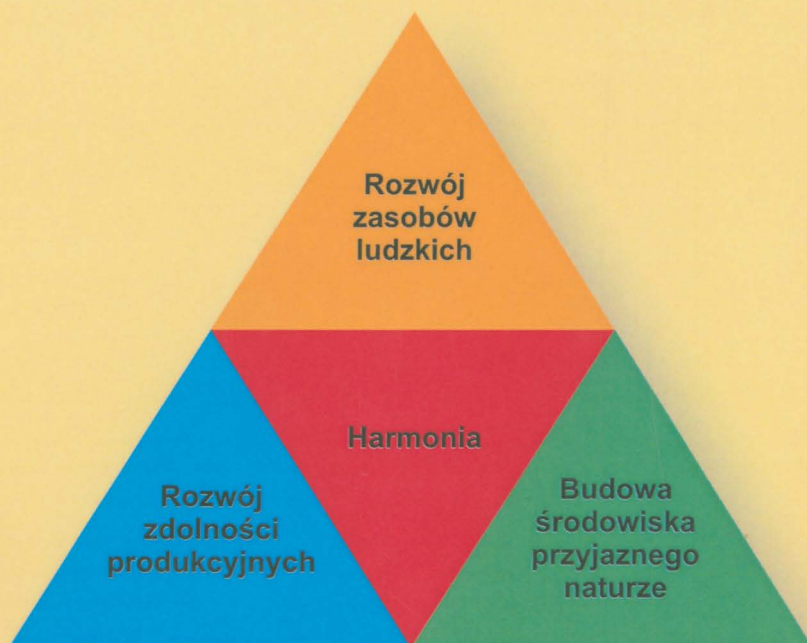


**Katarzyna ANTOSZ, Andrzej PACANA
Dorota STADNICKA, Władysław ZIELECKI**

LEAN MANUFACTURING DOSKONALENIE PRODUKCJI



**Katarzyna ANTOSZ, Andrzej PACANA
Dorota STADNICKA, Władysław ZIELECKI**

LEAN MANUFACTURING DOSKONALENIE PRODUKCJI

Wydano za zgodą Rektora

Opiniodawcy

prof. dr hab. inż. Józef KUCZMASZEWSKI

prof. dr hab. inż. Józef MATUSZEK, dr h.c.

Redaktor

Marzena TARAŁA

Przygotowanie matrycy

Mariusz TENDERA

Projekt okładki

Dorota STADNICKA

Podręcznik akademicki



doskonalenie organizacji produkcji
Lean Manufacturing
narzędzia Lean Manufacturing
szczupła produkcja

© Copyright by Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2015

ISBN 978-83-7199-988-7

Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

Nakład 100 + 40 egz. Ark. wyd. 21,88. Ark. druk. 19,25. Papier offset. 70g B1.

Oddano do druku w maju 2015 r. Wydrukowano w maju 2015 r.

Drukarnia Oficyny Wydawniczej Politechniki Rzeszowskiej, al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów
Zam. nr 59/15

SPIS TREŚCI

Wykaz skrótów, oznaczeń i akronimów	7
Wprowadzenie (Dorota Stadnicka)	11
1. Źródła i istota Lean Manufacturing (Władysław Zielecki)	13
1.1. Źródła Lean Manufacturing	13
1.2. Zasady szczupłej produkcji – Lean Manufacturing	18
1.3. Jidoka i Andon	23
Pytania kontrolne do rozdziału 1.	25
Bibliografia do rozdziału 1.	25
2. Projektowanie komórek produkcyjnych zgodne z zasadami Lean – metoda 3P (Władysław Zielecki)	27
2.1. Rozmieszczanie wyposażenia w zakładzie przemysłowym	27
2.2. Metoda 3P – produkcja, przygotowanie, proces	28
2.3. Linia U-kształtna	30
Pytania kontrolne do rozdziału 2.	36
Bibliografia do rozdziału 2.	36
3. Zapobieganie błędom – Poka-Yoke (Władysław Zielecki)	37
3.1. Przyczyny powstawania błędów	37
3.2. System zerowej kontroli jakości ZQC	38
3.3. Poka-Yoke	39
Pytania kontrolne do rozdziału 3.	43
Bibliografia do rozdziału 3.	44
4. Zarządzanie z zastosowaniem komunikacji wizualnej (Dorota Stadnicka)	45
4.1. Komunikacja wizualna	45
4.2. Wizualizacja na poziomie stanowiska pracy	49
4.3. Wizualizacja na poziomie linii produkcyjnej oraz zakładu	55
4.4. Wizualizacja związana z BHP i ochroną przeciwpożarową	61
4.5. Wizualizacja przepływu produkcji i transportu	65
Pytania kontrolne do rozdziału 4.	69
Bibliografia do rozdziału 4.	69
5. Doskonalenie organizacji stanowisk roboczych metodą 5S (Katarzyna Antosz)	71
5.1. Stanowisko robocze jako podstawowa jednostka produkcyjna	71
5.2. Założenia metody 5S	73

