



**Národní informační středisko
pro podporu kvality**

**„Chyby“ při aplikaci
statistických metod –
Konfrontace praxe
s ČSN ISO 3534-1:2010
a ČSN ISO 3534-2:2010**

Ing. Vratislav Horálek, DrSc.

**Přednáška *na seminářích OSSM ČSJ –
listopad 2009 (1.část); leden 2010 (2.část)***

A. ČSN ISO 3534-1:2009

1.2 **vybíraná jednotka; vzorkovaná jednotka** (*sampling unit*)

1.3 **výběr; vzorek** (*sample*)

1.11 **střed rozpětí** (*mid-range*) \Leftrightarrow průměrné rozpětí

1.15 **výběrový průměr; aritmetický průměr; průměr**
(*sample mean; average; arithmetic mean*)
- odhad střední hodnoty

1.28 **konfidenční interval** (*confidence interval*) (ne interval
spolehlivosti)

1.31 **hodnota odhadu** (*estimate*) \Leftrightarrow **odhad** (*estimator*) – (1.12)

1.33 **vychýlení; strannost** (*bias*)

1.34 **nestranný odhad; nevychýlený odhad** (*unbiased estimator*)

1.36 **odhadování** (*estimation*)

1.45 **hladina významnosti** (*significance level*)

maximální pravděpodobnost zamítnutí nulové hypotézy, která je ve skutečnosti pravdivá (**předem specifikovaná hodnota α**) \Leftrightarrow

1,49 **p-hodnota** (*p-value*)

pravděpodobnost, že se zjistí hodnota testové statistiky nebo jakákoliv jiná hodnota, která je přinejmenším stejně nepříznivá nulové hypotéze (**zjištěná hodnota – někdy nesprávně nazývaná pravděpodobnost významnosti**)

- 1.48 statistický test** (*statistical test*) – jednostranné případně **dvoustranné testy** (nikoliv oboustranné)
- 1.55 třídy** (*classes*) – o třídách (ať pro znak kvantitativní nebo kvalitativní) se předpokládá, že jsou vzájemně se vylučující a vyčerpávající; šíře tříd má být stejná
- 1.61 histogram** (*histogram*) – grafické znázornění rozdělení četností sestávající ze **sousedících** (*contiguous*) obdélníků, z nichž každý má základnu rovnou šířce třídy a plochu úměrnou četnosti třídy
- 1.62 sloupcový diagram** (*bar chart*) – grafické znázornění rozdělení četností sestávající z množiny obdélníků o stejné šířce a výškou úměrnou četnosti (ve sloupcovém digramu nemusejí obdélníky k sobě přiléhat)
- 2.9 parametr** (*parameter*) – index rodiny rozdělení (parametry polohy, měřítka, tvaru apod.)
V praxi dochází k záměně termínu „znak kvality“ a „parametr“ v důsledku termínů „rozměrové parametry“, „fyzikální parametry“ atd.

- 2.14 medián** (*median*) – 0,5 kvantil.
POZN.: Mediány jsou definovány pro jednorozměrná rozdělení
- 2.15 kvartil** (*quartile*) – 0,25-kvantil (dolní kvartil) nebo 0,75-kvantil (horní kvartil).
Kvartily jsou definovány pro jednorozměrná rozdělení (termín **percentil** – v češtině není definován)
- 2.32 normované rozdělení pravděpodobností** (*standardized probability distribution*) - rozdělení pravděpodobností normované náhodné veličiny
(nesprávně: standardizované rozdělení pravděpodobnosti)
- 2.33 normovaná náhodná veličina** (*standardized random variable*)
- centrovaná náhodná veličina, jejíž směrodatná odchylka je rovna 1
(nesprávně: standardizovaná náhodná veličina)
- 2.35 střední hodnota; očekávaná hodnota** (*mean*)
- 2.38 variační koeficient** (*coefficient of variation*) – směrodatná odchylka dělená střední hodnotou

- 2.39 koeficient šikmosti** (*coefficient of skewness*) - moment řádu 3 normovaného rozdělení pravděpodobnosti náhodné veličiny (pro symetrická rozdělení je koeficient šikmosti roven 0)
- 2.40 koeficient špičatosti** (*coefficient of kurtosis*) – moment řádu 4 normovaného rozdělení pravděpodobností náhodné veličiny (k uváděným hodnotám koeficientu špičatosti je třeba přistupovat s opatrností; někdy se od hodnoty vypočtené podle definice odečítá ještě 3, což odpovídá koeficientu špičatosti normálního rozdělení)
- 2.51 normované normální rozdělení** (*standardized normal distribution*) – normální rozdělení s $\mu = 0$ a $\sigma = 1$ (nikoliv standardizované normální rozdělení)
- 2.60 rovnoměrné rozdělení; rektangulární rozdělení, obdélníkové rozdělení** (*uniform distribution; rectangular distribution*)

V lednu 2010 bude projednána druhá část: ČSN ISO 3534-2.

B. ČSN ISO 3534-2:2010

1.1.2 **znak kvality** (*quality characteristic*) (**nesprávně**: parametr, vlastnost, ukazatel):

inherentní znak produktu, procesu nebo systému vázaný na požadavek

(znakem není: cena, vlastník produktu apod.)

– snímek 10

1.2.1 **základní soubor, populace** (*population*)

souhrn všech uvažovaných jednotek

(může být reálný a konečný nebo hypotetický a nekonečný)

1.2.4 **dávka** (*lot*)

definovaná část základního souboru vytvořená v podstatě za stejných podmínek jako soubor s ohledem na cíl vzorkování

(pro hromadný materiál: přesně ohraničená část celkového množství vzorkovaného hromadného materiálu)

1.2.9 **znovupředložená dávka** (*re-submitted lot*)

dávka, která byla označena jako nepřijatelná a která je předložena znovu ke kontrole poté, co byla upravena, přezkoušena, přetvořena, přepracována atd.

1.2.11 **jednotka** (*item*), **entita** (*entity*)

to, co lze odděleně popsat nebo uvažovat

PŘÍKLAD: diskrétní fyzická jednotka; definované množství hromadného materiálu; služba; činnost; osoba atd.

NEPŘIPOUŠTÍ SE TERMÍN: *objekt*

1.2.14 **vzorkovaná jednotka** (*sampling unit*)

jedna ze samostatných částí, na které je základní soubor rozdělen

POZNÁMKA:

jednotka zahrnutá do výběru, která může obsahovat jednu nebo více jednotek (např. krabička zápalek, ale musí se pro ni získat jediný výsledek zkoušky);

vzorkovaná jednotka se může skládat z diskrétních jednotek nebo ze stanoveného množství hromadného materiálu

1.2.15 **neshodná jednotka** (*nonconforming item*), **neshodný(á)** (*nonconforming*)

jednotka s jednou nebo více neshodami

3.1.11 **neshoda** (*nonconformity*)

nesplnění požadavku

POZNÁMKA: je spojena s odpovědností za produkt se zákonným dopadem

1.2.13 **vadná jednotka** (*defective item*)

jednotka s jednou nebo více vadami

3.1.12 **vada** (*defect*)

nesplnění požadavku ve vztahu k zamýšlenému nebo danému použití

PŘÍKLAD: nepřiložený návod k použití nářadí, přístroje apod.

1.2.17 **výběr, vzorek** (*sample*)

podmnožina základního souboru tvořená jednou nebo více vzorkovanými jednotkami

1.2.25 **náhodný výběr, náhodný vzorek** (*random sample*)

výběr (vzorek) odebraný náhodným vzorkováním

1.2.26 **rozsah výběru** (*sample size*)

počet vzorkovaných jednotek ve výběru

1.2.27 **opora výběru, základ pro výběr** (*sampling frame*)

úplný seznam vzorkovaných jednotek

PŘÍKLAD: soupis dílů ve skladu; výkaz splatných faktur apod.

