

HODNOCENÍ PRODUKTU POMOCÍ INDEXŮ ZPŮSOBILOSTI PROCESU SVOČ – FST 2019

Bc. Kristián Dominik Hladký
Západočeská univerzita v Plzni,
Univerzitní 8, 306 14, Plzeň
Česká republika

ABSTRAKT

Práce zkoumá metodiky výpočtu indexů způsobilosti procesu dle odborné literatury, zákazníka a dodavatele a porovnává je mezi sebou. Na vybraném komponentu Worm Housing je provedeno vzorkování, měření obrobků a vypočítání indexů podle odlišných metodik. Pro výpočty byl vytvořen vlastní program automaticky zpracovávající výsledky a vyhodnocující rozdíly dosažených výsledků u různých metodik v podobě odhadované zmetkovitosti výroby. Na základě zjištěných výsledků jsou navržena nápravná opatření pro zákazníka a pro výrobu dodavatele.

KLÍČOVÁ SLOVA

C_{pk} , histogram, index způsobilosti procesu, konfidenční interval, kvalita, MSA, normální rozdělení, obrábění, ppm, statistické řízení výroby, Worm Housing, zmetkovitost

ÚVOD

Snahou průmyslového inženýra by mělo být porozumění podniku a jeho vazbám a zlepšovat výkonnost podniku jako celku. Pod zvyšováním výkonnosti může každý nacházet jiný předmět zájmu. Oddělení výroby si pod tímto pojmem pravděpodobně představí zvýšený počet vyrobených jednotek. Kvalitáři tomu zřejmě porozumí jako výroba bez zmetků či nutných přepracování. Úsek účetnictví by si zvýšení výkonnosti spojil zejména s růstem ziskovosti produktu. Procesní inženýrství by nejraději zrychlovalo čas přestavby linky. A určitě existuje ještě mnoho jiných představ.

Pokud by každý řešil pouze své nastavené cíle, určitě by dříve či později jednotlivé oddělení naráželo na cíle jiného oddělení, neboť by v některých případech šly zájmy proti sobě. Celková výkonnost podniku by tak mohla dokonce i klesat. Proto je třeba sledovat, jak zamýšlené akce průmyslového inženýra ovlivní funkčnost podniku jako celku a tím i jeho celkovou výkonnost.

Dnešní metody průmyslového inženýrství dokáží simulovat a hodnotit plánované zlepšovací zásahy z jednotlivých úhlů pohledů, ale také integrovaně. Tato práce si klade za jeden z cílů prozkoumat možnosti zvýšení výkonnosti podniku pomocí zaměření se na cíle oddělení kvality, zejména skrze zajištění povolené zmetkovitosti z důvodu neshodného vstupního materiálu, avšak stále s ohledem na celkovou funkčnost a výkonnost podniku.

Proto vzniklo mnoho různě nákladných metod pro řízení kvality a jednou z nich je také statistická metoda pro hodnocení produktu pomocí indexů způsobilosti procesů, která ověřuje plánovanou zmetkovitost. V současné době v automobilovém průmyslu je tato metoda velmi rozšířená a používána naprostou většinou dodavatelů. Protože automobilový trh je velmi globalizovaný a tato metoda hojně využívána, existují různé přístupy k této metodě dle specifických požadavků zákazníka. Mezi dodavateli a jejich zákazníky se tak prezentují určité výsledky plánované zmetkovitosti, které dodavatel spočítá podle vlastních interních směrnic.

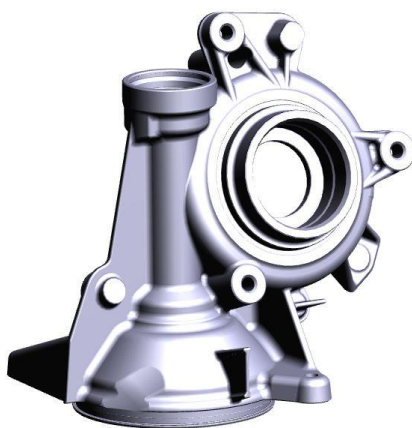
Hlavním cílem této práce je porovnání deklarovaných hodnot indexů způsobilosti procesu s předepsanými hodnotami. K tomu bude využito technické specifikace zákazníka, metodické příručky zákazníka, interní metodické směrnice, samotné deklarované hodnoty od dodavatele a odborná literatura pro statistické metody a řízení kvality. To vše se zaměřením zejména na automobilový průmysl.

