

Způsobilost centra Schaublin pro výrobu nové součásti

Qualification of CNC Schaublin for production a new part

Viktor Pilčík

ABSTRAKT

Z důvodu zahájení výroby nové součásti na CNC stroji Schaublin 33 ve společnosti ZVI Vsetín je mým úkolem ověřit, zda je přesnost stroje v souladu s požadovanou jakostí dle ČSN EN ISO 9001. K tomu dospěji analýzou naměřených dat a vyhodnocením získaných údajů. V případě nezpůsobilosti stroje či procesu navrhnou opatření vedoucí k vytvoření podmínek pro uvedení stroje do bezvadného stavu a eliminaci příčin neshod. Opětovnou analýzou sledovaných dat zjistím schopnost stroje dodržet předepsané hodnoty znaku jakosti a požadované tolerance.

ABSTRACT

From the point of opening production of a new part in the CNC machine Schaublin 33 in the company ZVI Vsetín my task is to check whether the acury of the machine is in conformity with required quality accrding to ČSN EN ISO 9001. I'll reach these by mesured data analysis and evalution of mesured data. In case of disability of the machine, process I'll propose correction action leading to creating conditions for bring the machine in condition without faults and eliminating causes of disagreement. Repeated anlysis of monitoring data I'll find out whether the machine is able to keep prescribet the values of clss quality and products will be in required tolerances.

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Františku Volkovi, CSc. a panu Petru Vyroubalovi za konzultace a rady, které mi věnovali při vypracovávání této práce.

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor. Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně dne 2.6. 2005

.....

Viktor Pilčík

ÚVOD.....	6
I. TEORETICKÁ ČÁST	7
1 ZPŮSOBILOST PROCESU.....	8
1.1 OBSAH PROCESU.....	8
1.2 POUŽITÍ	8
1.3 PŘÍNOSY	9
1.4 PŘÍKLADY APLIKACÍ	9
2 REGULAČNÍ DIAGRAM.....	10
2.1 OBSAH REGULAČNÍHO DIAGRAMU	10
2.2 POUŽITÍ	10
2.3 PŘÍNOSY	10
2.4 APLIKACE.....	11
3 REGULAČNÍ KARTA	12
4 ZJIŠŤOVÁNÍ TECHNICKÉ ZPŮSOBILOST PROCESU.....	13
4.1 POPIS STATISTICKÉ METODY	13
4.2 ROZHODNUTÍ O PROVEDENÍ OVĚŘENÍ ZPŮSOBILOSTI PROCESU.....	13
4.3 SBĚR DAT	14
4.4 VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT.....	14
4.4.1 Výpočet střední hodnoty.....	15
4.4.2 Výpočet směrodatné odchylky	15
4.4.3 Výpočet indexu způsobilosti procesu.....	15
4.5 PODMÍNKY PRO VYHODNOCOVÁNÍ ÚDAJŮ	15
4.6 EVIDENCE O ZPŮSOBILOSTI PROCESU	16
4.7 VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ	16
5 ZJIŠŤOVÁNÍ TECHNICKÉ ZPŮSOBILOSTI STROJE.....	17
5.1 POPIS STATISTICKÉ METODY	17
5.2 ROZHODNUTÍ O PROVEDENÍ OVĚŘENÍ ZPŮSOBILOSTI STROJŮ	17
5.3 SBĚR DAT	18
5.4 VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT.....	19
5.4.1 Výpočet střední hodnoty znaku jakosti	19
5.4.2 Výpočet směrodatné odchylky	19
5.4.3 Výpočet indexu způsobilosti stroje	19
5.5 PODMÍNKY PRO VYHODNOCOVÁNÍ ÚDAJŮ	20
5.6 EVIDENCE O ZPŮSOBILOSTI STROJE	20
5.7 VYUŽITÍ VÝSLEDKŮ	21
II. PRAKTICKÁ ČÁST	22

6	ANALÝZA ZPŮSOBILOSTI STROJE, PROCESU.....	23
6.1	ÚDAJE O VÝROBKU	23
6.2	SBĚR A ZPRACOVÁNÍ DAT	23
6.2.1	Střední hodnoty ze středních hodnot	23
	STŘEDNÍ HODNOTA NÁM DÁVÁ INFORMACI O POLOZE POMYSLNÉHO STŘEDU	
	KOLÍSÁNÍ ZNAKŮ JAKOSTI.	23
6.2.2	Směrodatné odchylky	23
6.2.3	Způsobilost stroje	24
6.2.4	Způsobilost procesu.....	25
6.3	VYHODNOCENÍ INDEXU ZPŮSOBILOSTI STROJE	25
6.4	VYHODNOCENÍ INDEXU ZPŮSOBILOSTI STROJE PO REPASI.....	31
6.5	VYHODNOCENÍ INDEXU ZPŮSOBILOSTI STROJE, PROCESU V DELŠÍM ČASOVÉM OBDOBÍ.....	35
	ZÁVĚR	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	48
	SEZNAM OBRÁZKŮ	49

ÚVOD

Z důvodu zahájení výroby nové součásti na CNC stroji Schaublin 33 ve společnosti ZVI Vsetín je mým úkolem ověřit, zda je přesnost stroje v souladu s požadovanou jakostí dle ČSN EN ISO 9001. K tomu dospěji přezkoumáním požadavků, analýzou naměřených dat a vyhodnocením získaných údajů pomocí statistických metod. V případě nezpůsobilosti stroje či procesu navrhnou po domluvě s vedoucím útvaru Technické přípravy opatření vedoucí k vytvoření podmínek pro uvedení stroje do bezvadného stavu a eliminaci příčin neshod. Opětovnou analýzou sledovaných dat zjistím schopnost stroje dodržet předepsané hodnoty znaku jakosti a požadované tolerance.

Kontrolním výrobkem pro ověření přesnosti stroje je OPTNSBLOCK-POS.14. Pro sledování byly zadány konkrétní rozměry: 76,73-0,4 mm a 50,5-0,4 mm.

Na přání firmy je v textu zobrazen pouze schématický obrázek výrobku. Výrobní postup ani výkresovou dokumentaci k bakalářské práci nepřikládám.

Přehled statistických metod citovaných v této části není úplný ani vyčerpávající a nemá vylučovat možnost použití jakýchkoli dalších metod (statistických nebo jiných).

Měření a analýza výsledků je vypracována dle potřeb a zvyklostí firmy, jenž organizace považuje za přínosné.

Pro urychlení a zjednodušení k analýze použiji program Microsoft Excel.

Pro účely této zprávy se užívají termíny a definice uvedené v ISO 8402, ISO 3534 (všechny části) a ICE 60050.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZPŮSOBILOST PROCESU

1.1 Obsah procesu

Analýza způsobilosti procesu je vyšetřování inherentní variability a rozdělení sledovaného znaku procesu, aby se odhadla schopnost procesu produkovat výstup, který kolísá pouze v rozmezí vymezeném ve specifikacích.

Jsou-li údaje měřitelnými veličinami (výrobku nebo procesu), je inherentní variabilita procesu stanovena jako funkce „rozmezí“ procesu, který je ve staticky zvládnutém stavu, a je obvykle měřená jako šest směrodatných odchylek (6σ) rozdělení procesu. Má-li v procesu sledovaná veličina normální rozdělení („zvonovitý tvar“) potom v tomto rozmezí leží (teoreticky) 99,73% všech hodnot souboru.

Způsobilost procesu může být poměrně snadno vyjádřena jako ukazatel, který uvádí ve vztah skutečnou variabilitu procesu k toleranci dovolené specifikacemi. Široce používaný ukazatel způsobilosti pro kvantitativní znak je „ C_p “, poměr šíře tolerantního pole k 6σ , který je mírou teoretické způsobilosti procesu dokonale centrovaného mezi oběma mezními hodnotami. Jiný široce používaný ukazatel „ C_{pk} “ popisuje skutečnou způsobilost procesu, který může nebo nemusí být centrován. Navrženy byly i další ukazatele způsobilosti, aby se lépe vysvětlila dlouhodobá a krátkodobá variabilita a kolísání kolem zamýšlené cílové hodnoty procesu.

Jsou-li údaje z procesu kvalitativní (např. procento neshodných nebo počet neshod), stanoví se způsobilost procesu jako průměrný podíl neshodných jednotek nebo průměrná intenzita neshod.

1.2 Použití

Analýza způsobilosti procesu se užívá k posouzení schopnosti určitého procesu poskytovat na výstupu výrobky, které důsledně vyhovují specifikacím, a odhadnout očekávané množství neshodných výrobků.

Tento přístup lze aplikovat při posuzování způsobilosti jakékoli části procesu, jako je určitý stroj. Analýzu „způsobilosti stroje“ možno použít například pro hodnocení specifického zařízení nebo pro posouzení jeho příspěvku k celkové způsobilosti procesu.

1.3 Přínosy

Analýzou způsobilosti procesu se posuzuje inherentní variabilita procesu a odhaduje se procento neshodných výrobků, které možno očekávat. To dovoluje organizaci odhadnout náklady na neshodnost a může to pomoci při rozhodování o přístupech ke zlepšování procesu. Stanovením minimálních očekávaných úrovní hodnot ukazatelů způsobilosti může organizace ovlivnit selekci procesů a přístrojů, aby mohla vyrábět přijatelné výrobky.