5.3. Poziomy organizacji stanowiska w metodzie 5S	74
5.4. Etapy wdrożenia 5S	83
5.5. Przykłady wdrożenia metody 5S na wybranych stanowiskach	85
5.6. Korzyści z wdrożenia metody 5S na stanowisku pracy	111
Pytania kontrolne do rozdziału 5.	111
Bibliografia do rozdziału 5.	112
6. Praca standardowa (Andrzej Pacana)	113
6.1. Wprowadzenie do pracy standardowej	113
6.2. Dokumentowanie standardów	118
6.3. Idea i terminologia standaryzacji pracy	130
6.4. Etapy wprowadzania pracy standardowej	134
6.5. Metodyka opracowywania kart standaryzacji pracy	148
6.6. Elementy doskonalenia pracy standardowej	152
Pytania kontrolne do rozdziału 6.	153
Bibliografia do rozdziału 6.	154
7. Kompleksowe utrzymanie maszyn – TPM (Katarzyna Antosz)	157
7.1. Metody nadzoru nad maszynami technologicznymi	157
7.2. Rola i założenia TPM	159
7.3. Filary TPM	162
7.4. Wdrożenie TPM w przedsiębiorstwie	169
7.5. Metody i narzędzia wspomagające TPM	176
7.6. Ocena efektywności wdrożenia TPM	181
7.7. Problemy przy wdrażaniu TPM w przedsiębiorstwie	184
Pytania kontrolne do rozdziału 7.	186
Bibliografia do rozdziału 7.	186
8. Skracanie czasu przezbrajania maszyn – SMED (Władysław Zielecki)	189
8.1. Istota przezbrajania maszyn technologicznych	189
8.2. Tradycyjne sposoby rozwiązywania problemu długich czasów przezbrajania	190
8.3. Istota metody SMED	191
8.4. Ocena efektów doskonalenia przezbrajania maszyn metodą SMED ..	197
8.5. Optymalizacja kolejności przezbrajania maszyny technologicznej	202
Pytania kontrolne do rozdziału 8.	208
Bibliografia do rozdziału 8.	209
9. Mapowanie strumienia wartości procesów wytwórczych (Dorota Stadnicka)	211
9.1. Cel mapowania strumienia wartości	211
9.2. Identyfikacja rodziny wyrobów i jej właściciela	211
9.3. Symbole stosowane w mapowaniu strumienia wartości procesów produkcyjnych	215

9.4. Dane potrzebne do budowy mapy przepływu strumienia wartości	218
9.5. Kroki przygotowania mapy stanu aktualnego dla procesów produkcyjnych	220
9.6. Korzyści z przepływu jednej sztuki	225
9.7. Zastosowanie systemu Kanban typu supermarket	226
9.8. Zastosowanie kolejki FIFO	227
9.9. Bilansowanie pracy operatorów	228
9.10. Poziomowanie produkcji	232
9.11. Heijunka	236
9.12. Mapa stanu przyszłego dla procesu produkcyjnego	236
9.13. Plan wdrożenia mapy stanu przyszłego	238
Pytania kontrolne do rozdziału 9.	239
Bibliografia do rozdziału 9.	240
10. Mapowanie strumienia wartości procesów biznesowych (<i>Dorota Stadnicka</i>)	241
10.1. Symbole stosowane w mapowaniu strumienia wartości procesów biznesowych	241
10.2. Budowa mapy stanu aktualnego procesu kwotacji	243
10.3. Obliczenie czasu przejścia i przetwarzania	250
10.4. Identyfikacja i analiza problemów	252
10.5. Mapa stanu przyszłego dla procesu biznesowego	255
10.6. Wdrożenie mapy stanu przyszłego procesu kwotacji	261
Pytania kontrolne do rozdziału 10.	262
Bibliografia do rozdziału 10.	262
11. Praca zespołowa (<i>Andrzej Pacana</i>)	263
11.1. Geneza i istota pracy zespołowej	263
11.2. Rodzaje zespołów	267
11.3. Modele budowy zespołów	269
11.4. Etapy pracy zespołowej	271
11.5. Wybrane metody i techniki stosowane w pracy zespołowej	275
Pytania kontrolne do rozdziału 11.	299
Bibliografia do rozdziału 11.	299
Słownik pojęć (<i>Dorota Stadnicka</i>)	301

