

12

ZASTOSOWANIE NARZĘDZI INŻYNIERII JAKOŚCI DO DOSKONALENIA PROCESU OBRÓBKII PLASTYCZNEJ W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE PRZEMYSŁOWYM

12.1 WSTĘP

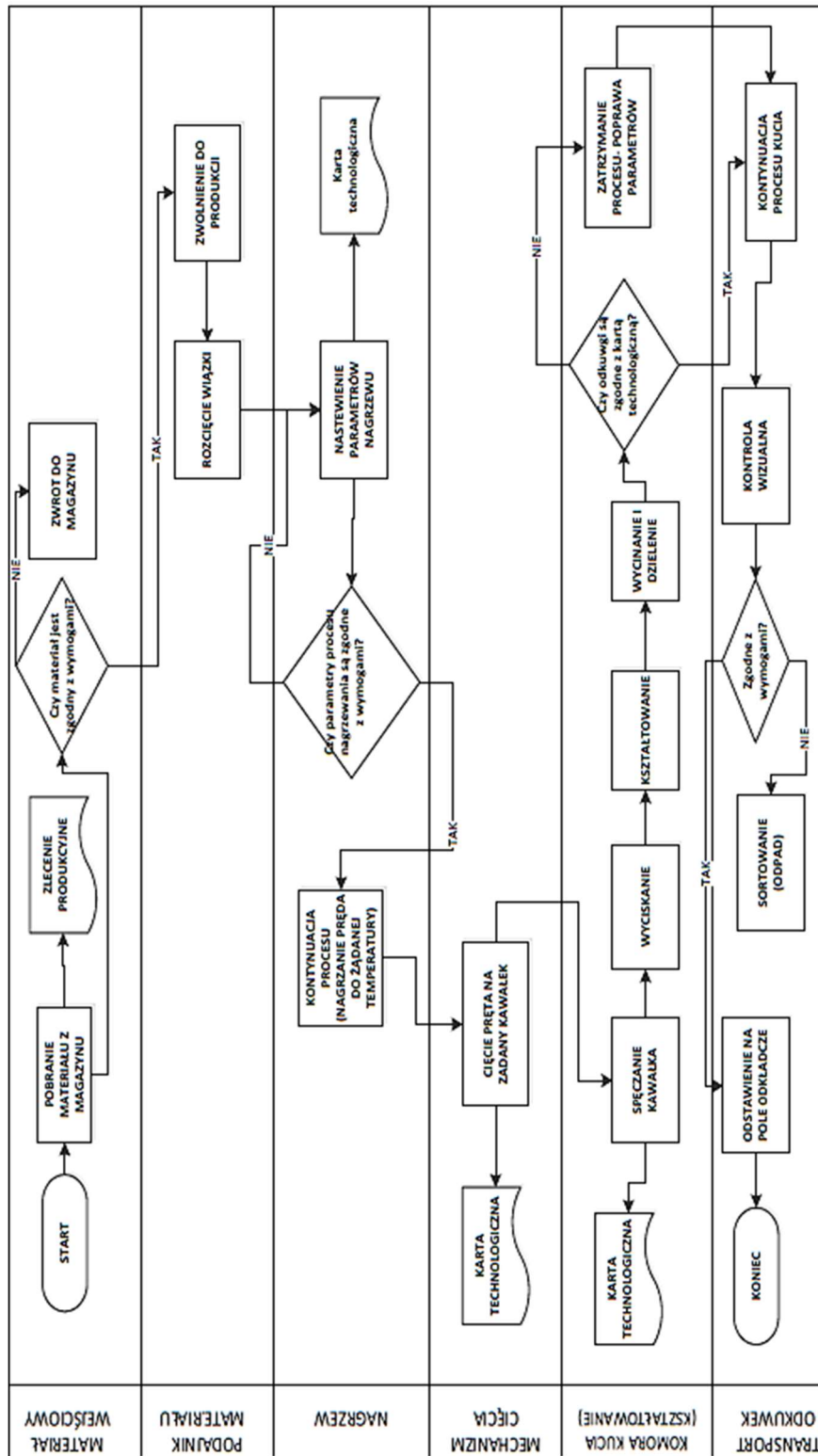
Organizacje biznesowe działają w trudnym, ciągle zmieniającym się otoczeniu. Szczególnie sprzyja tej sytuacji gwałtowny rozwój nauki i techniki. Coraz bardziej restrykcyjne i skomplikowane stają się wymagania zawarte w regulacjach prawnych i normatywnych. Ciągły wzrost wymagań rynku to oczywistość. Taki kontekst wymaga od menedżerów kompleksowego podejścia, nie tylko do zapewnienia jakości, ale także do doskonalenia organizacji [1, 2], szczególnie w sferze wytwórczej [3, 4, 5, 6]. Tylko dzięki umiejętnemu zastosowaniu metod i narzędzi inżynierii jakości w obszarze produkcji możliwe jest skuteczne doskonalenie, a w szczególności eliminowanie problemów z szeroko rozumianą wadliwością wytwarzania. Metody i narzędzia inżynierii jakości, takie jak, mapowanie procesów, analiza Pareto, czy diagram Ishikawy stanowią podstawowe narzędzia rozwiązywania wspomnianych problemów.

