

Poka – Yoke: zabránění vzniku neshod ve výrobním procesu

Autor: Ing. Lukáš Mildorf

Lektoroval: Doc. Ing. Darja Noskievičová, CSc.

Anotace:

Článek je zaměřen na přiblížení problematiky metody Poka-Yoke jako nástroje sloužícího k zabránění vzniku neshod ve výrobním procesu. Teoretická část je věnována vzniku metody, prostředkům a základním funkcím Poka-Yoke, vyskytujícím se druhům chyb a zdrojům vad.

V praktické části je na třech příkladech demonstrováno použití prostředků Poka-Yoke na konkrétních výrobních zařízeních.

Abstract:

The paper focuses on the issue of Poka-Yoke method which is described as the tool for mistake proofing in the manufacturing process. The theoretical part provides an overview of the method formation, tools and basic Poka-Yoke functions. It also deals with existing mistakes and sources of faults. In the practical part three real examples of Poka-Yoke implemented in the assembly machines are analysed.

Klíčová slova: Poka-Yoke, zabraňování chybám, jakost.

Key words: Poka-Yoke, mistake proofing, quality.

1 Úvod

Koncepce Poka-Yoke existuje v různých formách již od počátku hromadné výroby. Teprve japonský inženýr Shigeo Shingo rozpracoval tuto myšlenku do nástroje dosahování nuly vadných a eventuálního eliminování kontrol jakosti. Metodám, které prosazoval, se dříve říkalo "blbuvzdorné". Shingo pochopil, že tato označení by mohlo řadu pracovníků odrazovat, a proto přišel s pojmem Poka-Yoke, což se běžně překládá jako "zabraňování chybám – mistake-proofing" nebo "zabezpečení proti selhání – fail-safing" (vyhnout se [yokeru] neúmyslným chybám [poka]). Poka -Yoke může převzetím opakovaných úkonů nebo kroků záviselých na pozornosti nebo paměti uvolnit pracovníkův čas a myšlení ke tvořivějším činnostem.

Faktem je, že lidé jsou velice zapomětliví a mají sklon dělat chyby. Pracovníci jsou často obviňováni za to, že dělají chyby. Na pracovišti tato skutečnost pracovníky nejen znechucuje a snižuje morálku, ale neřeší to problém. Řada věcí se ve složitém prostředí pracoviště nemusí podařit, každý den se naskytnou příležitosti udělat chybu, která pak povede k vadným výrobkům. Za Poka-Yoke se skrývá přesvědčení, že není přípustné vyrábět třeba i jen malý počet vadných výrobků.

Jestliže chce být společnost konkurenceschopná, musí přijmout nejen filosofii, ale i praxi produkování nuly vadných. Metoda Poka-Yoke je jednoduchým návodem pro dosažení tohoto cíle.

2 Druhy chyb

Téměř všem chybám lze předejít. Je nutno identifikovat kdy, kde a proč vznikají a následně přijmout rozhodnutí, vhodný způsob, jak jim předcházet. Téměř všechny vady jsou způsobeny chybami pracovníků (operátorů). Mezi nejčastější chyby způsobené pracovníky patří tyto:

a) Zapomnětlivost: V sériové výrobě, při produkci až několika tisíc výrobků za směnu dochází často k nesoustředění. Operátor například zapomene namontovat drobný dílec.

Způsob ochrany: Montážní zařízení musí operátora upozornit (signalizovat zvukově, světelně), nedovolit vyjmout dílec bez namontovaného komponentu, popř. detekovat úplnost sestavy na nejbližším kontrolním zařízení.

b) Chyby způsobené nedorozuměním: Chyba způsobená tím, že je učiněno rozhodnutí bez znalosti konkrétní situace. Například osoba, neobeznámená s řízením auta s automatickou převodovkou šlápne na brzdu v domnění, že je to spojka.

Způsob ochrany: Výcvik, kontrola předem, standardizování pracovních postupů.

c) Chyby v identifikaci: Nesprávně vyhodnocená situace, nezřetelné údaje na displeji. Zobrazené hodnoty jsou viditelné příliš krátce nebo z příliš velké vzdálenosti. Například, údaj na displeji 3 mbar je považován za 30 mbar.

Způsob ochrany: Výcvik, pozornost, opatrnost, zvuková a světelná signalizace.

d) Chyby prováděné amatéry: Chyby vznikající z nedostatku zkušeností. Například, nový pracovník operaci nezná nebo je s ní sotva obeznámen.