1.4 Příklady aplikací

Způsobilost procesu se používá ke stanovení zdůvodněných technických specifikací pro vyráběné výrobky tak, že se zaručí kolísání rozměrů součástí s dovolenou tolerancí zabudovanou v sestaveném výrobku. Naopak, jsou-li nutné těsné tolerance, vyžaduje se od výrobků součástí, aby dosáhli specifikovaných úrovní způsobilosti procesu pro zajištění vysoké výtěžnosti a minimálního podílu neshodných jednotek.

K dosažení celkové jakosti a spolehlivosti složitých systémů se pro součásti a úrovně subsystémů někdy používá vysokých hodnot cílové způsobilosti procesu (např. $C_p > 2$).

Analýza způsobilosti strojů se užívá k posouzení schopnosti stroje vyrábět nebo fungovat podle stanovených požadavků. To je užitečné při uskutečňování rozhodnutí týkajících se nákupu nebo opravy.

Výrobci dopravních prostředků-jak pozemních, tak vzdušných-elektroniky, potravin, zařízení pro farmaceutický průmysl a zdravotnictví běžně používají způsobilost procesu jako hlavní kritérium k posouzení smluvních subdodavatelů a výrobků. To výrobci dovoluje minimalizovat přímou kontrolu nakupovaných výrobků a materiálů.

Některé společnosti z výrobní sféry i ze sféry služeb využívají ukazatele způsobilosti procesu k identifikaci potřeb zaměřených na zlepšování procesu nebo k ověření efektivnosti takových zlepšení.

2 REGULAČNÍ DIAGRAM

2.1 Obsah regulačního diagramu

Regulační diagram neboli SPC diagram je graf s údaji získanými z výběrů, které se periodicky odebírají z procesu a graficky znázorňují v časové posloupnosti. Do regulačního diagramu se také zakreslují „regulační meze“, které vymezují inherentní variabilitu procesu, když je ve statisticky zvládnutém stavu. Úlohou regulačních diagramů je pomoci při posuzování stability procesu a to se uskutečňuje porovnáváním zakreslených údajů ve vztahu k regulačním mezím.

Zakreslit se může každý kvantitativní znak (spojitá veličina) nebo kvalitativní znak (diskrétní veličina), který představuje určitý sledovaný znak výrobku nebo procesu.

Regulační diagramy pro diskrétní veličiny obvykle hlídají počet nebo podíl neshodných jednotek nebo počet neshod zjištěných ve výběrech odebraných z procesu.

Obvyklá forma regulačního diagramu pro spojitou veličinu se nazývá „Shewhartův“ regulační diagram. Existují i jiné formy regulačních diagramů, každá s vlastnostmi, které přihlížejí k aplikacím ve zvláštních situacích.

2.2 Použití

Regulační diagram se používá k detekci změn v procesu. Zakreslené údaje, kterými mohou být jednotlivá čtení nebo určité statistiky, jako je např. výběrový průměr, se porovnávají s regulačními mezemi. V nejjednodušším případě zakreslený bod, který padne mimo regulační meze, signalizuje možnou změnu v procesu, obvykle vyvolanou nějakou „vymezitelnou (zvláštní) příčinou“. To upozorňuje na potřebu vyšetřit příčiny čtení, jehož hodnota leží vně regulačních mezí, a, je-li třeba, uskutečnit seřízení procesu. To napomáhá udržet stabilitu procesu a v závěru zlepšit proces.

2.3 Přínosy

Kromě toho, že se údaje stávají názornějšími pro uživatele, usnadňují vlastní interpretaci kolísání procesu tím, že odlišují náhodné kolísání – inherentní rys procesu ve statisticky zvládnutém stavu – od kolísání způsobeného pravděpodobně „vymezitelnými (zvláštními) příčinami“.

2.4 Aplikace

Ve strojírenství se regulační diagramy používají ke snížení zbytečných zásahů do procesu (zbytečné seřizování) tím, že umožňují, aby zaměstnanec odlišil kolísání, které je inherentní procesu, od kolísání, které může být vyvoláno „vymezitelnou (zvláštní) příčinou“.

3 REGULAČNÍ KARTA

Regulační karta obsahuje vždy dva regulační diagramy.

Do jednoho regulačního diagramu (v horní části) se při každé kontrole zakresluje výběrový průměr nebo výběrový medián.

Do druhého regulačního diagramu (v dolní části) se při každé kontrole zakresluje výběrová směrodatná odchylka nebo výběrové rozpětí.

Oba regulační diagramy obsahují regulační meze.

4 ZJIŠŤOVÁNÍ TECHNICKÉ ZPŮSOBILOST PROCESU

4.1 Popis statistické metody

Informace o hodnotách výběrového průměru a výběrové směrodatné odchylky lze využít při zjišťování způsobilosti procesu. Způsobilost procesů označována indexy C_p, C_{pk} .

Index C_p je index schopnosti procesu pro normální rozložení a regulované procesy. Charakterizuje poměr šířky, ve kterém se vyskytují individuální naměřené hodnoty sledovaného znaku jakosti k předepsané toleranci. Předpokládá ideální situaci, kdy střed kolísání splývá se středem tolerancí.

Index C_{pk} je index schopnosti procesu pro normální rozložení a regulovatelné a neregulovatelné procesy. Charakterizuje polohu tohoto pásma vzhledem k toleranční mezi, tedy přesnosti nastavení znaku jakosti k předepsané toleranci. Zohledňuje reálnou hodnotu středu kolísání. Čím vyšší způsobilost, tím více je proces pod kontrolou. Cíle, kterých by se mělo v budoucnu dosahovat.

$$C_p, C_{pk} = 1 \longrightarrow C_p, C_{pk} = 1,33 \longrightarrow C_p, C_{pk} = 1,67$$

4.2 Rozhodnutí o provedení ověření způsobilosti procesu

Ověřování způsobilosti procesu je týmová práce, které se účastní technolog, výrobní mistr a pracovník úseku Řízení jakosti.

V ustanovení musí být zadáno:

- Určení výrobků a zařízení, u kterých se bude ověřování způsobilosti procesu provádět.
- Termín zahájení sběru dat, časový program (harmonogram prací).
- Stanovení jmen odpovědných zaměstnanců za provádění jednotlivých úkonů (činností).
- Předání výsledků – forma, termín odevzdání.

4.3 Sběr dat

Útvar statistiky a spolehlivosti před zahájením ověřování způsobilosti procesu vystaví pro záznamy zjištěných hodnot tiskopis –Statistické hodnocení procesu, na kterém vyplní:

- Číslo součástky.
- Dílna (středisko).
- Číslo operace.
- Prověřovaný znak jakosti (jednotka).
- Počty kusů pro jednotlivá měření.
- Sběr dat (měření kontrolovaných veličin) provádí pracovník úseku Řízení jakosti.

Před zahájením měření provede kontrolu správnosti použitých měřidel a jejich správnost použití dle technologického postupu.

Pracovník provádějící sběr dat (měření) zapisuje naměřené hodnoty do tiskopisu kde uvede:

Jméno pracovníka provádějícího měření.

- Datum měření.
- Použité (předepsané) měřidlo.
- Naměřené hodnoty.
- Počet naměřených kusů.
- V případě potřeby počet neshodných kusů a jejich %.

Pracovník provádějící sběr dat předá po vyplnění a provedení sběru dat tiskopis do útvaru statistiky a spolehlivosti k vyhodnocení.

4.4 Vyhodnocení naměřených dat

Pracovník pověřený statistickým zpracováním dat provede následující výpočty a celkové vyhodnocení zjištění.

4.4.1 Výpočet střední hodnoty

Výpočet střední hodnoty ze středních hodnot - aritmetickou střední hodnotu získá tak, že jednotlivé aritmetické střední hodnoty znaků jakosti sečte a součet vydělí počtem měřených hodnot :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot (\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_i) \quad (1)$$

4.4.2 Výpočet směrodatné odchylky

Výpočet směrodatné odchylky, která představuje míru kolísání (variability) daného znaku jakosti výrobku kolem jeho střední hodnoty a vypočte se ze vztahu:

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{1}{n} (s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_i^2)} \quad (2)$$

4.4.3 Výpočet indexu způsobilosti procesu

Výpočet indexu způsobilosti procesu C_p – ukazatel využití způsobilosti procesu, který se získá dělením tolerančního pole hodnotou kolísání znaku jakosti v tomto poli, která je určena jako šestinásobek s_m vypočtené z hodnot tohoto znaku. Hodnoty TH ,TD získá pracovník z požadavku na jakost dané kontrolní operace.

$$C_p = \frac{TH - TD}{6s_m} = \frac{T}{6s_m} \quad (3)$$

Výpočet indexu využití způsobilosti procesu C_{pk} :

$$C_{pk} = \frac{TH - \bar{x}}{3s_m} \quad C_{pk} = \frac{\bar{x} - TD}{3s_m} \quad (4)$$

Menší hodnota se považuje za kritickou hodnotu indexu C_{pk} .

