

16

OPRACOWANIE SPOSOBU PROWADZENIA ANALIZY AWARYJNOŚCI WTRYSKAREK W OPARCIU O METODĘ FMEA

16.1 WPROWADZENIE

Współczesne wtryskarki są wielofunkcyjnymi maszynami służącymi do przetwarzania tworzyw sztucznych. Ogólna budowa wszystkich ich typów jest podobna, ponieważ składają się z podzespołów funkcjonalnych które pełnią te same funkcje, natomiast w zależności od rodzaju przetwarzanego tworzywa, rodzaju formy, sposobu pracy są one dostosowywane do wymogów poszczególnych wariantów technologii w sposób konstrukcyjny, bądź przez zastosowanie specjalnego wyposażenia technicznego [1, 2].

Najczęstszą przyczyną nieoczekiwanych przerw w produkcji jest awaryjność maszyn. W artykule zaprezentowano sposób prowadzenia analizy awaryjności wtryskarek na etapie użytkowania maszyny.

16.2 ANALIZA WYSTĘPUJĄCYCH AWARII

Badanie awaryjności wtryskarek przeprowadzone zostało w oparciu o metodę FMEA. Analizie poddane zostały wtryskarki hydrauliczne „szereg typu NETSTAL SYNERGY” (rys. 16.1).



Rys. 16.1 Poglądowe zdjęcie wtryskarki Netstal Synergy

Źródło: [3]

Na podstawie przeglądu dokumentacji serwisowej z lat 2012 - 2015 obejmującej 15 wtryskarek NETSTAL SYNERGY dokonano wyodrębnienia z ustandaryzowanej wtryskarki występujących podsystemów. Wyróżniono następujące podsystemy [2]:

- jednostka zamykania,

- pulpit obsługi z wskaźnikami,
- jednostka plastyfikacji,
- agregat wtryskowy,
- łożo maszyny.

W dalszej kolejności przypisane zostały tym elementom charakterystyczne, najczęściej występujące usterki. Poniżej zestawiono podsystemy i związane z nimi awarie:

- jednostka zamykania – w tym elemencie najczęstszą występującą awarią jest:
 - niezamykająca się forma wtryskarki;
- pulpit obsługi z wskaźnikami - w tym elemencie nie stwierdzono żadnych usterek, które mogłyby pojawić się w dokumentacji serwisowej;
- jednostka plastyfikacji – w tym podsystemie wykryto następujące wady:
 - pękająca tuleja zaworu zwrotnego ślimaka,
 - utrata temperatury plastyfikacji materiału,
 - oklejanie ślimaka materiałem;
- agregat wtryskowy - przy nim wykryto następujące wady:
 - zwiększająca się temperatura pracy układu,
 - przecieki wewnętrzne pomiędzy cylindrem, a tłokiem,
 - przepuszczający elektrozawór sterowania – przegrzewanie systemu;
- łożo maszyny - najczęściej pojawiająca się wada to:
 - pękanie ramy.

16.3 RODZAJE I ILOŚCI WAD

Ze względu na miejsce występowania, awarie wtryskarek można sklasyfikować wg:

- jednostki zamykania,
- pulpitu obsługi z wskaźnikami,
- jednostki plastyfikacji,
- agregatu wtryskowego,
- łoża maszyny.

Podsystem pulpitu obsługi ze wskaźnikami, mimo, że nie odnotowano w nim żadnej awarii, również został włączony w powyższy podział jako potencjalne miejsce wystąpienia awarii w przyszłości. Podczas trwania badanego okresu, zarejestrowano 184 awarie łącznie. Poszczególne ilości wad na przestrzeni trzech lat prezentuje rys. 16.2.

Na rys. 16.2 wyraźnie widać, iż awarie jednostki plastyfikacji stanowią większość awarii jakie zostały zarejestrowane w dokumentacji serwisowej i wynoszą 95 uszkodzeń. Agregat wtryskowy miał 60 awarii co stanowi drugi co do wielkości pod względem awaryjności podsystem. Jednostka zamykania z ilością 14 wad klasyfikuje się na podobnym poziomie awaryjności co łożo maszyny, czyli 15 wykrytych awarii, natomiast pulpit obsługi z wskaźnikami nie zawiódł ani razu.