1.2.28 **skupina** (*cluster*)

část základního souboru rozdělená na vzájemně se vylučující seskupení vzorkovaných jednotek určitým způsobem propojených

1.2.29 **stratum, oblast** (*stratum*)

vzájemně se vylučující a vyčerpávající podsoubor považovaný za homogennější vzhledem k vyšetřovanému znaku než celý základní soubor

1.2.32 **produkt** (*product*)

výsledek procesu

PŘÍKLADY: služby, software, hardware, zpracovávané materiály;
(v matematice: výsledek násobení)

1.2.35 **reprezentativní výběr (vzorek)** (*representative sample*)

náhodný výběr odebraný takovým způsobem, že pozorované hodnoty mají stejná rozdělení pravděpodobnosti ve výběru jako v základním souboru

POZNÁMKA: požaduje se, aby podíly jednotek odebraných z různých strat byly rovny podílům jednotek základního souboru ve stratě.

RV se také nazývá: „zrcadlový obraz“ nebo „miniatura základního souboru“.

1.3.1 **vzorkování, odběr vzorků** (*sampling*)

akt odebrání nebo vybírání vzorků

PŘÍKLADY: (viz snímek 10, obrázek 1)

vzorkování hromadného materiálu (1.3.2);

diskrétní vzorkování (1.3.3);

náhodné vzorkování (1.3.5) – termíny: namátkové vzorkování;

ad hoc vzorkování apod. - nejsou definovány, nemají se používat;

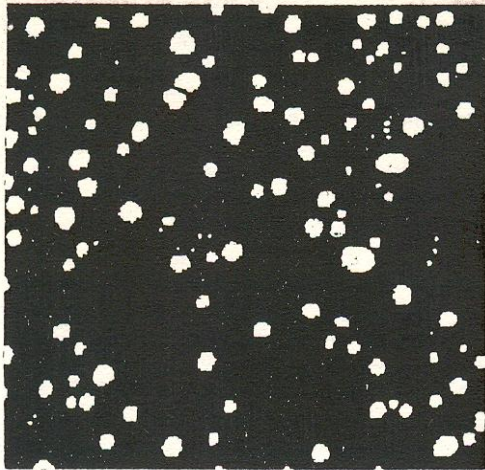
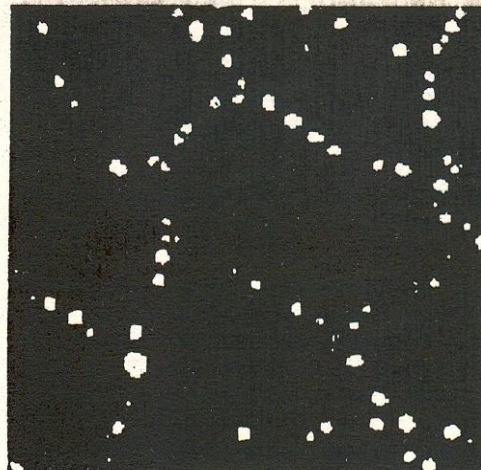
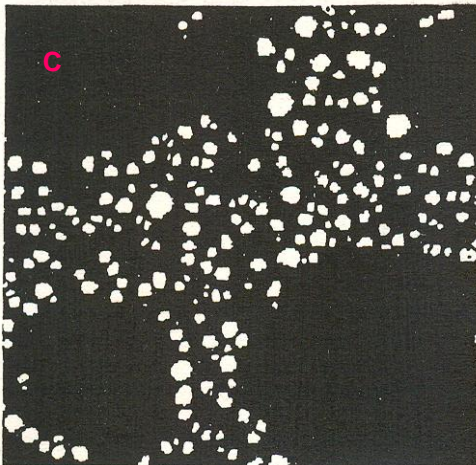
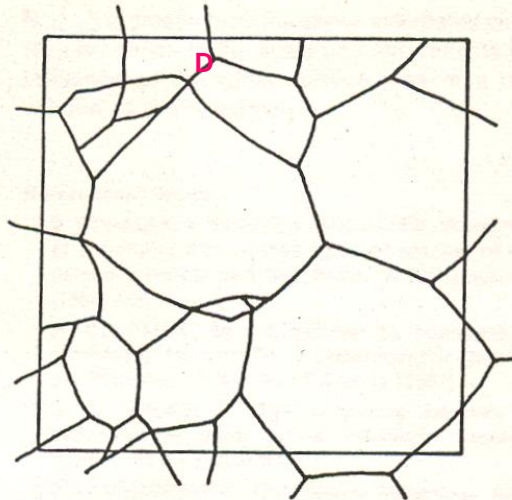
stratifikované vzorkování (1.3.6);

vícestupňové vzorkování (1.3.10);

systematické vzorkování (1.3.12);

odběr vzorků s vracením (1.3.15);

odběr vzorků bez vracení (1.3.16)

A**B****C****D**

Model A: V základní fázi jsou náhodně rozmístěny částice s neznámou distribuční funkcí $F(x)$ a neznámou hustotou středů částic v jednotce objemu materiálového vzorku

Model B: Buňky jsou polyedrická zrna zcela zaplňující prostor a vytvářející náhodnou prostorovou mosaiku, částice β jsou homogenně a náhodně rozmístěny na hranicích polyedrických zrn.

Model C: Kombinace modelů A a B s mezidendritickými podprostory v místech, kde nedošlo při růstu buněk k doteku hranic

D: Hranové efekty: Hranové efekty vznikající při stanovování odhadů počtu řezů zrny na jednotce plochy

V. Horálek, V. Beneš, V. Suchánek: *Stereology of structures with various types of spacing of dispersed spherical particles*. Praktische Metallographie 25(1988), 597-603 (Part 1); 25 -34 (Part 2); 83-90 (Part 3)

Obrázek 1

1.3.17 **výběrová přejímka** (*acceptance sampling*)

vzorkování, při kterém jsou uskutečněna rozhodnutí přijmout nebo nepřijmout dávku nebo jiné seskupení produktů, materiálů nebo služeb, přičemž tato rozhodnutí jsou založena na výsledcích výběru

4.1.6 **výběrová kontrola** (*sampling inspection*)

kontrola odebraných jednotek v uvažované skupině

4.1.8 **statistická přejímka** (*acceptance sampling inspection*)

přejímací kontrola, při níž je přijatelnost stanovena na základě výběrové kontroly

4.2.2 **statistická přejímka jedním výběrem** (*single acceptance sampling inspection*)

statistická přejímka, při níž rozhodnutí podle určeného pravidla je založeno na výsledcích kontroly získaných z jediného výběru předem stanoveného rozsahu n

1.3.18 **výběrové šetření, průzkumné vzorkování** (*survey sampling*)

vzorkování používané v enumerativních studiích (**studie založené na faktech**) nebo analytických studiích k odhadu hodnot jednoho nebo více znaků v základním souboru nebo pro odhadování, jak jsou tyto znaky rozděleny v celém souboru

PŘÍKLADY: vzorkování výrobního procesu, audit procesu či systému realizovaný k posouzení stupně shody systému vůči mezinárodním normám.