PRODUKT WORM HOUSING

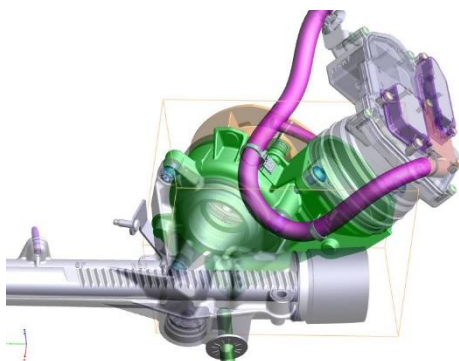
Produkt Worm Housing (dále jako WH), viz obr. 1, lze přeložit jako skříň šnekového převodu a v této práci bude řešen typ pro řízení s elektrickým pastorkovým posilovačem, zkráceně P-EPS, pro nový projekt již stávajícího

zákazníka. Pro lepší představu je na obr. 2 zobrazena v podobě 3D modelu celá sestava systému řízení P-EPS. V sestavě je zelenou barvou zvýrazněn právě výrobek WH. WH v sestavě funguje, jak je již z názvu patrné, jako skříň šnekového převodu, což znamená, že ve WH je uložen šnek a kolo s hřídelí. K jedné přírubě WH je namontován motor, který při impulzu z řídicí jednotky automobilu vyvíjí posilovací moment na šneka a šnek přenáší požadovaný moment na kolo v druhé přírubě, skrz které prochází hřídel. Hřídel je spojena s pastorkem, který mění rotační pohyb na posuvný pohyb hřebenové tyče. Ta je dále spojena s předními těhlicemi u kol a umožňuje tak ovládání vozidla.

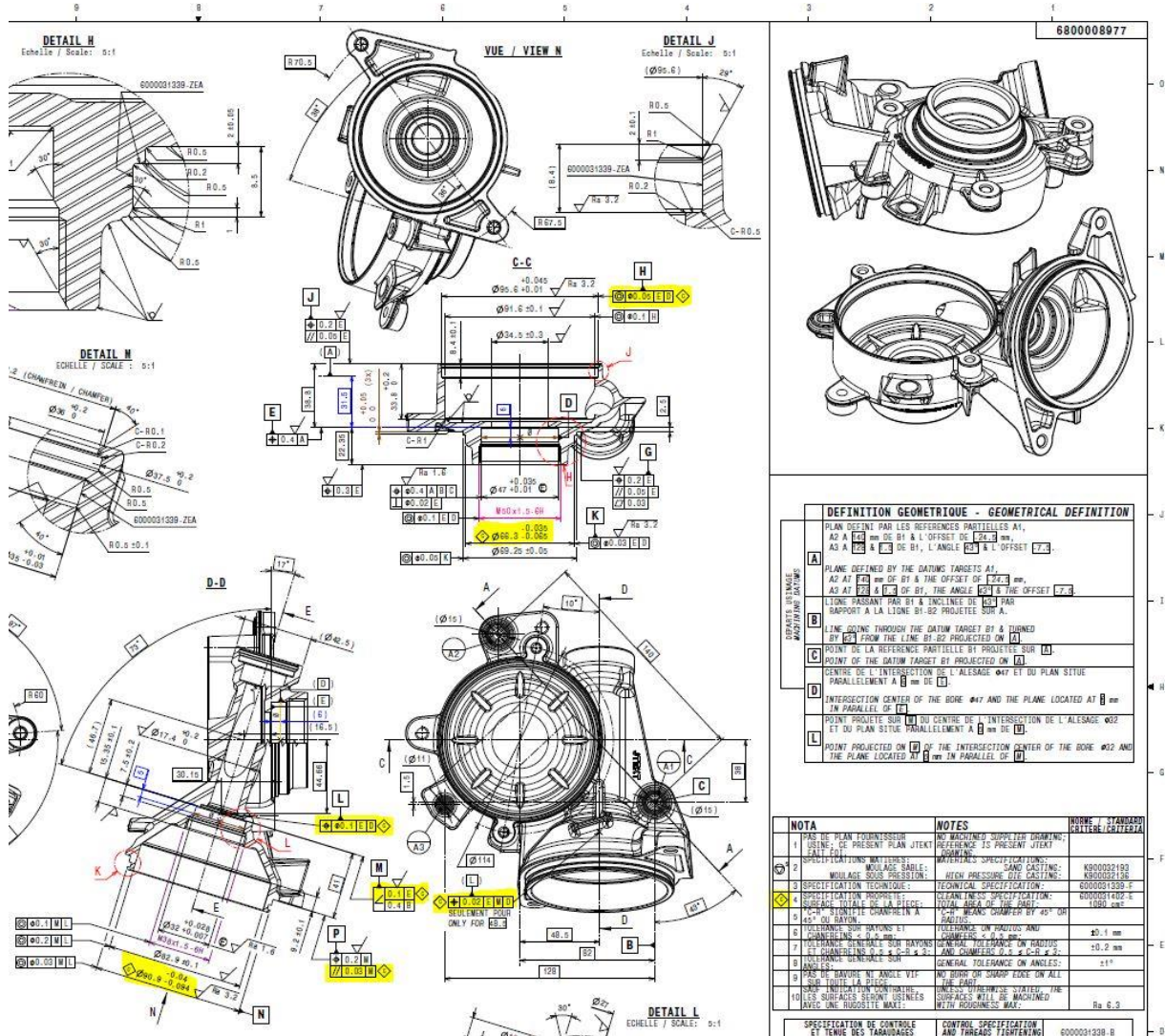
Postup výroby WH pro typ P-EPS probíhá u současného dodavatele v několika krocích. Nejprve je vysokotlakým odléváním vyroben odlitek. K tomu se využívá hliníkové slitiny AlSi9Cu3(Fe), která se řadí mezi tzv. siluminy a má vhodné slévárenské vlastnosti. Pro odlití se používá rámová forma s vyměnitelnou vložkou o dvou kavitách. Dále je výrobek zchlazen ve vodě a založen do ostříhovacího nástroje. Po ostřížení dochází k apretaci, tzv. otryskání ocelovými kuličkami v rotačních bubnech. Po apretaci následuje nejdůležitější proces, a to obrábění na 5 osém CNC stroji firmy Chiron s jedním stolem, dvěma upínači a dvěma vřeteny. Po obrobení zbývá již jen chemické mytí ve vanové pračce a následná vizuální kontrola, předepsané měření a balení do vratných plastových beden. Všechny tyto procesy jsou prováděny automatizovaně, kromě přepravy mezi jednotlivými pracovišti, vizuální kontroly, některého měření a balení. Pro následné řešení této práce bude použit 2D výkres obrobku a jeho sedm kritických znaků jakosti, viz obr. 3.