Rys. 16.2 Ilości awarii wtryskarki w zależności od miejsca wystąpienia

Źródło: opracowanie własne

16.4 DIAGRAM PARETO-LORENZA

Pierwszym etapem analizy awaryjności jest analiza Pareto – Lorenza dokonana w celu zidentyfikowania najważniejszych wad z punktu widzenia ilości ich występowania. Ta technika pozwala na zarejestrowanie danych dotyczących problemów oraz ich analizowanie. Pozwala na wyróżnienie najważniejszych obszarów i czynników oddziałujących. Za pomocą diagramu Pareto-Lorenza można określić częstotliwość występowania przyczyn zaistniałego problemu [4]. Tab. 16.1, zawierająca dane wejściowe do analizy Pareto-Lorenza, przedstawia rodzaje wad oraz ilość wszystkich wad, które wystąpiły w okresie trzech lat badanego okresu. Dane uszeregowano w porządku malejącym. Obliczony został także procentowy udział oraz skumulowane udziały procentowe.

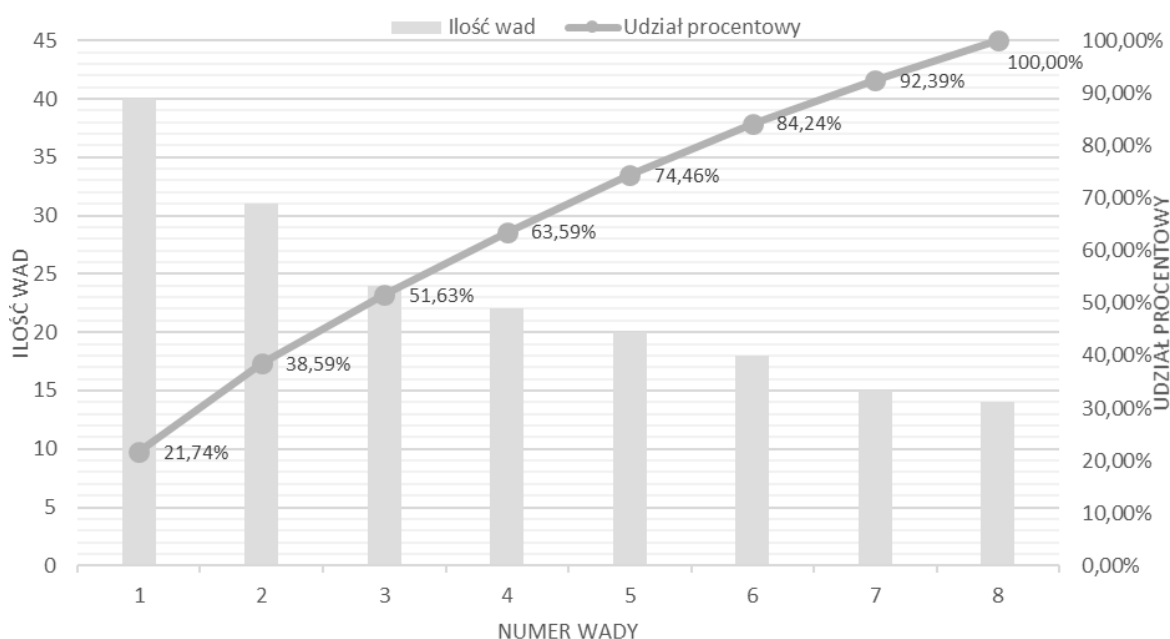
Tab. 16.1 Dane wejściowe do analizy Pareto-Lorenza

Numer wady	Ilość wad	Udział procentowy	Wartość skumulowana	Opis awarii
1	40	21,74%	21,74%	Utrata temperatury plastyfikacji materiału
2	31	16,85%	38,59%	Oklejanie ślimaka materiałem
3	24	13,04%	51,63%	Pękająca tuleja zaworu zwrotnego ślimaka
4	22	11,96%	63,59%	Przepuszczający elektrozawór sterowania
5	20	10,87%	74,46%	Zwiększająca się temperatura pracy układu
6	18	9,78%	84,24%	Przecieki wewnętrzne po między cylinder - tłok
7	15	8,15%	92,39%	Niezamykanie się formy
8	14	7,61%	100,00%	Pękanie ramy
Suma:	184			