W artykule opisano proces zastosowania wspomnianych narzędzi inżynierii jakości do analizy i rozwiązywania problemów z wadliwością procesu obróbki plastycznej – kucia matrycowego w jednej z wybranych fabryk łożysk w Polsce. W pierwszej części w artykule opisano, za pomocą schematu blokowego, proces wytwarzania pierścieni łożyskowych w badanej fabryce. Analiza struktury wadliwości procesu kucia zawarta została w kolejnej części niniejszego opracowania. Analizę wadliwości zobrazowano poprzez wykres Pareto-Lorenza. Do identyfikacji przyczyn zaklasyfikowanych jako wady krytyczne zastosowano diagramy przyczynowo skutkowe, które zwiera przedostatnia część opracowania.

Artykuł kończy się zestawem zaleceń mających na celu poprawę wadliwości procesu kucia matrycowego w badanym zakładzie.

12.2 PROCES WYTWARZANIA ŁOŻYSK W BADANEJ FIRMIE

Na rysunku 12.1 przedstawiono mapę procesu wytwarzania odkuwek w badanym przedsiębiorstwie.



Rys. 12.1 Mapa procesu wytwarzania odkuwek pierścieni łożyskowych w badanym przedsiębiorstwie

Źródło: [7]

W analizowanej fabryce produkowane są łożyska toczne stożkowe wałeczkowe dla przemysłu motoryzacyjnego. Proces wytwórczy łożyska zaczyna się na wydziale obróbki plastycznej. Z materiału wejściowego w postaci prętów ze stali narzędziowej wytwarzane są odkuwki pierścieni łożyskowych. Odbywa się to za pomocą kucia matrycowego na prasach (kuźniarkach) mechanicznych o układzie korbowym z pionowym układem matryc. W procesie wytwarzania wykorzystywane są także takie urządzenia techniczne jak podajnik materiału oraz nagrzew indukcyjny. Pobrany materiał wejściowy w postaci prętów, podawany jest przez podajnik materiału do nagrzewu, gdzie zostaje podgrzany do zakresu temperatur 1100-1200°C. Następnie podawany jest do prasy gdzie w komorze kucia następuje właściwe kształtowanie materiału poprzez kolejne operacje:

- cięcie pręta na zadany kawałek,
- spęczanie kawałka,
- kształtowanie wstępne – wyciskanie,
- kształtowanie końcowe,
- dzielenie pierścieni i wycinanie denka.

Proces wytwarzania odkuwek przebiega automatycznie. Pierścienie po odkuciu spadają do zsypu i transporterem wyciągowym podawane są na taśmę chłodzącą, która wysypuje odkuwki do pojemników. Operator odstawia pełne pojemniki na pole odkładcze skąd trafiają one do dalszej obróbki.

12.3 PIERWOTNA ANALIZA WADLIWOŚCI PROCESU KUCIA PIERŚCIENI ŁOŻYSKOWYCH

W oparciu o dane zebrane w okresie dwunastu miesięcy 2015 roku, których źródłem była dokumentacja produkcyjna i raporty z kontroli jakości, dokonano wstępnej analizy wadliwość procesu kucia w badanej firmie. Warto podkreślić jest to, iż do analizy nie brano pod uwagę wad, które miały charakter seryjny i ich przyczyny były ewidentne. Pozostałe wady stanowiły problem w opinii kierownictwa zakładu. Dane w zakresie tak rozumianej wadliwości procesu przedstawiono w tabeli 12.1. W tabeli zawarto nazwy rodzajów wad odkuwek pierścieni łożyskowych stosowane w dokumentacji badanego zakładu.