4.5 Podmínky pro vyhodnocování údajů

Obor hodnot:

- C_p (0, ∞) kladná čísla.

- C_{pk} (- ∞ , ∞) záporná hodnota, 0, kladná čísla.

Pak je-li hodnota C_p i C_{pk} větší než 1.33 - je proces způsobilý pro danou výrobní operaci. Stroj je schopen dodržet předepsané hodnoty znaku jakosti a výrobky budou v požadovaných tolerancích.

C_p i C_{pk} v rozmezí $1 < C_p, C_{pk} < 1.33$ - je proces podmíněně způsobilý pro danou výrobní operaci.

C_p nebo C_{pk} menší než 1 - je proces nezpůsobilý pro danou výrobní operaci. V tomto případě je nutná kontrola všech vyrobených kusů. Je nutné hledat řešení pro zlepšení způsobilosti procesu.

$C_p = C_{pk}$ - je stroj přesně seřízen na střed tolerance

4.6 Evidence o způsobilosti procesu

V případě, že pracovník zjistí statistickým výpočtem, že proces je nezpůsobilý, informuje vedoucího útvaru Technické přípravy výroby a zahájí opětovný sběr dat.

V případě, že i druhé ověření potvrdí nezpůsobilost procesu, předá pracovník podrobnou analýzu výsledků vedoucímu útvaru Technické přípravy výroby, který zajistí nápravu ve své pracovní úrovni.

Zpracované údaje o způsobilosti procesu jsou pro další využití útvarům k dispozici a je možné kdykoliv je využít. Útvar statistiky a spolehlivosti výsledky statistického zpracování archivuje po dobu 10 let ve svém archívu.

4.7 Využití výsledků

Možnost využití:

- Technologie - ověření zvolených podmínek nastavení stroje.
- Řízení jakosti - stanovení četnosti kontrol, kvalita výroby.

5 ZJIŠŤOVÁNÍ TECHNICKÉ ZPŮSOBILOSTI STROJE

5.1 Popis statistické metody

Způsobilost stroje je jeho schopnost vyrábět po seřízení opakovaně shodné výrobky. Kvantitativně se tato schopnost vyjadřuje indexy strojní způsobilosti C_m a C_{mk} , (koeficienty jsou bezrozměrná čísla). K zabezpečení spolehlivé výroby shodných výrobků v mezích požadované tolerance je potřebné, aby indexy způsobilosti u nových strojů měly následující hodnoty:

$$-C_m \geq 1.33.$$

$$-C_{mk} \geq 1.67.$$

Index C_m charakterizuje poměr šířky, ve kterém se vyskytují individuální naměřené hodnoty sledovaného znaku jakosti k předepsané toleranci.

Index C_{mk} charakterizuje polohu tohoto pásma vzhledem k toleranční mezi, tedy přesnosti nastavení znaku jakosti na stroji (seřízení stroje).

Způsobilost stroje se zpravidla zjišťuje :

- Při přejímce nakupovaného stroje.
- Při určení nové součástky ke zpracování na stroji.
- Po provedené generální opravě, rekonstrukci, modernizaci.
- Po uplynutí 2 roků od posledního zjišťování způsobilosti.
- Pro kontrolní zjištění.

5.2 Rozhodnutí o provedení ověření způsobilosti strojů

Ověřování způsobilosti strojů je týmová práce, které se účastní technolog, mechanik, výrobní mistr a pracovník úseku Řízení jakosti.

Týmu musí být zadáno:

- Určení strojů a zařízení, u kterých se bude ověřování způsobilosti provádět.
- Termín zahájení sběru dat, časový program (harmonogram prací).
- Stanovení jmen odpovědných zaměstnanců za provádění jednotlivých úkonů (činností).
- Způsob vyhodnocení a předání výsledků.

5.3 Sběr dat

Útvar Technické přípravy výroby před zahájením ověřování způsobilosti strojů vystaví pro záznamy zjištěných hodnot - Protokol o způsobilosti stroje, na kterém vyplní:

- Číslo protokolu o způsobilosti stroje.
- Název prověřovaného stroje.
- Evidenční číslo stroje.
- Dílna (středisko).
- Číslo operace.
- Prověřovaný znak jakosti (jednotka).
- Počty kusů pro jednotlivá měření (ke zjišťování způsobilosti se obecně požaduje, aby bylo změřeno 30 až 200 ks na stroji vyrobených v souvislém sledu, po sobě).
- Horní a dolní tolerance.

Před zahájením měření provede obsluha stroje kontrolu nastavení stroje, správnosti seřízení, použití správných nástrojů, materiálu apod. dle technologického postupu.

Pracovník úseku Řízení jakosti (zpravidla mezioperační kontroly), odebírá na pracovišti u prověřovaného stroje výrobky a na každém z nich zjišťuje určený znak jakosti.

Pracovník provádějící sběr dat (měření) zapisuje naměřené hodnoty do tiskopisu, kde uvede:

- Jméno pracovníka provádějícího měření.
- Datum měření.
- Použité (předepsané) měřidlo.
- Naměřené hodnoty.
- Počet naměřených kusů.
- Min. a max. naměřená hodnota.
- Rozptyl (max-min) naměřených hodnot.
- Počet neshodných kusů a jejich %.

Při výrobě stanoveného počtu kusů nesmí být prováděny seřizovací zásahy do stroje, neměněny technologické podmínky, jakost a rozměr vstupního materiálu a použité nástroje (výměna opotřebovaného nástroje za nový stejného druhu je možná). Seřízení s ohledem na změnu nebo otočení řezné destičky je přípustné.

Pracovník provádějící sběr dat potvrdí vyplněný tiskopis svým podpisem a předá jej do útvar Technické přípravy výroby k vyhodnocení.

5.4 Vyhodnocení naměřených dat

Pracovník útvar Technické přípravy výroby pověřený statistickým zpracováním dat provede následující výpočty a celkové vyhodnocení zjištění.

5.4.1 Výpočet střední hodnoty znaku jakosti

Střední hodnotu získá tak, že jednotlivé hodnoty znaků jakosti sečte a součet vydělí počtem měřených výrobků:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum x_i \quad (5)$$

5.4.2 Výpočet směrodatné odchylky

Směrodatná odchylka představuje míru kolísání (variability) daného znaku jakosti výrobku kolem jeho střední hodnoty a vypočte se ze vztahu:

$$s_m = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (6)$$

5.4.3 Výpočet indexu způsobilosti stroje

Hodnotu indexu způsobilost stroje, který se získá dělením tolerančního pole hodnotou kolísání znaku jakosti v tomto poli, která je určena jako šestinásobek s_m vypočtené z hodnot tohoto znaku. Hodnoty TH, TD získá pracovník z požadavku na jakost dané výrobní operace.

$$C_m = \frac{TH - TD}{6s_m} = \frac{T}{6s_m} \quad (7)$$

Výpočet tzv. kritické hodnoty indexu způsobilosti stroje:

$$C_{mk} = \frac{TH - \bar{x}}{3s_m}, \quad C_{mk} = \frac{\bar{x} - TD}{3s_m} \quad (8)$$

Menší hodnota se považuje za kritickou hodnotu indexu C_{mk} .

Všechny výsledky pak zapíše do Protokolu o způsobilosti stroje a zároveň vyhodnotí zda je stroj způsobilý pro danou operaci.

5.5 Podmínky pro vyhodnocování údajů

Obor hodnot:

$-C_m (0, \infty)$ kladná čísla.

$-C_{mk} (-\infty, \infty)$ záporná hodnota, 0, kladná čísla.

Pak je-li hodnota C_m i C_{mk} větší než 1.33 - je stroj způsobilý pro danou výrobní operaci. Stroj je schopen dodržet předepsané hodnoty znaku jakosti a výrobky budou v požadovaných tolerancích.

C_m i C_{mk} v rozmezí $1 < C_m, C_{mk} < 1.33$ - je stroj podmíněně způsobilý pro danou výrobní operaci. Výrobky je třeba kontrolovat, existuje-li určité nebezpečí výroby neshodných výrobků (<0.27%).

C_m nebo C_{mk} menší než 1 - je stroj nezpůsobilý pro danou výrobní operaci.

V tomto případě je nutná kontrola všech vyrobených kusů.

$C_m = C_{mk}$ - je stroj přesně seřízen na střed tolerance.

5.6 Evidence o způsobilosti stroje

Pracovník útvar Technické přípravy výroby, který provedl statistický výpočet, zaznamená hodnoty způsobilosti stroje (index C_m a C_{mk}) do popisového pole systému Sysklass a dále do Evidenční karty způsobilosti stroje, kterou předá mechanikovi v jednom vyhotovení.

V případě, že pracovník útvar Technické přípravy výroby zjistí statistickým výpočtem, že stroj je technicky nezpůsobilý, informuje vedoucího útvar Technické přípravy výroby, který iniciuje opakovaný sběr dat a jejich nové vyhodnocení.

