

Paweł SMUŚKIEWICZ¹
Beata STARZYŃSKA¹

DOSKONALENIE ORGANIZACJI PROCESU PRZEBROJEŃ MASZYN

Elastyczność systemów produkcyjnych jest warunkiem zaspokajania różnorodnych i szybko zmieniających się potrzeb klientów. Jednym z narzędzi pozwalających na zwiększanie elastyczności jest metodyka SMED (ang. *Single Minute Exchange of Die*). Metodyka ta jest zbiorem wytycznych, pozwalających uzyskać cel, jakim jest przebrojenie maszyny w czasie liczonym w pojedynczych minutach. W artykule przedstawiono zasady związane z doskonaleniem organizacji procesu przebrojeń oraz przedstawiono przykład zastosowania metodyki SMED. Stanowi on jednocześnie ilustrację wykorzystania wybranych narzędzi organizatorskich w rozwiązywaniu problemów produkcyjnych.

1. WPROWADZENIE

W strategiach wielu przedsiębiorstw produkcyjnych często występuje odwołanie się do jakości produktów, kosztów produkcji (pośrednio poprzez cenę) oraz czasu realizacji, to jest czasu odpowiedzi na oczekiwania rynku lub konkretnego klienta. Jednoczesne utrzymanie jakości, kosztów oraz czasu dostawy na konkurencyjnym poziomie nie jest jednak łatwe. Kryteria te mogą być bowiem ze sobą sprzeczne, szczególnie jeśli uwzględnić ciągłe dążenie do jak największej elastyczności produkcji, zapewniającej spełnianie coraz bardziej zróżnicowanych i indywidualnych wymagań rynku konsumenta. Tylko w dobrze zarządzanych przedsiębiorstwach, zarówno na poziomie operacyjnym jak i strategicznym, wysoką jakość wykonania produktu można utrzymać, a nawet zwiększać, bez dodatkowych kosztów produkcji oraz przy szybkim odpowiadaniu na wymagania ilościowe i jakościowe rynku.

Jednym z takich rozwiązań może być zastosowanie narzędzi Lean Manufacturing, które w połączeniu z instrumentami innych koncepcji prowadzenia współczesnego biznesu (np. zarządzania jakością) ułatwiają działania w szeroko rozumianym obszarze doskonalenia procesów i wyrobów. Obecnie największe uznanie zyskują koncepcje Lean Manufacturing, Kaizen i Six Sigma [2]. Koncepcje te przenikają się wzajemnie, opierają się na podobnych narzędziach i metodach [7],[8]. Liderem w zakresie wprowadzania tych systemów jest przemysł motoryzacyjny, który działa na wyjątkowo wymagającym i konkurencyjnym rynku [1],[3],[9].

¹ Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska,
beata.starzynska@put.poznan.pl

2. KLASYCZNE I WSPÓŁCZESNE NARZEDZIA DOSKONALENIA PROCESÓW

W ostatnich kilkudziesięciu latach opracowano wiele ogólnych koncepcji (systemów) oraz szczegółowych metod i narzędzi pomagających przedsiębiorstwom doskonalić jakość wyrobów przy jednoczesnym obniżaniu kosztów wytwarzania oraz zwiększaniu wydajności i elastyczności produkcji. Są one wykorzystywane w łączności z nowoczesnymi metodami organizacji i zarządzania produkcją, mającymi często swoje archetypy pośród metod wypracowanych wraz z rozwojem naukowej organizacji i zarządzania. Jednocześnie można zaobserwować zjawisko powstawania metodyk hybrydowych (np. Lean Six Sigma), którego rezultatem jest „wymieszanie się” instrumentów różnych sposobów doskonalenia organizacji.

Należy przypomnieć, że w początkowej fazie rozwoju przemysłu większość wykonywanych prac miała charakter manualny. Z organizacyjnego punktu widzenia skupiano się zatem na ruchach wykonywanych przez pracownika oraz czasach ich trwania. Była to najmniejsza, dająca się wyodrębnić część procesu produkcyjnego, którą poddawano badaniu. Z czasem badania metod pracy zostały ukierunkowane na aspekty organizacyjne. Podstawą tego było założenie, „że każda praca, która nie dodaje nic nowego do obrabianego materiału, informacji, itp., jest stratą” [4].

Metodyka badania metod pracy polegała na:

- wyborze pracy objętej badaniem,
- rejestracji wszystkich faktów,
- krytycznej analizie faktów,
- projektowaniu usprawnionej metody,
- wprowadzeniu usprawnionej metody,
- opiece i kontroli nad stosowaniem usprawnionej metody.