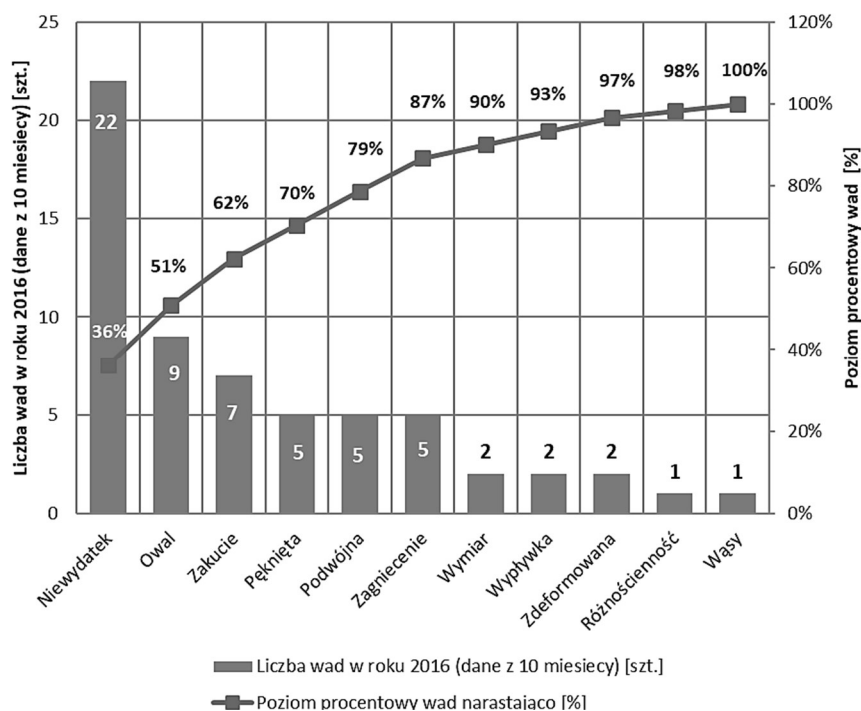
Na podstawie sklasyfikowanych i przetworzonych danych opracowano wykres Pareto-Lorenza (rys. 12.2). Wykres obrazuje strukturę wadliwości procesu kucia w badanej firmie w okresie 12 miesięcy roku 2015. Zgodnie z zasadą Pareto, grupę wad krytycznych, stanowiących łącznie ponad 80% wadliwych odkuwek tworzy 6 rodzajów wad. Łącznie 86,9% wszystkich wadliwych odkuwek stanowią wady takie jak: „niewydatek”, „owal”, „zakucie”, „pęknięta” „podwójna” oraz „zagniecenie”. Wspomniane 6 rodzajów wad to ponad połowa (54,5%) wszystkich rodzajów wad (łącznie 11 rodzajów wad). Struktura grupy wad krytycznych była dość rozproszona. Utrudniało to dokładną identyfikację przyczyn i ustalenie precyzyjnych działań korygujących. Dzięki pierwotnej analizie wadliwości ustalono

jedynie ogólne rozwiązania problemów, których skuteczność nie okazała się zadowalającą dla kadry menedżerskiej zakładu.

Tabela 12.1 Dane wejściowe do analizy wadliwości procesu kucia w badanym przedsiębiorstwie w 2015 r.

Nazwa wady odkuwek	2015 (dane z 12 miesięcy)		
	Szt.	%	% skumul.
Niewydatek	22	36,1%	36,1%
Owal	9	14,8%	50,8%
Zakucie	7	11,5%	62,3%
Pęknięta	5	8,2%	70,5%
Podwójna	5	8,2%	78,7%
Zagniecenie	5	8,2%	86,9%
Wymiar	2	3,3%	90,2%
Wyplływka	2	3,3%	93,4%
Zdeformowana	2	3,3%	96,7%
Różnościennosc	1	1,6%	98,4%
Wąsy	1	1,6%	100,0%
Suma	61		

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]



Rys. 12.2 Diagram Pareto-Lorenza wad w procesie kucia w okresie od 2015-01-01 do 2015-12-31