V případě, že i druhé ověření potvrdí technickou nezpůsobilost stroje, vedoucí útvar Technické přípravy výroby předá zprávu řediteli výrobního úseku, který zajistí nápravu.

Evidenční údaje o způsobilosti prověřovaných strojů jsou pro další využití útvarům k dispozici:

-U mechanika na Evidenčních kartách.

-V útvaru Technické přípravy v informačním systému Sysklass.

5.7 Využití výsledků

Možnost využití:

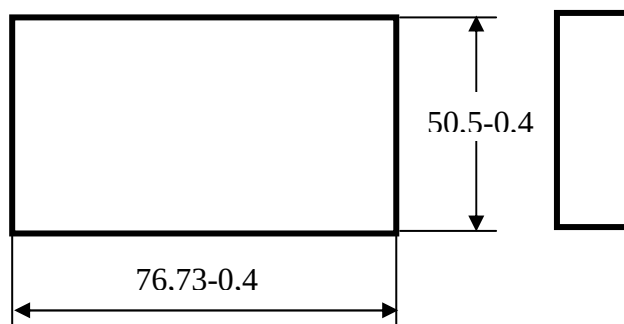
- Technologie - ověření zvolených podmínek nastavení stroje, návrhy vyřazení stroje a nákup nových strojů apod..
- Řízení jakosti - stanovení četnosti kontrol, kvalita výroby.
- Výroba, mechanik - přehled o stavu stroje, plán údržby a oprav, kapacitní plánování.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 ANALÝZA ZPŮSOBILOSTI STROJE, PROCESU

6.1 Údaje o výrobku

Kontrolním výrobkem pro ověření přesnosti stroje je OPTINSBLOCK – POS.14. Pro sledování byly vybrány rozměry 76,73-0,4 mm a 50,5-0,4 mm.



Obr. 1. Schéma kontrolního výrobku.

6.2 Sběr a zpracování dat

Útvar statistiky a spolehlivosti před zahájením ověřování způsobilosti stroje, procesu vystaví pro záznamy zjištěných hodnot tiskopis, ten předá obsluze stroje, která provede sběr dat (měření kontrolovaných veličin). Vyplněný tiskopis předá mně a já statisticky zpracuji a analyzuji naměřené hodnoty. Provedenou analýzu získaných dat z měření graficky znázorním také pomocí histogramu a Gaussovy křivky pro jasné prokázání příčin vyhovujících-nevyhovujících výsledků.

6.2.1 Střední hodnoty ze středních hodnot

Střední hodnota nám dává informaci o poloze pomyslného středu kolísání znaků jakosti.

6.2.2 Směrodatné odchylky

Představují míru kolísání daného znaku jakosti výrobku kolem jeho střední hodnoty.

6.2.3 Způsobilost stroje

Neodstranitelné kolísání hodnot znaku jakosti způsobují různí činitelé:

- Výrobní prostředek.
- Nástroj.
- Zpracovávaný materiál.
- Soustředění obsluhy,...

Při posuzování způsobilosti stroje je nutné maximálně omezit vliv všech výše uvedených činitelů (100% zkontrolovaný materiál, odpočatá a proškolená obsluha, nový nástroj,...).

Obsluha stroje proměří zadanou hodnotu na sto výrobcích, ta se zapíše do dvou tiskopisů pro padesát výrobků. Měření bude probíhat denně po dobu dvou měsíců.

Z naměřených hodnot vypočítám střední hodnoty ze středních hodnot a směrodatné odchylky, které využiji při výpočtu způsobilosti stroje C_m - ukazatel, který předpokládá ideální situaci, kdy střed kolísání splývá se středem tolerancí a využití způsobilosti stroje C_{mk} - ukazatel, který zohledňuje reálnou hodnotu středu kolísání.

Stroj je způsobilý (stroj je schopen dodržet předepsané hodnoty znaku jakosti a výrobky budou v požadovaných tolerancích), když $C_m > 1,33$, způsobilost stroje využijeme, když $C_{mk} > 1,33$ (menší hodnota se považuje za kritickou hodnotu indexu C_{mk}).

Způsobilost stroje musí být vždy vyšší než způsobilost procesu.

Bude-li zjištěna nízká způsobilost stroje, je nutno hledat řešení pro její zvýšení:

- Novým komplexním přístupem k údržbě strojů a zařízením.
- Rozšířením preventivní údržby (četnost, rozsah).
- Střední, generální oprava.
- Nákup nového stroje.

6.2.4 Způsobilost procesu

Za výše uvedených podmínek a postupů výpočtu index způsobilosti procesu C_p - ukazatel, který předpokládá ideální situaci, kdy střed kolísání splývá se středem tolerancí a indexu využití způsobilosti procesu C_{pk} – ukazatel, který zohledňuje reálnou hodnotu středu kolísání.

Proces je způsobilý (stroj je schopen dodržet předepsané hodnoty znaku jakosti a výrobky budou v požadovaných tolerancích), když $C_p > 1,33$, způsobilost procesu využijeme, když $C_{pk} > 1,33$ (menší hodnota se považuje za kritickou hodnotu indexu C_{pk}).

Čím vyšší způsobilost, tím více je proces „pod kontrolou“.

6.3 Vyhodnocení indexu způsobilosti stroje

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílna : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota : 76,73	Max. hodnota : 76,73	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum : Odběr vzorků : 50 ks	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 76,33	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949		

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	76,38	76,69	76,59	76,70	76,68	76,68	76,45	76,55	76,53	76,51		
	2	76,68	76,65	76,61	76,49	76,56	76,52	76,51	76,45	76,62	76,51		
	3	76,40	76,61	76,47	76,50	76,51	76,45	76,53	76,55	76,54	76,48		
	4	76,35	76,45	76,68	76,53	76,51	76,53	76,65	76,42	76,55	76,54		
	5	76,45	76,48	76,50	76,54	76,41	76,68	76,52	76,55	76,52	76,55		
$\bar{x}$	76,452	76,576	76,570	76,552	76,534	76,572	76,532	76,504	76,552	76,518			
s	0,119	0,095	0,076	0,076	0,088	0,092	0,065	0,057	0,035	0,025			
s = 0,073	s max = 0,119	s min = 0,025	$\bar{x}$ = 76,536	x max = 76,576	x min = 76,452								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{0,437} = 0,915$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,19}{0,219} = 0,887$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{\bar{x}} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,21}{0,219} = 0,944$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota $C_{mk} = 0,887$

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

Hodnota $C_{mk} = 0,89$

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☐ ANO ☒ NE

NEVYHOVUJE

Obr. 2. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, prvních 50 kusů. Způsobilost stroje 76-nevyhovuje2.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílna : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota : 76,73	Max. hodnota : 76,73	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum : Odběr vzorků : 50 ks	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 76,33	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949		

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	76,42	76,69	76,59	76,70	76,70	76,68	76,45	76,55	76,49	76,51		
	2	76,68	76,65	76,61	76,49	76,56	76,52	76,42	76,45	76,62	76,60		
	3	76,40	76,61	76,50	76,42	76,60	76,45	76,53	76,55	76,54	76,48		
	4	76,69	76,45	76,68	76,53	76,51	76,53	76,65	76,42	76,55	76,55		
	5	76,45	76,48	76,50	76,54	76,41	76,68	76,52	76,55	76,52	76,55		
$\bar{x}$	76,528	76,576	76,576	76,536	76,556	76,572	76,514	76,504	76,544	76,538			
s	0,129	0,095	0,069	0,092	0,096	0,092	0,080	0,057	0,043	0,041			
s = 0,079	s max = 0,129	s min = 0,041	$\bar{x}$ = 76,544	x max = 76,576	x min = 76,504								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{0,476} = 0,840$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,19}{0,238} = 0,779$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{\bar{x}} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,21}{0,238} = 0,900$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota $C_{mk} = 0,779$

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

Hodnota $C_{mk} = 0,78$

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☐ ANO ☒ NE

Obr. 3. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, druhých 50 kusů. Způsobilost stroje 76-nevyhovuje.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílňa : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota :	Max. hodnota : 50,5	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 50,1	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949	Datum :	
				Odběr vzorků : 50 ks	

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou

převzaty z karty sběru naměřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	50,15	50,20	50,47	50,46	50,47	50,18	50,47	50,45	50,49	50,44		
	2	50,15	50,12	50,30	50,21	50,48	50,14	50,32	50,30	50,22	50,23		
	3	50,41	50,48	50,17	50,30	50,44	50,19	50,23	50,19	50,20	50,26		
	4	50,42	50,45	50,16	50,14	50,25	50,20	50,22	50,32	50,42	50,39		
	5	50,45	50,21	50,42	50,19	50,19	50,22	50,45	50,22	50,49	50,48		
$\bar{x}$	50,316	50,292	50,304	50,260	50,366	50,186	50,338	50,296	50,364	50,360			
s	0,136	0,145	0,126	0,113	0,121	0,027	0,106	0,091	0,128	0,099			
s = 0,109	s max = 0,145	s min = 0,027	$\bar{x}$ = 50,308	x max = 50,366	x min = 50,186								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{0,655} = 0,611$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,19}{0,327} = 0,586$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{\bar{x}} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,21}{0,327} = 0,636$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota $C_{mk} = 0,586$