Najpopularniejszymi technikami, wykorzystywanymi w badaniu i mierzeniu pracy były tzw. techniki kartowania organizatorskiego. Celem ich stosowania było szczegółowe przedstawienie pracy człowieka oraz jego udziału w procesie wytwarzania. Można je podzielić na [4]:

1. Karty

- a. Karty procesu (*outline process charts*) - przedstawiają obraz etapów pracy w odniesieniu do człowieka, materiału lub procesu poprzez zapisy operacji i kontroli
- b. Karty przebiegu (lub przepływu) (*flow process charts*)
 - i. Materiału – przedstawiają kolejne czynności, jakim poddawany jest przedmiot pracy
 - ii. Maszyn i urządzeń – ilustrują sposób wykorzystania maszyn w kolejnych cyklach pracy
 - iii. Człowieka – stanowią chronologiczny zapis czynności w procesie pracy
- c. Karty rejestrujące ruchy człowieka
 - i. Karty czynności obu rąk – służą do rejestracji okresów bezczynności oraz operacji wykonywanych przez jednego operatora

- ii. Karty mikroruchów – badanie wykonywane np. z użyciem kamery filmowej; treść filmu odtworzona w zwolnionym tempie i zapisana w formie tzw. therbligów tworzy kartę
- d. Karty czynności wielopodmiotowych
 - i. Karty w układzie człowiek – maszyna – umożliwiają jednoczesną rejestrację czynności oraz przestojów człowieka oraz obsługiwanej przez niego maszyny, w celu ustalenia wzajemnych zależności
 - ii. Karty czynności zespołu ludzi lub maszyn i ludzi – pozwalają ustalić racjonalne zasady współdziałania oraz równomierność zaangażowania w procesie pracy
- 2. Wykresy - stanowią uzupełnienie wymienionych kart
 - a. Wykresy przebiegu (*flow diagrams*) - ilustrują drogę, jaką przebywa materiał, urządzenie lub człowiek w procesie pracy (specjalne symbole pozwalają określić rodzaj wykonywanej pracy w danym miejscu przebiegu) lub rozmieszczenie stanowisk pracy (makiety, modele przestrzenne)
 - b. Wykresy sznurkowe – służyły do zaznaczenia oraz pomiaru długości drogi przebytej przez robotników lub urządzenia, która najczęściej nie pokrywała się z zaplanowanym przebiegiem (współcześnie – diagram spaghetti)
- 3. Techniki fotofilmowe
 - a. Fotografowanie – wykorzystywane, w połączeniu z makietami oraz modelami przestrzennymi, do zaplanowania rozmieszczenia powierzchni produkcyjnej
 - b. Cyklografia oraz chronocyklografia – najstarsze techniki fotograficzne, opracowane przez F. B. Gilbreth'a – służyły do rejestracji ścieżki ruchów wykonywanych przez pracowników
 - c. Filmowanie
- 4. Techniki badania czasu pracy
 - a. Chronometraż (*timing*) – obserwacja oraz rejestracja czasu na wykonanie każdego elementu pracy z wykorzystaniem chronometru; wykorzystywana na potrzeby normowania czasu pracy
 - b. Fotografia dnia roboczego (*production study*) – ciągła obserwacja oraz rejestracja czasu pracy oraz przerw w jej wykonywaniu
 - c. Badania migawkowe – technika dokonywania obserwacji robotników, maszyny, grupy maszyn w losowo wybranych momentach.

Metodyka badania metod pracy znalazła zastosowanie również w dobie mechanizacji i automatyzacji procesów produkcyjnych. Jej elementy stanowią składowe współczesnych koncepcji i narzędzi wspomagających przedsiębiorstwa w doskonaleniu ich procesów i wyrobów.

Karty oraz wykresy wykorzystywane w badaniu metod pracy znalazły swoje miejsce w klasyfikacji metod graficznych, wykorzystywanych w zarządzaniu i organizacji produkcji, które podzielono ogólnie na [10]:

- wykresy statystyczne
- modele zarządzania i organizacji produkcji:
 - o schematy przebiegów procesów: pracy, produkcji, zarządzania
 - o schematy organizacyjne

- o schematy klasyfikacyjne
- wykresy przepływów:
 - o materiałowych
 - o informacyjnych
 - o energetycznych
- inne.

