

STATISTICKÁ REGULACE PROCESU LAKOVÁNÍ PRODUKTŮ

Ing. Jan Zatloukal

*Quality Engineer ve společnosti
HŽP a.s., Dolní 3137/100, Prostějov
jan.zatloukal@hzp.cz*

*Prof. Ing. Darja Noskievičová, CSc.
Katedra managementu kvality
Fakulta materiálově-technologická
VŠB-TU Ostrava*

Resumé

Článek pojednává o zavedení statistické regulace procesu lakování vybraného produktu. V první části příspěvku je provedena analýza používané technologie lakování a současný způsob kontroly zvoleného znaku kvality, tj. tloušťky mokré vrstvy naneseného laku. V dalších kapitolách je popsána realizace jednotlivých fází aplikace statistické regulace procesu. V závěru je uvedeno zlepšení, kterého bylo dosaženo zavedením statistické regulace procesu.

Abstract

The paper deals with application of statistical process control to the painting of the selected product. The first part of the paper is devoted to the analysis of the painting process and a current way of checking the chosen quality characteristic, i. e. thickness of the wet coating. In the next chapters the realization of the particular phases of the statistical process control application has been described. In the end of the paper the improvements based on the statistical process control application have been listed.

1. Úvod

Statistická regulace procesu (SPC) patří mezi metody mající preventivní charakter [1], jejímž hlavním cílem je analyzovat pomocí regulačních diagramů potenciální výkyvy procesu, které by mohly vést k produkci neshodných produktů. Samotný systém řízení neshodných produktů je již následkem neshody, která nastala v důsledku určité anomálie

v procesu. SPC má za úkol indikovat nežádoucí variabilitu procesu a tudíž předcházet výskytu neshod. SPC není ve společnosti, kde byla aplikace realizována, zatím ve větším měřítku využívána. To je dáno hned několika důvody. Jedním z hlavních důvodů je nepochopení cíle statistické regulace procesu a dále je to absence potřebných znalostí, které jsou nezbytným předpokladem.

2. Popis procesu lakování vybraného produktu a kontroly tloušťky laku

Společnost, kde byla zavedena SPC, která je předmětem tohoto článku, se věnuje výrobě produktů zejména pro automobilový a drážní průmysl, které tvoří největší podíl jejího portfolia. Mezi používané technologické procesy patří také proces lakování produktů. Společnost disponuje třemi lakovacími linkami, z nichž jedna se věnuje pouze lakování produktů do automobilového sektoru a je technologicky koncipována na mokré lakování. Lakovací linka pracuje na bázi elektrostatického výboje, kdy za pomoci vysokofrekvenčních zvonků rozprašuje nátěrový systém na produkty [2]. Tato technologie nanášení mokrého laku je zatím nejefektivnější z pohledu účinnosti nanášení nátěrového systému a také z ekonomického hlediska. Díky elektrostatickému výboji se nátěrový systém převážně na vybraném produktu zachytí. Lakovací linka je zobrazena na obrázku 1.



Obrázek 1: Lakovací linka [3]

Hlavním znakem kvality je tloušťka nátěru, který je nanášen v lakovací kabině technologickým řešením, které bylo popsáno výše. Po nanesení mokré vrstvy se dále produkty dostávají do vytěkáací zóny, sušicí pece a posléze i do ochlazovací zóny. Sledovaný znak kvality, tj. tloušťka nátěru, je v současnosti dle požadavku zákazníka zjišťován až zasucha. Měření tloušťky v suchém stavu je prováděno pomocí přístroje Deltascop, který je zobrazen na obrázku 2.



Obrázek 2: Měřák pro suchou vrstvu [3]

Ačkoliv jde o měření přesné, znamená tento způsob zjišťování tloušťky nátěru, že ověření o shodě se provádí až na výstupu z lakovací linky. V případě nesplnění požadavku zákazníka je pak velmi složité odhalovat vznik a zejména příčiny neshody, protože doba mezi aplikací laku a měřením jeho tloušťky nabývá až 90 minut. Z uvedených důvodů bylo rozhodnuto aplikovat na proces lakování SPC, ovšem s využitím měření tloušťky nanesené vrstvy laku v mokrému stavu. Tato měření se provádějí pomocí měřky (viz obrázek 3).