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

12.4 SKUTECZNOŚĆ PIERWOTNYCH DZIAŁAŃ KORYGUJĄCYCH

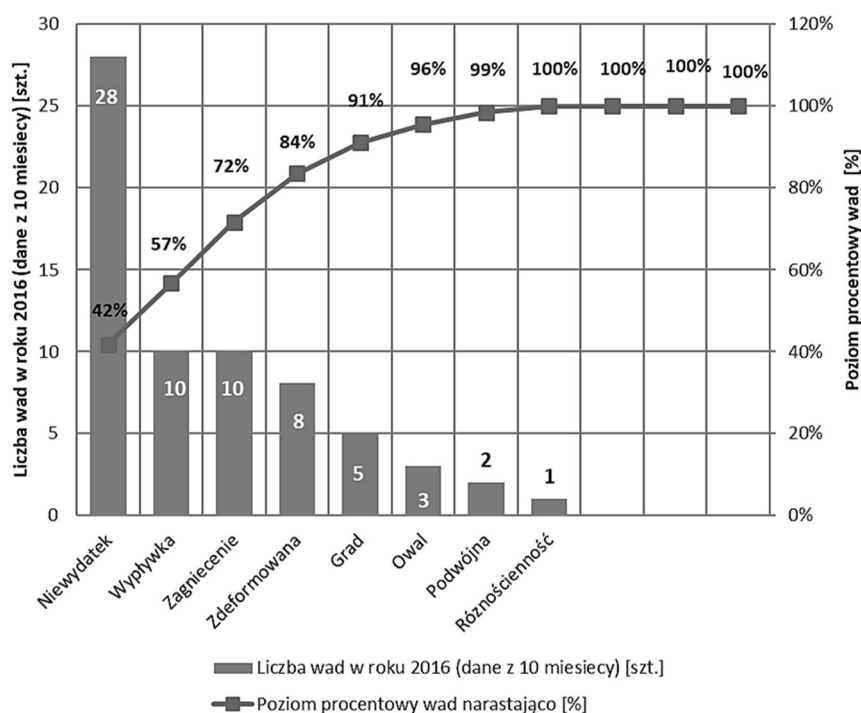
Skuteczność wdrożenia pierwotnych działań korygujących, obrazują dane uzyskane w okresie od 01.01.2016 do 21.10.2016 roku. Dane (tabela 12.2) pomimo, iż były zbierane przez 10 miesięcy ujawniają zwiększenie całkowitej liczby wad z 61 do 67.

Tabela 12.2 Dane wejściowe do analizy wadliwości procesu kucia w badanym przedsiębiorstwie w okresie I-X 2016.

Nazwa wady odkuwek	2016 (dane z 10 miesięcy)		
	Szt.	%	% skumul.
Niewydatek	28	41,8%	42%
Wyływka	10	14,9%	57%
Zagniecenie	10	14,9%	72%
Zdeformowana	8	11,9%	84%
Grad	5	7,5%	91%
Owal	3	4,5%	96%
Podwójna	2	3,0%	99%
Różnościennosc	1	1,5%	100%
Suma	67		

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

Struktura wadliwości uległa zasadniczej zmianie, zredukowano rodzaje występujących wad z 11 do 8. Główny problem – „niewydatek” pozostał najczęściej występującą wadą. Skuteczność działań korygujących obrazuje opracowany kolejny wykres Pareto-Lorenza (rys. 12.3). Z badań wynika, iż wadami krytycznymi w analizowanym okresie są 4 rodzaje wad które stanowią 84% wszystkich wad odkuwek. Są to: „niewydatek” (41,8%), „wyływka” (14,9%), „zagniecenie” (14,9%) oraz „zdeformowana” (11,9%).



Rys. 12.3 Wykres Pareto-Lorenza wad w procesie kucia odkuwek w okresie od 2016-01-01 do 2016-10-21

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7]

Wyniki badań dowodzą, że mimo zastosowania działań korygujących nie zredukowano wady która najliczniej występowała w 2015 roku. Ogólna liczba wad

wzrosła o około 10% (z 61 do 67, tabela 12.3). Znacząco wzrosła liczba wystąpień wady określanej jako „niewydatek” – wzrost o prawie 6%. Pozostałe wady z grupy wad krytycznych uległy wyeliminowaniu – „owal”, „zakucie”, „pęknięta”.

Tabela 12.3 Porównanie wadliwości procesu kucia w badanym przedsiębiorstwie w okresie I-XII 2015 i I-X 2016

	I-XII 2015		I-X 2016		Zmiana	
	Szt.	%	Szt.	%		
Niewydatek	22	36,1%	28	41,8%	5,7%	↑
Wypływka	2	3,3%	10	14,9%	11,6%	↑
Zagniecenie	5	8,2%	10	14,9%	6,7%	↑
Zdeformowana	2	3,3%	8	11,9%	8,7%	↑
Grad	0	0,0%	5	7,5%	7,5%	↑
Owal	9	14,8%	3	4,5%	-10,3%	↓
Podwójna	5	8,2%	2	3,0%	-5,2%	↓
Zakucie	7	11,5%	0	0,0%	-11,5%	↓
Pęknięta	5	8,2%	0	0,0%	-8,2%	↓
Wymiar	2	3,3%	0	0,0%	-3,3%	↓
Różnościennosc	1	1,6%	1	1,5%	-0,1%	↓
Wąsy	1	1,6%	0	0,0%	-1,6%	↓
Suma	61		67			↑

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [7].