Stosowanie metod graficznych w zarządzaniu i organizacji produkcji pozwala na generowanie wskaźników i ocenę przebiegu procesów w formie, która jest bardziej przyjazna niż techniki opisowe oraz na wyrobienie sobie „poglądu na całość produkcji, dokładność planowania, rytmiczność produkcji, szybkość narastania kosztów w stosunku do produkcji, itp.” [10, str. 7]. Ponadto zwrócono uwagę na ich charakterystyczne cechy:

- pogładowość,
- synoptyczność,
- możliwość analizy i syntezy,
- możliwość porównywania wskaźników i wyciągania wniosków.

Współczesne, „wyszczuplone” zarządzanie oraz wytwarzanie również sięga po najprostsze narzędzia, pozwalające na uzyskiwanie prostych rozwiązań, dostępnych dla każdego pracownika i korzystnych dla przedsiębiorstwa. Tabela 1. pokazuje, że problemy do rozwiązania oraz oczekiwane efekty działań są ponadczasowe – zmieniają się tylko forma i sposób wykorzystania dostępnych metod i narzędzi.

Tabela 1. Rodzaje problemów i adekwatne techniki organizatorskie (oprac. własne na podst. [10])
Table 1. Problem categories and appropriate organisational techniques (based on [10])

Problem	Metoda/narzędzie	Efekt – eliminacja <i>muda</i>
Analiza przebiegu procesu produkcyjnego	Wykres operacji i kontroli	Nadprodukcja, braki, naprawy
Analiza przebiegu materiałów	Wykres przebiegu materiałów	Nadmierne zapasy, oczekiwanie
Rozplanowanie powierzchni produkcyjnej	Modele, makiety	Zbędny transport
Analiza drogi przebytej przez pracowników	Wykres sznurkowy	Zbędny ruch pracowników
Transport materiałów	Wykres sznurkowy	Zbędny transport
Organizacja stanowiska	Wykres pracy robotnika	Nadmierne zapasy
Organizacja obsługi maszyn	Wykres człowiek - maszyna	Oczekiwanie
Organizacja sposobu pracy	Wykres ruchów pracownika	Zbędny ruch, zbędne czynności

Potwierdzeniem tego jest również przykład doskonalenia organizacji procesu przebrojenia maszyn z wykorzystaniem metodyki SMED oraz związanych z nią narzędzi organizatorskich.

3. METODYKA SMED

Dynamika zmian popytu powoduje, że we współczesnym przedsiębiorstwie koniecznością jest stosowanie rozwiązań elastycznych. Produkcja elastyczna oznacza, że w krótkich odstępach czasu, następuje zmiana produktu wytwarzanego na danej linii lub

zmiana półproduktów (części) kształtowanych lub obrabianych na danym stanowisku (na prasie, na obrabiarce). Elastyczność produkcji jest możliwa między innymi poprzez:

- krótkie czasy przebrojeń,
- krótkie czasy trwania operacji technologicznych,
- standaryzację pracy,
- zastępowalność maszyn i urządzeń,
- zastępowalność kwalifikacji pracowników.

Wśród wymienionych czynników, przebrojenia maszyn lub linii mają często znaczenie krytyczne. W czasie przezbierania maszyna nie realizuje zadań produkcyjnych, tym samym zmniejszony zostaje czas jej dostępności operacyjnej.

Prace nad rozwiązaniami pozwalającymi zmniejszyć czas przezbierania maszyn rozpoczęto w Japonii w latach 50-tych XX wieku. Prekursorem tych prac był Shigeo Shingo. To on zaproponował metodykę SMED (ang. *Single-Minute Exchange of Die*). Nazwa ta bezpośrednio wskazuje cel do osiągnięcia: „przebrojenie maszyny w czasie nie przekraczającym kilku minut”. Shigeo Shingo przez blisko 20 lat dopracowywał zbiór reguł pozwalających ten cel osiągnąć [5],[6].

Obserwując trudne do zorganizowania procesy przezbierania, można zauważyć, że przebiegają one często w sposób przypadkowy, niemal chaotyczny. Są słabo zorganizowane, nie są w nich przestrzegane ustalone standardy – ich przebieg jest wyłącznie wynikiem doświadczenia, a czasem także rezultatem złych nawyków pracowników. Sprawia to, że kolejne przebrojenia różnią się zarówno pod względem czasu, jak i dokładności.