Obrázek 3: Měřák pro mokrou vrstvu [4]

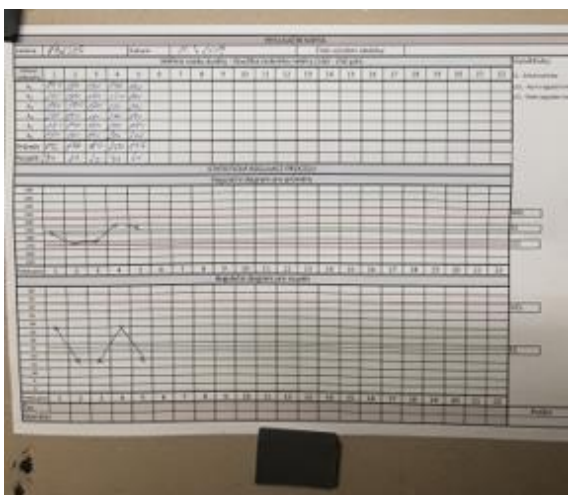
Na měřce jsou předdefinované hodnoty, podle kterých se určuje tloušťka laku. Pro účely regulace procesu s cílem odhalovat včas potenciální nežádoucí odchylky ve variabilitě procesu je tato metoda dostačující.

3. Aplikace statistické regulace na proces lakování v mokřém stavu

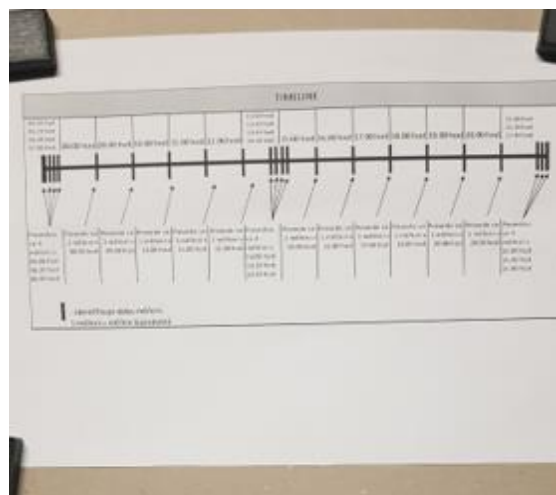
Zavedením SPC na proces měření mokřé tloušťky vrstvy je tedy možné ihned reagovat na vymezené příčiny variability, zejména potom na sporadické. Zavádění SPC bylo realizováno ve 4 fázích: fázi přípravné, fázi ověření a zabezpečení statistické regulace procesů, fázi ověření a zajištění způsobilosti procesu a fázi dlouhodobé statistické regulace procesu [5].

3.1 Fáze přípravná

Před vlastním zavedením SPC bylo třeba potvrdit, že existuje korelace mezi tloušťkou laku za sucha a za mokra. Výsledek korelační analýzy tuto hypotézu nevyvrátil, tudíž bylo rozhodnuto, že SPC bude skutečně aplikováno na tloušťku nanesené vrstvy laku za mokra. Dále byl detailně definován způsob zjišťování zvoleného znaku kvality, zvolen kontrolní interval a velikost logické podskupiny; byly připraveny formuláře pro záznam zjištěných hodnot a vedení regulačních diagramů (obrázek 4) a plán odběru logických podskupin (obrázek 5). Regulační kartu společně s plánem odběru logických podskupin mají pracovníci lakovny k dispozici přímo na lakovací kabině v místě, kde se měří jednotlivé produkty.



Obrázek 4: Ukázka regulační karty [3]



Obrázek 5: Plán odběru logických podskupin
Ukázka regulační karty [3]

Každá směna obdrží vlastní regulační kartu. Na zadní straně regulační karty je průvodní list, do kterého pracovníci zapisují všechny změny v procesu. Pokud nastane jakákoliv anomálie v procesu lakování, tak se postupuje podle plánu reakce, kde je uvedeno, že pracovníci oznámí tuto anomálii přímému nadřízenému a zapíše do průvodního listu. Pokud se však podskupiny pohybují mimo regulační meze, udělají pracovníci zásah do lakovacího programu.

Chyby, které nastávají, bývají většinou přetrvávající a většího rozsahu, protože se jedná o problémy spojené s aplikační technologií, například ucpaný zvonek, který poté nanáší podstatně méně nátěru, což také bývá nejčastější příčinou hodnot, které jsou mimo regulační meze. Současně byly stanoveny osoby zodpovědné za sběr dat. Tyto osoby byly náležitě proškoleny.

Nedílnou součástí přípravné fáze bylo provedení analýzy zvoleného měřicího systému (viz tabulka1), z níž lze vyčíst, že zvolený měřicí systém je podmíněčně přijatelný a získávaná data mají dostatečnou kvalitu a mohou být použita pro účely aplikace SPC [6].