ČSN ISO 3534-2:2010,

kap. 2 *Statistický management procesu*

2.1.1 **proces** (*process*)

množina vzájemně provázaných nebo ovlivňujících se činností, které přetvářejí vstupy na výstupy

2.1.4 **statistický management procesu** (*statistical process management*)

management procesu propojený s aplikací statistických metod při plánování procesu, řízení procesu a zlepšování procesu

2.1.6 **regulace procesu** (*process control*)

management procesu zaměřený na splnění požadavků procesu

2.1.7 **zlepšování procesu** (*process improvement*)

management procesu zaměřený na snížení kolísání a zlepšení účinnosti a výkonnosti procesu (snímek 13, obrázek 2a; snímek 18, obrázky 5 a 6)

2.1.8 **statistická regulace procesu** (*statistical process control*) - (SPC)

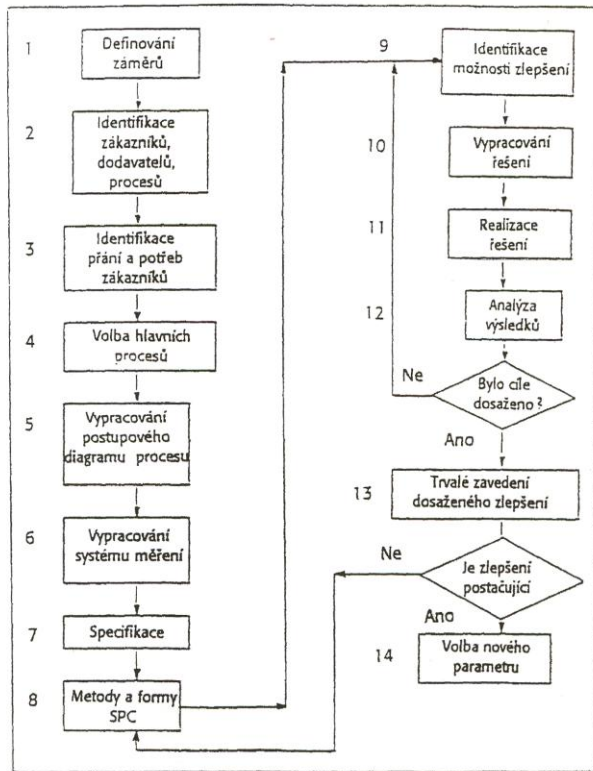
činnosti zaměřené na použití statistických metod s cílem snížit kolísání, prohloubit poznání procesu a ovládat proces požadovaným způsobem

POZNÁMKY:

SPC pracuje nejúčinněji při regulaci kolísání znaku produktu, když tento znak je korelován se znakem konečného produktu a/nebo zvyšováním robustnosti procesu vzhledem k jeho kolísání;

SPC zahrnuje jak regulaci procesu, tak zlepšování procesu.

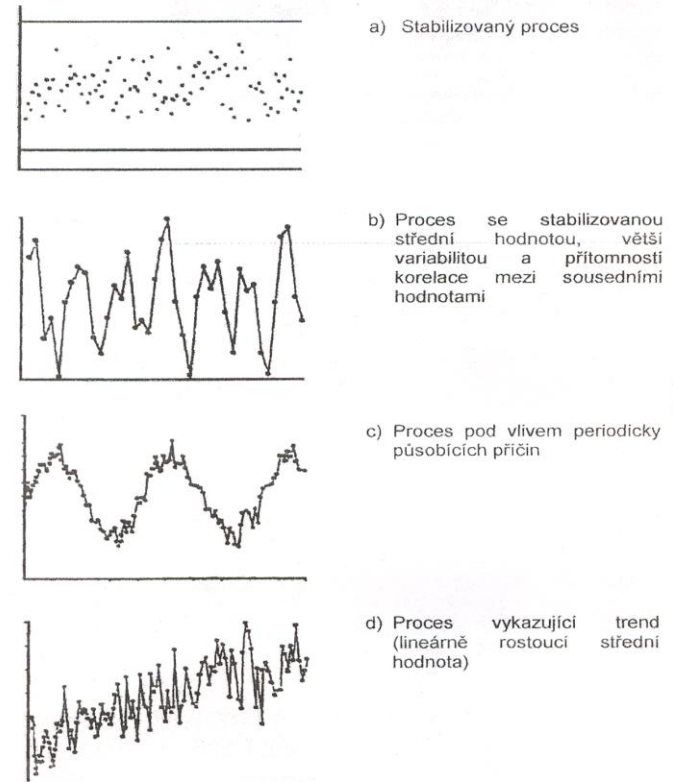
Postupový diagram strategie neustálého zlepšování jakosti
zahrnující metody SPC



V. Horálek: *Statistická regulace*. Učební pomůcka pro ŠKODA, a.s., 1993

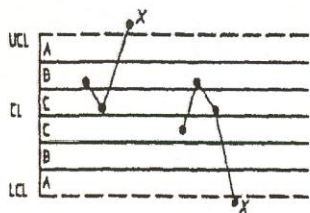
Obrázek 2a

Různé tvary kolísání procesu

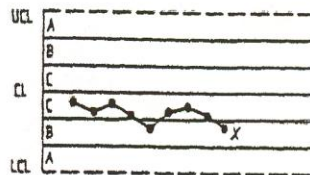


V. Horálek: *Statistická regulace*. Učební pomůcka pro ŠKODA, a.s., 1993

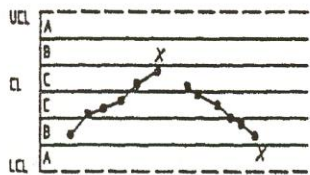
Obrázek 2b



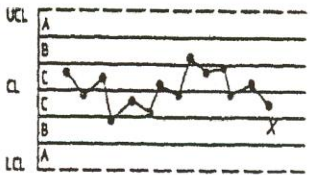
Test 1: Jeden bod leží za zónou A



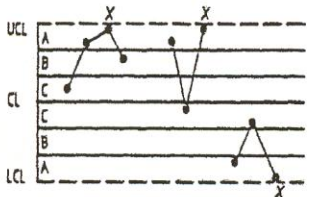
Test 2: Devět bodů v řadě za sebou leží v zóně C nebo za ní



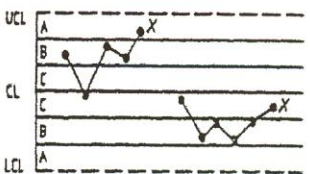
Test 3: Šest bodů v řadě je plynule stoupajících nebo klesajících



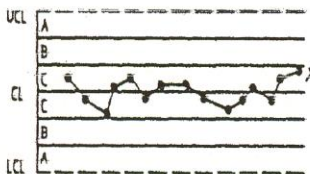
Test 4: Čtrnáct bodů v řadě za sebou pravidelně kolísá nahoru a dolů



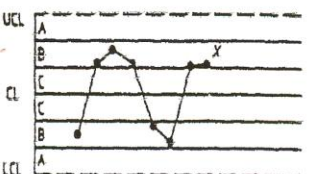
Test 5: Dva ze tří bodů v řadě za sebou leží v zóně A nebo nad (pod) ní



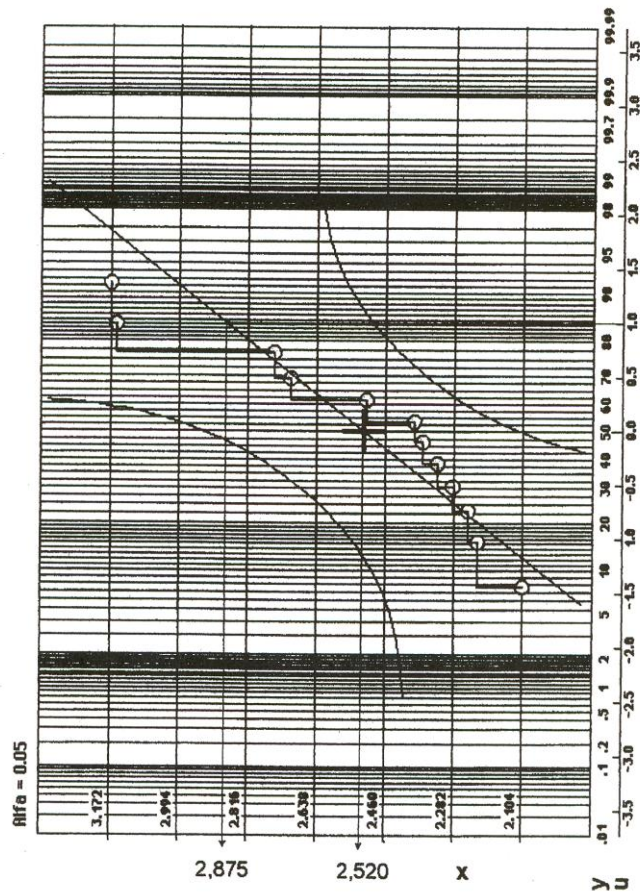
Test 6: Čtyři z pěti bodů za sebou leží v zóně B nebo nad (pod) ní