Obrázek 1: 3D model komponentu Worm Housing. [1]



Obrázek 2: Detail systému řízení P-EPS. WH je zvýrazněn zelenou barvou. [2]



Obrázek 3: Podžlucené kritické znaky jakosti komponentu WH označené symbolem C
Podrobněji znaky jakosti viz tabulka 2. [3]

POROVNÁNÍ VÝPOČTŮ U DODAVATELE, ZÁKAZNÍKA A ODBORNÉ LITERATURY

Oproti postupům dodavatele požaduje odborná literatura jiné postupy výpočtu a zejména tak požaduje směrnice společnosti JTEKT, kterou se má dodavatel správně řídit. Společnost JTEKT zde vystupuje jako zákazník, který nakupuje obrobek komponentu WH. Nalezené rozdíly z průběhu auditu jsou souhrnně zobrazeny v tabulce 1. Je důležité zdůraznit, že nestačí jen srovnat vzorce pro výpočet indexů způsobilosti procesu. Vzorce jsou vlastně jen jakýmsi vrcholem dané metodiky zjištění správných indexů a i přes to, že by existovala shoda ve vzorcích, ještě to nemusí nutně znamenat dosažení stejného výsledku indexu. Jak vyjmenovává za důležité prvky odborná literatura, tak je i složena tabulka 1 pro porovnání.

Dále si lze v tabulce 1 povšimnout dvou sloupců zhodnocení. Prvním zhodnocením je srovnání jednotlivých prvků mezi směrnicí společnosti JTEKT a odbornou literaturou. Toto zhodnocení je provedeno z důvodu ověření relevantnosti jednotlivých požadavků ve směrnici společnosti JTEKT, která požaduje jejich dodržování dodavatelem. Dalším zhodnocením je srovnání směrnice společnosti JTEKT a dodavatele.

Z těchto zhodnocení lze odvodit, že směrnice společnosti JTEKT vychází z odborné literatury a liší se spíše u diskutabilních prvků, což znamená, že požadavky z takovéto směrnice přenášené na dodavatele jsou zcela relevantní a v pořádku. Naopak, dle zjištěných poznatků, dodavatel se ve způsobu výpočtu indexů způsobilosti procesu a dodržení různých předpokladů pro výpočet výrazně liší. Z této rozdílnosti však nelze rozhodnout, zda vypočtené indexy dodavatelem jsou tak rozdílné, že by nespĺňovaly požadované hodnoty zákazníka. Lze zatím

pouze konstatovat, že výpočty a předpoklady výpočtu u dodavatele nejsou ve shodě s požadavky směrnice společnosti JTEKT. Nadále by tedy bylo vhodné ověřit, jaký vliv má tato rozdílná metodika na konečné výsledky indexů způsobilosti procesu a jak moc se liší deklarované výsledky od dodavatele s výsledky předepsanými, tedy indexy vypočítanými ve shodě s požadavky směrnice společnosti JTEKT.