Způsob ochrany: Budování pracovních návyků, standardizace práce.

e) Úmyslné chyby: Chyba způsobená tím, že se za určitých okolností pracovník rozhodne ignorovat pravidla. Například operátor úmyslně vynechá mezioperační kontrolu a díl předá na další pracoviště.

Způsob ochrany: Základní výchova a zkušenosti, označení dílu značkou po úspěšné kontrolní operaci.

f) Neúmyslné chyby: Chyba, která je způsobena tím, že pracovník je „myšlenkami nepřítomen“, provede chybně operaci, aniž by věděl, jak k tomu došlo.

Způsob ochrany: Pozornost, disciplína, standardizace práce.

g) Chyby způsobené pomalostí: Z důvodu nerozhodnosti (pomalého rozhodování, neznalosti) může dojít k zdravotní újmě, popř. finanční ztrátě. Například osoba, která se učí řídit, šlápne na brzdu opožděně.

Způsob ochrany: Budování pracovních návyků, standardizace práce.

h) Chyby způsobené neexistencí norem: K některým chybám dojde tím, že nejsou k dispozici vhodné instrukce nebo pracovní normy. Například vyhodnocení měření může být ponecháno na rozhodnutí jediného pracovníka.

Způsob ochrany: Standardizace práce, pracovní instrukce.

i) Chyby z překvapení: Chyby někdy vznikají tím, že zařízení pracuje odlišně než se očekává. Například náhlá porucha stroje bez varování.

Způsob ochrany: TPM (Total Productive Maintenance), standardizace práce.

j) Záměrné chyby: Někteří lidé dělají chyby schválně. Příkladem jsou trestné činy a sabotáže.

Způsob ochrany: Základní výchova, disciplína.

3 Zdroje vad

Za vadu je považována každá odchylka od předepsaného technologického (pracovního) postupu, konstrukčních (výkresových) požadavků nebo sebemenší odchylka od správné funkce výrobku.

Existují různé druhy vad. Podle pořadí důležitosti to jsou:

- a) Vynechaná montážní operace,
- b) Vadná montáž,
- c) Nesprávné zakládání (upínání) kusu,
- d) Chybějící díly,
- e) Špatné díly,
- f) Zpracování špatného kusu,
- g) Nesprávné provedení operace,
- h) Zařízení nenastaveno, neseřizeno,
- i) Díl nedotažený, uvolněný, vypadlý,
- j) Nástroje a přípravky nesprávně připravené.

Lidské chyby jsou obvykle neúmyslné. Prostředky Poka-Yoke zabrání vzniku vady, i když k těmto chybám dojde, tzn. napomáhají zabudovat jakost do procesů.

4 Charakteristika metody Poka - Yoke

ČSN EN ISO 9000 definuje následující termíny:

Požadavek: potřeba nebo očekávání, které jsou stanoveny, obecně se předpokládají nebo jsou závazné.

Shoda: splnění požadavku.

Neshoda: nesplnění požadavku.

Vada: nesplnění požadavku ve vztahu k zamýšlenému nebo specifikovanému použití.

Chyba: abnormální stav, který může vést k neshodě.

4.1 Základní funkce metody

Vada existuje v jednom ze dvou stavů: Buď by mohla nastat nebo již nastala.

Poka – yoke má tři základní funkce:

1. vypnutí
2. kontrola
3. varování

Predikce – (před provedením operace) vada by mohla nastat.

Detekce – (po provedení operace) vada již nastala.

Predikce:

1. vypnutí – při zjištění vady není výrobní operace spuštěna.
2. kontrola – nemožnost provedení jakékoli chyby.
3. varování – signalizace odchylky od normálního stavu.

Detekce:

1. vypnutí – při zjištění vady je okamžitě zastavena operace.
2. kontrola – vadné dílce nemohou pokračovat k následující operaci.
3. varování – signalizace, že došlo k vadě.

4.2 Prostředky Poka-Yoke

Účelem metody je prevence proti chybám, popř. jejich okamžitá detekce a náprava. Jednotlivé typy prostředků Poka – Yoke dělíme podle jejich funkce a podle nastavení:

- I. Kontrola zjišťující chyby se nasazuje v místě jejich zdroje – před tím, než způsobí vadu. Příkladem může být kolík, který zabrání nesprávné orientaci opracovávaného dílu.
- II. 100% kontrola dílu pomocí levného snímacího prvku jako např. koncový spínač. Při výskytu abnormality se aktivuje zvuková, nebo světelná signalizace.
- III. Okamžité kroky k zastavení operace, jakmile je zjištěna vada, (např. blokovací obvod, který automaticky vypne stroj).