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

NEVYHOVUJE

Hodnota $C_{mk} = 0,59$

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☐ ANO ☒ NE

Obr. 4. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4 mm, prvních 50 kusů. Způsobilost stroje 50-nevyhovuje.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílna : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota :	Max. hodnota : 50,5	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum :	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 50,1	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949	Odběr vzorků : 50 ks	

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou

převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	50,12	50,20	50,47	50,46	50,47	50,18	50,47	50,45	50,49	50,44		
	2	50,15	50,12	50,30	50,21	50,48	50,14	50,32	50,30	50,22	50,23		
	3	50,41	50,48	50,17	50,19	50,45	50,16	50,23	50,12	50,19	50,26		
	4	50,40	50,44	50,16	50,15	50,25	50,21	50,22	50,48	50,40	50,39		
	5	50,45	50,21	50,42	50,19	50,19	50,22	50,45	50,22	50,49	50,48		
$\bar{x}$	50,306	50,290	50,304	50,240	50,368	50,182	50,338	50,314	50,358	50,360			
s	0,141	0,143	0,126	0,112	0,123	0,030	0,106	0,136	0,130	0,099			
s = 0,114	s max = 0,143	s min = 0,030	$\bar{x}$ = 50,306	x max = 50,368	x min = 50,182								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{0,687} = 0,583$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,19}{0,343} = 0,565$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{\bar{x}} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,21}{0,343} = 0,600$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota $C_{mk} = 0,565$

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

NEVYHOVUJE

Hodnota $C_{mk} = 0,57$

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☐ ANO ☒ NE

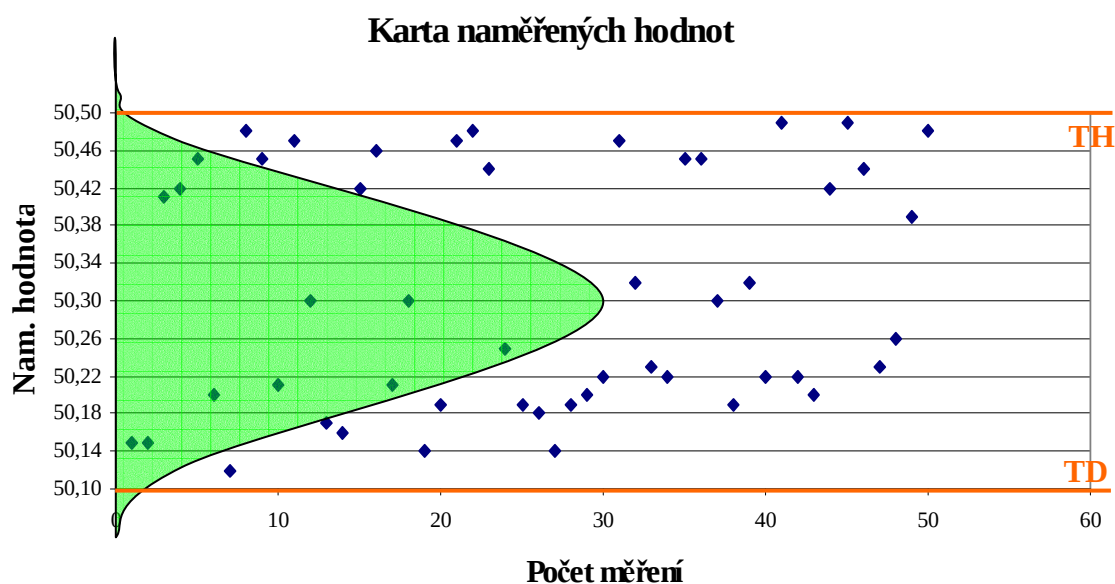
Obr. 5. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4 mm, druhých 50 kusů. Způsobilost stroje 50-nevyhovuje2.xls

Provedené sledování dat při výrobě popsané součástí a dosažené výsledky prokázaly nezpůsobnost stroje – indexy C_m a C_{mk} byly pod hranici 1,33.

-Indexy C_{mk} pro rozměr 76,73-0,4mm: 0,78 a 0,89.

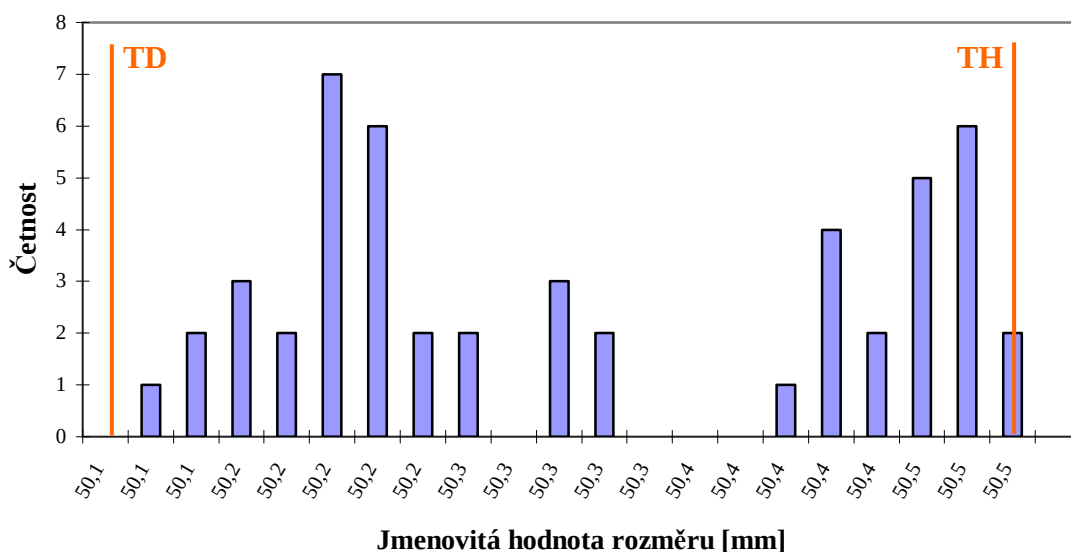
-Indexy C_{mk} pro rozměr 50,5-0,1mm: 0,59 a 0,57.

Provedená analýza získaných dat z měření a její názorné grafické znázornění jasně prokazuje příčinu nevyhovujících výsledků. Vyráběná součást je vyráběna v rámci tolerančního pole rozměrů, ale dochází k tomu, že hodnoty jsou plně rozmístěny po tolerančním poli. Při použití výpočtu a znázornění tzv. Gaussovy křivky v ideálním zvonovitém tvaru se dostává jasného zobrazení, že naměřené hodnoty jsou mimo pole křivky a nemají tendenci v závislosti na počtu měření jejich hranic dosáhnout.



Obr. 6. Grafické vyhodnocení naměřených hodnot pomocí Gaussovy křivky.

Pro další znázornění je také možno použít histogramu, který nám dá informaci o rozložení realizovaných hodnot znaku jakosti. Při pohledu na histogram je patrné, že nelze dosáhnout zvonovitého tvaru propojení vrcholových bodů histogramu.



Obr. 7. Grafické vyhodnocení naměřených hodnot pomocí histogramu.

Výsledky způsobilosti stroje jsou pod přípustnou hranicí. Na základě systémových nástrojů komplexního řízení jakosti (TQM) nemá smysl tyto data vyhodnocovat na způsobilost výrobního procesu.

O nezpůsobilosti stroje jsem informoval vedoucího útvaru Technické přípravy výroby a zahájil opětovný sběr dat. I druhé ověření potvrdilo nezpůsobilost procesu. Podrobnou analýzou výsledků vedoucím útvaru Technické přípravy výroby bylo navrženo provést opravu – repasi – stroje. Po opravě stroje provést opětovné vyhodnocení způsobilosti stroje.

Na opravu frézovacího centra byla vybrána firma, která se zabývá opravou výrobních strojů a zařízení. Dále je držitelem platných certifikátů o provedených auditech dle norem ČSN EN ISO řady 9001÷9004.

Výrobní stroj byl po opravě řádně usazen do výrobní haly, bylo provedeno odborné zapojení a začala probíhat zkušební výroba. V rámci zaběhnutí stroje začal opětovný sběr dat na uvedených rozměrech a jejich vyhodnocení dle popsanych postupů.

