

IMPLEMENTING SPC IN INDUSTRIAL PROCESS

ZAVÁDĚNÍ SPC VE VÝROBNÍM PROCESU

Dostál P., Černý M.

Department of Engineering and Automobile Transport, Faculty of Agronomy, Mendel University of Agriculture and Forestry in Brno, Zemědělská 1, 613 00, Brno, Czech Republic

E-mail: pet.d@seznam.cz, michalc@mendelu.cz

ABSTRACT

The article is engaged in implementing of statistical process control on machines into the mechanic production, therefore in suggestion of suitable statistical instruments for the operating of the processes. In this article is tried to find a solution to the statistical stability of the processes, their regulation and the improvement. One part of the article deals with the statistically gained data evaluation and the correctional precautions at the demonstration of the process' instability. As a result is implementing measuring station from where will be the process data transferred to a server, where will became to data evaluation. If is all system correctly installed, the reason is production costs reduction owing to scrap reduction.

Key words: statistical process control, SPC, quality improvement, stability, qualification, control charts, quality control.

ÚVOD

Jakost výrobku je dnes důležitější, než tomu bylo kdykoli předtím. Proto by měla být jakost výrobku prvořadým zájmem každé výrobní společnosti. V současné době vysoké konkurence na trhu je existenční nutností firem uspokojovat potřeby zákazníka, snižovat náklady na výrobu, zvyšovat produktivitu a zlepšovat kvalitu nabízených výrobků či služeb. V minulosti se výrobky, které neprošly výstupní kontrolou, vracely zpět do výroby na přepracování nebo v horším případě skončily jako odpad. Vhodný systém řízení kvality zajišťuje, že výrobek se v požadované kvalitě vyrobí napoprvé. To má za následek zvýšení produktivity a samozřejmě snížení nákladů na výrobu. Požadavky zákazníka resp. uživatele jsou naplněny pouze tehdy, když jsou výrobky dodávány s minimálními odchylkami v rámci dodržení funkčnosti a zaměnitelnosti.

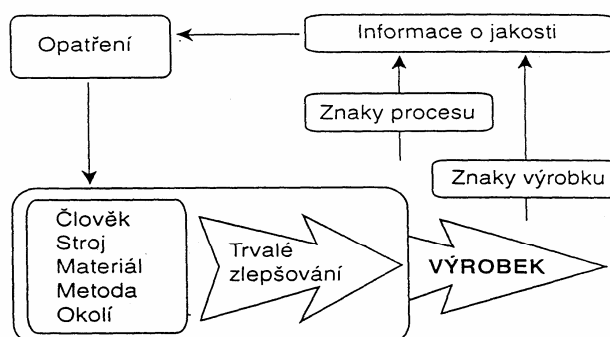
Pro označení statistického přístupu k řízení procesů se používá zkratka SPC (Statistical Process Control), což je primární nástroj pro statistické řízení kvality (SQC – Statistical Quality Control). Využívání SPC ve výrobě přispívá ke zvýšení kvality vyráběného produktu, umožňuje včas identifikovat změny v kvalitě a minimalizuje počet nekvalitních výrobků. Podle odborných studií je návratnost investice do SPC velmi rychlá, řádově několik měsíců.

Lze říci, že statistická metoda SPC má největší přínos při:

- hromadné sériové výrobě
- velkém objemu výroby s malým ziskem na vyrobenou jednotku, výrobě produktů s vysokými nároky na přesnost

Základním cílem statistické regulace (SPC) je:

- Zlepšování jakosti (předcházení výroby neshodných výrobků, dříve zmetků).
- Uvedení výrobního procesu dlouhodobě do stabilního stavu.