Jest wiele czynników i działań, które skutecznie i efektywnie mogą przyczynić się do skrócenia czasu przezbierania maszyn. Najważniejsze z nich to:

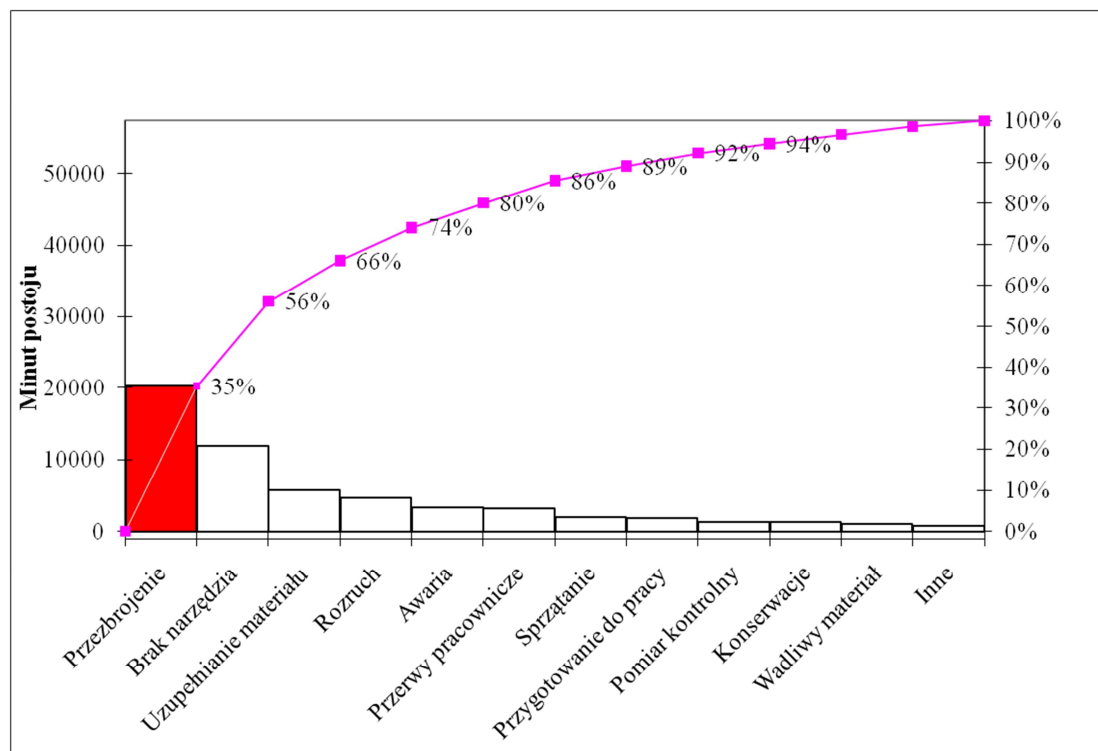
- rozdzielenie czynności zewnętrznych i wewnętrznych - przebrojenie maszyny składa się z czynności wewnętrznych i zewnętrznych. Czynności wewnętrzne to te, które można wykonać tylko i wyłącznie w czasie postoju maszyny. Czynności zewnętrzne mogą być wykonane w czasie, kiedy maszyna pracuje. Rozdzielenie czynności zewnętrznych i wewnętrznych stwarza duże i jednocześnie niskokosztowe możliwości przyspieszenia przebrojenia,
- procesy równoległe - przebrojenia maszyny są wykonywane w praktyce przez jedną osobę, ustawiacza maszyny lub operatora. Wiele czynności może być wykonywanych w tym samym czasie przez osoby, które w danej chwili nie mają przydzielonych innych zadań,
- skrócenie odległości pokonywanych przez osoby biorące udział w przezbieraniu - analizując przebrojenie za pomocą diagramu przebiegu, ilustrującego drogi, jakie przebywają osoby przeprowadzające przebrojenie, można zauważyć, jakie są odległości pomiędzy miejscami, do których należy podejść w celu realizacji zadań. Maszyny są ustawiane na hali produkcyjnej przede wszystkim z punktu widzenia minimalizacji miejsca jakie zajmują; niestety nierzadko pomijane są kwestie swobodnego dostępu do maszyny, bliskości części zamiennych i narzędzi wykorzystywanych w procesie przezbierania. Dlatego bardzo istotne jest ustalenie standardów postępowania oraz rozłożenie wszystkich elementów maszyny i narzędzi pomocniczych tak, by dokonujący przebrojeń pokonywali

w trakcie całej operacji przestawienia procesu na maszynie jak najmniejszy dystans;

- usprawnienia techniczne - dla producentów maszyn, rozwiązania konstrukcyjne umożliwiające szybkie jej przebrojenie, nie zawsze mają znaczenie priorytetowe. W efekcie pracownik przeprowadzający przebrajanie musi dysponować bogatym zestawem różnego rodzaju narzędzi uniwersalnych i specjalistycznych. Uproszczenie konstrukcji, unifikacja elementów, stosowanie połączeń szybko złącznych, nie wymagających udziału dodatkowych osób itp. może przyczynić się do uzyskania znacznych oszczędności czasowych w procesie przebrajania maszyn.