Test 7: Patnáct bodů v řadě za sebou leží v zóně C (nad a pod CL přímkou)



Test 8: Osm bodů za sebou leží na obou stranách od CL přímkou, avšak žádný bod neleží v zóně C



V. Horálek: *Statistická regulace*. Učební pomůcka pro ŠKODA, a.s., 1993

Obrázek 3

Obrázek 4

2.2.1 kolísání (*variation*) – (ne variabilita, proměnlivost apod.)
rozdíl mezi hodnotami znaku (snímek 16, obrázek 2b)

2.2.2 přirozené (inherentní) kolísání procesu (*inherent process variation*) kolísání v procesu, když proces pracuje ve statisticky zvládnutém stavu

POZNÁMKY:

Toto kolísání odpovídá „kolísání uvnitř podskupiny“;
přirozené kolísání se označuje: σ_w ; S_w , s_w apod.

2.2.3 celkové kolísání procesu (*total process variation*)
kolísání v procesu způsobené jak zvláštními příčinami, tak náhodnými příčinami

POZNÁMKY:

Celkové kolísání odpovídá kombinaci „kolísání uvnitř podskupiny“
a „kolísání mezi podskupinami“;
celkové kolísání se označuje: σ_t ; S_t , s_t apod.

2.2.4 zvláštní příčina (*special cause*)

jiný zdroj kolísání procesu než přirozené kolísání procesu

POZNÁMKA:

Mezi zvláštní příčinou a vymezitelnou příčinou (*assignable cause*) je obsahový rozdíl: **zvláštní příčina je vymezitelnou příčinou** jen tehdy, když je přesně identifikována. **Ne vždy jsou okolnosti zvláštní příčiny známy a pak taková příčina není vymezitelná, nelze ji odstranit a velikost vlastního kolísání se stává nepredikovatelnou.**

2.2.5 náhodná příčina (*random cause, common cause, chance cause*)

zdroj kolísání procesu, které je přirozeným rysem procesu v průběhu času

POZNÁMKY: Náhodné kolísání je způsobeno právě náhodnými příčinami a **toto kolísání je predikovatelné**;

identifikace náhodných příčin vyžaduje nákladnou analýzu, tedy zlepšování procesu snižováním těchto příčin je obtížné.

2.2.6 logická podskupina (*rational subgroup*)

podskupina, uvnitř které se předpokládá kolísání způsobené pouze náhodnými příčinami

POZNÁMKY: Podskupina má být vytvořena tak, aby byla zaručena největší podobnost mezi daty v každé podskupině a naopak největší rozdílnost mezi daty v různých podskupinách;

citlivost regulačního diagramu na posuny v úrovni procesu se zvyšuje s rostoucím rozsahem podskupiny;

v ideálním případě by mělo být každé měření v podskupině nezávislé na jiném měření;

podskupina by měla být získána v co nejkratším časovém intervalu (téměř v okamžiku) ve formě určité časové posloupnosti zhotovených výrobků

(v tom je rozdíl oproti **náhodnému výběru** při statistické přejímce !)

2.2.7 stabilní proces (*stable process*)

proces ve statisticky zvládnutém stavu (*process in a state of statistical control*)

proces – s konstantní střední hodnotou procesu – probíhající jen za působení náhodných příčin

POZNÁMKY:

stabilní proces se chová jakoby výběry z procesu byly v kterémkoliv okamžiku prostými náhodnými výběry z téhož základního souboru;

stav nenaznačuje, že náhodné kolísání je velké nebo malé, uvnitř nebo vně pole předepsaného specifikací, ale spíše, že kolísání je predikovatelné pomocí statistických nástrojů.

2.2.8 kritéria pro identifikaci přítomnosti zvláštních příčin (*out-of-control criteria*)

množina rozhodovacích pravidel pro identifikování přítomnosti zvláštních příčin (snímek 14, obrázek 3 + QS 9000; snímek 18, obrázek 5 a 6)

POZNÁMKA:

Rozhodovací pravidla mohou zahrnovat taková pravidla, která se vztahují k bodům ležícím vně regulačních mezí, iteracím, trendům, cyklům, periodicitě, koncentraci bodů blízko centrální přímky nebo regulačních mezí, neobvyklým rozptýlením bodů uvnitř regulačních mezí a vztahům mezi hodnotami uvnitř podskupin.

QS-9000:

Body mimo reg. meze: jeden nebo více bodů leží za zónou A;

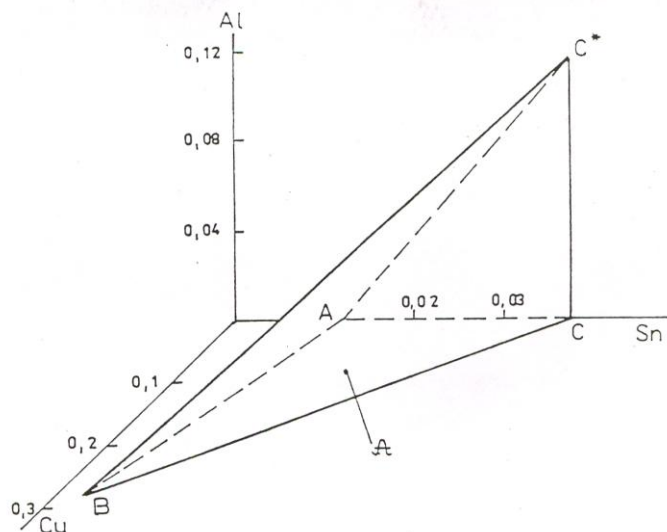
iterace: 7 nebo více bodů leží v řadě na jedné straně od CL;

iterace: 7 nebo více bodů v řadě vytváří rostoucí nebo klesající posloupnost;

nenáhodná seskupení: 23, 24 nebo 25 bodů je v zónách C;

10 nebo méně bodů leží v zónách C.

Vliv nesprávného předpisu obsahu Cu, Sn a Al ve specifikaci na výstupní jakost trubek



Plošné a prostorové vymezení oblastí přípustných hodnot Sn, Cu a Al, při kterém – je-li dodrženo – nevznikají na povrchu trubek mikrotrhlky

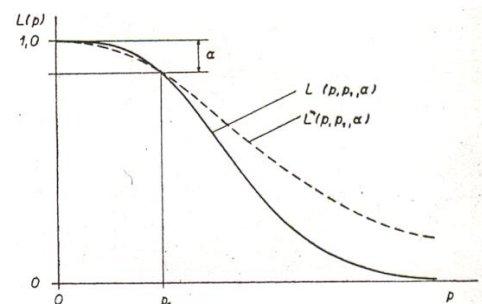
Příslušná rozdělující nadrovina ABC* tento analytický tvar:

$$12,60 \text{ Sn} + 0,43 \text{ Cu} - 2,74 \text{ Al} - 0,51 = 0$$

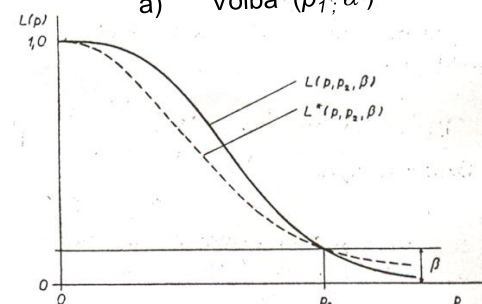
V. Horálek, J. Pacák, E. Přibil: *Vliv mědi, cínu a hliníku na tvařitelnost za tepla oceli pro výrobu bezešvých trub.* Hutnické listy 7 (1990) 468-473

