákladů na opravy a podobně). Pokud je $R\&R\% > 30$, je systém měření nevhovující. Parametr ndc (počet rozlišitelných kategorií neboli citlivost měřicího systému) musí dosahovat alespoň hodnoty 5. [zdroj 9]

3.7.3 Koeficienty způsobilosti měřidla

Podobně jako je možné stanovit koeficienty způsobilosti procesu C_p nebo stroje C_m , je možné stanovit koeficienty způsobilosti měřidla C_g .

Používají se dva způsoby výpočtu, navržené firmami Bosch a Ford.

Oba způsoby uvažují, že rozptyl měřidla může být jen částí rozptylu parametru charakterizujícího procesu. Šířka pásma bývá stanovena na základě zkušeností a ekonomickou úvahou, obvykle doporučovaný poměr 1 : 10 není možné dodržet.

V obou způsobech je možné vztáhnout způsobilost měřidla k rozptylu procesu nebo k požadované šíři tolerančního pole. Stejně, jako při analýze R&R, dostáváme v prvním případě lepší výsledky v případech, kdy přirozená variabilita procesu vyplňuje větší část tolerančního pole, ve druhém případě dostáváme lepší výsledky, když přirozená variabilita procesu vyplňuje menší část tolerančního pole.

Vychází-li se z opticky lepšího výsledku, dopouští se uživatel chyby. Měl by vycházet z výsledku horšího.

1. varianta: šířka pásma 15% (Ford)

$$C_g = 0,15 \frac{S_p}{S_a} \quad [1]$$

S_p velikost směrodatné odchylky procesu

S_a směrodatná odchylka hodnot x_i , naměřených opakovanými měřeními etalonu

X_r referenční hodnota

\bar{x} výběrový průměr

$$C_{gk} = \frac{((X_r + 0,075 S_p) - \bar{x})}{3 S_a} \quad [2]$$

$$C_{gk} = \frac{(\bar{x} - (X_r - 0,075 S_p))}{3 S_a} \quad [3]$$

Pro posouzení koeficientu C_{gk} se použije menší hodnota.

Pro způsobilá měřidla je požadováno splnění nerovností:

- $C_g > 1$, uvažující pouze opakovatelnost
- $C_{gk} > 1$, uvažující opakovatelnost a strannost

Pokud vztahujeme způsobilost měřidla k šíři tolerančního pole T [4], nebo pokud neznáme rozptyl procesu:

$$T = USL - LSL \quad [4]$$

USL – horní mezní hodnota

LSL – dolní mezní hodnota

Příslušné vzorce se pak upraví takto:

$$C_g = 0,15 \frac{T}{S_a} \quad [5]$$

$$C_{gk} = \frac{((X_r + 0,075 T) - \bar{x})}{3 S_a} \quad [6]$$

$$C_{gk} = \frac{(\bar{x} - (X_r - 0,075 T))}{3 S_a} \quad [7]$$

2. varianta: šířka pásma 20% (Bosch)

$$C_g = 0,20 \frac{S_p}{S_a} \quad [8]$$

$$C_{gk} = \frac{((X_r+0,1S_p)-\bar{x})}{3 S_a} \quad [9]$$

$$C_{gk} = \frac{(\bar{x}-(X_r-0,1 S_p))}{3 S_a} \quad [10]$$

Pro způsobilá měřidla je požadováno splnění nerovností:

- $C_g > 1,33$, uvažuje pouze opakovatelnost
- $C_{gk} > 1,33$, uvažuje opakovatelnost a strannost

Podobně se odvodí vztahy s použitím šíře tolerančního pole T:

$$C_g = 0,20 \frac{T}{S_a} \quad [11]$$

$$C_{gk} = \frac{((X_r+0,1 T)-\bar{x})}{3 S_a} \quad [12]$$

$$C_{gk} = \frac{(\bar{x}-(X_r-0,1 T))}{3 S_a} \quad [13]$$

Oba způsoby si jsou v praktickém důsledku rovnocenné.

Uvedené metody umožňují posoudit, zda zvolené měřidlo je vhodné pro danou úlohu, a zda předpokládání operátoři jsou schopni zvládnout požadavky plynoucí z dané úlohy měření.

[zdroj 1]

|Příloha 8: Schopnost měřidla při opakovaném měření a) 10 kusů tlačných pružin třemi pracovníky, b) tlačné pružiny jedním pracovníkem|

4. Způsobilost výrobního procesu

Způsobilost výrobního procesu udává vztah mezi přirozeným kolísáním procesu, které pramení z náhodných příčin, a technickým zadáním. Způsobilost procesu lze kvantifikovat pomocí ukazatelů způsobilosti.

Ukazatele způsobilosti procesu je možno dělit podle cíle potřebné informace na:

- krátkodobé – založené na měřeních získaných z jediného provozního cyklu a určené pouze k ověření, že proces může pracovat ve statisticky zvládnutém stavu;
- předběžné – založené na měřeních před vlastním náběhem sériové výroby, v období, kdy se provádí analýza procesu a kdy se odstraňují nejčastější zvláštní příčiny variability; potřebný rozsah měření obvykle okolo 25 podskupin;
- dlouhodobé – založené na měřeních uskutečněných po delší časové období po náběhu sériové výroby za běžných provozních podmínek a tím zohledňující variabilitu procesu v bohatším spektru a v delším časovém období. [zdroj 1]

4.1 Analýza způsobilosti procesu

Analýzy způsobilosti procesů poskytují důležité informace pro plánování a řízení jakosti produktů. K hodnocení způsobilosti procesů se používají indexy způsobilosti, které porovnávají maximálně přístupnou variabilitu hodnot sledovaného znaku jakosti s jeho skutečnou variabilitou dosahovanou u statisticky zvládnutého procesu. Vyhodnocení způsobilosti procesu však nelze degradovat pouze na dosažení hodnot do příslušných vzorců pro výpočet indexů způsobilosti. Velice důležitý je zejména způsob shromáždění prvotních údajů a splnění omezujících podmínek.

- První základní podmínkou je, že hodnocený proces musí být ve statisticky zvládnutém stavu.
- Druhou základní podmínkou, která musí být splněna v případě měřitelných znaků jakosti při použití standardních vztahů pro výpočet indexů způsobilosti, je to, že rozdělení sledovaného znaku jakosti musí odpovídat normálnímu rozdělení.

Pro analýzu způsobilosti procesu na základě měřitelných znaků jakosti lze doporučit tento postup:

- 1) volba znaku jakosti;
- 2) analýza systému měření;
- 3) shromáždění údajů;
- 4) průzkumová analýza shromážděných údajů;
- 5) ověření normality sledovaného znaku jakosti;
- 6) posouzení statistické zvládnutosti procesu;
- 7) výpočet indexů způsobilosti a jejich porovnání s požadovanými hodnotami.

Nultým krokem analýzy způsobilosti procesu by měla být podrobná analýza procesu. Tato analýza by se měla zaměřit zejména na charakter procesu, jeho rozhodující vstupy a výstupy a na identifikaci faktorů, které ovlivňují hodnoty sledovaných znaků jakosti.

4.1.1 Volba znaku jakosti

Způsobilost procesu se hodnotí vzhledem k určitému znaku jakosti produktu, který je bezprostředním výsledkem posuzovaného procesu. Zvolený znak by měl odrážet úspěšnost sledovaného procesu. Nezbytným předpokladem pro hodnocení způsobilosti procesu je, aby pro daný znak byla předepsána kritéria jakosti, například toleranční meze. Součástí tohoto kroku by mělo být rovněž ověření správnosti předepsaných kritérií jakosti a jejich souladu s požadavky zákazníka.

V případě, že u daného výrobku jsou předepsána kritéria pro několik znaků jakosti, je třeba způsobilost procesu vzhledem k jednotlivým znakům hodnotit samostatně.

4.1.2 Analýza systému měření

Vzhledem k tomu, že výsledky analýzy způsobilosti procesu mohou být výrazně ovlivněny jakostí naměřených údajů, je třeba před shromážděním údajů ověřit vhodnost používaného systému měření. Sám systém měření sledovaného znaku jakosti totiž znamená další zdroj

variability a mohl by zkreslit údaje o způsobilosti procesu. Vhodnost systému měření se posuzuje na základě vyhodnocení vybraných statistických vlastností systému měření, jako je např. stabilita, strannost, shodnost, opakovatelnost, reprodukovatelnost a linearita.