Tabulka 1: Výsledky MSA [3]

Measurement	Estimated	Percent	Estimated	Percent	Percent
Unit	Sigma	Total Variation	Variance	Contribution	of R & R
Repeatability	2,92747	10,4698	8,57011	1,09616	92,79
Reproducibility	0,8161197	2,91903	0,666178	0,0852076	7,21
R & R	3,03913	10,8691	9,23629	1,18137	100
Parts	27,7956	99,4076	772,594	98,8186	
Total Variation	27,9612	100	781,83		

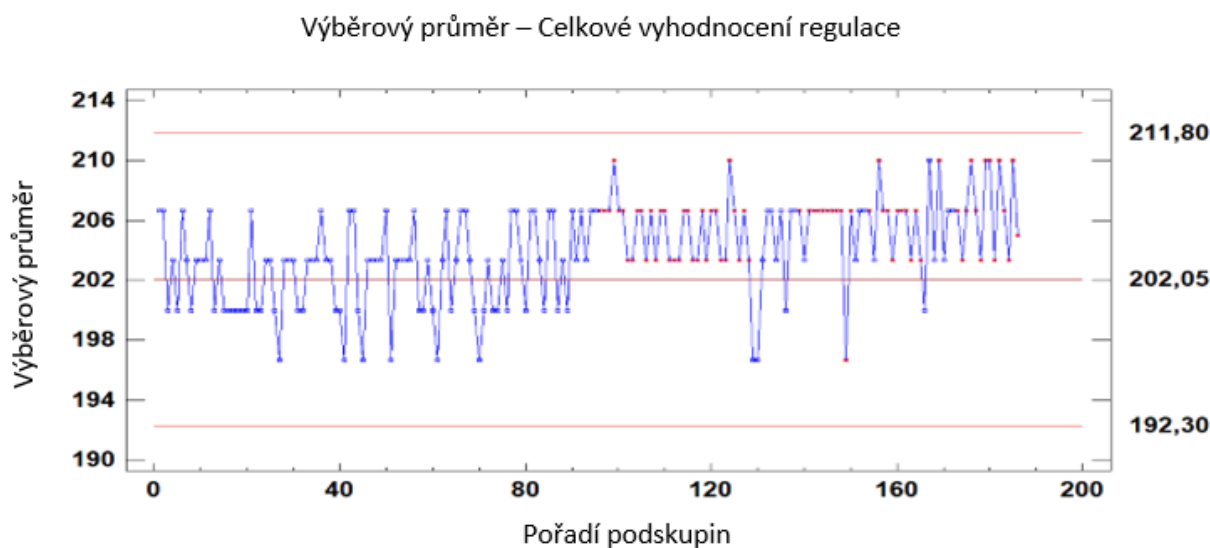
Number of distinct categories (ndc): **12**

V rámci přípravné fáze došlo také k volbě vhodných regulačních diagramů, založené na ověření předpokladů o datech a zvoleném rozsahu logických podskupin. Byla vybrána dvojice regulačních diagramů pro výběrové průměry a pro výběrová rozpětí [7].

3.2 Fáze ověření a zabezpečení statistické stability procesu

Pomocí zvolených regulačních diagramů aplikovaných na tloušťku laku v mokřém stavu byla ověřena a zajištěna statistická stability procesu. Během této fáze se ukázalo, že proces není statisticky stabilní a bylo tedy nutné stanovit příčiny bodů vyskytujících se mimo

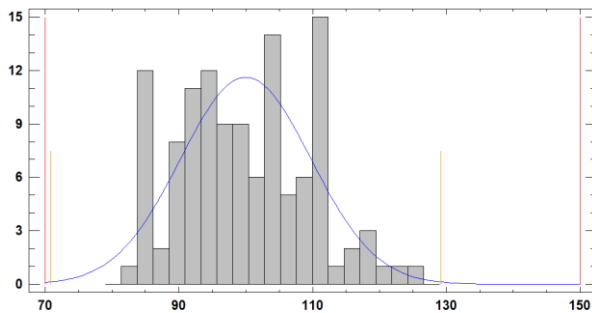
regulační meze a přijmout nápravná opatření. Poté byly meze regulačních diagramů přepočteny a proces již vykazoval statisticky stabilní stav (viz obrázek 6).