Pojawiły się natomiast nowe lub zanotowano wzrost innych rodzajów wad. Wada „wypływka” – pojawia się częściej o prawie 12% w stosunku do poprzedniego okresu. Wady określane jako „zagniecenia” – zanotowały ponad 6% wzrost. Taka sytuacja świadczy o trudnościach w regulacji i uzyskaniu stabilności badanego procesu w badanym zakładzie. Dlatego konieczne jest prawidłowe ustalenie i zaplanowane wdrożenie działań korygujących tak by nie dokonywać przypadkowego rozregulowania procesu.

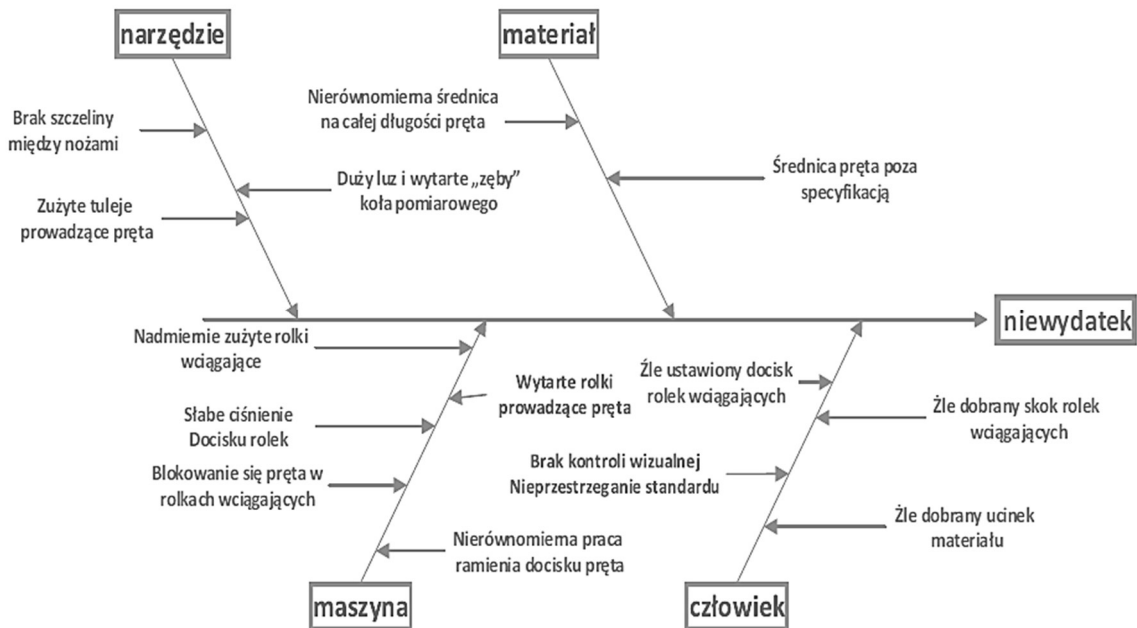
Trudność w regulacji procesu kucia spowodowały, iż konieczne było poszukiwanie pierwotnych przyczyn problemu. W tym celu zastosowano diagram Ishikawy, który to powinien ułatwić precyzyjne ustalenie przyczyn wad krytycznych, do których zaliczono 3 najczęściej występujące wady.

Na podstawie przeprowadzonej analizy ustalono szereg potencjalnych przyczyn powstawania wady w rodzaju „niewydatek”. Należą do nich w szczególności:

- nieprzestrzeganie standardów i instrukcji, niedopełnienie obowiązków przez pracowników,
- niewłaściwy stan techniczny napędu rolek wciągających,
- nadmierne zużycie narzędzi, niezgodne z rysunkiem technicznym,
- średnica materiału wsadowego (pręta) niezgodna z specyfikacją techniczną.