4.1.3 Shromáždění údajů

Údaje o zvoleném znaku jakosti by měly být získávány z probíhajícího procesu v průběhu časového období, které by mělo být dostatečně dlouhé, aby se v něm projevil všechny běžné zdroje variability. V průběhu shromažďování údajů by mělo docházet k běžným změnám obsluhy, vlastností zpracovávaného materiálu, vlastností prostředí, technologických parametrů, k běžné údržbě a seřizování výrobního zařízení atd... V tomto období se v přibližně pravidelných časových či dávkových intervalech z procesu odebírá určitý počet po sobě vyrobených výrobků (podskupiny) a zjišťují se hodnoty sledovaného znaku jakosti. Měly by být získány údaje alespoň o 25 takových podskupinách, přičemž doporučený rozsah podskupiny je v případě měřitelných znaků 4 nebo 5 výrobků.

V případech, kdy podmínky, za kterých byly z procesu shromážděny údaje, nepostihují všechny běžné zdroje variability, je třeba termín způsobilost blíže upřesnit. Tak například při analýze způsobilosti procesu v průběhu ověřovací výroby se používá označení „předběžná způsobilost procesu“.

4.1.4 Průzkumová analýza shromážděných údajů

Shromážděné údaje by měly být podrobeny průzkumové analýze, která by měla být zaměřena zejména na identifikaci odlehlých hodnot, posouzení charakteru rozdělení sledovaného znaku a analýzu nezávislosti dat.

Pro analýzu výskytu odlehlých hodnot je vhodné využít krabicového diagramu. Tento diagram graficky analyzuje pozice minimální hodnoty, dolního kvartilu, mediánu, horního kvartilu a maximální hodnoty. Toto zobrazení umožňuje vyhodnotit symetrii rozdělení sledovaného znaku jakosti a identifikovat případné odlehlé hodnoty. Za odlehlé jsou považovány ty hodnoty, jejichž

vzdálenost od dolního nebo horního kvartilu je větší než 1,5 násobek kvartilového rozpětí. V případě, že se v souboru shromážděných údajů vyskytují odlehlé hodnoty, je třeba detailně analyzovat, zda nejsou způsobeny hrubou chybou měření. Pokud se to prokáže, měly by být z dalšího hodnocení vyloučeny.

Shromážděné údaje by měly být vyhodnoceny pomocí histogramu, ve kterém je vhodné doplnit předepsané toleranční meze. Toto zobrazení poskytuje velice cenné informace o charakteru rozdělení sledovaného znaku, jeho poloze vůči tolerančním mezím, dosahované variabilitě a míře dodržování tolerančních mezí. Tyto informace jsou důležité pro další postup a jsou cenným doplňkem vyhodnocovaných indexů způsobilosti.

Nezávislost dat je vhodné ověřit například pomocí znaménkového testu nebo na základě vyhodnocení autokorelačních koeficientů.

4.1.5 Ověření normality sledovaného znaku

Vzhledem k tomu, že standardně se k hodnocení způsobilosti procesu používají indexy způsobilosti založené na předpokladu normálního rozdělení sledovaného znaku jakosti, je třeba před použitím příslušných vzorců splnění tohoto předpokladu ověřit. Normalitu je rovněž třeba ověřit před použitím některých typů regulačních diagramů pro analýzu statistické zvládnutosti procesu (například regulačního diagramu pro individuální hodnoty nebo regulačního diagramu pro medián).

Velmi přibližné posouzení toho, zda rozdělení naměřených hodnot znaku jakosti lze aproximovat normálním rozdělením, je možno provést na základě tvaru sestrojeného histogramu. Exaktním způsobem ověření normality je použití některého z testů dobré shody, například testu χ^2 (chí-kvadrát), Kolmogorovova-Smirnovova testu nebo testu založeného na vyhodnocení šikmosti a špičatosti zpracování hodnot.

Případy, kdy rozdělení sledovaného znaku jakosti neodpovídá normálnímu rozdělení, lze řešit například transformací hodnot nebo nalezením jiného teoretického modelu rozdělení sledovaného znaku.

4.2 Posouzení statistické zvládnutosti procesu

Aby bylo možné hodnotit způsobilost procesu, musí být proces statisticky zvládnutý, to znamená, že variabilita sledovaného znaku jakosti musí být vyvolána pouze působením náhodných příčin. Jedině v tomto případě lze vyhodnotit „pravou“ způsobilost procesu, která charakterizuje jeho přirozené chování a je využitelná k predikci. K ověření statistické zvládnutosti procesu se používají regulační diagramy, které umožňují odlišit změny znaku jakosti vyvolané vymezitelnými příčinami od změn vyvolaných náhodnými příčinami. [zdroj 7]

V případě, že analýza shromážděných údajů pomocí regulačního diagramu vede k závěru, že proces není statisticky zvládnutý, lze postupnou identifikací, analýzou a odstraňováním vymezitelných příčin statistické zvládnutosti procesu dosáhnout.

V případech, kdy proces není statisticky zvládnutý a nejsou k dispozici informace pro analýzu a odstranění vymezitelných příčin, lze pomocí stejných vztahů jako pro výpočet indexů způsobilosti stanovit indexy „výkonnosti procesu s ohledem na dosahovanou jakost“ (proces performance), které však pouze charakterizují momentální chování procesu a nelze je použít k predikci (indexy P_p , P_{pk} , P_{pm} , C_{pm}^* , P_{pmk}). [zdroj 5]

4.3 Výpočet indexů způsobilosti a jejich porovnání s požadovanými hodnotami

V případě, že byla ověřena normalita dat a analyzovaný proces je statisticky zvládnutý, lze podle standardních vztahů vyhodnotit indexy způsobilosti procesu. Nejčastěji se používají index C_p a C_{pk} , které posuzují potenciální a skutečnou schopnost procesu trvale poskytovat výrobky vyhovující tolerančním mezím. V menší míře se zatím uplatňují indexy C_{pm} , C_{pm}^* a C_{pmk} , které navíc posuzují schopnost procesu dosahovat cílové hodnoty sledovaného znaku jakosti. [zdroj 3]

Ve firmě Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. se k vyhodnocení procesu používá:

4.3.1 Index způsobilosti C_p

Index způsobilosti C_p [14] je mírou potenciální schopnosti procesu zajistit, aby sledovaný znak jakosti ležel uvnitř tolerančních mezí. Lze ho stanovit pouze v případech, kdy jsou specifikovány oboustranné toleranční meze. Hodnota indexu C_p je poměrem maximálně přípustné a skutečné variability hodnot znaku jakosti bez ohledu na jejich umístění v tolerančním poli. Index C_p tedy charakterizuje potenciální možnosti procesu dané jeho variabilitou (schopnost sledovaného znaku „vejít se“ do tolerance), ale již nic neříká o tom, jak jsou tyto možnosti ve skutečnosti využity.

$$\text{Počítá se ze vztahu } C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad [14]$$

kde: LSL – dolní toleranční mez,

USL – horní toleranční mez,

σ – směrodatná odchylka.

Skutečná variabilita sledovaného znaku jakosti je vyjádřena hodnotou 6σ , jež v případě normálního rozdělení vymezuje oblast, v níž s pravděpodobností 0,9973 bude ležet každá další hodnota sledovaného znaku jakosti. Hodnota směrodatné odchylky základního souboru většinou není k dispozici, a tak se nahrazuje vhodným odhadem. [zdroj 3]

Ukazatel C_p nezohledňuje nastavení procesu μ (střední hodnota procesu). Podává tedy pouze informaci o tom, čeho je pouze schopen dosáhnout za předpokladu tolerančního pole sledovaného znaku jakosti. [zdroj 1]

4.3.2 Index způsobilosti C_{pk}

Index způsobilosti C_{pk} na rozdíl od indexu C_p zohledňuje nejen variabilitu sledovaného znaku jakosti, ale i jeho polohu vůči tolerančním mezím. Index C_{pk} tedy charakterizuje skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané toleranční meze. Tento index lze počítat jak v případě

jednostranné tolerance s dolní toleranční mezí [15] nebo s horní toleranční mezí [16], tak i v případě oboustranné tolerance [17].