Obrázek 5

Vliv přehlížení přítomnosti chybových složek ve výsledcích použitých při hodnocení dávky



a) Volba $(p_1; \alpha)$



b) Volba $(p_2; \beta)$

Pro odběratele je výhodnější volba (p_2, β) ; při volbě (p_1, α) příliš uvolňuje svoji OC křivku (kreslena čárkovaně); ta odpovídá přítomnosti chybových složek ve výsledcích zkoušek

V. Horálek: *O některých přejímacích způsobech surovin..* Aplikace matematiky ČSAV 2 (1957), číslo 5, 370 – 389
Přetištěno: *On certain inspection schemes of raw material.* Technická informační služba Komise pro atomovou energii AEG, Oak Ridge, Tennessee, č.pub. SCL-1-1/9, 1960

Obrázek 6

2.3.1 regulační diagram – RD (*control chart*)

diagram, na kterém je nakreslen statistický ukazatel pro řadu výběrů ve zvláštním uspořádání, aby se proces správně usměrňoval vzhledem k danému ukazateli a aby se regulovalo a snižovalo kolísání

POZNÁMKY:

„Uspořádání“: je založeno na čase nebo pořadí výběru;

RD má největší efektivitu, je-li zakreslovaným ukazatelem veličina procesu, která je korelována se znakem konečného produktu.

PŘÍKLADY: dvě základní skupiny RD:

RD při kontrole měření (2.3.6);

RD při kontrole srovnáváním (2.3.7)

2.3.6 RD při kontrole měření (*variables control chart*)

Shewhartův regulační diagram, v němž zakreslený ukazatel představuje data na spojité stupnici

PŘÍKLADY:

Shewhartův regulační diagram (2.3.2);

RD pro průměr (2.3.12);

RD pro medián (2.3.13); ověřit normalitu: (snímek 14, obrázek 4)

RD pro individuální hodnoty (2.3.15); (totéž jako u mediánu)

RD pro klouzavý průměr (2.3.14)

přejímací regulační diagram (2.3.3);

diagram pro kumulovaný součet

regulační diagram CUSUM (2.3.5);

RD pro rozpětí (2.3.18);

RD pro směrodatnou odchylku (2.3.19);

RD pro exponenciálně vážené klouzavé průměry (2.3.16);

2.3.7 RD při kontrole srovnáním (*attribute control chart*)

Shewhartův regulační diagram, v němž zakreslený ukazatel představuje počitatelná nebo kategorizovaná data

PŘÍKLADY:

RD pro počet výskytů (2.3.8);

c-diagram (konstantní rozsah podskupiny; pevné množství materiálu);

RD pro počet výskytů na jednotku (2.3.9);

u-diagram (možnost různého rozsahu podskupiny nebo různého množství materiálu);

RD pro počet kategorizovaných jednotek (2.3.10)

np-diagram (konstantní rozsah podskupiny)

RD pro podíl nebo procento kategorizovaných jednotek

p-diagram (možnost různého rozsahu podskupiny)

2.4.1 centrální přímka (*centre line*)

přímka na RD představující zamýšlený cíl nebo historickou střední hodnotu zakreslované výběrové statistiky

POZNÁMKA:

Centrální přímka (CP) může nabývat jednu ze dvou podob:

- a) CP, když základní hodnoty pro její stanovení jsou známy;
- b) CP, když základní hodnoty pro její stanovení nejsou známy.

2.4.2 **regulační mez** (*control limit*)

přímka na RD používaná pro posouzení stability procesu

POZNÁMKY:

Regulační meze: statisticky stanovené hranice pro odchylky od centrální přímky pro statistiku zakreslovanou do Shewhartova RD, jsou-li odchylky způsobovány pouze náhodnými příčinami;

regulační meze: založeny na datech z reálného procesu a ne na mezních hodnotách daných specifikací;

kritéria pro statisticky nezvládnutý proces mohou kromě bodů vně regulačních mezí zahrnovat iterace, trendy, cykly, periodicitu a neobvyklá seskupení uvnitř regulačních mezí (snímek 14, obrázek 3 + QS 9000).

2.4.3 **výstražné meze** (*warning limits*)

regulační meze, uvnitř kterých leží uvažovaná statistika s vysokou pravděpodobností, je-li proces ve statisticky zvládnutém stavu

POZNÁMKA: Leží-li hodnota zakreslené statistiky vně výstražné meze, ale uvnitř **akční meze**, vyžaduje se obvykle zpřísněný dohled nad procesem; způsob tohoto dohledu je určen předem danými pravidly

2.4.4 **akční meze, akční regulační meze** (*action limits*)

regulační meze, uvnitř kterých leží uvažovaná statistika s velmi vysokou pravděpodobností, je-li proces ve statisticky zvládnutém stavu

POZNÁMKA: Leží-li zakreslené statistiky za akční mezí, provede se v procesu vhodné opatření k nápravě.

2.4.5 **Shewhartovy regulační meze** (*Shewhart control limits*)

regulační meze založené na empirickém zdůvodnění a ekonomických úvahách a umístěné kolem centrální přímky ve vzdálenosti z násobku směrodatné odchylky (kde z je číselný součinitel) uvažované statistiky; tyto meze se používají ke zhodnocení, zda proces je nebo není ve statisticky zvládnutém stavu

POZNÁMKA:

Shewhart tyto meze založil na normalitě a položil:
 $z = 3$ pro akční meze a $z = 2$ pro výstražné meze.

2.4.8 **horní regulační mez – UCL** (*upper control limit UCL*)

2.4.9 **dolní regulační mez – LCL** (*lower control limit LCL*)

2.4.7 **přejímací regulační meze – ACL** (*acceptance control limits - ACL*)

2.4.10 **oblast indiference** (*indifference zone*)

2.4.11 **oblast vyhovujících procesů** (*zone of acceptable processes*)

2.4.12 **oblast nevyhovujících procesů** (*zone of rejectable processes*)

2.4.13 **úroveň procesu** (*process level*)

2.4.14 **vyhovující úroveň procesu APL** (*acceptable process level - APL*)

2.4.15 **nevyhovující úroveň procesu RPL** (*rejectable process level - RPL*)

2.5.7 referenční interval (*reference interval*)

interval ohraničený 99,865%-kvantilem $X_{99,865\%}$ rozdělení a 0,135% kvantilem $X_{0,135\%}$ rozdělení

POZNÁMKY:

Interval může být vyjádřen zápisem $(X_{0,135\%}, X_{99,865\%})$ a délka tohoto intervalu je $X_{99,865\%} - X_{0,135\%}$;

tento termín se používá pouze jako libovolně zvolený, avšak normalizovaný základ pro definování termínů **ukazatel výkonnosti procesu** a **ukazatel způsobilosti procesu**;

pro **normální rozdělení** může být délka referenčního intervalu vyjádřena ve tvaru šesti směrodatných odchylek 6σ nebo při odhadu σ z výběru ve tvaru $6S$;

pro **nenormální rozdělení** se může délka referenčního intervalu odhadnouta pomocí vhodných pravděpodobnostních papírů (např. pro logaritmicko-normální rozdělení) nebo pomocí výběrové špičatosti a výběrové šikmosti použitím metod popsanych v ISO/TR 12783¹⁾, která se připravuje, nebo v dalších publikacích, např. ²⁾ až ⁴⁾.