Źródło: opracowanie własne

Na podstawie danych przedstawionych w tab. 16.1, został wykonany diagram Pareto – Lorenza (rys. 16.3). Większość zidentyfikowanych awarii znajdowała się w dokumentacji serwisowej badanych maszyn. Za 84,24% awarii występujących w badanym okresie odpowiadają następujące wady:

- utrata temperatury plastyfikacji materiału,
- oklejanie ślimaka materiałem,
- pękająca tuleja zaworu zwrotnego ślimaka,
- przepuszczający elektrozawór sterowania,
- zwiększająca się temperatura pracy układu,
- przecieki wewnętrzne pomiędzy cylinder - tłok.



Rys. 16.3 Diagram Pareto - Lorenza dla występujących awarii

Źródło: opracowanie własne

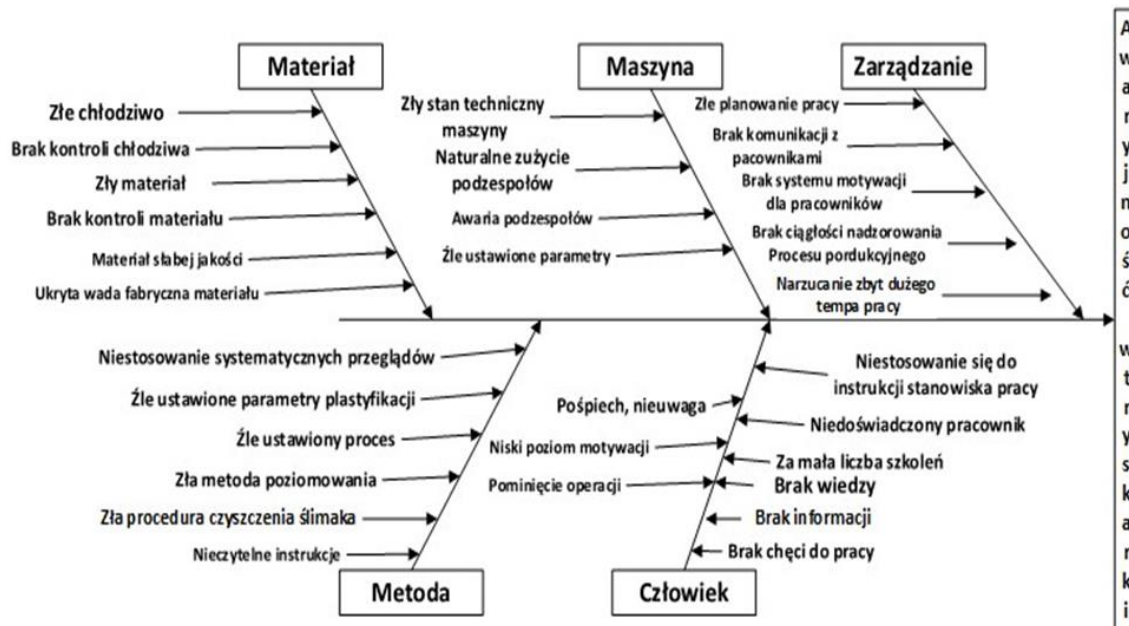
16.5 ANALIZA PRZYCZYŃ WAD ZA POMOCĄ DIAGRAMU ISHIKAWY

Na rys. 16.4 przedstawiono czynniki wpływające na usterki wtryskarki. Po prawej stronie został umieszczony analizowany problem (awarie wtryskarki), natomiast po lewej, na osi (kręgosłupie) strzałki z głównymi przyczynami jego powstawania, do których zaliczono takie grupy jak: materiał, maszyna, zarządzanie, metoda, człowiek. Powstały w ten sposób zbiór informacji na temat potencjalnych przyczyn awaryjności wtryskarki, pomocny będzie przy dalszej analizie problemu przy pomocy metody FMEA.