Analiza przyczyn dowiodła, iż w badanym zakładzie nie można określić konkretnej przyczyny powstawania „niewydatków”, ze względu na skomplikowany wielowątkowy proces wytwarzania i wpływ wielu czynników które mogą

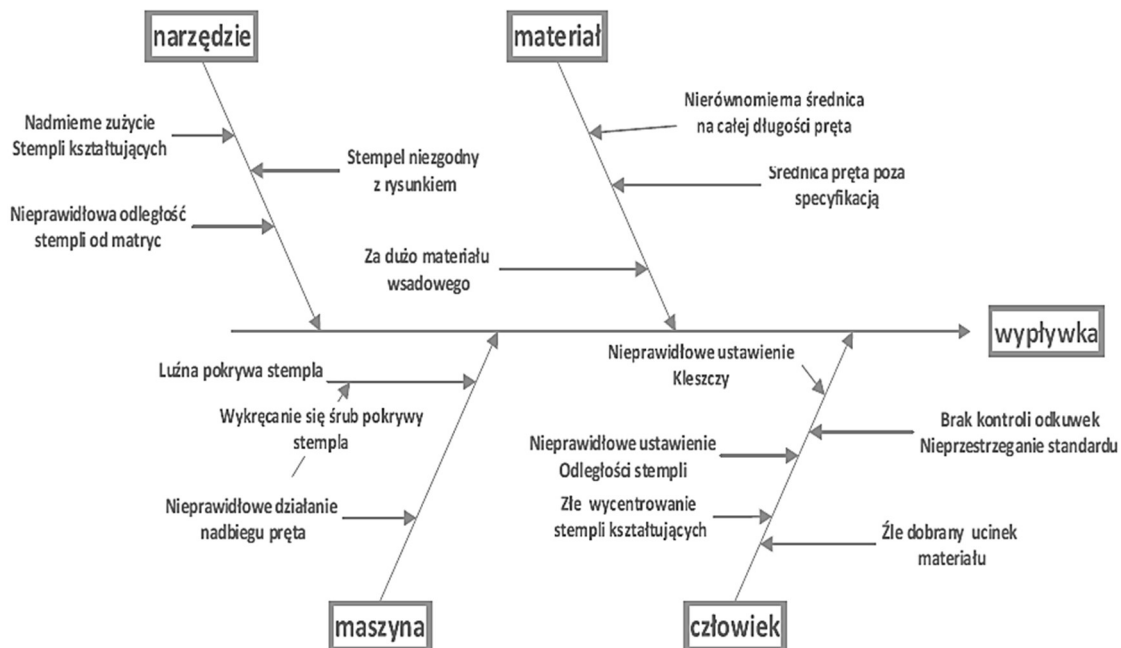
powodować zakłócenia procesu kucia. Diagram Ishikawy obrazujący relacje przyczynowo skutkowe dla wady „niewydatek” przedstawiono na rys. 12.4.



Rys. 12.4 Diagram Ishikawy dla wady "niewydatek"

Źródło: [7]

Analiza dokumentacji stanowiskowej i raportów dobowych pomogła w analizie potencjalnych przyczyn powstawania wady w postaci „wyływki” (rys. 12.5).



Rys. 12.5 Diagram Ishikawy dla wady "wyływka"

Źródło: [7]

Stwierdzono możliwość wystąpienia analizowanej wady, w szczególności, z przyczyn takich jak:

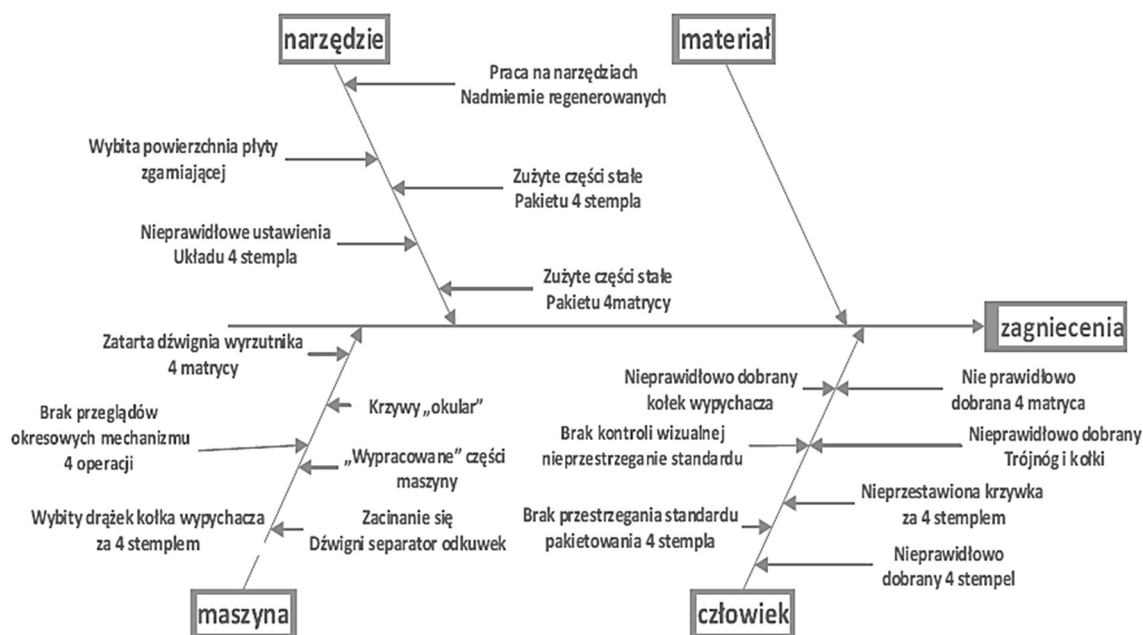
- nieprzestrzegania standardów przez operatorów prasy, brak staranności oraz tzw. rutyna,
- nieprawidłowe działanie mechanizmu nadbiegu pręta, niedopasowane pokrywy stempli,
- nadmierne zużycie narzędzi kształtujących, niezgodność stempli z rysunkiem technicznym,
- nieprawidłowe wymiary średnicy pręta wsadowego.