Obrázek 1. Zpětnovazební regulační okruh SPC [3]

METODIKA

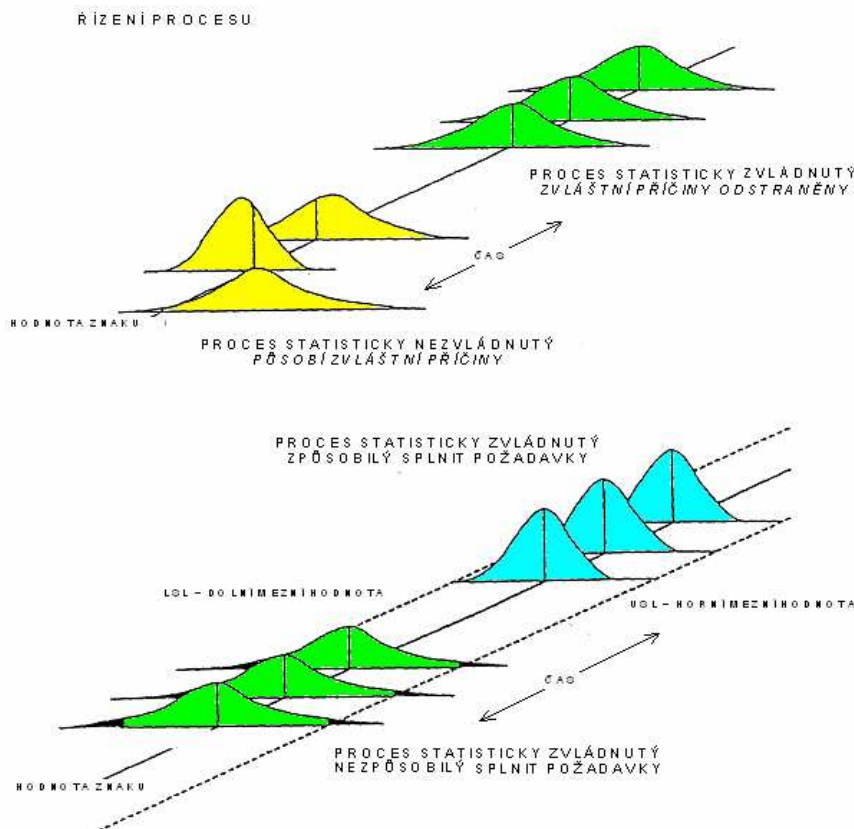
1.1 Variabilita

Každý výrobní proces vykazuje variabilitu. I když je velkosériová výroba velmi přesná, každý výrobek je originál. Měříme-li vždy stejný znak jakosti (rozměr) na velkém počtu shodných výrobků, vždy se budou naměřené hodnoty lišit. Vlivem nepřesnosti výroby, měření, změnou okolních výrobních a měřicích podmínek atd. se hodnota měřeného rozměru pohybuje v určitých mezích, je variabilní. Tato variabilita je způsobena příčinami, které lze rozdělit do 2 skupin:

1. Náhodné příčiny – vztahují se k mnoha zdrojům kolísání, které jsou zahrnuty v procesu, který má stabilní a opakující se rozdělení v průběhu času. Je-li proces ovlivňován pouze systémem náhodných příčin, má charakter “statisticky zvládnutého procesu” a lze jeho průběh předpovídat.

2. Vymezitelné (zvláštní) příčiny – vztahují se ke zdrojům kolísání, které v procesu nepůsobí trvale a vyvolávají neočekávané změny. Ty mohou být:

- škodlivé – ty je nutno identifikovat, odstranit a zabránit jejich opětovnému nastání.
- prospěšné – ty je třeba rovněž identifikovat, ale využít ke zlepšení procesu a měly by se stát pevnou součástí procesu.

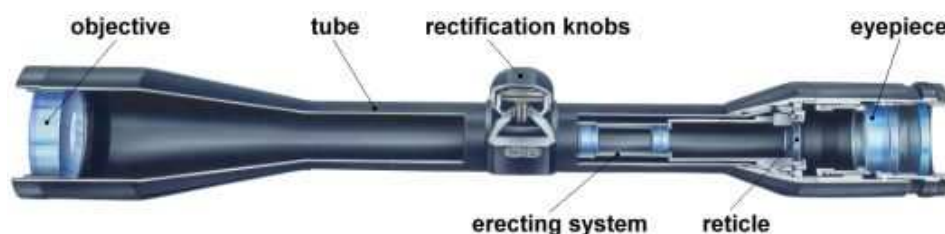


Obrázek 2. Příčiny variability [4]

1.2 Postup zavádění SPC

Poznámka:

Příklady zavádění SPC jsou čerpány z praxe v reálné společnosti, která se zabývá mimo jiné výrobou sportovních puškohledů [Obrázek 3].