WYKAZ SKRÓTÓW, OZNACZEŃ I AKRONIMÓW

- [l_{ij}]** – macierz odległości
- 5S** – metoda 5S: Selekcja–Systematyka–Sprzątanie–Standaryzacja–Samodyscyplina (ang. *Sort–Straighten–Shine–Standardize–Sustain*)
- 6M+E** – metoda 6M+E (ang. *Manpower–Machine–Material–Method–Management–Measurement–Environment*)
- 8D** – metoda 8D: praca zespołowa, która łączy trzy elementy: proces rozwiązywania problemów, standaryzację i zunifikowaną formę raportowania wyników – równolegle stosowana nazwa to raport 8D
- ABCD** – metoda określania ważności, zwana też metodą Suzuki
- BM** – burza mózgów
- BOM** – bilans materiałowy (ang. *bill of material*)
- C/O** – czas przezbrownienia
- C/T** – czas cyklu
- CESMED** – całkowita efektywność metody SMED
- C_{uz}** – czas utrzymywania zapasów
- EPZ** – efektywność przekształcenia czynności wewnętrznych w zewnętrzne,
- ERS** – efektywność redukcji strat wynikających z realizacji czynności zbędnych,
- EUT** – efektywność usprawnień technicznych,
- FIFO** – kolejka wyrobów oczekujących na dalszą przeróbkę, z której wyroby są pobierane na zasadzie „pierwsze weszło, pierwsze wyszło” (ang. *First in First Out*)
- FMEA** – analiza rodzajów i skutków potencjalnych wad (ang. *Failure Mode and Effects Analysis*)
- JIT** – system dostaw „dokładnie na czas” (ang. *Just in Time*)
- KSP** – Karta Standaryzacji Pracy
- LM** – szczupła produkcja (ang. *Lean Manufacturing*)
- MLD** – czas oczekiwania na naprawę (ang. *Mean Logistic Delay*)
- MMT** – średni czas pomiędzy czynnościami utrzymania maszyn (ang. *Mean Maintenance Time*)
- MTBF** – średni czas pomiędzy awariami (ang. *Mean Time Between Failures*)
- MTTF** – średni czas pracy do wystąpienia awarii (ang. *Mean Time to Failure*)

- MTTM** – średni czas trwania czynności utrzymania maszyn (ang. *Mean Time to Maintenance*)
- MTTR** – średni czas naprawy (ang. *Mean Time to Repair*)
- NNVA** – operacje niedodające wartości, ale niezbędne (ang. *Non Value Added but Necessary*)
- NVA** – operacje niedodające wartości (ang. *Non Value Added*)
- OA** – dostępność operacyjna (ang. *Operational Availability*)
- OOE** – całkowita efektywność wyposażenia (ang. *Overall Equipment Effectiveness*)
- OT1, OT2** – obsługa techniczna 1, 2
- PDCA** – cykl Deminga: Zaplanuj–Wykonaj–Sprawdź–Zastosuj (ang. *Plan–Do–Check–Act*)
- PIP** – Państwowa Inspekcja Pracy
- QC** – kontrola jakości (ang. *Quality Control*)
- QFD** – metoda rozwinięcia funkcji jakości (ang. *Quality Function Deployment*)
- RCM** – utrzymanie maszyn ukierunkowane na niezawodność (ang. *Reliability Centered Maintenance*)
- ROC** – metoda identyfikacji rodzin wyrobów (ang. *Rank Order Clustering of King*)
- SIPOC diagram** – dostawca–wejscie–proces–wyjście–klient (ang. *Supplier–Input–Process–Output–Customer*)
- SMART** – zasady wyznaczania celów; S – specyficzny, konkretny, M – mierzalny, możliwy do określenia za pomocą liczb, jednostek, norm itd., A – akceptowany przez wszystkich, którzy będą dążyć do jego realizacji, R – realny, możliwy do osiągnięcia, T – określony w czasie (ang. *Specific–Measurable–Acceptable–Reliable–Time Banded*)
- SMED** – metoda doskonalenia procesu przezbierania maszyn technologicznych (ang. *Single Minute Exchange of Die*)
- SPC** – statystyczna kontrola procesu (ang. *Statistical Process Control*)
- SQC** – statystyczna kontrola jakości (ang. *Statistical Quality Control*)
- T** – czas taktu
- TGN** – technika grupy nominalnej
- TPM** – kompleksowe utrzymanie maszyn (ang. *Total Productive Maintenance*)
- TPS** – system produkcyjny Toyoty (ang. *Toyota Production System*)
- tpz** – czas przygotowawczo-zakończywowy
- TQC** – kompleksowa kontrola jakości (ang. *Total Quality Control*)
- TQM** – kompleksowe zarządzanie jakością (ang. *Total Quality Management*)
- Tut** – oszczędność czasu trwania czynności wewnętrznych związana z zastosowaniem usprawnień technicznych