6.4 Vyhodnocení indexu způsobilosti stroje po repasi

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílna : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota :	Max. hodnota : 76,73	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum :	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 76,33	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949	Odběr vzorků : 50 ks	

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou

převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	76,56	76,55	76,57	76,53	76,54	76,54	76,55	76,53	76,50	76,51		
	2	76,53	76,50	76,51	76,54	76,51	76,54	76,53	76,53	76,51	76,53		
	3	76,54	76,52	76,56	76,44	76,52	76,54	76,54	76,54	76,54	76,52		
	4	76,56	76,52	76,52	76,55	76,54	76,57	76,50	76,52	76,50	76,52		
	5	76,53	76,47	76,53	76,54	76,52	76,53	76,52	76,50	76,48	76,53		
$\bar{x}$	76,544	76,512	76,538	76,520	76,526	76,544	76,528	76,524	76,506	76,522			
s	0,014	0,026	0,023	0,040	0,012	0,014	0,017	0,014	0,020	0,007			
s = 0,019	s max = 0,040	s min = 0,007	$\bar{x} = 76,526$	x max = 76,544	x min = 76,506								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{0,112} = 3,565$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{0,056} = 3,629$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{\bar{x}} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{0,056} = 3,501$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota $C_{mk} = 3,5$

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

VYHOVUJE

Hodnota $C_{mk} = 3,50$

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

Obr. 8. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, prvních 50 kusů. Způsobilost stroje 76-vyhovuje.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílna : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota :	Max. hodnota : 76,73	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum :	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 76,33	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949	Odběr vzorků : 50 ks	

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou převzaty z karty sběru naměřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	76,55	76,55	76,57	76,53	76,54	76,54	76,55	76,53	76,50	76,51		
	2	76,53	76,50	76,51	76,54	76,55	76,54	76,55	76,53	76,51	76,53		
	3	76,52	76,52	76,57	76,44	76,52	76,54	76,54	76,54	76,55	76,52		
	4	76,56	76,52	76,52	76,55	76,54	76,57	76,53	76,52	76,53	76,52		
	5	76,53	76,47	76,53	76,54	76,52	76,53	76,52	76,50	76,53	76,53		
$\bar{x}$	76,538	76,512	76,540	76,520	76,534	76,544	76,538	76,524	76,524	76,522			
s	0,015	0,026	0,025	0,040	0,012	0,014	0,012	0,014	0,017	0,007			
s = 0,018	s max = 0,040	s min = 0,007	$\bar{x}$ = 76,530	x max = 76,544	x min = 76,512								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{0,110} = 3,651$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{0,055} = 3,659$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{\bar{x}} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{0,055} = 3,644$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota $C_{mk} = 3,64$

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

Hodnota $C_{mk} = 3,64$

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

VYHOVUJE

Obr. 9. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, druhých 50 kusů. Způsobilost stroje 76-vyhovuje2.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílna : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota :	Max. hodnota : 50,5	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum :	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 50,1	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949	Odběr vzorků : 50 ks	

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	50,30	50,31	50,32	50,32	50,30	50,28	50,30	50,34	50,25	50,28		
	2	50,29	50,27	50,28	50,29	50,29	50,31	50,32	50,30	50,22	50,34		
	3	50,38	50,38	50,30	50,30	50,32	50,38	50,26	50,28	50,33	50,28		
	4	50,28	50,39	50,28	50,30	50,30	50,32	50,29	50,32	50,29	50,39		
	5	50,33	50,27	50,33	50,29	50,32	50,29	50,34	50,29	50,30	50,32		
$\bar{x}$	50,300	50,318	50,302	50,300	50,306	50,300	50,302	50,300	50,306	50,278	50,318		
s	0,069	0,065	0,020	0,011	0,012	0,021	0,027	0,022	0,036	0,036			
s = 0,032	s max = 0,065	s min = 0,011	$\bar{x}$ = 50,300	x max = 50,340	x min = 50,278								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{6 \cdot 0,193} = 2,083$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{3 \cdot 0,098} = 2,089$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{x} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{3 \cdot 0,098} = 2,859$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota C_{mk} = 2,089

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

Hodnota C_{mk} = 2,089

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

VYHOVUJE

Obr. 10. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4 mm, prvních 50 kusů. Způsobilost stroje 50-vyhovuje.xls

Obr. 11. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4 mm, druhých 50 kusů. Způsobilost stroje 50-vyhovuje2.xls

Indexy způsobilosti stroje vykazovaly značné zvýšení od prvních vyhodnocení u rozměru:

-Indexy C_{mk} pro rozměr 73,73-0,4mm: 3,50 a 3,64.

-Indexy C_{mk} pro rozměr 50,5-0,4 mm: 2,01 a 2,69.

Velikost vypočtených indexů je nad požadovanou hranicí 1,33.

Z důvodu zjištění, zda provedená oprava byla trvalým přínosem pro výrobu a zlepšení jakosti bylo provedeno sledování v delší časové ose.

Časové období jsem navrhl na dobu 3 měsíců s intervalem vyhodnocení 2krát týdně.

Vzhledem k dosaženým výsledkům způsobilosti stroje bude také provedena analýza způsobilosti procesu a její vyhodnocení.

6.5 Vyhodnocení indexu způsobilosti stroje, procesu v delším časovém období

Obr. 12. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr $76,73-0,4$ mm , prvních 50 kusů. Způsobilost stroje 76-vyhovuje I.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílna : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota :	Max. hodnota : 76,73	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 76,33	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949	Datum :	
				Odběr vzorků : 50 ks	

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou

převzaty z karty sběru naměřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	76,58	76,58	76,57	76,53	76,56	76,52	76,53	76,53	76,50	76,51		
	2	76,53	76,50	76,53	76,58	76,51	76,52	76,53	76,50	76,52	76,53		
	3	76,60	76,59	76,58	76,58	76,52	76,52	76,53	76,58	76,54	76,52		
	4	76,58	76,53	76,52	76,53	76,54	76,53	76,50	76,52	76,50	76,52		
	5	76,53	76,53	76,53	76,54	76,58	76,53	76,52	76,50	76,58	76,53		
$\bar{x}$	76,542	76,560	76,548	76,538	76,536	76,524	76,518	76,532	76,508	76,528			
s	0,019	0,028	0,029	0,007	0,022	0,008	0,007	0,022	0,020	0,006			
s = 0,015	s max = 0,024	s min = 0,007	x = 76,538	x max = 76,542	x min = 76,508								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{0,090} = 4,44$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{0,054} = 3,70$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{x} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{0,054} = 3,70$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota $C_{mk} = 3,70$

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

VYHOVUJE

Hodnota $C_{mk} = 3,70$

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

Obr. 13. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm , druhých 50 kusů. Způsobilost stroje 76-vyhovuje I2.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílna : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota : 50,5	Max. hodnota : 50,5	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum : Odběr vzorků : 50 ks	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 50,1	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949		

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou převzaty z karty sběru naměřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	50,31	50,31	50,32	50,32	50,30	50,31	50,30	50,34	50,25	50,29		
	2	50,30	50,27	50,30	50,29	50,29	50,31	50,32	50,30	50,22	50,34		
	3	50,32	50,33	50,30	50,30	50,32	50,32	50,29	50,28	50,32	50,29		
	4	50,29	50,32	50,28	50,30	50,30	50,32	50,29	50,32	50,29	50,32		
	5	50,33	50,27	50,33	50,29	50,32	50,29	50,34	50,30	50,30	50,32		
$\bar{x}$	50,310	50,300	50,306	50,300	50,306	50,310	50,308	50,308	50,276	50,312			
s	0,014	0,025	0,017	0,011	0,012	0,011	0,019	0,020	0,036	0,019			
s = 0,019	s max = 0,036	s min = 0,011	$\bar{x}$ = 50,304	x max = 50,312	x min = 50,276								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{6 \cdot 0,012} = 3,583$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{3 \cdot 0,056} = 3,518$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{\bar{x}} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{3 \cdot 0,056} = 3,647$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota $C_{mk} = 3,518$

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

Hodnota $C_{mk} = 3,52$

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

VYHOVUJE

Obr. 14. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4 mm, prvních 50 kusů. Způsobilost stroje 50-vyhovuje I.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílňa : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota : 50,5	Max. hodnota : 50,5	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum : Odběr vzorků : 50 ks	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 50,1	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949		

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou

převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	50,31	50,29	50,32	50,32	50,30	50,31	50,30	50,34	50,25	50,31		
	2	50,30	50,34	50,30	50,30	50,29	50,31	50,32	50,30	50,22	50,27		
	3	50,32	50,29	50,30	50,32	50,32	50,32	50,30	50,30	50,32	50,33		
	4	50,29	50,32	50,29	50,30	50,30	50,32	50,29	50,32	50,29	50,32		
	5	50,33	50,32	50,33	50,29	50,32	50,29	50,34	50,30	50,30	50,27		
$\bar{x}$	50,310	50,300	50,308	50,306	50,306	50,310	50,310	50,312	50,276	50,312			
s	0,014	0,025	0,015	0,012	0,012	0,011	0,018	0,016	0,036	0,019			
s = 0,018	s max = 0,036	s min = 0,011	$\bar{x}$ = 50,305	x max = 50,312	x min = 50,276								

Výpočet hodnot C_m a C_{mk} normálního rozložení

$$C_m = \frac{T}{6 \cdot s} = \frac{0,40}{0,107} = 3,735$$

$$C_{mk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{0,054} = 3,642$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{\bar{x}} - DMZ}{3 \cdot s} = \frac{0,20}{0,054} = 3,829$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{mk}