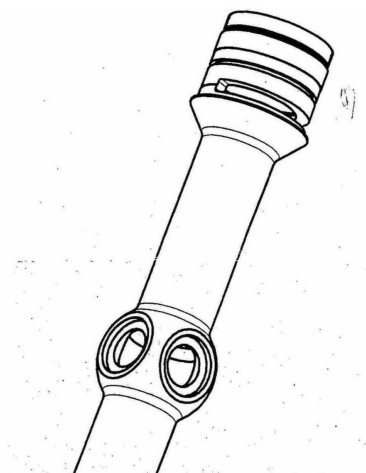
Obrázek 3. Stavba puškohledu

1.2.1 Identifikace potřeb zákazníků

V současném konkurenčním prostředí, kdy stoupají požadavky zákazníků a zároveň klesá jejich loajalita ke značce, je nezbytným předpokladem pro přežití každého podniku získání a udržení zákazníků. Jediným způsobem jak toho dosáhnout je rozpoznat tyto zákazníky, navázat s nimi komunikaci, identifikovat jejich potřeby a se ziskem je uspokojit.

Praktickým příkladem je zavádění SPC na CNC stroji, kde se obrábí tzv. tělo puškohledu [Obrázek 4], což je hlavní mechanická část celého přístroje.

Zavést SPC na výrobu tohoto dílu je nejen požadavkem managementu podniku, ale i požadavkem zákazníka.



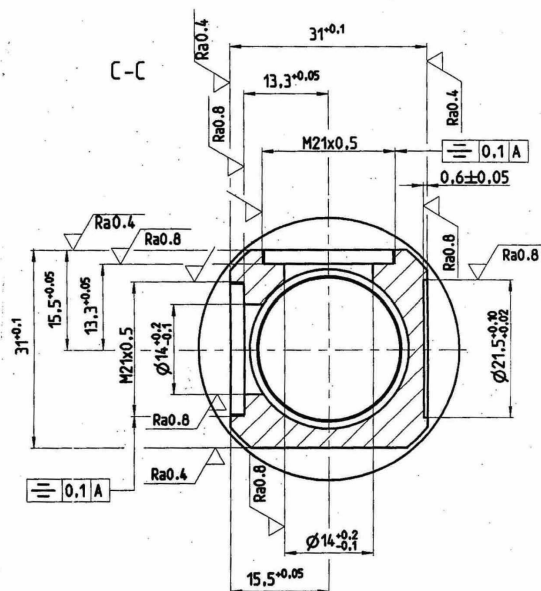
Obrázek 4. Část puškohledu prostorově

1.2.2 Volba znaků jakosti

Na základě požadavků zákazníka je nutno zvolit vhodný znak jakosti výrobku, který nejlépe vypovídá o jakosti výrobku v dané výrobní fázi.

Příklad:

V našem konkrétním případě se zabýváme výrobou mechanické části puškohledu. Firma vyrábí celkem 27 variant puškohledů. Jisté znaky jsou ale pro všechny shodné. Na základě požadavků zákazníka je zvolen jako vhodný znak jakosti výrobku středová kostka [Obrázek 5], která je na všech typech puškohledů shodná. Měří se výška této středové kostky, což je dle zákazníka hodnota, která nejlépe vypovídá o jakosti výrobku v dané výrobní fázi.



Obrázek 5. Středová kostka puškohledu

1.2.3 Statistické pozorování – sběr dat

Sběr dat je systematicky prováděné pozorování určených prvků procesu, zaznamenávání výsledků pozorování a jejich uchovávání pro další použití.