- Tw** – czas trwania czynności wewnętrznych (czas trwania przebrojenia po zastosowaniu metody SMED)
- Tz** – czas trwania czynności zewnętrznych
- Tzb** – czas trwania czynności zbędnych
- VA** – operacje dodające wartość (ang. *Value Added*)
- VSM** – mapowanie strumienia wartości (ang. *Value Stream Mapping*)
- ZQC** – system zerowej kontroli jakości (ang. *Zero Quality Control*)

... aby firma mogła się utrzymać na konkurencyjnym, globalnym rynku. To, co wymaga realizacji ciągłego doskonalenia, to wymagania klienta, który chce otrzymywać wyroby coraz szybciej i coraz taniej, przy zachowaniu odpowiedniej jakości. Koncepcja Lean Manufacturing jest odpowiedzią na potrzeby firm poszukujących sposobów na skrócenie czasu realizacji wyrobów dla klienta, przy jednoczesnych oszczędnościach finansowych i utrzymaniu jakości na założonym poziomie.

Koncepcja Lean Manufacturing oferuje wiele narzędzi pozwalających wyraźnie określić obszary funkcjonowania przedsiębiorstwa oraz wyeliminować nadmierne koszty, które generuje koszty, a nie jest wartości dla klienta. Koncepcję tę opracowano w Japonii w fabrykach Toyoty, a następnie została szeroko rozpowszechniona i zastosowana w wielu światowych korporacjach, nie tylko branży motoryzacyjnej, ale również innych (np. w branży lotniczej). W Polsce znajduje się stosowanie tej koncepcji przede wszystkim w przedsiębiorstwach z kapitałem zagranicznym, do których wraz z kapitałem przyszła wiedza, a czasem nawet także stosowanie narzędzi Lean Manufacturing do doskonalenia funkcjonowania przedsiębiorstwa. W polskich firmach zauważa się czasem brak motywacji do realizacji ciągłego doskonalenia, analiz funkcjonowania firmy i poszukiwania możliwości poprawy. Dlatego ważne jest, aby firmy są uświadomione sobie, że proponowane narzędzia szczupłej produkcji są bardzo dobre do zastosowania i opierają się w większości na logicznym myśleniu, tak więc każda firma może je u siebie zastosować. W wielu przypadkach ich wdrożenie nie wymaga poniesienia dużych nakładów finansowych. Czasem mały nakład nakładów wystarczy się zorientować potrzebę, jeżeli tylko podejmie się decyzję o poznaniu i zastosowaniu narzędzi Lean Manufacturing.

W niniejszej pracy przedstawiono zarówno koncepcję, jak i narzędzia Lean Manufacturing, wyjaśniając możliwości ich zastosowania przez przedstawienie praktycznych przykładów. Ułatwi to zrozumienie tematyki i wskaże, od czego należy zacząć, wchodząc na drogę ciągłego doskonalenia.

Rozdział pierwszy pracy przedstawia, skąd wywodzi się koncepcja Lean Manufacturing i jakie były przesłanki jej powstania. Omawia również zastosowanie pierwszych narzędzi Lean Manufacturing.

Rozdział drugi poświęcono zasadom projektowania narzędzi produkcyjnych i taki sposób, aby zapewnić łatwy przepływ materiałów.

W rozdziale trzecim omówiono problem popełniania błędów, które powodują powstawanie niezgodności. Przedstawiono także różne sposoby zapobiega-

WPROWADZENIE

Doskonalenie produkcji oraz jej organizacji jest obecnie niezbędne, aby firma mogła się utrzymać na konkurencyjnym, globalnym rynku. To, co wymusza realizację ciągłego doskonalenia, to wymagania klienta, który chce otrzymywać wyroby coraz szybciej i coraz taniej, przy zachowaniu odpowiedniej jakości. Koncepcja Lean Manufacturing jest odpowiedzią na potrzeby firm poszukujących sposobów na skrócenie czasu realizacji wyrobów dla klienta, przy jednoczesnych oszczędnościach finansowych i utrzymaniu jakości na założonym poziomie.