Podobnie jak w przypadku poprzedniej wady nie można precyzyjnie określić jednej przyczyny powstawania „wypłytki” w badanym przedsiębiorstwie.

Z analizy wynika, iż potencjalnymi przyczynami wady „zagniecenie” są w szczególności:

- nieprzestrzeganie przez operatorów standardów i instrukcji na stanowisku pracy, nieprzestrzeganie standardów pakietowania matryc,
- zły stan techniczny mechanizmów operacji procesu kucia,
- stosowanie do pakietowania narzędzi poniżej dopuszczalnej regeneracji.

W przypadku wady jakościowej jaką jest „zagniecenie” można stwierdzić, że podstawowymi przyczynami jej powstawania są nadmiernie zużyte mechanizmy 4 operacji (wycinanie i dzielenie). Ponadto są to wybite krzywki za dźwignią popychacza wyrzutnika 4 matrycy, wybite obsady 4 matrycy oraz nadmiernie zużyty wyrzutnik denek. Do zagnieceń przyczyniają się także takie działania, takie jak: niezachowanie odpowiednich wymiarów w pakietach narzędziowych (rys. 12.6).



Rys. 12.6 Diagram Ishikawy dla wady "zagniecenia"

Źródło: [7]

W wyniku przeprowadzonej drugiej, pogłębionej analizy wadliwości przy użyciu diagramu Ishikawy zidentyfikowano potencjalne przyczyny kluczowych wad. Zaproponowano szereg działań korygujących m.in.:

- ponownego przeszkolenia operatorów maszyn w przestrzeganiu standardów i instrukcji stanowiskowych,
- przegląd narzędzi kształtujących i oprzyrządowania stałego pod kątem zgodności z dokumentacją technologiczną,
- zwiększenie rotacji operatorów na stanowiskach pracy,
- wdrożenie zwiększenia procedur kontrolnych u dostawcy w zakresie kontroli jakościowej prętów,
- przeglądu procedur i instrukcji pod kątem zwiększonych wymagań produkcyjno-jakościowych,
- zwiększenie nakładów finansowych na remonty maszyn i urządzeń.

12.5 WNIOSKI

Proces wytwarzania okuwek w badanym przedsiębiorstwie jest procesem trudnym do pełnego ustabilizowania z uwagi na swój skomplikowany charakter technologii, zdeterminowany wieloma czynnikami technicznymi, materiałowymi, społecznymi, oraz organizacyjnymi.

Pierwotnie wdrożone rozwiązania ograniczające wady jakościowe zidentyfikowane w roku 2015 nie przyniosły spodziewanych rezultatów. W porównaniu z rokiem 2015, w roku 2016 zanotowano wzrost całkowitej liczby wad jakościowych o prawie 10%. Zwiększyła się liczba rodzajów wad takich jak „niewydatek”, „wypływka” i „zagniecenie”. Warto podkreślić, iż w toku prac doskonalących pojawiły się także zupełnie nowe rodzaje wad (tabela 12.3). Spadek liczby wystąpień odnotowano w stosunku do wad w rodzaju „owal” i „podwójna”. Doskonalenie wymagało zastosowania głębszej analizy problemu. Do tego celu konieczna była „głęboka” analiza przyczyn i skutków wadliwości za pomocą diagramu Ishikawy. Diagram pozwolił zidentyfikować i zobrazować skalę problemu w postaci wielu czynników stanowiących przyczyny wad jakościowych odkuwek w analizowanym przedsiębiorstwie. Dzięki temu możliwe było zidentyfikowanie i wdrożenie szeregu działań ograniczających ryzyko wadliwości, których skuteczność będzie możliwa do oceny w przyszłości.