	Dodavatel	JTEKT	Odborná literatura	Zhodnocení směrnice JTEKT vs. odb. literatura	Zhodnocení směrnice JTEKT vs. dodavatel
Index C_p nazýván	Stabilita procesu	Krátkodobý index způsobilosti procesu	Index způsobilosti procesu	O	X
Index C_{pk} nazýván	Způsobilost procesu	Krátkodobý index způsobilosti procesu	Index způsobilosti procesu	O	O
Index C_p počítán	$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p} = \frac{USL - LSL}{6s}$ kde vždy $s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}$	$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} = \frac{USL - LSL}{6(S/c_4)}$	$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_c} = \frac{USL - LSL}{6(S/c_4)}$	O	X
Index C_{pk} počítán	$CPU = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma_p} = \frac{USL - \bar{x}}{3s}$ $CPL = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma_p} = \frac{\bar{x} - LSL}{3s}$	$CPU = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{x}}{3(S/c_4)}$ $CPL = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{x} - LSL}{3(S/c_4)}$	$CPU = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma_c} = \frac{USL - \bar{x}}{3(S/c_4)}$ $CPL = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma_c} = \frac{\bar{x} - LSL}{3(S/c_4)}$	O	X
Celkový počet vzorků	30	Minimálně 50	Minimálně 125	X	X
Způsob vzorkování	Kusy za sebou	Doporučuje podskupiny po 5 ks	Doporučuje podskupiny po 3-5 ks	O	X
Požadavek na vzorkovací výrobu	Není	2 hodiny výroby nebo 125 ks minimálně	Výrobní směna	X	X
Analýza systému měření (MSA)	Prováděno	Požadováno	Požadováno	O	O
Ověření statistické zvládnutosti procesu	Pomocí histogramu	Nezmiňováno	Požadováno	X	X
Ověření normality dat	Není	Požadováno	Požadováno	O	X
Výpočet v případě porušení normality dat	Není	Místo $6\sigma_c$ penalizace na $8\sigma_c$ nebo využití K1 a K2 interních tabulek	Jiné vhodné rozdělení pravděpodobnosti Transformace dat Kvantilová metoda Neparametrické metody Metoda podílem neshodných jednotek	O	X
Ověření v konfidenčním intervalu	Není	Požadováno dle JEU-048	Doporučuje	O	X
Zahrnutí chyby měření I. a II. řádu (α/β)	Není	Zahrnuje chyby α v konfidenčních intervalech	Doporučuje	O	X

Tabulka 1: Zhodnocení metody a předpokladů výpočtu pro indexy způsobilosti procesu. [4]

NÁVRH VÝPOČETNÍ APLIKACE V PROGRAMU MS EXCEL

Pro vlastní řešení výpočtu byl vytvořen soubor v programu MS Excel (vlastní zpracování), do kterého stačí již jen zadat naměřená data pro každou charakteristiku a pro každou výrobní variantu, tedy vždy po 50 datech.

Před vlastním programováním v MS Excel byla samozřejmě provedena rešerše stávajících programů volně dostupných na internetu, avšak žádný bohužel nevyhovoval požadavkům pro výpočet dle JTEKT směrnice. Proto bylo třeba započít vlastní programování softwaru. Byl vybrán program MS Excel, neboť dle vzorců uváděných ve směrnici JTEKT se dalo předpokládat, že program MS Excel umožní veškeré vzorce a funkce naprogramovat. Navíc, dalším důležitým faktorem pro rozhodnutí o volbě MS Excel, byla jeho velmi rozšířená aplikace ve firmě a také uživatelská znalost prostředí.

Snahou bylo naprogramovat MS Excel tak, aby byl pro uživatele přívětivý a snadný pro obsluhu. Proto byla zvolena koncepce, že program bude po uživateli vyžadovat pouze dva jednoduché úkony. Těmi jsou vložení naměřených hodnot kritických znaků a jejich vzestupné seřazení. Pro snazší orientaci jsou v programu pole, která uživatel může měnit, podbarvena žlutě a světle oranžově. Žlutá je užitá pro případnou změnu tolerančního pole, nominální hodnoty a vepsání naměřených hodnot a světle oranžová pouze k vzestupnému seřazení naměřených hodnot. Ukázka části obrazovky programu je na obr. 4.

Po vyplnění naměřených hodnot pak program dle předpřipravených vnořených funkcí a vzorců provede následné výpočty dle směrnice společnosti JTEKT. Podařilo se tak naprogramovat a dodržet celý postup výpočtu požadovaný směrnici JTEKT:

- Ověření normality dat dle Shapiro-Wilkova testu
- Vytvoření histogramů dat
- Výpočet inherentní směrodatné odchylky dle výsledku normality dat
- Výpočet odhadu indexů způsobilosti procesu C_p a C_{pk}
- Ověření indexů C_p a C_{pk} v konfidenčních intervalech
- Výpočet zmetkovitosti v *ppm* jednotkách a v relativním poměru

Program také současně dokáže z vložených dat provést výpočet dle praxe dodavatele:

- Výpočet indexů C_p a C_{pk}
- Výpočet zmetkovitosti v *ppm* jednotkách a v relativním poměru

Závěrem program zhodnocuje a porovnává dosažené výsledky mezi sebou (viz tabulka 2):