K příslušným výpočtům se využívá vztahů:

- 1) jednostranná tolerance – předpis dolní toleranční meze

$$C_{pk} = C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad [15]$$

- 2) jednostranná tolerance – předpis horní toleranční meze

$$C_{pk} = C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad [16]$$

- 3) oboustranná tolerance – předpis obou tolerančních mezí

$$C_{pk} = \min \left\{ C_{pL} ; C_{pU} \right\} = \min \left\{ \frac{\mu - LSL}{3\sigma} ; \frac{USL - \mu}{3\sigma} \right\} \quad [17]$$

Pro praktické stanovení indexu způsobilosti C_{pk} je třeba kromě odhadu směrodatné odchylky stanovit i odhad střední hodnoty sledovaného znaku. K odhadu směrodatné odchylky se používá některý z výše uvedených vztahů, k odhadu střední hodnoty se používá aritmetický průměr všech hodnot. [zdroj 3]

Na rozdíl od C_p ukazatel C_{pk} již podává informaci o tom, čeho ve skutečnosti proces dosáhl za sledované období. [zdroj 1]

|Příloha 9: Regulační karta k vyhodnocení procesu výroby tlačných pružin|

TABULKA Statistická kontrola procesu

Vnější průměr pružiny $Da = 42,55 \pm 0,4\text{mm}$

42,55	42,55	42,62	42,57	42,56	42,51	42,50	42,58	42,51
42,51	42,58	42,61	42,53	42,58	42,58	42,59	42,57	42,52
42,61	42,51	42,51	42,56	42,53	42,59	42,46	42,56	42,57
42,35	42,49	42,58	42,56	42,52	42,53	42,50	42,64	
42,60	42,59	42,53	42,43	42,55	42,58	42,55	42,49	
42,55	42,58	42,58	42,55	42,49	42,56	42,61	42,46	
42,56	42,51	42,56	42,40	42,63	42,58	42,59	42,50	
42,74	42,53	42,55	42,59	42,60	42,51	42,56	42,51	
42,51	42,58	42,59	42,57	42,59	42,53	42,29	42,50	
42,69	42,56	42,51	42,59	42,56	42,58	42,51	42,58	
42,56	42,56	42,49	42,51	42,61	42,56	42,53	42,59	
42,51	42,49	42,60	42,53	42,49	42,45	42,54	42,58	
42,49	42,59	42,51	42,49	42,45	42,58	42,53	42,56	
42,63	42,56	42,58	42,51	42,55	42,49	42,57	42,58	

Střední hodnota: 42,547

Rozptyl: 0,003

Směrodatná odchylka: 0,055

Maximální hodnota: 42,74

Minimální hodnota: 42,29

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{42,95 - 42,15}{6 \times 0,055} = \mathbf{2,42}$$

$$C_{pk} = \min\left(\frac{42,547 - 42,150}{3 \times 0,055}; \frac{42,950 - 42,547}{3 \times 0,055}\right) = \min(2,40; 2,44) = \mathbf{2,40}$$

Zdroj: Interní informační systém firmy, <http://intra.scherdel.de/guard>

4.3.3 Index způsobilosti C_m a C_{mk}

Tyto ukazatele slouží k posouzení krátkodobé způsobilosti (způsobilost stroje tzv. krátký výběr). Vyhodnocení způsobilosti se proveden na 50 po sobě jdoucích vyrobených kusech.

Tím, že měříme ZA SEBOU, idealizujeme podmínky měření. Minimalizujeme vliv:

- pracovníka – nezmění se podstatně jeho pozornost,
- materiálu – je maximálně homogenní,
- metody – nestihnou se podstatně změnit otáčky, tlaky, časy...,
- prostředí – nestihne se podstatně změnit teplota, tlak, vlhkost...,
- měření – měří jeden člověk jedním měřidlem.

[zdroj 10]

Požadovaná hodnota, pokud není stanoveno jinak, je $C_{mk} > 1,67$

Na základě statistického vyhodnocení z firmy Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. budou porovnány hodnoty indexů způsobilosti C_m a C_{mk} , a bude proveden výpočet dle literatury. Požadovanou hodnotou je síla dílu $F1 = 570 \pm 25N$.

Ověření bude provedeno na základě 50 naměřených hodnot uvedených v následující tabulce, výsledky budou dále porovnány s údaji z firemního softwaru uvedených v příloze.

|Příloha 10: Statistika krátkodobé způsobilosti procesu výroby tlačné pružiny|

TABULKA Krátkodobá způsobilost stroje – síla F1 tlačné pružiny

Síla pružiny F1 = 570 ± 25N

570,56	560,94	565,67	570,84	572,26
572,83	563,50	569,64	573,74	577,94
573,39	578,36	565,85	579,04	569,72
565,61	566,25	574,23	572,25	566,53
563,24	567,03	571,50	569,95	567,43
569,88	573,30	573,98	571,40	568,17
572,65	565,41	571,05	569,96	571,67
569,18	569,31	569,57	563,40	566,96
569,57	566,79	568,38	569,47	566,24
562,60	564,09	572,42	564,91	571,45

střední hodnota	569,402
rozptyl	15,958
směrodatná odchylka	3,995
maximální hodnota	579,04
minimální hodnota	560,94

$$C_m = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{595 - 545}{6 \times 3,995} = \mathbf{2,09}$$

$$C_{mk} = \min\left(\frac{569,4 - 545,0}{3\sigma}; \frac{595 - 569,4}{3\sigma}\right) = (2,04; 2,14) = \mathbf{2,04}$$

Zdroj: Interní informační systém firmy, <http://intra.scherdel.de/guard>

Na základě doporučené literatury je možné k vyhodnocení procesů dále použít:

4.3.4 Index způsobilosti C_{pm}

Index způsobilosti C_{pm} [18] porovnává maximálně přípustnou variabilitu sledovaného znaku jakosti danou šířkou tolerančního pole, s jeho skutečnou variabilitou kolem cílové hodnoty T. Tento index tedy zohledňuje jak variabilitu hodnot sledovaného znaku jakosti, tak míru dosažení

optimální hodnoty. Lze ho stanovit pouze v případě oboustranné tolerance a měl by být používán pouze tehdy, když cílová hodnota leží ve středu tolerančního pole.

Index C_{pm} se počítá podle vztahu:

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6 \times \sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad [18]$$

T = cílová hodnota, v našem případě = 120

$$C_{pm} = \frac{138 - 102}{6 \times 3,349} = 1,79$$

4.3.5 Index způsobilosti C_{pm}^*

Pro případy, kdy cílová hodnota neleží ve středu tolerančního pole nebo je specifikována jednostranná tolerance, je zaveden index C_{pm}^* [19]. Tento index porovnává vzdálenost cílové hodnoty sledovaného znaku od bližší toleranční meze s polovinou skutečné variability sledovaného znaku kolem této cílové hodnoty. Počítá se pomocí vztahu:

$$C_{pm}^* = \min\left(\frac{T - LSL}{3 \times \sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}; \frac{USL - T}{3 \times \sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}\right) \quad [19]$$

V případě, že cílová hodnota leží ve středu tolerančního pole, odpovídá hodnota indexu C_p hodnotě indexu C_{pm} .

4.3.6 Index způsobilosti C_{pmk}

Index způsobilosti C_{pmk} [20] porovnává vzdálenost střední hodnoty sledovaného znaku jakosti k bližší toleranční mezi s polovinou variability znaku kolem cílové hodnoty.

$$C_{pmk} = \min\left(\frac{\mu - LSL}{3 \times \sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}; \frac{USL - \mu}{3 \times \sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}}\right) \quad [20]$$

V případě oboustranné tolerance, kdy se dají stanovit indexy C_p a C_{pm} , lze uvedený vztah převést na tvar:

$$C_{pmk} = \frac{C_{pk} \times C_{pm}}{C_p} = \frac{2,40 \times 1,79}{2,80} = 1,53$$

Index způsobilosti procesu C_{pmk} je tedy v podstatě kombinací některých výše uvedených indexů. Využívá dobrých vlastností indexu C_{pk} , zejména jeho schopnosti ohodnotit, zda hodnoty sledovaného znaku jakosti skutečně leží uvnitř tolerance, které kombinuje s mírou dosažení cílové hodnoty. [zdroj 3]

4.5 Požadavky na způsobilost procesu a možnosti jejího dosažení

Požadavky na způsobilost procesu se většinou vztahují k hodnotě indexu způsobilosti C_{pk} , který charakterizuje reálnou způsobilost udržovat sledovaný znak jakosti v předepsaných tolerančních mezích. Minimální hodnotu indexu C_{pk} , při které je proces považován za způsobilý, se s rozvojem technologií posouvá k vyšším hodnotám. V současné době se proces obvykle považuje za způsobilý v případě, kdy hodnota tohoto indexu způsobilosti dosahuje minimálně hodnoty 1,33 ($C_{pk} > 1,33$). Tato hodnota představuje požadavek, aby střední hodnota sledovaného znaku jakosti ležela ve vzdálenosti nejméně 4δ od tolerančních mezí.