Mechanické prostředky, které jsou navrženy pro předcházení vadě přímo v místě vzniku, jsou neefektivnější. Prostředky pro zachycení vady a okamžité zastavení činnosti patří mezi cenné součásti procesu snižování vad.

Prostředky mohou být jednoduché a levné jako třeba blokovací kolík v základním přípravku nebo koncový spínač, který bude signalizovat správné umístění dílu. Cílem těchto prostředků není

odstranění potřeby určitých pracovních dovedností. Například barevně rozlišený svazek vodičů a socketů jednoduše pomáhá pracovníkovi ve správném provedení úkonu. Další, jako např. počítadlo nebo alarm signalizující vadu vyzvou pracovníka, aby příslušně reagoval, tzn. neshodný díl musí být vyjmut a přemístěn do prostoru pro zmetky. Pomocí čidla zde bude detekována přítomnost vadného dílce a až poté bude moci být spuštěn další pracovní cyklus stroje. Výše uvedené příklady nejsou čistým příkladem zabraňování vadám, pro efektivní funkci jsou závislé na pracovníkovi, který musí vhodně reagovat. Jsou-li zaměstnanci motivováni a zainteresováni na zlepšování výrobku nebo procesu, mohou tyto prostředky významně snížit počet chyb a tudíž jsou sem zahrnuty.

Vedoucí pracovníci společnosti sami musí mít vizi v oblasti systému jakosti a musí vytvořit ve společnosti takovou kulturu a prostředí, aby zaměstnanci společnosti byli motivováni na přijetí této vize. Například poskytnutí času a podpůrných zdrojů pracovním týmům k analýze problémů, nebo zavedení pobídkového systému zaměřeného na povzbuzování pracovníků, aby řešili problémy, které způsobují vady.

Pro zjišťování chyb a vad se dá použít široká paleta prostředků. Detektory použité pro Poka - Yoke se dají rozdělit na ty, které se zkoušeného dílu dotknou (kontaktní) a na ty, které se dílu nedotknou (bezkontaktní).

a) Kontaktní prostředky

Jako kontaktní prostředky se nejčastěji používají *mikrospínače* a *koncové spínače*. Mohou detekovat přítomnost kusu, formy, nebo střížného nástroje a jsou velmi flexibilní. Koncové spínače se dají použít pro zajištění, aby proces nemohl začít, dokud například kus nebude ve správné poloze nebo se dají použít pro zastavení procesu, jestliže kus má špatný tvar.

V Poka-Yoke se také používá řada dalších prostředků s kontaktní detekcí jako například: distanční spínače, snímače polohy, snímače posunutí, snímače průchodu kovu a různé další mechanické prostředky.

b) Bezkontaktní prostředky

Pro práci s neprůhlednými, průsvitnými a průhlednými dílci se v závislosti na potřebě dají použít *fotoelektrické spínače*. Existují dva možné typy detekce. V případě, že pracujeme s *průhlednými* objekty, použijí se dvě jednotky, jedna vysílající světelný paprsek do druhé, která ho přijímá. Tento typ je buď ve stavu sepnuto, pokud světlo může procházet nebo vypnuto, tedy v dráze světla je neprůhledná překážka. *Reflexní* typ fotoelektrického spínače reaguje na světlo odražené od objektu a tím je detekována jeho přítomnost.

4.3 Časté aplikace metody

Vhodnou aplikací prostředků Poka – Yoke je možno zjistit odchylky montovaného dílu od kalibru, popř. od znaků nastavených v programu stroje (např. počet aktivních čidel pro daný výrobek).

a) *Vodící kolíky různých velikostí*

- Kolíky umístěné ve spodním dílu formy přesně zapadají do děr v horním dílu formy.
- Kolík (kolíky) umístěné na dosedacích plochách základacích přípravků – umožňují správné a jednoznačné založení pouze požadovaného dílce.

b) *Optické snímače*

- Optické snímače detekují přítomnost (polohu) dílce po provedené montážní operaci. V případě, že snímač detekuje chybějící dílec odešle signál do řídicího systému zařízení, který zablokuje výrobek v přípravku, popř. světelně a zvukově signalizují chybějící díl obsluze.

c) *Koncové spínače*

- Koncové spínače detekují správnou pozici dílce, až poté spustí pracovní cyklus.
- Detekují posuv nástroje. Při dosažení koncové polohy (po sepnutí koncového spínače) se nástroj vrací do základní polohy.

d) *Počítadla*

- Na počítadle je nastaven přesný počet operací, popř. počet montovaných dílců. V případě, že se skutečný počet liší od referenčního, je spuštěna světelná a zvuková signalizace.