LITERATURA

1. M.J. Ligarski. *„Podejście systemowe do zarządzania jakością w organizacji”*. Monografia Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010.
2. B. Skotnicka-Zasadzień. „Application of quality engineering elements for the improvement of production processes – case study”. In: *International Conference on Industrial Engineering and Management Science*. ICIEMS 2013; Shanghai; China; September 28-29, 2013.
3. K. Midor. *„Metody zarządzania jakością w systemie WCM, studium przypadku”*. W: Zarządzanie jakością wybranych procesów. Praca zbiorowa pod red. J.

- Żuchowskiego, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji w Radomiu; nr 1., 2010.
4. M. Zasadzień. „The analysis of work performance ability of maintenance workers as exemplified of an enterprise of automobile industry; *Scientific Journals Maritime University of Szczecin*, No. 24; 2011.
 5. W. Biały., P. Hąbek „Improving the production process through analysing warranty claim” In: Kvalita, technologie, diagnostika v technických systemoch. Quality, technologies, diagnostics of technical systems. *Zbornik vedeckych prac. Slovenska Polnohospodárska Univerzita v Nitre*. Technická Fakulta. Nitra: Slovenska Polnohospodarska Univerzita, 2016.
 6. J. Sitko. „An analysis quality of products in the automotive industry”. In: Kvalita, technologie, diagnostika v technických systemoch. Quality, technologies, diagnostics of technical systems. *Zbornik vedeckych prac. Slovenska Polnohospodárska Univerzita v Nitre*. Technická Fakulta. Nitra: Slovenska Polnohospodarska Univerzita, 2016.
 7. K Batóg. „Analiza przyczyn powstawania wad jakościowych na obszarze obróbki plastycznej w wybranej fabryce łożysk”. Projekt Inżynierski. Wydział Organizacji i Zarządzania, Politechnika Śląska, Gliwice, 2017.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 05.2017

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 06.2017

dr inż. Michał Molenda

Politechnika Śląska

Wydział Organizacji i Zarządzania

Instytut Inżynierii Produkcji

ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze, Polska

e-mail: michal.molenda@polsl.pl

ZASTOSOWANIE NARZĘDZI INŻYNIERII JAKOŚCI DO DOSKONALENIA PROCESU OBRÓBKII PLASTYCZNEJ W WYBRANYM PRZEDSIĘBIORSTWIE PRZEMYSŁOWYM

Streszczenie: W niniejszym artykule przedstawiono proces zastosowania wybranych narzędzi inżynierii jakości do analizy i rozwiązywania problemów z wadliwością procesu obróbki plastycznej – kucia matrycowego w jednej z wybranych fabryk łożysk w Polsce. W pierwszej części w artykule opisano i zobrazowano, za pomocą schematu blokowego, proces wytwarzania pierścieni łożyskowych w badanej fabryce. Analiza struktury wadliwości procesu kucia to kolejna część niniejsze opracowania. Strukturę wadliwości procesu zobrazowano za pomocą wykresu Pareto-Lorenza. Do identyfikacji przyczyn zidentyfikowanych wad krytycznych zastosowano diagramy przyczynowo skutkowe, które zawarto w przedostatniej części opracowania. Na końcu artykułu zawarto zalecenia mające na celu poprawę procesu kucia matrycowego w badanym zakładzie.

Słowa kluczowe: jakość, doskonalenie jakości, inżynieria jakości

USE OF SELECTED QUALITY ENGINEERING TOOLS FOR IMPROVEMENT OF PLASTIC FORMING OF METALS IN CHOSEN INDUSTRIAL COMPANY

Abstract: The article presents the process of using selected quality engineering tools for analysis and solving problems of the machining process – die forging in one of the selected bearings factories in Poland. The first part of this article, the production process of bearing rings in the factory was described using a flowchart. Analysis of the defect structure of the forging process is another part of this study. The defect analysis was depicted in the Pareto-Lorenz graph. Causes of critical defects were identified using the Ishikawa Diagrams. Thanks of it the recommendations were formulated to correct the die forging process in the researched company.

Key words: quality, quality improvement, quality engineering