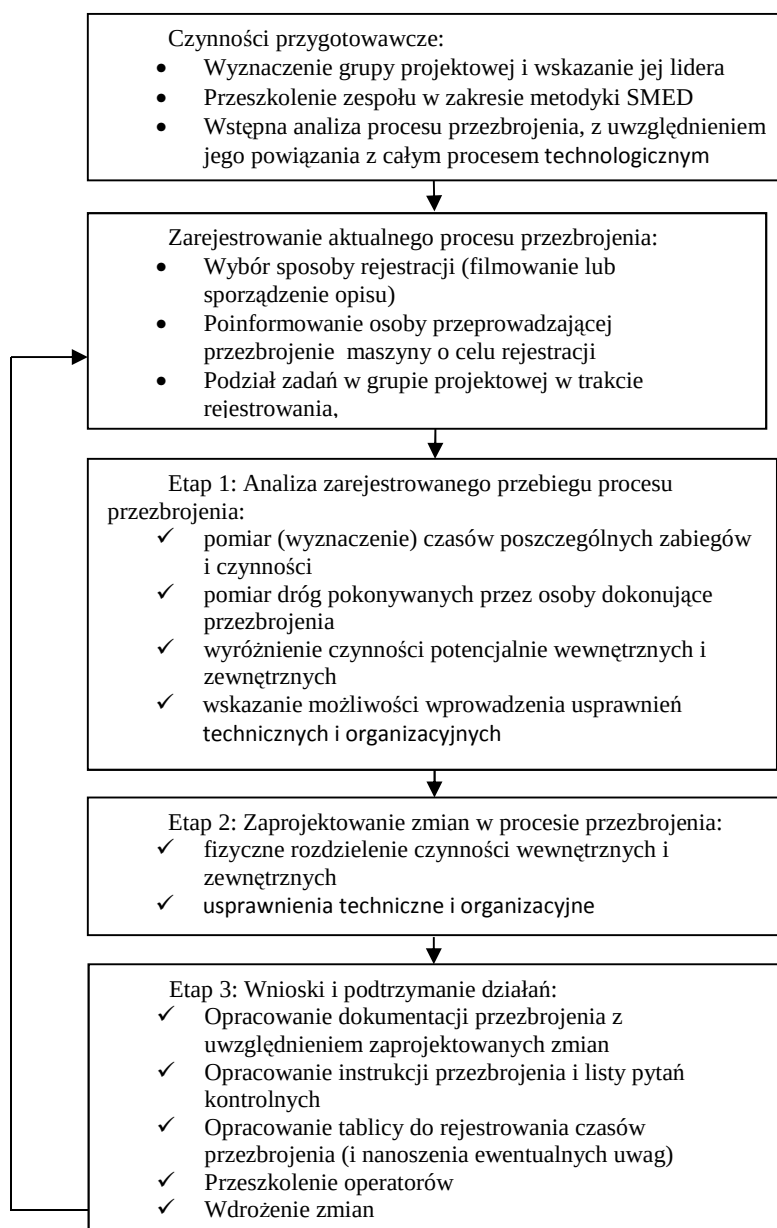
4. DOSKONALENIE ORGANIZACJI PROCESU PRZEBROJENIA MASZYN NA LINII PRODUKUJĄCEJ WIĄZKI ELEKTRYCZNE

Przedstawiony w dalszej części artykułu przykład skracania czasu przebrajania maszyny z wykorzystaniem metodyki SMED dotyczy maszyny stosowanej w procesie produkcji wiązek elektrycznych. W przedsiębiorstwie, w którym realizowany jest rozpatrywany proces, wykorzystuje się do tego celu dwie specjalizowane maszyny. Obie maszyny pracują w trybie 3 zmianowym, 5 dni w tygodniu. W przypadku napiętych harmonogramów produkcja jest prowadzona w soboty i w niedziele. Charakterystyczną cechą procesu produkcyjnego jest częsta zmiana rodzaju wiązki.