- C_{pk} dle směrnice zákazníka pro každý kritický znak jakosti a každou výrobní variantu
- C_{pk} dle praxe dodavatele pro každý kritický znak jakosti a každou výrobní variantu
- C_{pk} dle požadavku pro každý kritický znak jakosti a každou výrobní variantu
- Zmetkovitost dle dosažených indexů C_{pk} zákazníka, dodavatele a požadavku pro každý kritický znak jakosti a každou výrobní variantu
- Zmetkovitost dle dosažených indexů C_{pk} zákazníka, dodavatele a požadavku pro všech sedm kritických znaků jakosti (pravděpodobnostní počty kombinatorické matematiky)
- Poměr zmetkovitosti dle dosažených indexů C_{pk} zákazníka a dodavatele pro každý kritický znak jakosti a každou výrobní variantu
- Poměr zmetkovitosti dle dosažených indexů C_{pk} zákazníka a dodavatele pro všech sedm kritických znaků jakosti
- Poměr zmetkovitosti dle dosažených indexů C_{pk} zákazníka a požadavku pro všech sedm kritických znaků jakosti
- Celkové globální zhodnocení shody či neshody plnění požadavku indexů C_{pk}

Pro pokročilejší uživatele, kteří ovládají statistické nástroje nebo rozumí postupům výpočtu ve směrnici JTEKT, umožňuje program využít jej jako simulačního nástroje. Protože celý program je otevřený a lze číst i upravovat veškerá pole, může do něj takto pokročilý uživatel zasahovat. Je tak tedy možné simulovat různé změny a okamžitě vyhodnocovat jejich dopad na zmetkovitost. Lze měnit a různě simulovat, a to i různě kombinovaně, např.:

- Nominální hodnotu znaku jakosti
- Horní toleranci znaku jakosti
- Dolní toleranci znaku jakosti
- Hladinu významnosti α
- Požadavek na hodnotu indexu C_{pk}

Při těchto simulacích se vždy automaticky aktualizuje přehledová karta a uživatel tak ihned zjistí, zda např. rozšíření tolerančního pole pomůže dodavateli k lepšímu odhadu zmetkovitosti či nikoli apod.

Charakteristika	Nominální hodnota	Horní tolerance	Dolní tolerance	Horní hodnota	Dolní hodnota	$\alpha/2$	n
Průměr	90,9	-0,04	-0,094	90,860	90,806	10%	50

Podskupina #	Vzorek #	Naměřená hodnota $X_{(i)}$	Seřazeno vzestupně $X_{(i)}$	$x_{(n-i+1)} - x_{(i)}$	$\sigma_i(n) * (x_{(n-i+1)} - x_{(i)})$	$(x_{(i)} - avg X)^2$	W	$W_{\alpha(0,05)}$	Vyhodnocení normality dat
1	1	90,832	90,818	0,016	0,0060016	0,0000746	1,41218561	0,947	Nezamítáme H_0 , tedy může být normální
	2	90,823	90,818	0,014	0,0036036	0,0000746			
	3	90,823	90,818	0,014	0,0031640	0,0000746			
	4	90,831	90,819	0,013	0,0026416	0,0000584			
	5	90,831	90,820	0,012	0,0022164	0,0000441			
2	6	90,830	90,820	0,011	0,0018601	0,0000441			
	7	90,824	90,820	0,011	0,0017094	0,0000441			
	8	90,831	90,820	0,011	0,0015730	0,0000441			
	9	90,822	90,821	0,010	0,0013170	0,0000318			
	10	90,829	90,821	0,010	0,0012120	0,0000318			
3	11	90,825	90,821	0,010	0,0011130	0,0000318			
	12	90,818	90,821	0,010	0,0010200	0,0000318			
	13	90,828	90,822	0,009	0,0008388	0,0000215			
	14	90,821	90,822	0,008	0,0006768	0,0000215			
	15	90,830	90,823	0,007	0,0005348	0,0000132			
4	16	90,828	90,823	0,007	0,0004795	0,0000132			
	17	90,828	90,824	0,006	0,0003648	0,0000070			
	18	90,818	90,824	0,006	0,0003192	0,0000070			
	19	90,831	90,825	0,005	0,0002295	0,0000027			
	20	90,829	90,826	0,004	0,0001544	0,0000004			
5	21	90,828	90,828	0,001	0,0000314	0,0000018			
	22	90,834	90,828	0,001	0,0000244	0,0000018			
	23	90,832	90,828	0,001	0,0000174	0,0000018			
	24	90,820	90,828	0,001	0,0000104	0,0000018			
	25	90,820	90,829	0,000	0,0000000	0,0000056			
6	26	90,830	90,829						
	27	90,829	90,829						
	28	90,831	90,829						
	29	90,829	90,829						
	30	90,820	90,829						
31	90,830	90,830							
						(SUMA $\sigma_i(n) * (x_{(n-i+1)} - x_{(i)})^2$)	SUMA $(x_{(i)} - avg X)^2$		
						0,0009680	0,0006855		