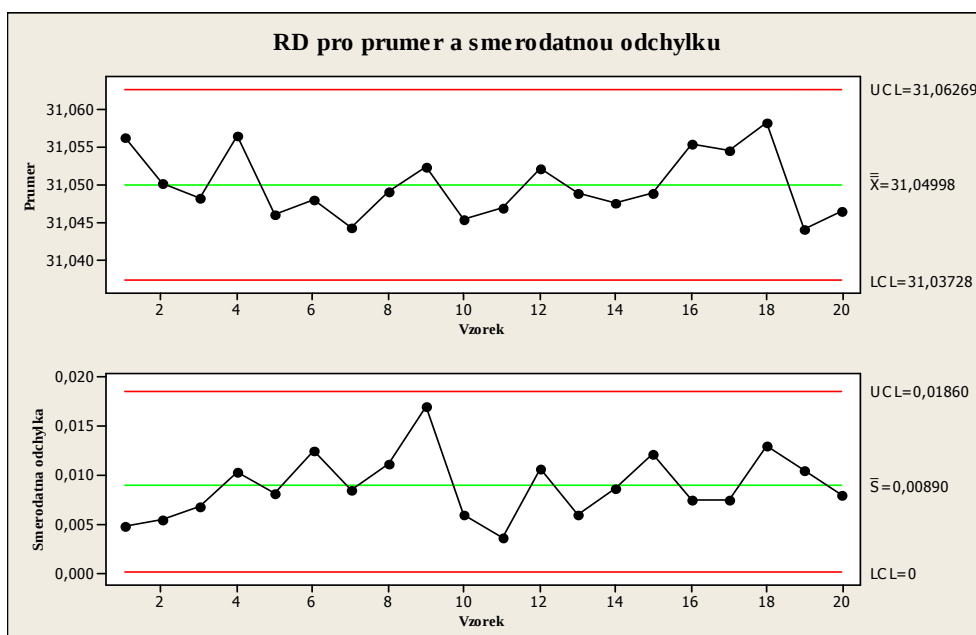
V praxi je sběr dat většinou realizován automaticky, data jsou tedy přenášena datovým kabelem z měřidla přímo do počítače. Tam jsou zaznamenávána do programu, kde jsou statisticky vyhodnocována a archivována. Naměřená data jsou zpřístupněna manažerům kvality a jiným osobám, pro které jsou výsledky přínosné. Data mohou v programu tvořit „nekonečnou řadu“. To znamená, že se zpravidla využívá jediný soubor, do kterého jsou data zaznamenávána. Postupně je tedy k dispozici stále rozsáhlejší soubor naměřených hodnot.

1.2.4 Stabilizace procesu

Při zavádění statistické regulace se nejprve analyzuje, zda je variabilita procesu vyvolána pouze náhodnými příčinami nebo i působením vymežitelných příčin. K odhalení vlivu vymežitelných příčin se využívají regulační diagramy (RD) [Graf 1].

Tyto RD jsou velmi cennými nástroji kontroly kvality. Jejich význam spočívá hlavně v získání potřebných informací o chování procesu. RD má obecně sloužit jako diagnostický nástroj k posouzení, zda se sledovaný proces chová tak, jak očekáváme. Na základě analýzy RD můžeme včas odhalit významné odchylky procesu od předem stanovené úrovně, najít a

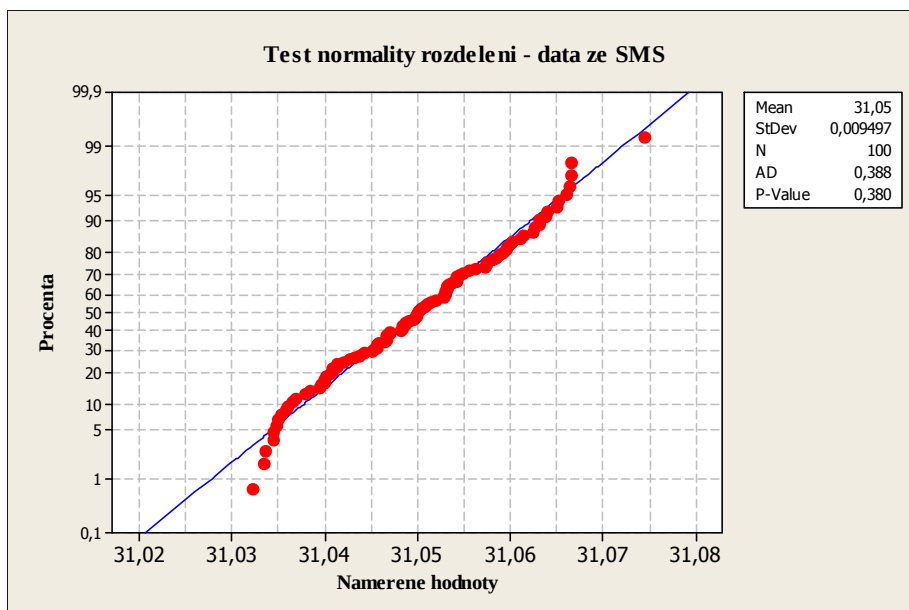
vysvětlit příčinu a případně přistoupit k zásahu. Pro statisticky stabilní proces musí být všechny body regulačního diagramu ve stanovených mezích.