Rys. 1. Diagram Pareto - przyczyny przestoju maszyn
Fig. 1. Diagram Pareto – machine outage reasons

Aby sprostać wzrastającemu zapotrzebowaniu na wyroby wytwarzane przez przedsiębiorstwo, wystąpiła konieczność zwiększenia zdolności produkcyjnych o 25%. Przy niezminionej dostępności i wydajności maszyn, jest to możliwe tylko poprzez prowadzenie produkcji w trybie 3 zmianowym, przez 7 dni w tygodniu. Niestety nie pozostawia to żadnej rezerwy na ewentualne nadrobienie opóźnień, spowodowanych awariami urządzeń lub innymi przestojami. Dodatkowo, w związku z koniecznością opłacania pracy w weekendy, znacznie zwiększa to koszty produkcji. Postanowiono zatem podjąć prace doskonalące, które pozwolą zwiększyć dostępność czasu pracy maszyn. W pierwszym rzędzie określono, jaka jest struktura przerw w pracy maszyn mających wpływ na ich dostępność.



Rys. 2. Schemat doskonalenia organizacji przebrojeń
Fig. 2. Scheme of setting up process improvement

Wyniki analizy przedstawiono na rys. 1. Struktura wskazała, że najbardziej znaczącą przyczyną przestojów są przebrojenia maszyn. Uzyskane dane skłoniły kierownictwo fabryki do poszukiwań możliwości zwiększenia dostępności maszyn poprzez skrócenie czasu przebrajania maszyn. Przedsięwzięcie to zostało przeprowadzone według schematu przedstawionego na rys. 2.

Powołano zespół złożony z pracowników produkcji, ustawiaczy, inżynierów i techników utrzymania ruchu. Pierwszym z podjętych działań było sfilmowanie procesu najczęściej wykonywanych przebrojeń. Następnie uczestnicy zespołu łącznie z osobą dokonującą przebrojenia (ustawiaczem), dokładnie obejrżeli uzyskane nagranie. W czasie przeglądania nagrania, ustawiacz opisywał i uzasadniał swoje działania, po czym wspólnie przedyskutowano zasadność ich wykonywania. Na podstawie nagrania zmierzono i wypisano czasy poszczególnych czynności.

Przeprowadzona analiza przebrojenia polegała po pierwsze na określeniu zasadności realizacji wszystkich wykonywanych operacji. Po drugie wzięto pod uwagę możliwości ich podziału na operacje wewnętrzne, czyli takie, które muszą być wykonywane po zatrzymaniu maszyny oraz zewnętrzne, które można wykonać zanim maszyna zostanie zatrzymana. Zmierzano do tego, by możliwie największą liczbę operacji zamienić z wewnętrznych na zewnętrzne.

Następnie dokonano ponownej analizy procesu przebrojenia pod kątem zastosowania usprawnień czynności wewnętrznych. Wszystkie czynności wewnętrzne oraz czasy ich wykonania są zapisane w tabeli 2. Zarejestrowano 49 etapów przebrojenia, które trwały łącznie 1:36:50 godz. Wyodrębniono 16 operacji, które zakwalifikowano jako zewnętrzne (ich czas trwania to 26:58 minut). Zaobserwowano ponadto, że przebrojenie przeprowadzał wyłącznie ustawiacz maszyny. Operator maszyny czekał lub był oddelegowany w tym czasie do innych zadań. Przeniesienie części zadań na operatora przyniosło kolejne 17:16 minut oszczędności.