V některých případech se však lze setkat i s přísnějšími požadavky. Například jakost „Six Sigma“, které odpovídá očekávaný výskyt neshodných výrobků na úrovni 3,4 ppm (34 neshodných výrobků z deseti milionů vyrobených), odpovídá hodnotám indexů způsobilosti $C_p = 2, C_{pk} = 1,5$.

V případě zjištění, že proces není způsobilý, je třeba rozlišit případy, kdy nezpůsobilost je dána posunem hodnot vůči středu tolerančního pole ($C_{pk} < 1,33, C_p \geq 1,33$) nebo vysokou variabilitou sledovaného znaku jakosti ($C_{pk} < 1,33, C_p < 1,33$).

4.6 Příčiny nezpůsobilosti procesu

Nezpůsobilost procesu je způsobena špatným seřízením ($C_{pk} < 1,33, C_p \geq 1,33$)

V tomto případě je variabilita sledovaného znaku jakosti dostatečně malá, takže proces je schopen vejít se do tolerance. Této potenciální způsobilosti procesu však není využito, protože proces není vhodně seřízen vůči tolerančním mezím. Pro zajištění způsobilosti procesu stačí proces správně seřídit vůči tolerančním mezím, nejlépe tak, aby střední hodnota sledovaného znaku odpovídala středu tolerance (tehdy hodnoty indexu C_{pk} dosáhne úrovně indexu C_p). V případě, že charakter procesu neumožňuje seřízení, lze způsobilosti, za předpokladu, že hodnota C_{pk} není příliš nízká, dosáhnout i snížením variability.

Nezpůsobilost procesu je způsobena vysokou variabilitou ($C_{pk} < 1,33, C_p < 1,33$).

V tomto případě je variabilita sledovaného znaku jakosti příliš vysoká a proces není schopen zajistit, aby se hodnoty sledovaného znaku jakosti s dostatečnou rezervou vešly do tolerance. K dosažení způsobilosti je nutné snížit variabilitu dosahovaných hodnot, což obvykle vyžaduje buď radikální zásah do technologie, nebo převod výroby na jiné výrobní zařízení. Variabilitu procesu je třeba snížit alespoň na takovou úroveň, aby hodnota indexu C_p byla alespoň 1,33 nebo vyšší. Pak už lze způsobilosti procesu dosáhnout seřízením střední hodnoty sledovaného znaku na střed tolerance. [zdroj 3]

V případě nestabilního procesu musí být o druhu nestability zákazník informován a při každém předložení s ním musí být řešena jednotlivá nápravná opatření. Pokud firma není schopna dosáhnout kritérií přijatelnosti, musí vytvořit nápravná opatření, která budou zahrnovat 100% kontrolu.

5. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo Hodnocení způsobilosti procesu výroby tlačných pružin. Byly porovnány možnosti vyhodnocení procesu dle doporučené literatury s metodami prováděnými ve vybraném podniku v podmínkách automobilového průmyslu.

V rámci odebraných hodnot byly porovnány výsledky zjištěné pomocí firemního software s teoretickým rozbohem. U indexů způsobilosti, které firma využívá pro vyhodnocení procesů, se výsledky shodují.

Také bylo zjištěno, že v literatuře jsou další možnosti vyhodnocení procesu, které firma nevyužívá. Zavedení těchto indexů by mohlo být dalším přínosem pro zkoumání výrobního procesu ve firmě.

Tím, že firma Technické pružiny SCHERDEL, spol. s r.o. během výrobního procesu dohlíží nejen na požadované množství, ale zejména na kvalitu výrobku, je schopna naplňovat a uspokojovat požadavky svých zákazníků. Cílem je dosáhnout co největšího množství výrobků v požadované kvalitě, v co nejkratším čase a za minimální náklady.

Pomocí statistické regulace, kterou se mj. zabývala třetí kapitola, může firma kontrolovat svůj výrobní proces a včas do něj zasáhnout. Zákazník, spokojený se svým dodavatelem je ochoten rozšiřovat spolupráci o další projekty i přesto, že nabízená cena může být oproti konkurenci vyšší.

Data jsou také důležitá v případě, kdy zákazník použije pružinu jako polotovár do svého výrobku a ten pak vykáže odchylku. V tomto případě musí dodavatel doložit na základě zpětné sledovatelnosti, kterou podnik předepsaným způsobem splňuje, že pružina odpovídá požadovaným parametrům. Díky těmto údajům se firma vyhne případné reklamaci.

Podnik může svoji pozici na trhu obhájit a posílit jedině každodenní aplikací procesu neustálého zlepšování ve všech svých činnostech. Prevence je totiž levnější a účinnější než „lčba“ realizovaná např. rozsáhlými výstupními kontrolami, neboť umět předejít konfliktním situacím znamená mít více času na řešení budoucí politiky jakosti a strategie podniku. [zdroj 1]

Použitá literatura:

- [1] FABIAN, F., et al. *Statistické metody řízení jakosti*. 1. vydání. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007. 390 s. ISBN 978-80-02-01897-1.
- [2] KOŽÍŠEK, Jan, STIEBEROVÁ, Barbora. *Management jakosti I*. 3. přepracované vydání. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04568-8.
- [3] NENADÁL, Jaroslav, et al. *Moderní management jakosti*. 1. vydání. Praha: Management Press, 2011. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [4] PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti: Principy, postupy a metody*. 1. vydání. Praha: Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [5] KLÚFA, J. *Ekonomické aspekty statistických přejímek*. Praha, Ekopress 2000. 160 s. ISBN 80-86119-24-6.
- [6] Hejzlarová, Simona. *Aplikace moderních nástrojů řízení jakosti ve vybraném podniku*, bakalářská práce. Masarykova univerzita, ekonomicko-správní fakulta. Brno, 2007.
- [7] TOŠENOVSKÝ, J., NOSKIEVIČOVÁ, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava, Montanex, 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.
- [8] Management Mania. *MSA*. 2011-2013, online.
<https://managementmania.com/cs/measurement-system-analysis>
- [9] TŘEŠTÍK, J., *Vyšetřování způsobilosti měřidla "Metoda R&R"*. 2011, online.
<http://www.trestik.cz/msa-rar>
- [10] CHALOUPKA, J. *Indexy způsobilosti stroje*. 2008-2010, online.
<http://www.chaloupka-kvalita.cz/indexy-zpusobilosti-stroje>
- [11] Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/>

Přílohy:

- 1 – Seznam zkratk
- 2 – Krycí list k uvolnění výrobního procesu nebo produktu
- 3 – Karta ke schvalování dílů do sériové výroby
- 4 – Vývojový diagram procesu výroby tlačné pružiny
- 5 – Výkresová dokumentace tlačné pružiny
- 6 – Data zkušebního plánu pro statistickou kontrolu procesu
- 7 – Doklad o provedení analýzy možného výskytu a vlivu vad
- 8a – Schopnost měřidla při opakovaném měření 10 kusů tlačných pružin třemi pracovníky
- 8b – Schopnost měřidla při opakovaném měření tlačné pružiny jedním pracovníkem
- 9 – Regulační karta k vyhodnocení procesu výroby tlačných pružin
- 10 – Statistika krátkodobé způsobilosti procesu výroby tlačné pružiny

1 – Seznam zkratek

PPAP – Production part approval process (Proces schvalování dílů do sériové výroby)

VDA – Verband der Automobilindustrie (Sdružení automobilového průmyslu)

APQP – Advanced product quality planning (Moderní plánování kvality)

SPC – Statistical process control (Statistická kontrola procesu)

FMEA – Failure mode and effects analysis (Analýza možného výskytu a vlivu vad)

MSA – Measurement system analysis (Analýza systému měření)

IMDS – International material data system (Mezinárodní systém databáze materiálu)

USL – Upper specification limit (Horní toleranční mez)

LSL – Low specification limit (Dolní toleranční mez)