Graf 1. RD pro průměr a směrodatnou odchylku [minitab]

V případě, že jsou zjištěny signály působení vymezitelných příčin, je potřeba tyto příčiny identifikovat a odstranit (je-li to možné) tak, aby se proces dostal do stavu, ve kterém jeho variabilitu vyvolají pouze náhodné příčiny. Takový proces, který je ovlivňován pouze náhodnými příčinami, se označuje jako statisticky stabilní proces (statisticky zvládnutý proces, proces pod kontrolou) a jeho rozhodující výhodou je předvídatelnost rozdělení sledovaného znaku jakosti výstupu z procesu.

Aby RD správně plnil svoji funkci, je nutno mít k dispozici data, která vykazují normální (Gaussovo) rozdělení hodnot. Pro zjištění, zda mají data normální rozdělení, používáme test normality [Graf 2].



Graf 2. Test normality [minitab]

1.2.5 Určení způsobilosti procesu

Statistická zvládnutelnost procesu (stabilita procesu) však nezajišťuje, že procesem budou vznikat pouze shodné výrobky. To je potřeba posoudit hodnocením způsobilosti procesu. Způsobilost procesu vyjadřuje, s jakou rezervou leží regulační meze uvnitř pásma vymezeného specifikacemi (technickými mezemi). Lze říci, že způsobilý proces, je takový proces, který vyhovuje požadavkům zákazníka. K hodnocení způsobilosti procesu se používají indexy způsobilosti C_p , C_{pk} .

Index způsobilosti C_p je mírou potenciální schopnosti procesu zajistit, aby hodnota sledovaného znaku jakosti ležela uvnitř tolerančních mezí.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

kde: LSL - dolní toleranční mez
USL - horní toleranční mez
 σ - směrodatná odchylka

Skutečná variabilita sledovaného znaku jakosti je vyjádřena hodnotou 6σ , která v případě normálního rozdělení vymezuje oblast, v níž s 99,73% pravděpodobností leží všechny hodnoty. Hodnota $C_p = 1$ tedy například poskytuje informaci, že dosažitelná pravděpodobnost neshodných jednotek na výstupu z procesu činí 0,27%.

Na rozdíl od indexu C_p zohledňuje index C_{pk} nejen variabilitu sledovaného znaku jakosti, ale i jeho polohu vůči tolerančním mezím. Index C_{pk} tedy charakterizuje skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané toleranční meze.

$$C_{pk} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

μ - střední hodnota sledovaného znaku jakosti

U většiny společností je za způsobilý proces považován ten, který vykazuje hodnotu C_{pk} vyšší, než 1,33.

1.2.6 Statistická regulace procesu

U procesu, který je statisticky zvládnutý a způsobilý, se pak aplikuje vlastní statistická regulace. Z procesu se v kontrolních intervalech získávají údaje o sledovaném znaku jakosti, které se pak vyhodnocují v regulačním diagramu. V případě zjištění signálů působení vymežitelných příčin se tyto příčiny identifikují a odstraňují tak, aby se proces udržel ve statisticky zvládnutém stavu.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Výsledkem verifikace předkládané metody SPC je měřicí a vyhodnocovací stanice pro SPC, která je prostředkem pro sběr dat, a jejich statistické zpracování. Vedení organizace je pak informováno o klíčových nedostatcích při procesu výroby určitého produktu. Data jsou přenášena z měřidla do PC, kde jsou statisticky vyhodnocována. Průběžně je hodnocena stabilita i způsobilost procesu, proto je možné kdykoli v případě náznaku nestability provést zásah takovým způsobem, aby nemusela být zastavena výroba a aby se nevyráběly neshodné výrobky. Tím se zvyšuje produktivita a snižují se náklady na výrobu, což je dané minimalizací výroby neshodných kusů.