Koncepcja Lean Manufacturing oferuje wiele narzędzi pozwalających usprawnić określone obszary funkcjonowania przedsiębiorstwa oraz wyeliminować marnotrawstwo, które generuje koszty, a nie jest wartością dla klienta. Koncepcję tę opracowano w Japonii w fabrykach Toyoty, a następnie została szeroko rozpowszechniona i zastosowana w wielu światowych korporacjach, nie tylko branży motoryzacyjnej, ale również innych (np. w branży lotniczej). W Polsce zauważa się stosowanie tej koncepcji przede wszystkim w przedsiębiorstwach z kapitałem zagranicznym, do których wraz z kapitałem przyszła wiedza, a czasem nawet nakaz stosowania narzędzi Lean Manufacturing do doskonalenia funkcjonowania przedsiębiorstwa. W polskich firmach zaznacza się czasem brak motywacji do realizacji ciągłego doskonalenia, analiz funkcjonowania firmy i poszukiwania możliwości poprawy. Dlatego ważne jest, aby firmy te uświadomiły sobie, że proponowane narzędzia szczupłej produkcji są bardzo proste do zastosowania i opierają się w większości na logicznym myśleniu, tak więc każda firma może je u siebie zastosować. W wielu przypadkach ich wdrożenie nie wymaga poniesienia dużych nakładów finansowych. Czasem małymi nakładami uzyskuje się znaczącą poprawę, jeżeli tylko podejmie się decyzję o poznaniu i zastosowaniu narzędzi Lean Manufacturing.

W niniejszej pracy przedstawiono zarówno koncepcję, jak i narzędzia Lean Manufacturing, wyjaśniając możliwości ich zastosowania przez przedstawienie praktycznych przykładów. Ułatwi to zrozumienie tematyki i wskaże, od czego należy zacząć, wchodząc na drogę ciągłego doskonalenia.

Rozdział pierwszy pracy przedstawia, skąd wywodzi się koncepcja Lean Manufacturing i jakie były przesłanki jej powstania. Omawia również zastosowanie pierwszych narzędzi Lean Manufacturing.

Rozdział drugi poświęcono zasadom projektowania komórek produkcyjnych w taki sposób, aby zapewnić łatwy przepływ materiałów.

W rozdziale trzecim omówiono problem popełniania błędów, które powodują powstawanie niezgodności. Przedstawiono także różne sposoby zapobiega-

nia powstawaniu błędów przez zastosowanie rozwiązań zwanych rozwiązaniami Poka-Yoke.

Rozdział czwarty jest związany z wizualizacją, dzięki której można łatwo zarządzać przedsiębiorstwem, ponieważ już na wstępie ukazuje, jaka jest sytuacja na liniach produkcyjnych.

Rozdział piąty dotyczy metody 5S, która ma przede wszystkim zapewnić porządek w firmie. Jest to podstawowa metoda systemów Lean Manufacturing i jako pierwsza powinna być zastosowana w firmie, która chce wdrożyć koncepcję Lean Manufacturing.

W rozdziale szóstym przedstawiono sposób wprowadzania standaryzacji do przedsiębiorstw, w celu zapewnienia powtarzalności realizowanych procesów, a tym samym ich jakości na określonym poziomie.

Rozdział siódmy prezentuje koncepcję nadzoru nad parkiem maszyn technologicznych (TPM), która angażuje operatorów maszyn w działania mające na celu utrzymanie maszyn w ciągłej sprawności.

Rozdział ósmy przedstawia metodę pozwalającą w prosty sposób przeanalizować proces przebrojenia i skrócić czas jego trwania przez wdrożenie różnych rozwiązań technicznych i organizacyjnych.

W rozdziale dziewiątym zaprezentowano zastosowanie mapowania strumienia wartości do identyfikacji marnotrawstwa w procesach produkcyjnych. Zaprezentowano również sposoby eliminacji tego marnotrawstwa.

Rozdział dziesiąty prezentuje zastosowanie mapowania strumienia wartości do identyfikacji marnotrawstwa w procesach biznesowych. Podaje przykład analizy wybranego procesu i przedstawia rozwiązania zaproponowane w celu jego usprawnienia.

Ostatni, jedenasty rozdział omawia zasady realizacji pracy zespołowej, która jest podstawą w analizach i wdrożeniach różnych narzędzi Lean Manufacturing.

Pracę kończy słownik pojęć związanych z Lean Manufacturing.

Niniejszy podręcznik w sposób kompleksowy prezentuje zagadnienie szczupłej produkcji i może być wykorzystywany jako źródło wiedzy przy wdrażaniu Lean Manufacturing.