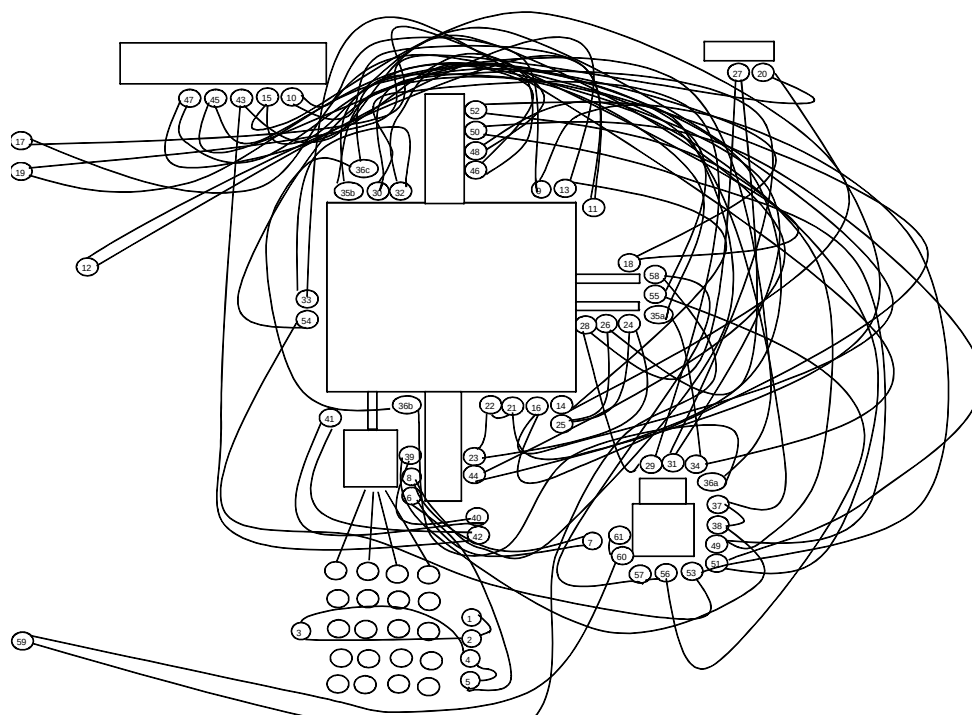
Tabela 2. Wykaz zadań realizowanych podczas przebrojenia maszyny
Table 2. List of tasks executed while setting up the machine

Krok	Opis	Czas - suma	Czas operacji	Czynność wewnętrzna	Czynność zewnętrzna
1	Maszyna czeka na ustawiacza	0:00:56	00:00:56		X
2	Odstawienie beczek z przewodami	0:01:37	00:00:41		X
3	Podsunięcie 12 szpul przewodów	0:03:50	00:02:13		X
4	Przeplatanie przewodów przez otwory prowadzące	0:08:30	00:04:40		X
5	Odizolowywanie	0:10:36	00:02:06		X
6	Skręcanie	0:14:00	00:03:24		X
7	Wymiana kostki	0:14:40	00:00:40		X
8	Wymiana 1 stacji 1/3	0:16:30	00:01:50	X	
9	Wymiana 1 stacji 2/3	0:17:20	00:00:50	X	
10	Wymiana 1 stacji 3/3	0:18:15	00:00:55	X	
11	Przebrojenie stacji Power	0:20:00	00:01:45		X
12	Wymiana 2 kostki	0:20:20	00:00:20		X
13	Podłączenie szyny	0:22:00	00:01:40	X	
14	Pobranie części zamiennych	0:22:30	00:00:30		X
15	Poszukiwanie narzędzi	0:23:36	00:01:06		X
16	Przebrojenie stacji Power	0:47:15	00:23:39		X
17	Podłączenie stacji	0:47:50	00:00:35	X	
18	Pobranie prowadnicy	0:48:00	00:00:10	X	
19	Podłączenie prowadnicy	0:48:31	00:00:31	X	

20	Pobranie narzędzi	0:48:45	00:00:14	X	
21	Przebrojenie prowadnic z 2,5 na 2,5 Power	0:54:20	00:05:35		X
22	Przejsie zmiany	0:57:00	00:02:40		X
23	Przebrojenie ramienia	1:01:30	00:04:30	X	
24	Przebrojenie płytki rastującej	1:03:10	00:01:40	X	
25	Ustawienie bocznej prowadnicy	1:04:40	00:01:30	X	
26	Wymiana rolek przewodów	1:07:45	00:03:05	X	
27	Ustawienie ramienia z nożami	1:09:25	00:01:40	X	
28	Programowanie ilości	1:09:50	00:00:25	X	
29	Przesuwanie przewodów w maszynie	1:11:30	00:01:40	X	
30	Odciecie i złomowanie końcówek przewodów	1:11:45	00:00:15	X	
31	Przesuwanie przewodów w maszynie	1:15:03	00:03:18	X	
32	Odciecie i złomowanie końcówek przewodów	1:15:22	00:00:19	X	
33	Pobranie materiału z magazynku	1:15:50	00:00:28		X
34	Rozpakowanie i podłączenie	1:17:31	00:01:41		X
35	Pobranie materiału z magazynku	1:18:15	00:00:44		X
36	Rozpakowanie i podłączenie	1:19:45	00:01:30		X
37	Pobranie materiału z magazynku	1:20:18	00:00:33		X
38	Rozpakowanie i podłączenie	1:21:58	00:01:40		X
39	Start maszyny	1:22:05	00:00:07	X	
40	Zablokowana stacja	1:24:30	00:02:25	X	
41	Restart maszyny	1:26:15	00:01:45	X	
42	Włączenie nadmuchu na przewody	1:26:35	00:00:20	X	
43	Cykl kontrolny	1:28:40	00:02:05	X	
44	Regulacje	1:29:22	00:00:42	X	
45	Start maszyny	1:30:41	00:01:19	X	
46	Cykl kontrolny	1:31:32	00:00:51	X	
47	Zwolnienie produkcji przez ustawiacza	1:35:55	00:04:23	X	
48	Korekta ustawień	1:36:25	00:00:30	X	
49	Rozpoczęcie produkcji seryjnej	1:36:50	00:00:25		
SUMA			01:36:50		