4.4 Základní pokyny k realizaci metody

K základním pokynům při realizaci metody patří identifikace dílu podle měřitelných veličin, detekce odchylky od předcházejících procesů nebo vynechání operace, popř. detekce odchylky podle pevně zadaných hodnot.

a) *Identifikovat vstupní díly dle jejich znaků*

- Podle váhy: -stanovit hmotnostní normy,
-pro identifikaci dílů použít váhy.
- Podle rozměru: -stanovit normy pro délku, šířku, průměr, atd.,
-identifikovat odchylky pomocí mechanických zarážek v přípravku, koncových spínačů, atd.
- Podle tvaru: -stanovit normy pro tvarové znaky např. úhly, prohnutí, obrysy, polohy otvorů, atd.,
- pomocí koncových spínačů, vhodných tvarových základacích přípravků, referenčních dílů identifikovat odchylky.

b) Detekovat odchylku od předcházejících procesů, nebo detekovat vynechání operace

- Metoda sledu operací: Následnou operaci není možné provést v případě, že pracovník nebo zařízení během pracovního cyklu neprovedl standardní požadovaný sled úkonů.
- Metoda z procesu do procesu: Operaci nelze provést, pokud byl jeden z řady kroků vynechán a nebyl dodržen stanovený postup.

c) Detekovat odchylku od pevně zadaných hodnot

- Pomocí počítačů
- Metoda nadpočetnosti: Určitý počet dílů je sestaven do dávky. V případě, že je dávka větší, je signalizována chyba.
- Měření kritických ukazatelů: Detekují se kritické výrobní parametry, např. tlak, proud, teplota, čas. Operace je zastavena do té doby, dokud se sledovaná hodnota nebude nacházet v předepsané toleranci.

5 Využití prostředků Poka – Yoke v montážním závodě

Výrobní sortiment závodu TRW Carr s.r.o. Stará Boleslav tvoří bezpečnostní pásy. Běžný osobní automobil má pět druhů pásů – přední (levý, pravý), zadní (levý, pravý a prostřední). Každý typ vozidla má navíc svá specifika. Největší množství komponentů se nachází v navijáku. Mechanismus navijáku musí zajistit zaseknutí pásu v případě havárie vozu. Jelikož má tento výrobek za úkol zachraňovat lidské životy, prochází každý kus během výroby množstvím kontrol. Některé z nich jsou uvedeny v následujících příkladech.

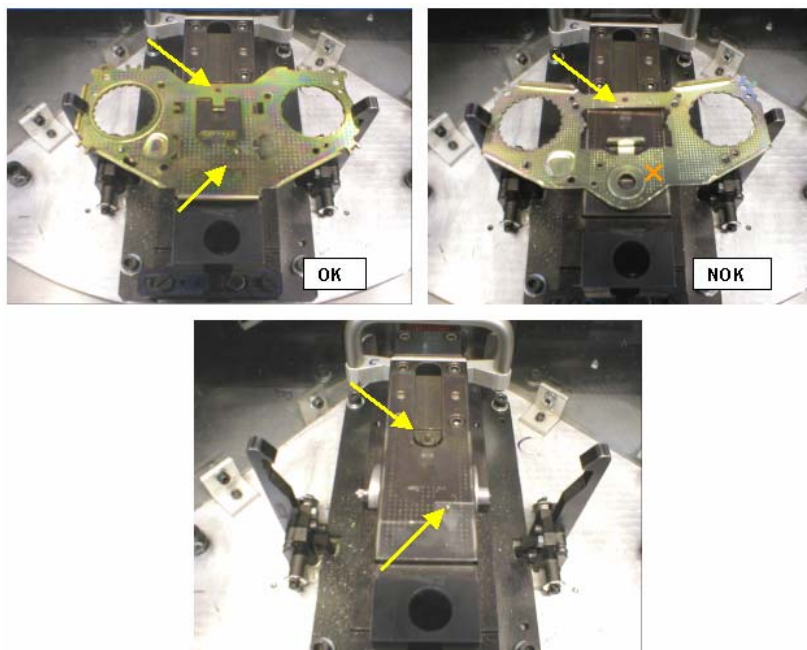
5.1 Příklad č.1: Operace ohýbání držáku navijáku.