Menší hodnota $C_{mk} = 3,642$

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

Hodnota $C_{mk} = 3,64$

Je hodnota C_{mk} větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

VYHOVUJE

Obr. 15. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4 mm, druhých 50 kusů. Způsobilost stroje 50-vyhovuje I2.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílňa : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota :	Max. hodnota : 76,73	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 76,33	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949	Datum : Datum odběru vzorků :	

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou

převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	76,53	76,51	76,49	76,54	76,52	76,51	76,49	76,51	76,49	76,52		
	2	76,52	76,48	76,52	76,52	76,53	76,52	76,49	76,48	76,45	76,53		
	3	76,52	76,53	76,50	76,52	76,49	76,53	76,52	76,45	76,50	76,47		
	4	76,50	76,53	76,47	76,52	76,51	76,54	76,50	76,53	76,48	76,51		
	5	76,47	76,53	76,48	76,51	76,55	76,53	76,49	76,53	76,48	76,55		
$\bar{x}$	76,508	76,516	76,492	76,522	76,520	76,526	76,498	76,500	76,480	76,516			
s	0,021	0,020	0,017	0,010	0,020	0,010	0,012	0,031	0,017	0,027			
s = 0,018	s max = 0,031	s min = 0,010	$\bar{x}$ = 76,508	$\bar{x}$ max = 76,526	$\bar{x}$ min = 76,480								

Výpočet hodnot C_p a C_{pk} normálního rozložení

$C_p = \frac{T}{6 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,40}{0,117} = 3,405$	$\hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4} = \frac{0,018}{0,94} = 0,020$
$C_{pk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,22}{0,059} = 3,783$	an = 0,94 pro n = 5
$C_{pk} = \frac{\bar{x} - DMZ}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,18}{0,059} = 3,027$	

V úvahu se bere menší hodnota C_{pk}

Menší hodnota C_{pk} = 3,027

Posouzení indexu způsobilosti procesu

Index způsobilosti procesu musí být větší než 1,33

Hodnota C_{pk} = 3,03

VYHOVUJE

Je hodnota C_{pk} větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

Obr. 16. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti procesu pro rozměr 76,73-0,4 mm, prvních 50 kusů. Způsobilost procesu 76-vyhovuje2.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílňa : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota : 76,73	Max. hodnota : 76,73	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum : Datum odběru vzorků :	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 76,33	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949		

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou

převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	76,49	76,51	76,49	76,54	76,52	76,54	76,49	76,51	76,49	76,52		
	2	76,45	76,48	76,46	76,52	76,53	76,52	76,45	76,48	76,46	76,53		
	3	76,52	76,49	76,50	76,53	76,47	76,53	76,52	76,49	76,50	76,47		
	4	76,50	76,53	76,47	76,52	76,51	76,54	76,50	76,53	76,47	76,51		
	5	76,47	76,53	76,48	76,51	76,55	76,53	76,47	76,53	76,48	76,55		
$\bar{x}$	76,486	76,508	76,480	76,524	76,516	76,532	76,486	76,508	76,480	76,516			
s	0,024	0,020	0,014	0,010	0,027	0,007	0,024	0,020	0,014	0,027			
s = 0,019	s max = 0,027	s min = 0,007	$\bar{x}$ = 76,504	$\bar{x}$ max = 76,532	$\bar{x}$ min = 76,480								

Výpočet hodnot C_p a C_{pk} normálního rozložení

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,40}{0,120} = 3,331 \quad \hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{a_n} = \frac{0,019}{0,94} = 0,020$$

$$C_{pk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,23}{0,060} = 3,770 \quad a_n = 0,94 \text{ pro } n = 5$$

$$C_{pk} = \frac{\bar{x} - DMZ}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,17}{0,060} = 2,891$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{pk}

Menší hodnota C_{pk} = 2,891

Posouzení indexu způsobilosti stroje

Index způsobilosti stroje musí být větší než 1,33

VYHOVUJE

Hodnota C_{pk} = 2,89

Je hodnota C_{pk} větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

Obr. 17. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti procesu pro rozměr 76,73-0,4 mm, druhých 50 kusů. Způsobilost procesu 76-vyhovuje.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílna : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota :	Max. hodnota : 50,5	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor Datum :	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 50,1	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949	Datum odběru vzorků :	

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou

převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	50,31	50,31	50,32	50,32	50,30	50,31	50,30	50,34	50,25	50,29		
	2	50,30	50,27	50,30	50,29	50,29	50,31	50,32	50,30	50,22	50,34		
	3	50,32	50,33	50,30	50,30	50,32	50,32	50,29	50,28	50,32	50,29		
	4	50,29	50,32	50,28	50,30	50,30	50,32	50,29	50,32	50,29	50,32		
	5	50,33	50,27	50,33	50,29	50,32	50,29	50,34	50,30	50,30	50,32		
$\bar{x}$	50,310	50,300	50,306	50,300	50,306	50,310	50,308	50,308	50,276	50,312			
s	0,014	0,025	0,017	0,011	0,012	0,011	0,019	0,020	0,036	0,019			
s = 0,019	s max = 0,036	s min = 0,011	x = 50,304	x max = 50,312	x min = 50,276								

Výpočet hodnot C_p a C_{pk} normálního rozložení

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,40}{0,119} = 3,368 \quad \hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4} = \frac{0,019}{0,94} = 0,020$$

$$C_{pk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,20}{0,059} = 3,307 \quad c_4 = 0,94 \text{ pro } n = 5$$

$$C_{pk} = \frac{\bar{x} - DMZ}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,20}{0,059} = 3,428$$

V úvahu se bere menší hodnota C_{pk}

Menší hodnota $C_{pk} = 3,307$

Posouzení indexu způsobilosti procesu

Index způsobilosti procesu musí být větší než 1,33

VYHOVUJE

Hodnota $C_{pk} = 3,31$

Je hodnota C_{pk} větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

Obr. 18. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti procesu pro rozměr 50,5-0,4 mm, prvních 50 kusů. Způsobilost procesu 50-vyhovuje.xls

Číslo stroje : 1	Označení stroje : Schaublin 33	Výrobce : Macho	Rok výroby : 1983	Dílňa : 8210	List číslo : 1 Listů celkem : 1
Č. součástky : Z 220 200-000	Jmenovitá hodnota :	Max. hodnota : 50,5	Název operace : Výroba kostky	Vyhodnotil : Pilčík Viktor	
Materiál : Fe 12050.2	Tolerance : 0,4	Min. hodnota : 50,1	Měřidlo : pos. dig. měrka 252 949	Datum :	
				Datum odběru vzorků :	

Tabulka naměřených hodnot hodnoty jsou

převzaty z karty sběru nameřených hodnot

číslo měř.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Vzorek čís.	1	50,31	50,29	50,32	50,32	50,30	50,31	50,30	50,34	50,25	50,31		
	2	50,30	50,34	50,30	50,30	50,29	50,31	50,32	50,30	50,22	50,27		
	3	50,32	50,29	50,30	50,32	50,32	50,32	50,30	50,30	50,32	50,33		
	4	50,29	50,32	50,29	50,30	50,30	50,32	50,29	50,32	50,29	50,32		
	5	50,33	50,32	50,33	50,29	50,32	50,29	50,34	50,30	50,30	50,27		
$\bar{x}$	50,310	50,312	50,308	50,306	50,306	50,310	50,310	50,312	50,276	50,300			
s	0,014	0,019	0,015	0,012	0,012	0,011	0,018	0,016	0,036	0,025			
s = 0,018	s max = 0,036	s min = 0,011	x = 50,305	x max = 50,312	x min = 50,276								

Výpočet hodnot Cp a Cpk normálního rozložení

$$C_p = \frac{T}{6 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,40}{0,114} = 3,511 \quad \hat{\sigma} = \frac{\bar{s}}{c_4} = \frac{0,018}{0,94} = 0,019$$

$$C_{pk} = \frac{HMH - \bar{x}}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,20}{0,057} = 3,423 \quad c_4 = 0,94 \text{ pro } n = 5$$

$$C_{pk} = \frac{\bar{x} - DMZ}{3 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{0,20}{0,057} = 3,599$$

V úvahu se bere menší hodnota Cpk

Menší hodnota Cpk = 3,423

Posouzení indexu způsobilosti procesu

Index způsobilosti procesu musí být větší než 1,33

VYHOVUJE

Hodnota Cpk = 3,42

Je hodnota Cpk větší než 1,33 ? ☒ ANO ☐ NE

Obr. 19. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti procesu pro rozměr 50,5-0,4 mm, druhých 50 kusů. Způsobilost procesu 50-vyhovuje2.xls

Po době 3 měsíců byla provedena analýza získaných výsledků způsobilosti stroje:

-Indexy C_{mk} Pro rozměr 76,73-0,4mm: 3,83 a 4,39.