Obrázek 4: Ukázka programu MS Excel s kartou pro uživatele. Žlutá pole slouží k vyplnění naměřených hodnot, světle oranžová k jejich vzestupnému seřazení. Další pole běžný uživatel již neobsluhuje. [5]

VYHODNOCENÍ VLASTNÍHO VÝPOČTU A NÁVRH NÁPRAVNÉHO OPATŘENÍ

V tabulce 2 jsou zřehledněny dosažené výsledky výpočtu. Celkově si výroba u dodavatele nevede dobře a proto je většina znaků podbarvená červeně, tedy nesplňující shodu požadavku $C_{pk} > 1,67$. V tabulkách 2 a 3 jsou veškeré hodnoty zaokrouhleny záměrně na dvě desetinná místa, neboť i ve směrnici společnosti JTEKT jsou takto uváděné příklady a v automobilovém průmyslu je úzus takto předkládat výsledné přehledy.

U výrobní varianty 1 vyšel v porovnání indexů C_{pk} mezi směrnicí JTEKT a požadavkem pouze kritický znak jakosti č. 3 (Sklon 0,1-E) jako shodný a u výrobní varianty 2 pouze znaky č. 3 a 4 (Sklon 0,1-E; Umístění Ø 0,1-ED) jako shodné. Všechny ostatní znaky vyšly jako neshodné.

Z pohledu zmetkovitosti vyšly samozřejmě nejlépe znaky se shodnými výsledky indexů C_{pk} , viz výše. Naopak nejhůře je na tom u výrobní varianty 1 znak č. 7 (Souosost Ø 0,05-ED) s dosaženou 15,32% zmetkovitostí výroby při použití výpočtu dle směrnice JTEKT. U výrobní varianty 2 má nejvyšší zmetkovitost, opět dle výpočtu směrnice JTEKT, 23,15 % znak č. 4 (Umístění 0,02-EMD). Požadovaná zmetkovitost pro každý znak jakosti je při $C_{pk} > 1,67$ pouhých 0,27 ppm, což je 0,000027 %. Výše zmíněné neshodné znaky jakosti jsou tedy extrémně mimo daný požadavek.

Zmetkovitost je však nutné hodnotit komplexně, a proto je v programu použito pravděpodobnostních počtů s použitím kombinatoriky. Přehled výsledků komplexní zmetkovitosti je v tabulce 3. Pro zjištění pravděpodobné zmetkovitosti výroby pro všech sedm znaků jakosti na dvou výrobních variantách je nutné uvažovat, že každý znak jakosti z každé výrobní varianty může dosahovat odlišené individuální zmetkovitosti, což se i ve skutečnosti potvrdilo. Proto je nutné zjistit pravděpodobnost opačného jevu, tedy shodného kusu. Tyto pravděpodobnosti je pak dále třeba vynásobit mezi sebou u každého znaku jakosti a každé výrobní varianty. Takto dosažený součin se pak odečte opět od pravděpodobnosti opačného jevu, kdy všechny kusy budou shodné. Pro komponent WH pak vyšla celková komplexní zmetkovitost 49,31 % dle směrnice JTEKT a 48,37 % dle dodavatele. Přitom požadavek pro komplexní zmetkovitost na vybraných sedmi kritických znacích je jen 3,81 ppm, což znamená 0,000381 %.

Z analýzy dosažené zmetkovitosti pro každý kritický znak a pro každou výrobní variantu dosahuje největšího rozdílu mezi výpočty dle směrnice JTEKT a dle výpočtu dodavatele znak č. 4 (Umístění Ø 0,1-ED) u výrobní varianty 1, kde zmetkovitost v ppm je dle směrnice JTEKT 131,11krát vyšší než zmetkovitost dle dodavatele. U výrobní varianty 2 je tomu tak u znaku č. 1 (Průměr 90,900), kde zmetkovitost v ppm je dle směrnice JTEKT 5,91krát vyšší než zmetkovitost dle dodavatele.

U komplexního porovnání zmetkovitosti všech sedmi kritických znaků jakosti a obou výrobních variant kombinovaně se hodnoty mezi výsledky při použití výpočtu dle směrnice JTEKT a výpočtu dodavatele liší relativně nepatrně vzhledem k výši dosažené zmetkovitosti, a to v poměru 1,02 s vyšší zmetkovitostí dle výpočtu

směrnice JTEKT v ppm jednotkách. Naopak velmi závažné zjištění je u odhadu celkové zmetkovitosti oproti zmetkovitosti požadované obchodním kontraktem. Kontrakt požaduje pro kombinaci sedmi kritických znaků jakosti a dvou výrobních variant nejvýše zmetkovitost 3,81 ppm. Výpočtem dle směrnice JTEKT však zmetkovitost dosahuje velmi vysokých 493.061,27 ppm. Tzn., že téměř každý druhý dodaný komponent WH nebude ve shodě. Celkové vyhodnocení komponentu WH pomocí indexů C_{pk} pak tedy vychází jako neshodné.