2 – Krcyí list k uvolnĚní výrobního procesu nebo produktu

Deckblatt	<input type="checkbox"/>	Bericht Produktionsprozess- und Produktfreigabe
	<input type="checkbox"/>	DmbA
Absender	Vorlagestufe: _____	
	<input type="checkbox"/>	Erstmusterung
	<input type="checkbox"/>	Neuteil
	<input type="checkbox"/>	Produktänderung (Spezifikationsänderung)
	<input type="checkbox"/>	Produktionsverlagerung
	<input type="checkbox"/>	Änderung von Produktionsprozessen
	<input type="checkbox"/>	Aussetzen der Fertigung länger als 12 Monate
	<input type="checkbox"/>	Werkzeugänderung/-korrektur
	<input type="checkbox"/>	Änderung von Zukaufteilen
	<input type="checkbox"/>	Änderung von Lieferanten
	<input type="checkbox"/>	Sonstige
	<input type="checkbox"/>	Nachmusterung
	<input type="checkbox"/>	Neumusterung
Adresse	<input type="checkbox"/>	Bericht sonstige Muster


Anlagen / Einsichtnahme		
<input type="checkbox"/> 01 Maßprüfung	<input type="checkbox"/> 09 EMV-Prüfung	<input type="checkbox"/> 17 Prüfmittelliste
<input type="checkbox"/> 02 Funktionsprüfung	<input type="checkbox"/> 10 Zuverlässigkeitsprüfungen	<input type="checkbox"/> 18 Prüfmittelfähigkeitsnachweis
<input type="checkbox"/> 03 Werkstoffprüfung	<input type="checkbox"/> 11 Design-FMEA	<input type="checkbox"/> 19 EU-Sicherheitsdatenblatt
<input type="checkbox"/> 04 Haptikprüfung	<input type="checkbox"/> 12 Konstruktionsfreigabe	<input type="checkbox"/> 20 Materialdatenblatt / IMDS
<input type="checkbox"/> 05 Akustikprüfung	<input type="checkbox"/> 13 Prozess-FMEA	<input type="checkbox"/> 21 Transportmittel / Verpackung
<input type="checkbox"/> 06 Geruchsprüfung	<input type="checkbox"/> 14 Prozessablaufdiagramm	<input type="checkbox"/> 22 Zertifikate
<input type="checkbox"/> 07 Aussehensprüfung	<input type="checkbox"/> 15 Produktionslenkungsplan	<input type="checkbox"/> 23 Prozessabnahme
<input type="checkbox"/> 08 Oberflächenprüfung	<input type="checkbox"/> 16 Prozessfähigkeitsnachweis	<input type="checkbox"/> 24 Sonstiges

Lieferant / Produktionsstandort:	Kunde:
Kennnummer / DUNS-Code: 31-578-9453	Kennnummer:
Berichts-Nr.: _____ Index: _____	Berichts-Nr.: _____ Index: _____ vom Kunden wazufüllen
Benennung: Sachnummer: Zeichnungsnummer: Stand/Datum:	Benennung: Sachnummer: Zeichnungsnummer: Stand/Datum:
Lieferschein-Nr./datum:	Wareneingangs-Nr./Datum: vom Kunden wazufüllen
Liefermenge: Chargennummer: Mustergewicht:	Bestellabruf-Nr./Datum: Abladestelle:

Bestätigung Lieferant:	
Hiermit wird bestätigt, daß die Bemusterungen entsprechend dem VDA Band 2 Kapitel 4 durchgeführt worden sind.	
<input checked="" type="checkbox"/> Der IMDS-Datensatz wurde erstellt unter der IMDS-ID-Nr.:	
Name: Abteilung: Telefon: Fax: E-Mail:	Bemerkung:
Datum: _____ Unterschrift: _____	

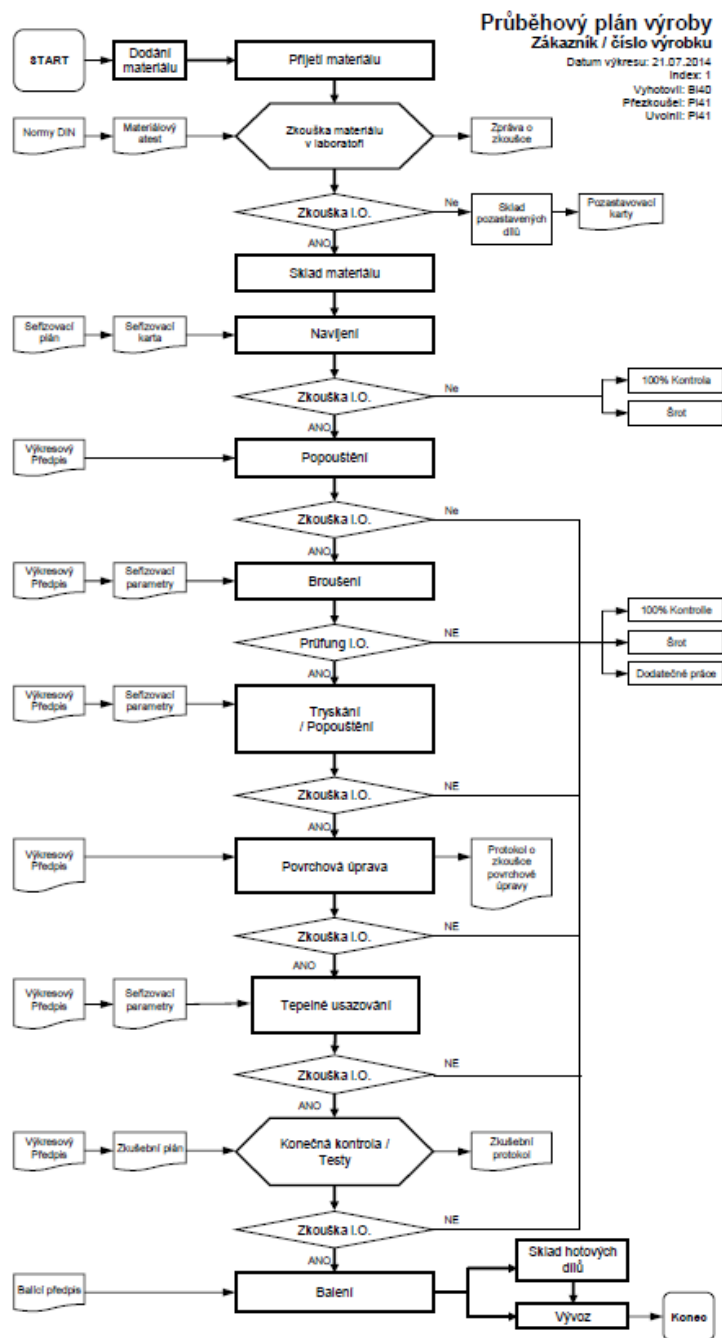
Entscheidung Kunde	gesamt	Einzelfreigaben:																							
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
frei	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
frei mit Auflagen, Nachbem. erforderlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
abgelehnt, Nachbem. erforderlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Abweich-Genehmigung-Nr.:	Gültig bis:	Stückzahl:	Termin für Nachmusterung:																						
bei Rücksendung Lieferschein-Nr./Datum:																									
Name: Abteilung: Telefon: Fax: E-Mail:	Bemerkung:																								
Datum: _____ Unterschrift: _____																									