1) ISO/TR 12783 *Process capability and performance measures* – v přípravě.

2) Kolektiv autorů: *Statistické metody řízení jakosti*, část II. Vydala ČSJ 2007

3) Clements, J.A.: *Process Capability Calculations for Non-Normal Distributions*. Quality Progress 1989(22), 95-100

4) Kotz, S., Johnson, N.L.: *Process Capability Indexes*. Chapman and Hall 1993

2.6.1 **výkonnost procesu** (*process performance*)

statistická míra výsledného výstupu znaku z procesu, o němž nemusí být prokázáno, že je ve statisticky zvládnutém stavu

2.6.2 **ukazatel výkonnosti procesu** P_p (*process performance index*)

ukazatel popisující výkonnost procesu ve vztahu k předepsanému tolerančnímu poli $U - L$

POZNÁMKY :

Ukazatel výkonnosti procesu se často vyjadřuje jako hodnota předepsaného tolerančního pole dělená mírou délky referenčního intervalu, totiž

$$P_p = \frac{U - L}{X_{99,865\%} - X_{0,135\%}} \quad ; \quad (1)$$

pro normální rozdělení je délka referenčního intervalu rovna $6S_t$,

pro nenormální rozdělení může být délka referenčního intervalu odhadnuta např. pomocí metody popsané v připravované ISO/TR 12783 nebo dalšími metodami uvedenými v již dříve citovaných publikacích – viz odkaz na literaturu pod čarou na předcházejícím snímku 23.

2.6.3 dolní ukazatel výkonnosti procesu P_{pkL} (*lower process performance index*)

ukazatel popisující výkonnost procesu ve vztahu k dolní mezní hodnotě L

POZNÁMKY:

Dolní ukazatel výkonnosti procesu je často vyjádřen rozdílem mezi 50 %-kvantilem $X_{50\%}$ rozdělení a dolní mezní hodnotou děleným mírou délky dolního referenčního intervalu, totiž

$$P_{pkL} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0,135\%}} \quad , \quad (2)$$

pro normální rozdělení je délka dolního referenčního intervalu rovna $3S_t$ a $X_{50\%}$ představuje jak střední hodnotu, tak medián, jejichž hodnoty lze snadno odhadnout.

pro nenormální rozdělení může být délka dolního referenčního intervalu odhadnuta nástroji uvedenými v literatuře citované pod čarou na snímku 23.

2.6.4 horní ukazatel výkonnosti procesu P_{pkU} (*upper process performance index*)

ukazatel popisující výkonnost procesu ve vztahu k horní mezní hodnotě U

POZNÁMKY:

Horní ukazatel výkonnosti procesu je často vyjádřen rozdílem mezi horní mezní hodnotou a 50 %-kvantilem rozdělení děleným mírou délky horního referenčního intervalu, totiž

$$P_{pkU} = \frac{U - X_{50\%}}{X_{99,865\%} - X_{50\%}}, \quad (3)$$

pro normální rozdělení je délka horního referenčního intervalu rovna $3S_t$ a $X_{50\%}$ představuje jak střední hodnotu, tak medián, jejichž hodnoty lze snadno odhadnout,

pro nenormální rozdělení může být délka dolního referenčního intervalu odhadnuta nástroji uvedenými v literatuře citované pod čarou na snímku 23.

2.6.5 menší z ukazatelů výkonnosti procesu P_{pk} (*minimum process performance index*)

menší z horního ukazatele výkonnosti procesu a dolního ukazatele výkonnosti procesu

2.7.1 způsobilost procesu (*process capability*)

hodnota statistického odhadu výsledného výstupu znaku **z procesu, u něhož bylo prokázáno, že je ve statisticky zvládnutém stavu**; tento výsledný výstup popisuje schopnost procesu realizovat hodnotu znaku, která bude splňovat požadavky na tento znak

POZNÁMKY:

Výsledným výstupem je rozdělení pravděpodobnosti; jeho třídu nutno stanovit, parametry odhadnout; pro normální rozdělení může být celková směrodatná odchylka odhadnuta pomocí vzorce pro S_t (viz 2.6.1);

za jistých okolností může S_t nahradit směrodatná odchylka S_w , která charakterizuje pouze kolísání uvnitř podskupin:

$$S_w = \frac{\bar{R}}{d_2} \text{ nebo } \frac{\sum S_i}{m.c_4} \text{ nebo } \sqrt{\frac{\sum S_i^2}{m}}, \quad (4)$$

kde \bar{R} je průměrné rozpětí vypočtené z množiny m rozpětí v podskupinách;

S_i je pozorovaná výběrová směrodatná odchylka i -té podskupiny;

m je počet podskupin stejného rozsahu n ,

d_2 a c_4 jsou konstanty založené na rozsahu podskupiny n (viz ČSNISO8258).

Pro proces ve statisticky zvládnutém stavu se odhady S_t a S_w sblíží. Jejich vzájemné porovnání naznačuje stupeň stability procesu. **Pro proces, který není ve statisticky zvládnutém stavu kolem konstantní střední hodnoty nebo pro proces mající tendenci k systematické změně střední hodnoty je hodnota S_w významně podhodnoceným odhadem směrodatné odchylky procesu.** Odhad S_t má přednost před S_w , protože poskytuje snadnější výpočet konfidenčních mezí

Při aplikaci vztahu $S_w=(R/d_2)$ je třeba si uvědomit jeho nevhodnost při rostoucím rozsahu podskupiny, jeho citlivost na rozdělení jednotlivých hodnot a obtížnost stanovení konfidenčního intervalu.

2.7.2 ukazatel způsobilost procesu – C_p (process capability index)

ukazatel popisující způsobilost ve vztahu k předepsanému tolerančnímu poli

POZNÁMKY:

Pro proces ve statisticky zvládnutém stavu je ukazatel způsobilosti procesu často vyjádřen jako hodnota předepsaného tolerančního pole dělená mírou délky referenčního intervalu, totiž

$$C_p = \frac{U - L}{X_{99,865\%} - X_{0,135\%}} \quad (5)$$

Pro normální rozdělení je referenční interval roven 6σ .

Pro nenormální rozdělení může být referenční interval odhadnut některým z postupů popsaných v ISO/TR 12783 nebo v publikacích citovaných pod čarou na snímku 23.

2.7.3 dolní ukazatel způsobilosti procesu C_{pkL} (*lower process capability index*)

ukazatel popisující způsobilost procesu ve vztahu k dolní mezní hodnotě L

POZNÁMKY:

Pro proces ve statisticky zvládnutém stavu je dolní ukazatel způsobilosti procesu často vyjádřen jako rozdíl mezi 50 %-kvantilem rozdělení a dolní mezní hodnotou dělený mírou délky dolního referenčního intervalu, totiž

$$C_{pkL} = \frac{X_{50\%} - L}{X_{50\%} - X_{0,135\%}}. \quad (6)$$

Pro normální rozdělení je dolní referenční interval roven 3σ a $X_{50\%}$ představuje jak střední hodnotu, tak medián.

Pro nenormální rozdělení může být dolní referenční interval odhadnut pomocí některé z metod popsanych v ISO/TR 12783 nebo v publikacích citovaných pod čarou na snímku 23 a $X_{50\%}$ představuje medián.

2.7.4 horní ukazatel způsobilosti C_{pkU} (*upper process capability index*)

ukazatel popisující způsobilost procesu ve vztahu k horní mezní hodnotě U

POZNÁMKY:

Pro proces ve statisticky zvládnutém stavu je horní ukazatel způsobilosti často vyjádřen jako rozdíl mezi horní mezní hodnotou a 50 %-kvantilem $X_{50\%}$ rozdělení dělený mírou délky horního referenčního intervalu, totiž

$$C_{pkU} = \frac{U - X_{50\%}}{X_{99,865\%} - X_{50\%}}. \quad (7)$$

Pro normální rozdělení je horní referenční interval roven 3σ a $X_{50\%}$ představuje jak střední hodnotu, tak medián.