Výsledky indexů C_{pk} dle výpočtu dodavatele a dle výpočtu dle směrnice JTEKT se skutečně liší a je tedy prokázána rozdílnost výsledných hodnot u těchto dvou metodik výpočtu. Na komponentu WH se jeví trend, kde dodavatelova metodika výpočtu spíše nadhodnocuje výsledné indexy C_{pk} , což je ku prospěchu samotného dodavatele a ke škodě zákazníka. Avšak toto pravidlo nelze uznat jako obecné, neboť u některých znaků to neplatí, byť spíše v setinách hodnot, než v desetinných. Z této rozdílnosti lze vyvodit závěr, že metodika výpočtu dle dodavatele by společností JTEKT neměla být akceptována.

Zajímavým úkazem u tohoto komponentu WH je, že ačkoli u některých znaků metodika výpočtu indexů C_{pk} dle dodavatele výsledné hodnoty má snahu spíše nadhodnocovat, přesto to nepomohlo k dosažení shody. Tzn., že JTEKT vyhodnotil buď za shodné či neshodné všechny znaky stejně, byť s dosažením jiných hodnot indexů C_{pk} .

Výrobní varianta 1: CNC Stroj 1 - Upínač 1 - Vřeteno 1 - Kavita 1												
#	Kritický znak	Tolerance	C_{pk} JTEKT	C_{pk} Dodavatel	C_{pk} Požadavek	Zmetkovitost v PPM JTEKT	Zmetkovitost v % JTEKT	Zmetkovitost v PPM Dodavatel	Zmetkovitost v % Dodavatel	Zmetkovitost v PPM Požadavek	Zmetkovitost v % Požadavek	Poměr zmetkovitosti v PPM JTEKT vs. Dodavatel
1	Průměr	90,900 -0,040/-0,094	1,14	1,47	1,67	329,53	0,03	4,99	0,00	0,27	0,00	65,99
2	Rovnoběžnost	0,03-M	1,21	1,35	1,67	149,47	0,01	25,56	0,00	0,27	0,00	5,85
3	Sklon	0,1-E	20,70	19,89	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00
4	Umístění	∅ 0,1-ED	1,14	1,53	1,67	300,51	0,03	2,29	0,00	0,27	0,00	131,11
5	Umístění	0,02-EMD (pouze k 48,5)	0,76	1,12	1,67	11093,04	1,11	382,64	0,04	0,27	0,00	28,99
6	Průměr	66,300 -0,035/-0,065	1,07	1,09	1,67	666,05	0,07	560,99	0,06	0,27	0,00	1,19
7	Souosost	∅ 0,05-ED	0,34	0,37	1,67	153217,57	15,32	131533,44	13,15	0,27	0,00	1,16

Výrobní varianta 2: CNC Stroj 1 - Upínač 2 - Vřeteno 2 - Kavita 2												
#	Kritický znak	Tolerance	C_{pk} JTEKT	C_{pk} Dodavatel	C_{pk} Požadavek	Zmetkovitost v PPM JTEKT	Zmetkovitost v % JTEKT	Zmetkovitost v PPM Dodavatel	Zmetkovitost v % Dodavatel	Zmetkovitost v PPM Požadavek	Zmetkovitost v % Požadavek	Poměr zmetkovitosti v PPM JTEKT vs. Dodavatel
1	Průměr	90,900 -0,040/-0,094	1,05	1,21	1,67	831,54	0,08	140,63	0,01	0,27	0,00	5,91
2	Rovnoběžnost	0,03-M	1,54	1,65	1,67	2,05	0,00	0,36	0,00	0,27	0,00	5,61
3	Sklon	0,1-E	16,99	16,74	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,00
4	Umístění	∅ 0,1-ED	2,06	2,01	1,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,27	0,00	0,41
5	Umístění	0,02-EMD (pouze k 48,5)	0,24	0,30	1,67	231456,28	23,15	186961,84	18,70	0,27	0,00	1,24
6	Průměr	66,300 -0,035/-0,065	0,97	0,96	1,67	1727,21	0,17	2020,51	0,20	0,27	0,00	0,85
7	Souosost	∅ 0,05-ED	0,27	0,21	1,67	209138,38	20,91	266534,83	26,65	0,27	0,00	0,78

Tabulka 2: Vyhodnocení indexů C_{pk} a předpokládané zmetkovitosti výroby produktu WH pro jednotlivé znaky jakosti. Červená pole znamenají neshodu dosaženého indexu C_{pk} oproti požadavku, zelená pole znamenají shodu. [6]