3 – Karta ke schvalování dílů do sériové výroby

DAIMLER   Part Submission Warrant	
Part Name _____	Cust. Part Number _____
Shown on Drawing Number _____	Orig. Part Number _____
Engineering Change Level _____	Dated _____
Additional Engineering Changes _____	Dated _____
Safety and/or Government Regulation <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No	Purchase Order No. _____ Weight (kg) _____
Checking Aid Number _____	Checking Aid Eng. Change Level _____ Dated _____
ORGANIZATION MANUFACTURING INFORMATION CUSTOMER SUBMITTAL INFORMATION	
Scherdel GmbH Organization Name & Supplier/Vendor Code _____ Customer Name/Division _____	
Scherdelstr. 2 Street Address _____ Buyer/Buyer Code _____	
Marktredwitz 95615 Germany City Region Postal Code Country Application _____	
MATERIALS REPORTING	
Has customer-required Substances of Concern information been reported? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> n/a	
Submitted by IMDS or other customer format: _____ IMDS-ID: _____	
Are polymeric parts identified with appropriate ISO marking codes? <input type="checkbox"/> Yes <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> n/a	
REASON FOR SUBMISSION (Check at least one)	
<input type="checkbox"/> Initial submission <input type="checkbox"/> Engineering Change(s) <input type="checkbox"/> Tooling: Transfer, Replacement, Refurbishment, or additional <input type="checkbox"/> Correction of Discrepancy <input type="checkbox"/> Tooling Inactive > than 1 year	<input type="checkbox"/> Change to Optional Construction or Material <input type="checkbox"/> Sub-Supplier or Material Source Change <input type="checkbox"/> Change in Part Processing <input type="checkbox"/> Parts produced at Additional Location <input type="checkbox"/> Other - please specify _____
REQUESTED SUBMISSION LEVEL (Check one)	
<input type="checkbox"/> Level 1 - Warrant only (and for designated appearance items, an Appearance Approval Report) submitted to customer. <input type="checkbox"/> Level 2 - Warrant with product samples and limited supporting data submitted to customer. <input type="checkbox"/> Level 3 - Warrant with product samples and complete supporting data submitted to customer. <input type="checkbox"/> Level 4 - Warrant and other requirements as defined by customer. <input type="checkbox"/> Level 5 - Warrant with product samples and complete supporting data reviewed at organization's manufacturing location.	
SUBMISSION RESULTS	
The results for <input checked="" type="checkbox"/> dimensional measurements <input checked="" type="checkbox"/> material and functional tests <input type="checkbox"/> appearance criteria <input checked="" type="checkbox"/> statistical process package	
These results meet all design record requirements: <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> NO (If "NO" - Explanation Required)	
Mold / Cavity / Production Process _____	
DECLARATION	
I affirm that the samples represented by this warrant are representative of our parts, which were made by a process that meets all Production Part Approval Process Manual 4th Edition Requirements. I further affirm that these samples were produced at the production rate of ____/____ hours. I also certify that documented evidence of such compliance is on file and available for your review. I have noted any deviation from this declaration below.	
EXPLANATION/COMMENTS: _____	
Is each Customer Tool properly tagged and numbered? <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> n/a	
Organization Authorized Signature _____ Date _____	
Print Name _____ Phone No. _____ Fax No. _____	
Title _____ E-mail _____	
FOR CUSTOMER USE ONLY (IF APPLICABLE)	
PPAP Warrant Disposition: <input type="checkbox"/> Approved <input type="checkbox"/> Rejected <input type="checkbox"/> Other _____	
Customer Signature _____ Date _____	
Print Name _____ Customer Tracking Number (optional) _____	

Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/>

4 - Vývojový diagram procesu výroby tlačné pružiny



Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/Solis>

5 - Výkresová dokumentace tlačné pružiny

		$d = 3,5 \pm 0,03$ mm → max 393 inkl. Beschichtung $D_e = 27,9 \pm 0,3$ mm → max 286 inkl. Beschichtung $D_i = 20,9$ mm $D = 24,4$ mm $(D_o \leq 20,57$ mm) $(D_h \geq 28,69$ mm) $L_0 = 509,9$ mm $L_1 = 328,7$ mm $L_2 = 177,7$ mm $L_n = -$ mm $L_c \leq 153$ mm → max 1704 inkl. Beschichtung $S_h = 151$ mm $F_1 = 450 \pm 15,7$ N $\tau_{k1} = 783$ N/mm ² $F_2 = 825 \pm 19,2$ N $\tau_{k2} = 1435$ N/mm ² $F_n = -$ N $\tau_n = -$ N/mm ² $F_{c th} = 886,4$ N $\tau_c = 1285$ N/mm ² Hubspannung $\tau_{th} = 652$ N/mm ² Federrate $R = 2,483$ N/mm																				
○ Federenden angelegt ⊗ Federenden angelegt und geschliffen ○ Federenden angelegt, geschliffen und 1-2mm eingezogen																						
1	Anzahl der federnden Windungen $n = 41,34$ Gesamtzahl der Windungen $n_t = 43,34$																					
2	Windungsrichtung rechts ⊗ links ○																					
3	Entgraten der Federenden nicht ○ innen ○ gratfrei ⊗ auszen ○																					
4	Arbeitsweg (Hub) $S_h = 151$																					
5	Lastspielfrequenz: $f = 1/s$ Lastspielzahl: $z =$ Prueflastspielzahl: 60.000 LW ⊗ zulaessige Lastspielzahl: 45.000 LW ⊗																					
6	Arbeitstemperaturbereich von -30°C bis $+80^\circ\text{C}$																					
7	Draht- oder gezogen ⊗ Staboberflaeche: gewalzt ○ spitzenlos geschliffen ○ Feder kugelgestrahlt ⊗																					
8	Oberflaechenschutz: 1) 2x Delta Protekt Korrosionsbestaendigkeit DIN EN ISO 9227-NSS 240 h ohne Rotrost, Farbe silber 2) 33 dtex 10 Befloechung komplett, PFT-Impraegnierung Var. 2 Gesamtschichtstaerke $\leq 0,2$ nm																					
9	Werkstoff: Federstahldraht FD-SiCrV hochfest (aehnlich EN 10270-2)																					
13	Zusaetzliche Angaben: Laststabilisierung F_1 , 196h-Test bei $+80^\circ\text{C}$ auf L_0 ; Ermittlung der Federkraefte nach STAB-Spec. 10009856; Pruefdorn $\varnothing 20$ mm; Mindestkraft nach Warmsetztest $F_1 > 412$ N																					
		zulaessige Abweichungen nach DIN 2095 Guefegrad																				
		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>D_e, D_i</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>L_0</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>F_1 bis F_n</td> <td>⊗</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>e_s, e_z</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>		1	2	3	D_e, D_i	○	○	○	L_0	○	○	○	F_1 bis F_n	⊗	○	○	e_s, e_z	○	○	○
	1	2	3																			
D_e, D_i	○	○	○																			
L_0	○	○	○																			
F_1 bis F_n	⊗	○	○																			
e_s, e_z	○	○	○																			
		Draht- oder je nach verwendetem Halbzeug Stab- $\varnothing = 3,5$ nach ... nach EN 10270-2 ○ nach EN 10270-2 ⊗																				
		Fertigungsausgleich durch																				
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>a) wenn eine Federkraft u zugehoerige Laenge vorgeschrieben sind.</td> <td>L_0</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>b) wenn eine Federkraft, die zugehoerige Laenge und L_0 vorgeschrieben sind.</td> <td>n, d</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td></td> <td>n, D_e, D_i</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>c) wenn zwei Federkraefte, und die zugehoerigen Laengen vorgeschrieben sind</td> <td>L_0, n, d</td> <td>⊗</td> </tr> <tr> <td></td> <td>L_0, n, D_e, D_i</td> <td>○</td> </tr> </tbody> </table>	a) wenn eine Federkraft u zugehoerige Laenge vorgeschrieben sind.	L_0	○	b) wenn eine Federkraft, die zugehoerige Laenge und L_0 vorgeschrieben sind.	n, d	○		n, D_e, D_i	○	c) wenn zwei Federkraefte, und die zugehoerigen Laengen vorgeschrieben sind	L_0, n, d	⊗		L_0, n, D_e, D_i	○					
a) wenn eine Federkraft u zugehoerige Laenge vorgeschrieben sind.	L_0	○																				
b) wenn eine Federkraft, die zugehoerige Laenge und L_0 vorgeschrieben sind.	n, d	○																				
	n, D_e, D_i	○																				
c) wenn zwei Federkraefte, und die zugehoerigen Laengen vorgeschrieben sind	L_0, n, d	⊗																				
	L_0, n, D_e, D_i	○																				
		Setzlaenge $L_s = L_c$ mm Prueffedern setzen ⊗ ungesetzt ○ uebrige Federn gesetzt ⊗ ungesetzt ○ liefern warm gespannt ⊗																				

Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/>


6 - Data zkušebního plánu pro statistickou kontrolu procesu

18.03.2015	Data zk.planu					Str. 1
13:37:52						
Identif. číslo : SB401888A1	Identif. označení : Druckfeder					
Cis. PAG/ZL : 7069	PAG/dodavat. : SPC ED HTC 60 NC / 4					
Typ zk. : SPC	Císlo vykresu : C20847-100					
Platnost od : 17.03.2015	Změna vykresu : D26600-107/18.03.2014/					
Platnost do : 00.00.0000	Změna zkus.planu :					
Cis.polesky F	Chyb.charakter.	Zaznam	Zkus.interval	Pocet prijmu	Zkus.urov.	Jednotl. A
Typ ch.	Zkus.charakt.	Status	Kontr.zkus.mnostv	Poc.odmitnuti	Prism.zkous.	Minuty NA
Cis.polesky F	Prid.text					
Misto ch.	Instrukce					
001 609	Länge n. Zeichnungsvorschrift Lo=1010 +- 5,0 mm	variabil. A	04:00:00 5	_____	_____	_____
002 503	Außendurchmesser Da 1zavit= 24,45+- 0,25mm drzet v toleranci+-0,1mm	variabil. A	04:00:00 5	_____	_____	_____
003 503	Außendurchmesser Da 2zavit= 25,00 +- 0,25mm drzet v toleranci+-0,1mm	variabil. A	04:00:00 5	_____	_____	_____
004 602	Abschergrat Federenden gratfrei gratfrei, ohne Werkzeugmarken	Atributiv A	04:00:00 5	_____	_____	_____
001 1		A				_____
005 503	Außendurchmesser Da 3zavit= 25,65 +-0,25mm Drzet v toleranci+0,05/-0,1mm	variabil. A	04:00:00 5	_____	_____	_____
006 503	Außendurchmesser Da 4zavit= 25,00 +-0,25mm Drzet v toleranci+-0,1mm	variabil. A	04:00:00 5	_____	_____	_____
007 503	Außendurchmesser Da 5zavit= 26,55 +- 0,20mm drzet v toleranci+-0,1mm	variabil. A	04:00:00 5	_____	_____	_____

Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/guard>

7 – Doklad o provedení analýzy možného výskytu a vlivu vad

Technické pružiny Scherdel s.r.o. - Průmyslový areál Vysocany - 34802 Bor u Tachova - +420 374 702 111 - +420 374 702 112

	Prozess FMEA	Kunde	Brose	Verfasst von	Bleha Stanislav
		Kundenreferenz	D23942-103	Überprüft von	Riha Jaroslav
		Ansprechpartner	Hr. Pauli	Datum	04.12.2014
		Verantw.	Bleha Stanislav	Index	1.2

D23942-103 - Brose Druckfedern Überwachung der FMEA

Technické pružiny Scherdel s.r.o.

Bor, CZ

Průmyslový areál Vysocany

34802 Bor u Tachova

Telefon

+420 374 702 111

Fax

+420 374 702 112

Website

www.scherdel.de

Verfasst von Bleha Stanislav
--

Überprüft von Riha Jaroslav

Kontrolliert durch

Änderungshistorie

Datum	Index	Verfasst von	Überprüft von	Bemerkung
21.02.2014	1.0	Bleha Stanislav	Riha Jaroslav	
07.06.2014	1.1	Bleha Stanislav	Riha Jaroslav	Neue Sammelzeichnung Index -102 vom 25.6.2014
04.12.2014	1.2	Bleha Stanislav	Riha Jaroslav	Neue Sammelzeichnung Index -103 vom 13.11.2014

8a – Schopnost měřidla při opakovaném měření 10 kusů tlačných pružin třemi pracovníky



Capability study for measurement devices - part 2																	
Repeatability and reproducibility (Gage R&R) with operator influence																	
Plant: TPS Bor	Process:				Name of feature: Force				No of feature:								
Division:	Name of machine:				Nominal dimension: 571,000				Upper limit: 25,000								
Name of parts: Brose	No of machine:				Lower limit: -25,000				Tolerance: 50,000								
Drawing-No: D26600-110	Name of test tool: Test scale				Unit: N												
State of revision: 13.11.2014	No of test tool: P00611																
Manufacturer: Zwick																	
Resolution: 0,1																	
Normal name:			Normal No:			Bias X_M :											
Part No: C25710-101						Name of part: Spring compression											
Feature No:						Feature description: spring compression											
n	X_{A1}	X_{A2}	\bar{X}_A	R_A	X_{B1}	X_{B2}	\bar{X}_B	R_B	X_{C1}	X_{C2}	\bar{X}_C	R_C					
1	573,400	573,110	573,2550	0,2900	573,050	572,710	572,8800	0,3400	572,520	572,700	572,6100	0,1800					
2	577,450	577,650	577,5500	0,2000	576,670	576,040	576,3550	0,6300	577,090	576,620	576,8550	0,4700					
3	580,900	580,320	580,6100	0,5800	580,110	580,300	580,2050	0,1900	579,920	579,490	579,7050	0,4300					
4	575,000	574,930	574,9650	0,0700	574,120	573,050	573,5850	1,0700	572,910	573,410	573,1600	0,5000					
5	577,040	576,690	576,8650	0,3500	576,020	576,030	576,0250	0,0100	575,240	574,910	575,0750	0,3300					
6	568,080	567,700	567,8900	0,3800	567,660	567,540	567,6000	0,1200	567,320	567,430	567,3750	0,1100					
7	564,900	564,470	564,6850	0,4300	564,350	564,130	564,2400	0,2200	563,940	563,900	563,9200	0,0400					
8	584,400	583,960	584,1800	0,4400	583,420	582,960	583,1900	0,4600	582,720	583,040	582,8800	0,3200					
9	566,110	565,450	565,7800	0,6600	564,900	565,040	564,9700	0,1400	565,110	564,920	565,0150	0,1900					
10	574,140	573,570	573,8550	0,5700	573,040	572,670	572,8550	0,3700	572,140	572,130	572,1350	0,0100					
				573,9635	0,3970					573,1905	0,3550						
Repeatability				EV:	0,2983540	Repeatability %EV				3,56 %							
Comparable precision				AV:	0,5665260	Comparable precision %AV				5,80 %							
Test equipment spreading				GRR:	0,6402865	Test equipment spreading %GRR				7,68 %							
Parts spreading				PV:	6,0198710	Parts spreading %PV				72,24 %							
Resolution				-	%RE	0,20 %											
Testing system control				-	%GRR	7,68 %											
Parts spreading				-	%PV	72,24 %											
Number of different measuring classes (ndc)				-	ndc	13											
Overall assessment				%RE <5%: X	>5%:												
				%GRR <=10%: X	>10>20%:	>30%:											
Overall assessment				testing system able				1									
Date: 5.3.2015				Signature: I. A. S. Bleha													

Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/guard>

8b – Schopnost měřidla při opakovaném měření tlačné pružiny jedním pracovníkem



MAK_FB_Werke_Messmittelfähigkeitsuntersuchung Teil 2 SIP

Messmittel-Fähigkeitsuntersuchung Teil 2

Untersuchung der Genauigkeit und Linearität eines Messmittels			
Messmittel:	Druckfederwaage	Messm.-Nr.:	P00611
Kunde:	Brose	Teile.Bez.:	Druckfeder
Einstellmeister (EM):	570	Abmessung d.EM gemäß Zertifikat: (X ₀) =	572,8800
Merkmalsbez.:	Kraft F1	Prüfer:	Marcel
		Toleranzb. (T) =	50,00