Pro nenormální rozdělení může být dolní referenční interval odhadnut pomocí některé z metod popsaných v ISO/TR 12783 nebo v publikacích citovaných pod čarou na snímku 23 a $X_{50\%}$ představuje medián.

2.7.5 menší z ukazatelů způsobilosti procesu C_{pk} (*minimum process capability index*)

menší z hodnot horního ukazatele způsobilosti procesu a dolního ukazatele způsobilosti procesu

2.7.7 ukazatel kolísání procesu Q_k (*process variation index*)

míra kolísání vyjádřená jako funkce cílové hodnoty

POZNÁMKY:

Není-li cílová hodnota T rovna nule, má ukazatel tvar

$$Q_k = \frac{100 \sqrt{S_t^2 + (\bar{X} - T)^2}}{T} (\%) . \quad (8)$$

Vlastnosti ukazatele: kolísání procesu Q_k :

hodnota Q_k roste, když rostou buď posuny procesu od jeho cílové hodnoty nebo kolísání procesu;

čím je ukazatel Q_k blíže nule, tím se proces chová lépe k cílové hodnotě;

ukazatel Q_k je užitečný v situacích, kde se dává přednost cílové hodnotě a při tom není pro posouzení relativní způsobilosti k dispozici předepsané toleranční pole (takové situace vznikají při aplikaci SPC v nevýrobních oblastech a v odezvách při navrhování experimentů).

Předpoklady pro správnou aplikaci ukazatelů způsobilosti a výkonnosti (ZaV) a úskalí vznikající při této aplikaci ¹⁾

A. Nutná příprava prostředí pro aplikaci ukazatelů ZaV:

hluboká vstupní analýza daného procesu s možností identifikace přítomnosti zvláštních (vymežitelných) příčin, jejich odstranění a vybudování bariér proti jejich opětovnému nastání;

prověření oprávněnosti aplikace konkrétního typu metody SPC měřením z hlediska rozdělení pravděpodobnosti znaku;

pro aplikaci ukazatelů způsobilosti ověření skutečnosti, že sledovaný proces dozrál do statisticky zvládnutého stavu;

potvrzení splnění uvedených požadavků pomocí analýzy dat z regulačních diagramů.

1) Převzato z článku: V.Horálek: *Diskusní příspěvek k článku R.Starka „Pozor, virus!“*. *Perspektivy jakosti*, 2009, č. 1, str.24-28; vydává ČSJ Praha.

B. Obsahový rozdíl mezi ukazateli C_p a C_{pk} a ukazateli P_p a P_{pk}

Ukazatele C_p a P_p jsou pouze mírou schopnosti sledovaného procesu splnit požadavky, ovšem za předpokladu, že střední hodnota znaku je lokalizována právě ve středu tolerančního pole daného specifikací;

ukazatele C_{pk} a P_{pk} nabízejí celkovou informaci o reálném procesu, neboť svým analytickým tvářem umožňují, aby byla zohledněna i skutečná střední hodnota rozdělení znaku sledovaného v procesu;

tedy, zatímco ukazatele C_p a P_p charakterizují pouze to, „čeho je dodavatel schopen dosáhnout“, ukazatele C_{pk} a P_{pk} vypovídají o tom, „čeho dodavatel „skutečně v reálném procesu dosáhnul“. Tato interpretace obsahového rozdílu obou skupin ukazatelů byla prvně uvedena v publikaci ¹⁾. Nemá tedy smysl dávat do smluv požadavky na hodnoty C_p , případně P_p , ale je třeba se dohodnout o úrovni C_{pk} , případně P_{pk} ;

znalost toho, čeho je výrobce schopen při nastavení střední hodnoty procesu na střed tolerančního pole, ještě nezaručuje, že všechny výstupy z reálného procesu budou mít trvale tuto vlastnost.

¹⁾ V. Horálek: *Statistická regulace*. Učební pomůcka pro ŠKODA, a.s., 1993

C. Vztah mezi ukazateli způsobilosti C_{pk} a ukazateli kvality Q_i ($i = L, U$) a doporučení aplikace ukazatele výkonnosti P_{pk}

Teoretický základ ukazatelů způsobilosti je odvozen z teoretického základu statistických přejímek měření. V principu došlo jen ke změně objektu. Místo testování kvality výrobních dávek se přešlo na testování výrobního procesu. Rozdílné jsou však postupy pro získání základních údajů ze stejného procesu:

při hodnocení procesu získává výrobce (dodavatel) kvantitativní informaci o variabilitě procesu a o těžišti rozdělení znaku z údajů v regulačních diagramech (k kontrolních podskupin stejného rozsahu n) a obvykle pracuje s průměrnou variabilitou hodnot znaku pouze uvnitř kontrolních podskupin a tu používá pro výpočet ukazatele C_{pk} , kdežto

naproti tomu zákazník (odběratel) hodnotí celou dávku pomocí náhodného výběru (třeba stejného rozsahu jako dodavatel, tj. rozsahu $N = n \times k$), přičemž získaná informace představuje variabilitu znaku v celé dávce (tedy shrnující jak variabilitu uvnitř podskupin, tak variabilitu mezi podskupinami).

V důsledku těchto dvou odlišných struktur informačních souborů jsou odlišné i získané hodnoty odhadů směrodatné odchylky procesu σ a odhad C_{pk} získaný výrobcem (dodavatelem) z dat v regulačních diagramech je skutečně nadhodnocen oproti odhadu získanému odběratelem. To je další důvod, proč doporučit uzavřít mezi zákazníkem (odběratelem) a výrobcem (dodavatelem) dohodu založenou na ukazateli P_{pk} místo na ukazateli C_{pk} .

D. Důvody aplikace ukazatelů způsobilosti a výkonnosti na úkor statistických přejímek měřením a nutnost vzájemného odsouhlasení zpřesňujících požadavků pro získání číselných hodnot těchto ukazatelů

Důvodem rozšíření aplikace ukazatelů způsobilosti a výkonnosti na úkor statistických přejímek měřením je nemožnost realizace vysokých rozsahů výběrů v přejímacích plánech při vysokých požadavcích na jakost (vyjádřených v ppm).

Při zpracování dat, o které se opírá výrobce, hraje podstatnou roli i **typ statistické regulace: použitý v procesu u výrobce**. Ten přece může používat kteroukoliv z regulačních metod [(\bar{X} ; R), (\bar{X} , s), (Me, R), (Me, s), metodu založenou na individuálních hodnotách apod.], pokud jsou splněny podmínky pro její aplikaci, přičemž každá z těchto regulačních metod vyžaduje použití odlišného vzorce pro odhad parametru σ pomocí kterého se v rovnicích (5) až (7) – snímky 28 až 30 – odhaduje příslušný referenční interval.

Úplné odstranění rozdílnosti v odhadech ukazatelů plynoucí ze závěrů v bodech C a D je nejjednodušším způsobem realizovatelné tím, že výrobce se ve smlouvě zaváže umožnit odběrateli, aby si fyzicky prověřoval pravdivost údajů zaznamenaných na regulačních diagramech a správnost postupu při výpočtu odhadu C_{pk} , který výrobce uvádí ve svém atestu přiloženém k dávce.

Nejmenšího rozdílu mezi hodnotami získanými výrobcem a zákazníkem lze dosáhnout oboustrannou dohodou o aplikaci ukazatele P_{pk} , jak bylo naznačeno v závěru bodu C.