Celková zmetkovitost na 7 kritických znacích [v PPM a v %]	
PPM JTEKT	493061,27
% JTEKT	49,31
PPM Dodavatel	483726,63
% Dodavatel	48,37
PPM Požadavek	3,81
% Požadavek	0,00
Poměr zmetkovitosti na 7 kritických znacích [v PPM]	
JTEKT vs. Dodavatel	1,02
JTEKT vs. Požadavek	129409,16
Bude dodavatel dodávat produkt ve shodě s požadavky JTEKT směrnice?	
NE	

Tabulka 3: Celkové zhodnocení dosažení shody plnění požadavků zákazníka a komplexní předpokládané zmetkovitosti výroby produktu WH. [7]

Protože celkové zhodnocení komponentu WH pomocí indexů C_{pk} vychází jako neshodné, je nutné přijmout taková opatření, aby byly komponenty WH dodány do společnosti JTEKT pouze jako shodné. Jako okamžité nápravné opatření nejde navrhnout nic jiného, než 100% kontrolu měření a vybráním pouze shodných kusů. Tento požadavek již vychází z automobilové normy IATF 16949 : 2016, avšak měl by být pro jistotu dodavateli ještě důrazně připomenut.

Ze zkušenosti lze pro kritický znak č. 6 (Průměr 66,300), navrhnout přebroušení břitů nástroje, neboť ze vzorkování lze vyzorovat vysokou stabilitu procesu, avšak velmi blízkou hornímu tolerančnímu poli. Z další zkušenosti lze pro ostatní kritické znaky navrhnout analýzu přídatku pro obrábění pro hrubovací a pro šlichtovací nástroj. Z minulých let byly případy, kdy hrubovací nástroj odebíral příliš přídatku na obrábění a šlichtovací nástroj trpěl vibracemi pro nedostatečný přídatku materiálu.

Bohužel, nelze jednoznačně a jednoduše navrhnout funkční dlouhodobá nápravná opatření. Těm musí nejprve předcházet analýza kořenové příčiny, což je však již úkol pro technický úsek obrábění u samotného dodavatele.

Do doby, než dodavatel přijde na kořenovou příčinu nezpůsobilého procesu, neodstraní ji formou nápravného opatření a neověří ji novým vzorkováním a novým vyhodnocením indexů C_{pk} (již správně dle metodiky směrnice JTEKT), je povinen zajistit shodné díly již výše zmíněným 100% přeměřováním dílů.

ZÁVĚR

Práce si kladla za cíl vypočítat indexy C_{pk} pro sedm kritických znaků jakosti komponentu Worm Housing dle praxe dodavatele a také dle směrnice společnosti JTEKT, která vystupuje jako přímý zákazník. Dalším cílem práce bylo porovnat vypočtené hodnoty mezi sebou a s požadavkem z obchodního kontraktu. K výpočtu bylo nutné důkladně analyzovat požadavky a zejména konkrétní výpočetní postupy směrnice. Výsledky této analýzy sloužily jako vstup pro zpracování vlastního programu, který může být používán jako šablona pro výpočty indexů C_{pk} a jako simulační nástroj pro různé modely změn parametrů.

Oba cíle se podařilo naplnit a zjistilo se, že metodika výpočtu indexů C_{pk} dodavatele a směrnice JTEKT je opravdu rozdílná a každá dosahuje odlišných výsledků. Výpočet dle praxe dodavatele naznačuje spíše nadhodnocující trend ve prospěch dodavatele, a proto by neměla být dodavatelova metodika akceptována.

Většina kritických znaků jakosti vychází jako neshodných a tedy celkové hodnocení komponentu WH pomocí indexů C_{pk} vychází také jako neshodné.

Výpočet zjistil velmi závažnou zmetkovitost sedmi kritických znaků jakosti, kde téměř každý druhý dodávaný komponent Worm Housing bude neshodný. To může mít za následek mnoho interní výrobní zmetkovitosti ve společnosti JTEKT nebo dokonce externích reklamací od konečných zákazníků. Na základě funkcionality dílu to mohou být reklamace zejména na hlučné elektrické posilovače či jejich nespolehlivost v čase z důvodu netěsnosti a zkratu elektrických komponent posilovače. Takové typy reklamací jsou samozřejmě zákazníkem neakceptovatelné, a proto je po dodavateli požadováno uskutečnit nápravné opatření.

Jako okamžité nápravné opatření musí být u dodavatele implementováno 100% měření a výběr pouze shodných dílů. Toto 100% měření musí probíhat do doby, než zákazník schválí nové vzorkování a výpočet indexů C_{pk} po dalších technických nápravných akcích u dodavatele. Další vzorkování a výpočet indexů C_{pk} již musí probíhat podle směrnice společnosti JTEKT.

REFERENCE

- [1] 3D model spol. JTEKT
- [2] 3D model spol. JTEKT
- [3] Databáze výkresů VDoc spol. JTEKT
- [4] Vlastní zpracování
- [5] Vlastní zpracování
- [6] Vlastní zpracování
- [7] Vlastní zpracování