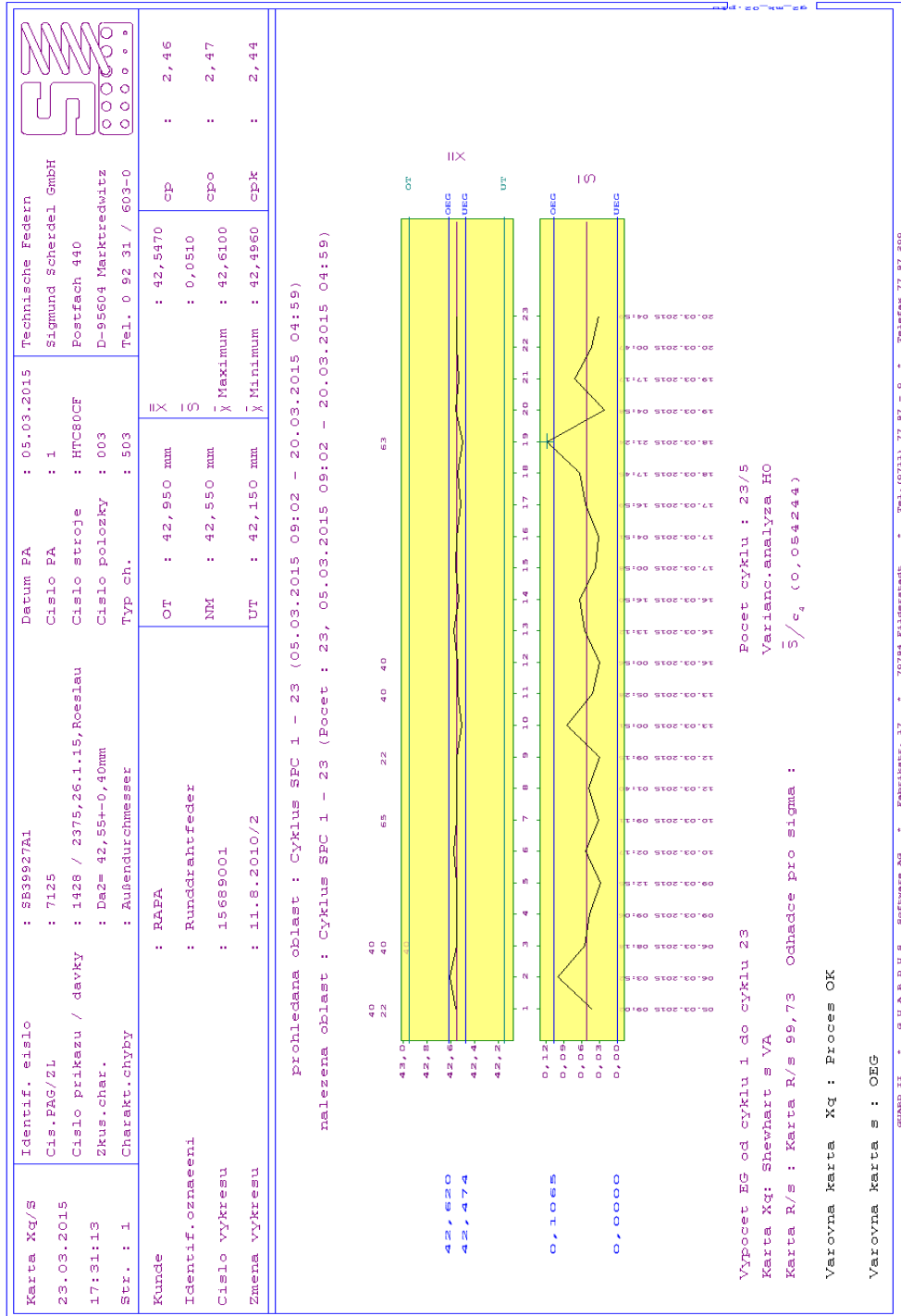
Nr.	Wert	Nr.	Wert	Nr.	Wert	Nr.	Wert	Nr.	Wert
1	572,880	11	571,950	21	571,890	31	572,240	41	571,910
2	572,280	12	572,220	22	571,710	32	572,270	42	572,150
3	572,790	13	572,110	23	571,490	33	572,230	43	572,010
4	572,860	14	571,850	24	571,290	34	572,340	44	571,750
5	572,560	15	571,740	25	571,770	35	572,400	45	571,680
6	572,290	16	571,830	26	572,140	36	572,430	46	571,850
7	571,510	17	571,240	27	571,060	37	572,290	47	571,230
8	571,560	18	571,100	28	572,390	38	572,280	48	571,340
9	571,330	19	571,490	29	571,990	39	572,320	49	571,810
10	571,610	20	572,100	30	572,390	40	572,270	50	571,420

Ergebnis:	Mittelwert des Meßmittels:	571,9528
	Standardabweichung des Meßmittels:	0,4494
$c_g = \frac{0,2 \cdot T}{6 \cdot s}$		
$c_{gk} = \frac{(0,1 \cdot T - (X_g - X_m))}{3 \cdot s} \quad (\text{bei } \bar{X} \geq X_m)$		
	cg =	3,71
$c_{gk} = \frac{(0,1 \cdot T - (X_m - X_g))}{3 \cdot s} \quad (\text{bei } \bar{X} \leq X_m)$		
	cgk =	3,02

Gesamtbeurteilung:			
Fähigkeitsfaktoren (cg und cgk)	cg und cgk > 1.33	cg > 1.0 und cgk < 1.33	cg und cgk < 1.33
Entscheidung:	Meßmittel für dieses Merkmal sehr gut geeignet	Meßmittel fähig, muß jedoch (sofern möglich) nachjustiert werden	Meßmittel nicht fähig und kann somit für dieses Merkmal nicht verwendet werden
Beurteilung der Linearität:	Linearität gegeben:	Ja <input checked="" type="checkbox"/>	Nein <input type="checkbox"/>
Datum:	28.1.2015	Unterschrift:	

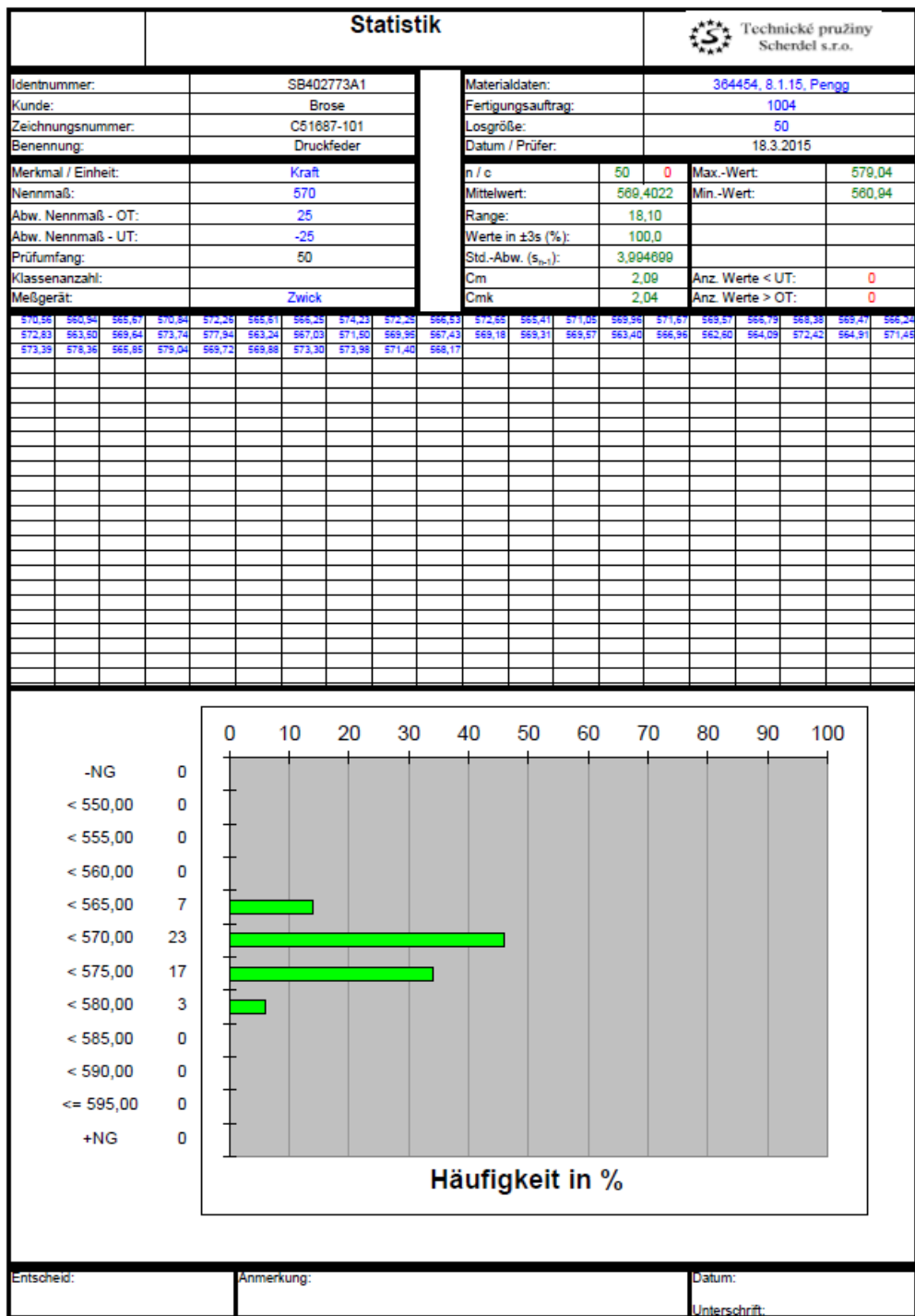
Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/guard>

9 – Regulační karta k vyhodnocení procesu výroby tlačných pružin



Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/guard>

10 – Statistika krátkodobé způsobilosti procesu výroby tlačné pružiny



Zdroj: Interní informační systém firmy SCHERDEL, <http://intra.scherdel.de/guard>