Obrázek 6: Ukázka regulačního diagramu pro průměry po zabezpečení statistické stability procesu [3]

3.3 Fáze ověření a zajištění způsobilosti procesu

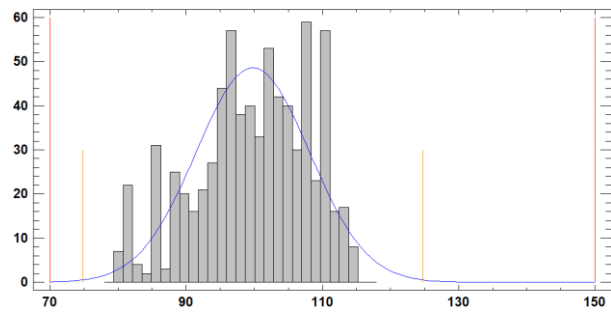
Způsobilost procesu je vyžadována v mnoha mezinárodních i zákaznických normách. Jedna ze základních norem pro automobilní průmysl je IATF 16949:2016, která přímo definuje, že je nutné analyzovat způsobilost daných procesů, zejména těch klíčových. Na rozdíl od odečítání tloušťky vrstvy v mokřem stavu, což se provádí při aplikaci regulačních diagramů, v rámci analýzy způsobilosti procesu je nutné pracovat s měřeními tloušťky laku až v suché vrstvě, neboť uvolnění produktů k zákazníkovi se děje na základě měření v suchém stavu. Právě i kvůli tomu byla testována korelace měření za mokřeho a suchého stavu. Následující obrázky 7 a 8 a tabulka 2 dokazují, že zvolená strategie aplikace SPC založená na zjišťování a vyhodnocování tloušťky laku za mokra vedla ke zlepšení procesu lakování, což dokazuje zvýšení hodnot jak ukazatele C_p , tak C_{pk} založených na vyhodnocení měření tloušťky laku za sucha.



Normal
Mean=100,0
Std. Dev.=9,73026

$C_p = 1,67$
 $C_{pk} = 1,26$
DPM = 82,61

Obrázek 7: Způsobilost procesu před zavedením SPC [3]



Normal
Mean=99,8014
Std. Dev.=8,3226

$C_p = 1,91$
 $C_{pk} = 1,42$
DPM = 9,90

Obrázek 8: Způsobilost procesu po zavedení SPC [3]

Tabulka 2 porovnání indexů způsobilosti před zavedením SPC a po jejím zavedení [3]

Porovnání indexů způsobilosti			
C_p před zavedením SPC	C_{pk} před zavedením SPC	C_p po zavedení SPC	C_{pk} po zavedení SPC
1,67	1,26	1,91	1,42

3.3 Fáze dlouhodobé statistické regulace procesu lakování

Vzhledem k tomu, že proces byl uveden v rámci druhé fáze SPC do statisticky stabilního stavu a v rámci fáze třetí bylo prokázáno, že způsobilost procesu se zvýšila, byly regulační meze stanovené ve druhé fázi použity pro regulování procesu lakování i v dalším období.

4. Závěr

Zavedení statistické regulace procesu se ukázalo pro společnost jako velký přínos, ať už se jedná o kvalitu produktů vč. snížení variability tloušťky nanášené vrstvy či snížení potřeby neefektivního přelakování produktu, což je výsledek včasného získávání informací o daném procesu. Před zavedením regulace procesu vznikaly neshody na produktech, které však nemohly být včas řešeny, protože příčina neshody vznikla dlouhou dobu předtím, než byla

neshoda odhalena. Nyní je možno identifikovat anomálie v procesu ihned po aplikaci vrstvy laku, zjistit příčinu a ihned ji odstranit. To vede ke zvýšení výkonnosti a způsobilosti procesu lakování. Úspory vzniklé zavedením statistické regulace procesu lakování byly vyčísleny na cca 87 000,- Kč/rok.

Poděkování

Tento článek byl zpracován jako součást projektu specifického výzkumu č. SP2019/62, řešeného na fakultě materiálově-technologické VŠB-TU Ostrava za podpory Ministerstva školství, mládeže a sportu České republiky.

Použitá literatura

- [1] NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Základní statistické metody managementu jakosti*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2008.
- [2] Kremlin Rexson: *Elektrostatické stříkací pistole*. 2012 [online]. Kremlin Rexson. [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: <http://www.kremlin.cz/index.php?page=pruvodce-vyberem-strikaci-techniky&subpage=elektrostaticke-strikaci-pistole-i>
- [3] ZATLOUKAL, Jan. *Zavedení statistické regulace procesu lakování vybraného produktu* [online]. Ostrava, 2019 [cit. 2019-09-01]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/136440>. Diplomová práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [4] GAMIN. *Gamin 2018*, [online]. Omega Designe. [cit. 2019-10-22]. Dostupné z: <https://www.gamin.cz/tloustka-mokre-vrstvy/>
- [5] JAROŠOVÁ, Eva a Darja NOSKIEVIČOVÁ. *Pokročilejší metody statistické regulace procesu*. Praha: Grada Publishing, 2015. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5355-3.
- [6] PLURA, Jiří. *Plánování jakosti II*. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-248-2588-5.
- [7] *Regulační diagramy: Část 2: Shewhartovy regulační diagramy*. Praha: © Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.