16.6 METODA FMEA

Metodę FMEA, czyli analizę przyczyn i skutków wad, można zidentyfikować jako systemowy zestaw działań mających na celu rozpoznanie, ocenę rodzaju uszkodzenia oraz jego przyczyn związanych z konstrukcją, następnie ustalenie postępowania dzięki któremu możliwe jest wyeliminowanie lub zmniejszenie prawdopodobieństwa wystąpienia awarii [5]. Użycie tej metody pozwoliło zidentyfikować czynniki wpływające na powstawanie uszkodzeń.

Tab. 16.2 przedstawia analizę awaryjności wtryskarki przy pomocy metody FMEA. Podsumowaniem analizy FMEA jest tab. 16.3, która przedstawia wyniki analizy w postaci współczynnika WPR „przed” i „po” działaniach zapobiegawczych/naprawczych.



Rys. 16.4 Diagram Ishikawy

Źródło: opracowanie własne

Tab. 16.2 Analiza przyczyn i skutków awaryjności wtryskarki

Lp.	Awaria	Skutki awarii	Przyczyny awarii	Działania zapobiegawcze/naprawcze	W	P	R	WPR	Wynik działań			
									W	P	R	WPR
1	Utrata temperatury plastyfikacji materiału	Zatrzymanie produkcji, maszyny Wytworzenie niezgodnego produktu, skutkujące reklamacjami Wymiana uszkodzonej części	Niedrożność kanałów chłodzenia	Użycie uzdatnionego chłodziwa Okresowa kontrola chłodziwa	4	2	7	56	4	2	5	40
			Uszkodzony termopar	Systematyczne sprawdzanie temperatury gardzieli	3	7	4	84	3	4	3	36
			Uszkodzona grzałka	Systematyczne sprawdzanie parametrów grzałki	3	7	4	84	3	5	4	60
			Uszkodzony elektrozawór chłodziwa	Systematyczne sprawdzanie poziomu chłodziwa	5	5	4	100	5	4	2	40
2	Oklejanie ślimaka materiałem	Brakujący materiał Produkt niezgodny Zatrzymanie produkcji Wymiana ślimaka	Złe parametry plastyfikacji	Systematyczne sprawdzenie parametrów plastyfikacji	4	7	4	112	4	3	3	36
			Stosowanie nieodpowiedniego materiału	Kontrola doboru materiału do parametrów produkcji	4	3	3	36	4	2	1	8
			Niewłaściwe czyszczenie ślimaka	Systematyczne sprawdzenie poprawności działania procedury czyszczenia	4	8	6	192	4	3	4	48
3	Pękająca tuleja zaworu zwrotnego	Nieprawidłowe parametry wtrysku Produkt niezgodny Przerwanie produkcji	Zużycie tulei	Okresowa wymiana zespołu	7	5	7	245	7	3	5	105
			Złe ustawione parametry	Systematyczne sprawdzenie parametrów procesu	6	8	2	96	6	3	2	36
			Nieodpowiedni materiał	Systematyczna kontrola doboru materiału	6	5	2	60	6	4	2	48