Na montážní lince dochází ke změně vyráběného produktu několikrát za směnu. Držáky navijáků jsou si vzájemně velmi podobné. Z těchto důvodů nelze vyloučit záměnu dílců. Pro zabránění záměny s jiným kusem jsou základací přípravky osazeny středícími kolíky, které umožňují správné založení pouze požadovaného dílce. Všechny typy držáků navijáku mají pro tento

účel vyrobeny specifické otvory (viz. Obr.1). Typ držáku je také kontrolován systémem optických čidel. Řídící systém stroje spustí výrobní operaci až po signálu z těchto čidel.

V případě, že se operátor pokusí založit jiný komponent, než správný (požadovaný řídicím systémem stanice dle nastaveného programu právě vyráběného typu navijáku):

1. komponent není v přípravku správně založen (pozice kolíků a děr je různá),
2. z tohoto důvodu optická čidla jej vyhodnotí jako vadný a nedojde ke spuštění výrobní operace.
3. operátor je nucen nesprávný dílec vyjmout.



Obr. 1 Zobrazení kolíků základacího přípravku zabraňujících zpracování nesprávných komponent

Tento prediktivní způsob kontroly vstupních dílců je v závodě TRW využíván velmi často. Je zabráněno výrobě neshodných výrobků, popř. kolizi s výrobním nástrojem.

Při tom nedochází ke zničení nesprávného komponentu, který může být použit k montáži svého typu výrobku. Jedinou ztrátou je u tohoto systému čas operátora.

5.2 Příklad č.2: Operace lemování cívky.

Před operací lemování cívky obsluha musí do základacího přípravku vložit předlisovanou sestavu cívky a kroužek. V případě, že obsluha vloží do základacího přípravku jinou cívku než požadovanou řídicím systémem zařízení (dle nastaveného programu), popř. bez kroužku a bude chtít spustit pracovní cyklus, zařízení pomocí indukčních čidel detekuje neshodnost dílu, operaci

neprovede a zároveň obsluhu světelně a zvukově upozorní. (viz. Obr. 2). Operátor je nucen tento dílec vyjmout.



Obr. 2 Čidla pro detekci kompletnosti cívky a světelná signalizace OK / NOK dílu

5.3 Příklad č.3: Operace kompletace senzoru.

Senzor navijáku se skládá z plastové páky, plastového pouzdra a ocelové kalené kuličky. Od správné funkce senzoru navijáku se odvíjí funkčnost celého bezpečnostního pásu, proto se pro kontrolu správně smontovaného senzoru, před jeho montáží do navijáku provádí kamerová zkouška. Výstup kamery je zobrazován on-line na LCD panelu. V případě, že obsluha vloží do podavače rozměrově nesprávný senzor, popř. nesprávně smontovaný např. s kuličkou jiného průměru, popř. senzor bez kuličky, zařízení pomocí kamerového systému detekuje odchylku nebo nepřítomnost komponentu, senzor neodešle k dalšímu pracovišti, zastaví podávání a obsluhu světelně upozorní. Operátor je opět nucen neshodný senzor vyjmout. (viz. Obr.3).



Obr. 3 Výstup kamerové kontroly na monitoru

6 Závěr

Systémy Poka – Yoke tvoří jednoduchý a robustní nástroj pro 100 % kontrolu parametrů komponentů vstupujících do výrobního procesu. Detekují neshodné komponenty, vady komponentů a vytváří rychlou zpětnou vazbu tak, že protiopatření mohou být provedena okamžitě. Zařízení Poka – Yoke, v případě zjištění neshody, nespustí výrobní operaci, popř. vypne zařízení a upozorní obsluhu. Rozpozná abnormalitu výrobku, rozdíly vzhledem k určené hodnotě, nebo vynechanou výrobní operaci. Aplikací Poka-Yoke prostředků je snížena vnitropodniková zmetkovitost a počet možných reklamací od zákazníka.

7 Použitá literatura

- [1] Dennis, P. *Lean production simplified*. Productivity press, New York, USA 2002, 170p.
- [2] Grout R.J., Downs T.B. *A Brief tutorial on Mistake-proofing, Poka Yoke and ZQC* , <http://www.isixsigma.com/offsite.asp?A=Fr&Url=http://www.campbell.berry.edu/faculty/jgrout/tutorial.html>
- [3] Nikkan Kogyo Shimbun Ltd.; Hirano, H. *Poka – Yoke, Improving products quality by preventing defects*. Productivity Press, Portland, Oregon, USA 1988, 282p.
- [4] ČSN EN ISO 9000. *Systémy managementu jakosti – Základy, zásady a slovník*, 2001.

Informace o autorovi:

Ing. Lukáš Mildorf

Projektový inženýr

TRW Carr s.r.o., Stará Boleslav

lukas.mildorf@trw.com