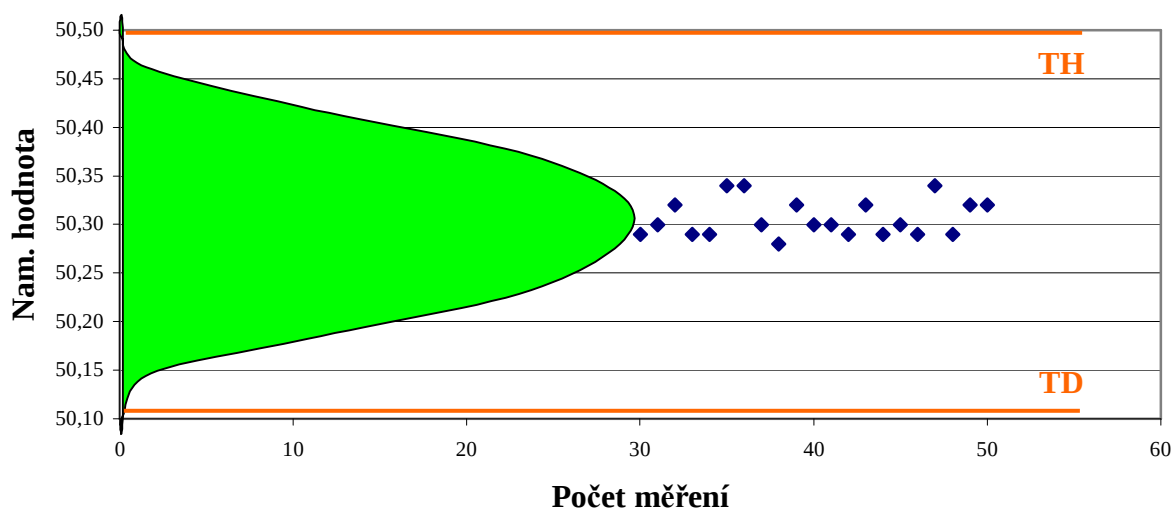
-Indexy C_{mk} pro rozměr 50,5-0,1mm: 3,52 a 3,64.

Analýza získaných výsledků způsobilosti procesu:

-Indexy C_{pk} pro rozměr 76,73-0,4 mm: 3,03 a 3,83

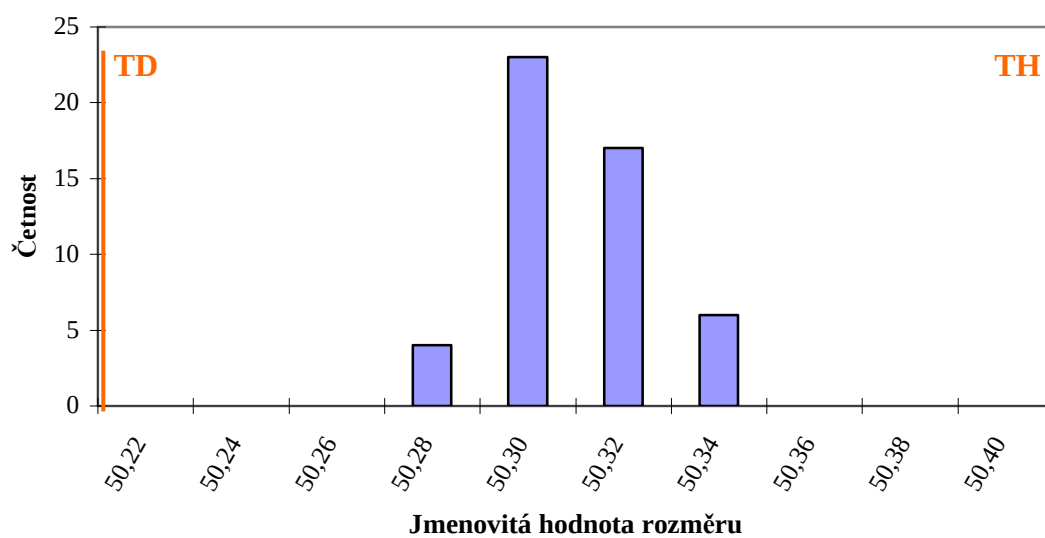
-Indexy C_{pk} pro rozměr 50,5-0,4 mm: 3,31 a 3,42.

Výpočtem a následným grafickým znázorněním ideálního tvaru Gaussovy křivky a analýzou získaných dat je zcela patrné, že naměřené hodnoty jsou ve velmi úzkém poli oblasti středního rozměru. V závislosti na počtu měření je možné vyslovit prognózu, že hodnoty budou i nadále obsaženy v poli křivky.



Obr. 20. Grafické vyhodnocení naměřených hodnot pomocí Gaussovy křivky.

Při dalším znázornění rozložení naměřených hodnot v histogramu je zcela patrné dosažení zvonovitého tvaru propojení vrcholových bodů.



Obr. 21. Grafické vyhodnocení naměřených hodnot pomocí histogramu.

ZÁVĚR

Na základě provedené analýzy dat a vyhodnocení indexů způsobilosti stroje byla provedená oprava stroje oprávněná.

Indexy způsobilosti stroje C_{mk} byly před opravou v pásmu nevyhovující hranice pod 1,33. Po opravě se zvýšily nad hodnotu 1,33 a po dlouhodobém sledování se dostaly v průměru na hranici 3,85, což statisticky vyjadřuje téměř trojnásobek požadované úrovně.

Index způsobilosti procesu C_{pk} u provedené analýzy poskytnutých výsledků měření dosáhl v průměru 3,16, což ukazuje, že provedenou opravou nebyl zlepšen jen stav a způsobilost stroje, ale i zároveň došlo ke zvládnutí výrobního procesu po dobu celé pracovní směny.

Nedošlo k výskytu odchylky od tvaru Gaussovy křivky, což znamená nepřítomnost nežádoucí „nenáhodnosti“.

Repasí stroje se optimalizovaly náklady na jakost (náklady na prevenci, náklady na sledování). Nyní je možno převést na toto zařízení výrobu dalších součástí vyžadujících vyšší přesnost.

Metoda vede k poznání současného stavu výrobních zařízení a umožňuje v budoucnosti rozvahu nutné investice do obnovy strojního parku.

Z tohoto příkladu plyne, jak lze metodu nástroje komplexního řízení jakosti (TQM) aplikovat i při sledování ostatních výrobních strojů a linek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Bureš J. *Nástroje řízení jakosti pro každého*. Praha: Q-Systém, 1998.
- [2] Bureš J. *Sedm nástrojů řízení jakosti*. Praha: Q-Systém, 1993.
- [3] Bureš J. *Statistika pro konzultanty*. Praha: Q-Systém, 1995.
- [4] Bureš J. *Statistická regulace*. Praha: Q-Systém, 1994.
- [5] Bureš J. *Moderní metody řízení jakosti (FMEA, FTA, QFD)*. Praha: Q-Systém, 1993.
- [6] Boháč M. *Statistická přejímka* : QualiSys, 1995.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

C_m	Index způsobilosti stroje.
C_{mk}	Index využití způsobilosti stroje.
C_p	Index způsobilosti procesu.
C_{pk}	Index využití způsobilosti procesu.
x_i	Hodnota znaku jakosti pro i-tý výrobek
$\bar{x}$	Střední hodnota ze středních hodnot znaku jakosti.
$\bar{x}_i$	Aritmetická střední hodnota znaku jakosti pro i-tý výrobek
n	Celkový počet měření.
$\bar{s}$	Směrodatná odchylka.
s_i	Empirická standardní odchylka.
T	Toleranční pole.
TH	Horní toleranční mez.
TD	Dolní toleranční mez.
Σ	Součet.
6σ	Inherentní variabilita procesu
TQM	Komplexní řízení jakosti (Total Quality Managment).

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Schéma kontrolního výrobku.....	23
Obr. 2. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, prvních 50 kusů	26
Obr. 3. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, druhých 50 kusů	28
Obr. 4. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4 mm, prvních 50 kusů	29
Obr. 5. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4 mm, druhých 50 kusů	30
Obr. 6. Grafické vyhodnocení naměřených hodnot pomocí Gaussovy křivky	31
Obr. 7. Grafické vyhodnocení naměřených hodnot pomocí histogramu	32
Obr. 8. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, prvních 50 kusů	33
Obr. 10. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, druhých 50 kusů	34
Obr. 11. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4 mm, druhých 50 kusů	35
Obr. 12. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4mm, druhých 50 kusů	36
Obr. 13. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, prvních 50 kusů	38
Obr. 14. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 76,73-0,4 mm, druhých 50 kusů	39
Obr. 15. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4mm, prvních 50 kusů	40
Obr. 16. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti stroje pro rozměr 50,5-0,4mm, druhých 50 kusů	41
Obr. 16. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti procesu pro rozměr 76,73-0,4 mm, prvních 50 kusů	42
Obr. 17. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti procesu pro rozměr 76,73-0,4 mm, druhých 50 kusů	43

Obr. 18. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti procesu pro rozměr 50,5-0,4 mm, prvních 50 kusů	44
Obr. 19. Formulář pro vyhodnocení způsobilosti procesu pro rozměr 50,5-0,4 mm, druhých 50 kusů	45
Obr. 20. Grafické vyhodnocení naměřených hodnot pomocí Gaussovy křivky	46
Obr. 21. Grafické vyhodnocení naměřených hodnot pomocí histogramu	47