Lp.	Awaria	Skutki awarii	Przyczyny awarii	Działania zapobiegawcze/ naprawcze	W	P	R	WPR	Wynik działań			
									W	P	R	WPR
4	Przepuszczający elektrozawór	Wysoka temp. pracy układu Przerwy w produkcji	Naturalne zużycie uszczelnień	Systematyczne przeglądy Wymiana uszczelnień	3	5	7	105	3	3	5	45
			Uszkodzenie elektrozaworu	Systematyczny przegląd maszyny	4	3	3	36	4	3	2	24
5	Wysoka temperatura pracy układu	Zwiększona temperatura oleju Przerwy w pracy maszyny podczas stygnięcia	Użycie niewłaściwego oleju	Kontrola doboru oleju przed wymianą	6	3	3	54	6	3	2	36
			Użytkowanie oleju po czasie zdatności	Systematyczne przeglądy Kontrola zdatności oleju Okresowe wymiany oleju	6	4	3	72	6	3	2	36
			Wyciek oleju, zbyt mała ilość w układzie	Systematyczne przeglądy Systematyczna kontrola poziomu oleju	5	5	4	100	5	4	3	60
6	Przecieki tłoka	Niestabilność systemu	Naturalne zużycie uszczelnień	Systematyczna wymiana Systematyczne przeglądy	4	5	4	80	4	4	4	64
7	Niezamykająca się forma	Przerywana produkcja	Uszkodzony elektrozawór – naturalne zużycie	Systematyczne przeglądy Okresowa wymiana elektrozaworu	5	5	5	125	5	4	3	60
			Uszkodzony czujnik ciśnienia	Okresowa wymiana czujnika Systematyczne przeglądy maszyny	5	4	5	100	5	3	3	45
			Uszkodzony czujnik pomiaru położenia	Systematyczne sprawdzenie poziomowania maszyny	5	3	5	75	5	2	3	30
8	Pęknięcie ramy	Źle poziomowanie maszyny Przerwanie produkcji Uszkodzenie formy	Źle wypoziomowana maszyna	Zmiana metody Użycie odpowiednich narzędzi	7	5	3	105	7	2	3	42
			Uszkodzone wibroizolatory	Wymiana wibroizolatorów Systematyczny przegląd	7	3	4	84	7	2	3	42
			Źle przyspawane łapy maszyny	Kontrola spawów łap Wzmocnienie spawów	9	2	7	126	9	1	3	27

Źródło: opracowanie własne

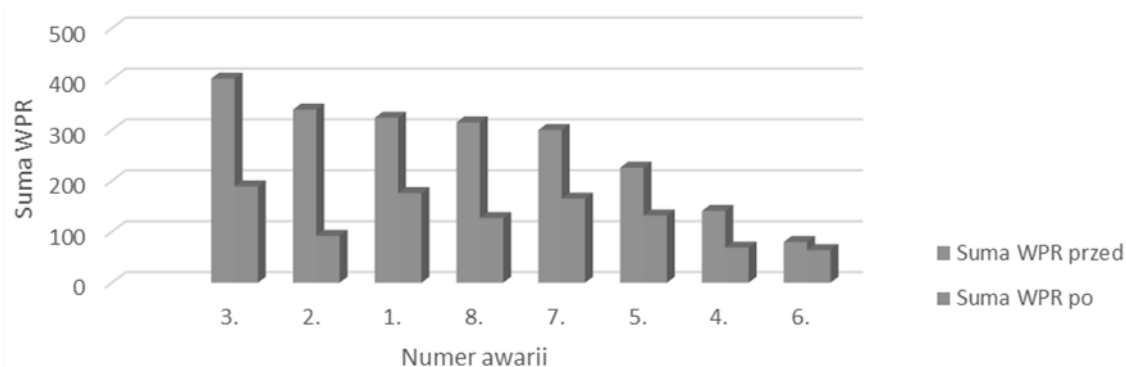
Na podstawie danych zawartych w tab. 16.3 wykonany został wykres (rys. 16.5). Zidentyfikowane uszkodzenia zostały uszeregowane w porządku malejącym według wartości wskaźnika WPR przed działaniami zapobiegawczymi/naprawczymi. Pozwala to wyodrębnić awarie, na które należy zwrócić uwagę w pierwszej kolejności. Z rys. 16.5 wynika, że awarie które mają największe znaczenie to:

- pękająca tuleja zaworu ślimaka zwrotnego,
- oklejanie ślimaka materiałem,
- utrata temperatury plastyfikacji materiału,
- pęknięcie ramy oraz niezamykająca się forma.