Jednou z alternativ, jak vyhodnotit způsobilost procesu, je zpracovat program s využitím MS Excel, který z naměřených hodnot přímo počítá indexy způsobilosti ze zadaných vzorců.

Tabulka výsledků [Tabulka 1] z naměřených hodnot obsahuje tyto vypočtené údaje: horní a dolní regulační mez, průměr, směrodatná odchylka a indexy způsobilosti. Tato tabulka je zpracovaná programem v MS Excel.

Pro jednoznačnost lze využít možnost vložení obrázku, který svým aktuálním ztvárněním vypovídá o stavu procesu. Operátor tedy není subjektivně zatížen vypočtenými hodnotami, ale orientuje se obrázkem.

Tabulka 1. Hodnocení způsobilosti

Předpis (requirements):	
USL	31,1
LSL	31
Střední hodnota	31,05
Výpočet (results):	
UCL	31,0627
LCL	31,0373
μ	31,0499
σ	0,0041
C_p	2,2277
C_{pk}	1,7242
Počet hodnot (number of samples)	100



.....proces je způsobilý, index $C_{pk} > 1,33$



.....proces je na hranici způsobilosti, index $C_{pk} = 1,33 \pm 0,05$



.....proces není způsobilý, index $C_{pk} < 1,33$

ZÁVĚR

Metoda SPC je optimálním nástrojem pro posuzování stavu procesu v reálném čase. Díky SPC dokážeme včas identifikovat vliv vymezených příčin působících na výrobní proces a tím proces řídit, snížit počet neshodných výrobků, zvýšit produktivitu a co je hlavním cílem každé organizace - zvýšit zisk.

Z RD jasně poznáme, jak se proces výroby chová a kam se vychyluje například vlivem opotřebení nástroje, změny teploty, rozladění stroje atd. a díky této informaci o aktuálním stavu procesu jsme schopni provést opatření v tak krátkém čase, že nebude muset být zastavena výroba a proces bude v ideálním případě stále vykazovat výrobu shodných výrobků. Minimalizace výroby neshodných kusů je z praktických zkušeností až 80%, což představuje obrovskou úsporu nákladů. Pro největší efekt metody SPC je důležité seznámit operátory se stanicí SPC, proškolit je a ujistit v tom, že SPC je skutečným přínosem jak pro podnik a zákazníka, tak i pro samotné operátory.

Nevýhodou SPC je malá pravděpodobnost zjištění výskytu izolovaného defektu, tedy vady snižující jakost výrobku, která není rozpoznána, není tedy v místě sledovaných znaků jakosti. SPC používá stále více podniků jako prostředek rozvoje. Firma, která má zaveden systém SPC, má jistou konkurenční výhodu před ostatními konkurenty na trhu.

LITERATURA

ČECH, J.: *Statistické řízení jakosti*. VUT v Brně. 1993. ISBN 80-214-0528-7

BRATKOVÁ, E. Metody citování literatury a strukturování bibliografických záznamů podle mezinárodních norem ČSN ISO 690 a ČSN ISO 690 – 2. 1.0 verze, duben 2006. 24s. ISBN 80-255-1105-3

FIALA, A. *Statistické řízení procesů*. VUT v Brně. 1995, 96s. ISBN 80-238-1818-3

FIALA, A. Statistické řízení jakosti: Prostředky a nástroje pro řízení a zlepšování procesů. 2. vydání. VUT v Brně. 1997, 93s. ISBN 80-244-1562-3

HORÁLEK, V. *QS-9000: Statistické řízení procesů (SPC)*. ČSJ, Praha, 1999, 154s. ISBN 80-02-01343-3

MLČOCH, L. *Řízení kvality a strojírenská metrologie*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 1987, 330s. ISBN 80-314-0833-8

NOSKIEVIČOVÁ, D. *Statistické metody v řízení jakosti*. Vysoká škola báňská, Ostrava, 1997, 80s. ISBN 80-7078-318-4