ČSN ISO 3534-2:2010,

kap. 3: *Specifikace, hodnoty a výsledky zkoušek*

3.1.1 **specifikace** (*specification*)

dokument předepisující požadavky

POZNÁMKY:

Jakékoliv médium obsahující informace, například papír, počítačový disk nebo vzorový kus;

při výběrové přejímce může být dávka přijata, poněvadž splňuje přejímací kritéria pro dávku, ale některé jednotlivé jednotky ve výběru nebo dokonce v dávce nemusí splňovat specifikaci pro jednotku.

3.1.2 **cílová hodnota, nominální hodnota** *T* (*target value, nominal value*)

preferovaná nebo referenční hodnota znaku stanovená specifikací

3.1.3 **mezní hodnota** (*specification limit*)

mezní hodnota předepsaná pro znak

POZNÁMKY:

horní mezní hodnota *U* (*upper specification limit*) – (3.1.4);

dolní mezní hodnota *L* (*lower specification limit*) – (3.1.5);

jednostranná mezní hodnota (*single specification limit*) – (3.1.7);

dvoustranné mezní hodnoty (*double specification limit*) – (3.1.8);

vzhledem k definici termínu „specifikace“ (3.1.1) je pochopitelné, že používání termínu „specifikační mez (dolní, horní)“ se zásadně nedoporučuje.

3.1.6 **předepsané toleranční pole** (*specified tolerance*)

rozdíl mezi horní mezní hodnotou a dolní mezní hodnotou

3.2.2 **měřená veličina** (*measurand*)

konkrétní veličina, která je předmětem měření

3.2.4 **zkoušený znak** (*test characteristic*)

znak, který je předmětem zkoušky

3.2.5 **pravá hodnota, skutečná hodnota** (*true value*)

hodnota charakterizující veličinu nebo kvantitativní znak a dokonale definovaná za podmínek, při nichž se veličina nebo kvantitativní znak uvažují

POZNÁMKA:

Pravá hodnota veličiny nebo kvantitativního znaku je teoretický pojem a její hodnota obecně nemůže být přesně známa;

termíny „*pravá hodnota*“, „*skutečná hodnota*“ jsou v souladu s terminologií uvedenou v Mezinárodním metrologickém slovníku VIM3:2008.

3.2.6 konvenční hodnota (*conventional true value*)

hodnota veličiny nebo kvantitativního znaku, která pro daný účel může nahradit pravou hodnotu

PŘÍKLAD:

Hodnotu přiřazenou v rámci nějaké organizace referenčnímu etalonu lze považovat za konvenční hodnotu veličiny nebo kvantitativního znaku, která je realizována tímto etalonem.

POZNÁMKY:

V novém vydání mezinárodního metrologického slovníku VIM3:2008 je tento termín nahrazen termínem „*conventional quantity value*“ a v poznámce se výslovně nedoporučuje používání termínu „*conventional true value*“. Proto byl při překladu tohoto termínu použit jen termín „*konvenční hodnota*“ a termín „*konvenčně pravá hodnota*“, který by odpovídal anglickému originálu vzniklému před vydáním VIM3 a který byl uveden v předchozím vydání ČSN ISO3534:1994, se zde již neuvádí;

na konvenční hodnotu se obecně hledí jako na hodnotu, která je dostatečně blízká pravé hodnotě, protože rozdíl od pravé hodnoty je pro daný účel zanedbatelný.

3.2.7 přijatá referenční hodnota (*accepted reference value*)

hodnota, která slouží jako odsouhlasená referenční hodnota pro porovnávání

POZNÁMKY:

Přijatá referenční hodnota se získá jako:

teoretická nebo zavedená hodnota založená na vědeckých principech;
přiřazená nebo certifikovaná hodnota založená na experimentálních pracích některých národních nebo mezinárodních organizací;

odsouhlasená nebo certifikovaná hodnota založená na spolupráci při experimentálních pracích prováděných pod záštitou vědeckých nebo technických týmů;

průměrná hodnota specifikované množiny měření a to v případě, že není k dispozici žádná ze tří výše uvedených alternativ.

3.3.1 přesnost (*accuracy*)

těsnost shody mezi výsledkem zkoušky nebo výsledkem měření a pravou hodnotou

POZNÁMKY:

V praxi se pravá hodnota nahrazuje přijatou referenční hodnotou;
použije-li se termín „*přesnost*“ na množinu výsledků zkoušek nebo měření, zahrnuje v sobě kombinaci náhodných složek a složky, která je obecnou systematickou chybou neboli vychýlením;

přesnost popisuje kombinaci pravdivosti a preciznosti.

3.3.2 vychýlení, strannost (*bias*)

rozdíl mezi očekávanou hodnotou výsledku zkoušky nebo výsledku měření a pravou hodnotou

POZNÁMKY:

Vychýlení je – na rozdíl od náhodné chyby – celkovou systematickou chybou. Systematická chyba podílející se na vychýlení, může sestávat z jedné složky nebo z několika složek. Větší systematická odchylka od skutečné hodnoty se odrazí ve více vychýlené hodnotě;

vychýlení měřicího přístroje se obvykle odhaduje pomocí průměrování chyb odečtů pro vhodný počet opakovaných měření. Chyba odečtu je „odečet z měřicího přístroje minus skutečná hodnota odpovídající vstupní veličiny“;

v praxi se pravá hodnota nahrazuje přijatou referenční hodnotou; mezinárodní metrologický slovník VIM3:2008 uvádí jako překlad termínu „*bias*“ pouze „*vychýlení*“. Ve statistické literatuře se však lze často setkat s termínem „*strannost*“, který byl jako preferovaný uveden v předchozím vydání ČSN ISO 3534. Proto je zde uveden termín „*vychýlení*“ jako preferovaný a termín „*strannost*“ jako synonymum.

3.3.3 **pravdivost, správnost** (*trueness*)

těsnost shody mezi očekávanou hodnotou výsledku zkoušky nebo výsledku měření a pravou hodnotou

POZNÁMKY:

Míra pravdivosti se obvykle vyjadřuje pomocí vychýlení;
o pravdivosti se někdy hovoří jako o „*přesnosti v průměru*“. Používat tento termín se však nedoporučuje;
v praxi se pravá hodnota nahrazuje „*přijatou referenční hodnotou*“;
v předchozím vydání ČSN ISO 3534 byl termín „*trueness*“ přeložen pouze jako „*správnost*“. Mezinárodní metrologický slovník VIM3:2008 uvádí jako preferovaný termín synonymum „*pravdivost*“, což bylo dodrženo i v tomto slovníku.

3.3.4 **preciznost** (*precision*)

těsnost shody mezi nezávislými výsledky zkoušení/měření získanými za předem vymezených podmínek

POZNÁMKY:

Preciznost závisí pouze na rozdělení náhodných chyb a nemá žádný vztah ani k pravé hodnotě, ani ke specifikované hodnotě;

míra preciznosti se obvykle vyjadřuje pomocí nepreciznosti a počítá se jako směrodatná odchylka výsledků zkoušky nebo výsledků měření.

Menší preciznost se odrazí ve větší směrodatné odchylce;

kvantitativní míry preciznosti kriticky závisejí na předem vymezených podmínkách. Podmínky opakovatelnosti a podmínky reprodukovatelnosti jsou konkrétní soubory předem vymezených podmínek pro extrémní situace;

v minulém vydání ČSN ISO 3534:1994 byl anglický termín „*precision*“ přeložen jako „*shodnost*“ se synonymem „*preciznost*“. Nové vydání mezinárodního metrologického slovníku VIM3:2008 však uvádí pouze termín „*preciznost*“. Proto i do ČSN ISO 3534:2010 byl převzat termín shodný s VIM3:2008 a používání původního termínu „*shodnost*“ se nadále nedoporučuje.