Tab. 16.3 Analiza przyczyn i skutków awaryjności wtryskarki

Nr	Nazwa awarii	Suma WPR „przed”	Suma WPR „po”
1.	Utrata temperatury plastyfikacji materiału	324	176
2.	Oklejanie ślimaka materiałem	340	92
3.	Pękająca tuleja zaworu zwrotnego ślimaka	401	189
4.	Przepuszczający elektrozawór sterowania	141	69
5.	Zwiększająca się temperatura pracy układu	226	132
6.	Przecieki wewnętrzne po miedzy cylinder – tłok	80	64
7.	Niezamykająca się forma	300	165
8.	Pękanie ramy	315	127

Źródło: opracowanie własne



Rys. 16.5 Zestawienie wartości wskaźnika WPR

Źródło; opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Wymienione wyżej awarie uniemożliwiają funkcjonowanie maszyny bądź w znaczący sposób utrudniają jej pracę. Powstają głównie na skutek zużycia materiału, przez niedbałość lub niestosowanie się do instrukcji przez pracowników użytkujących wtryskarki. W przypadku pierwszej awarii, wartość współczynnika WPR wynoszącą 401, poprzez działania zapobiegawcze/naprawcze udało się zredukować do 189. W drugiej z kolei usterce (oklejanie ślimaka materiałem) wartość WPR = 340 została zredukowana do 92. Kolejno: awaria – utraty temperatury plastyfikacji materiału z współczynnikiem WPR równym 324 (awaria o największej wartości współczynnika), po zastosowaniu zaleceń wynikających z analiz FMEA został zmniejszony do wartości 176. Pękanie ramy mające współczynnik 315, został zredukowany do 127. Z kolei współczynnik niezamykającej się formy został zmniejszony z 300 do 165.

PODZIĘKOWANIA

Artykuł jest wynikiem badań realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej, i powstał w ramach prac statutowej BK-214/ROZ3/2017 (13/030/BK_17/0027) nt. Sposoby i środki doskonalenia produktów i usług na wybranych przykładach.

LITERATURA

1. T. Jachowicz, M. Iwanicki. „Charakterystyka wtryskarek elektrycznych.” *Teka Komisji Budowy i Eksploatacji Maszyn, Elektrotechniki, Budownictwa*– OL PAN, 2008, Pobrano z: <http://www.pan-ol.lublin.pl/wydawnictwa/TBud2/Jachowicz.pdf>.
2. Laboratorium Tworzyw Sztucznych. „Budowa wtryskarki.” Politechnika Wrocławska Pobrano z: <http://www.tworzywa.pwr.wroc.pl/pl/dydaktyka/budowa-wtryskarki>
3. Muehsam – Elektromech. Pobrano z: http://www.muehsam.com.pl/img/towary/3/-2015_04/synergy5000.jpg [Dostęp: 12.02.2017].
4. S. Smith. *Techniki pokonywania problemów*. Gliwice: HELION S.A., 2004.
5. R. Wolniak R., B. Skotnicka. *Metody i narzędzia zarządzania jakością. Teoria i praktyka*. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2007.

OPRACOWANIE SPOSOBU PROWADZENIA ANALIZY AWARYJNOŚCI WTRYSKAREK W OPARCIU O METODĘ FMEA

Streszczenie: Współczesne wtryskarki są skomplikowanymi, wielofunkcyjnymi maszynami do przetwórstwa tworzyw sztucznych. Najczęstszą przyczyną nieoczekiwanych przerw w produkcji jest awaryjność maszyn. W artykule zaprezentowano sposób prowadzenia analizy awaryjności wtryskarek na etapie użytkowania maszyny. Zidentyfikowane zostały występujące awarie, następnie zostały one zhierarchizowane w oparciu o kryterium częstotliwości występowania oraz ustalono przyczyny ich powstawania.

Słowa kluczowe: awaryjność, podstemy wtryskarek, wady

DEVELOP A METHOD OF ANALYSIS OF FAILURE OF INJECTIONS BASED ON FMEA METHOD

Abstract: Contemporary injection molding machines are complex multifunctional plastic processing machines. The most common cause of unexpected break in production is the failure of machines. The article presents the method of analyzing the failure rate of injection molding machines during the machine use stage. Identified occurrence of accidents, then they were hierarchical based on the frequency of occurrence and the cause of their occurrence.

Key words: failure, subsystems of injections, defects

Dr inż. Krzysztof MICHALSKI
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze
e-mail: Krzysztof.Michalski@polsl.pl

Mgr inż. Dawid KUNAT
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
ul. Roosevelta 26-28, 41-800 Zabrze

Data przesłania artykułu do Redakcji: 29.06.2017
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 31.07.2017