Do wizualizacji przemieszczania się osoby dokonującej przebrojenia i kolejności wykonywania działań w poszczególnych rejonach maszyny opracowano diagram przebiegu (diagram spaghetti) (rys. 3). Analiza diagramu pozwoliła stwierdzić, że ustawiacz podczas przebrojenia wykonywał 61 elementarnych czynności i w tym czasie pokonywał drogę około 300 metrów.

Kolejnym etapem było poszukiwanie możliwych usprawnień technicznych i organizacyjnych, mogących skrócić czas trwania przebrojenia wewnętrznego oraz ułatwić pracę operatorowi i ustawiaczowi. Zauważono, że do maszyny można podłączyć jednorazowo do 21 szpul z przewodami. Każda taka szpula waży 40-70 kg, co wiąże się ze znacznym utrudnieniem w pracy przy ich wymianie. Producent maszyny zalecał wymianę przewodów poprzez ręczne usunięcie szpul spod maszyny i podstawienie nowego pakietu. Następnie należało przewlekać każdą końcówkę przewodu przez prowadnice, odizolować ją i skrócić z odizolowaną końcówką przewodu z poprzedniej produkcji. Wszystkie te czynności zajmowały ponad 13 minut. Rozwiązaniem tego problemu były podesty z prowadnicami, na których ustawiano przewody już na magazynie. Gotowe do podpięcia do maszyny były transportowane na kółkach tuż przed przebrojeniem. Dodatkowo wprowadzono proste urządzenie, które za pomocą obejm łączyło przewody bez konieczności ich odizolowywania. Przed usprawnieniem, przewody były odizolowywane i skręcane, co pochłaniało wiele czasu i w wielu przypadkach prowadziło, w trakcie przeciągania, do ich zrywania.



Rys. 3. Diagram przemieszczeń operatora podczas przebrojenia maszyny – przed zmianą
 Fig. 3. Operator flow diagram while setting up the machine – before change

Skrećanie zastąpiono łącznikiem tymczasowym. Te dwa proste zabiegi zredukowały znacznie czas niezbędny na wykonanie tych czynności w trakcie przebrojenia maszyny i dodatkowo zostały przypisane operatorowi. By przyspieszyć czynności zewnętrzne dokonano jeszcze kilku prostych zabiegów:

- stacje zlokalizowano przy maszynach, w miejscu dogodnym do wymiany,
- wprowadzono systemy szybkiego montażu/demontażu na szynach, prowadnicach i ramieniu,
- wdrożono specjalne prowadnice do szybkiego przestawiania rolek prowadzących przewody,
- przeniesiono stanowisko kontroli i uproszczono procedurę dopuszczenia przez ustawiacza.

W końcowej fazie projektu opracowano 2 listy kontrolne, jedną dla operatora a drugą dla ustawiacza. Lista kontrolna dla operatora obejmowała wszystkie czynności, jakie powinien on wykonać przed zatrzymaniem maszyny:

1. Powiadomienie ustawiacza - 45 minut przed zatrzymaniem maszyny - o zbliżającym się końcu serii.
2. Ponowne powiadomienie ustawiacza 5 min przed końcem serii.
3. Przeplatanie przewodów (przez oczka w stojaku) podstawionych przez ustawiacza.
4. Pakowanie kostek po poprzedniej produkcji.
5. Odłożenie kostek na regaliki przy maszynie.
6. Pobranie i rozłożenie kostek na bieżącą produkcję.
7. Oznaczanie kostek, jeśli jest taka potrzeba.

8. Odizolowanie przewodów.
9. Skręcanie przewodów.
10. Usunięcie przewodów i podstawienie nowych - po wdrożeniu platform.

Lista kontrolna ustawiacza maszyny zawierała następujące czynności:

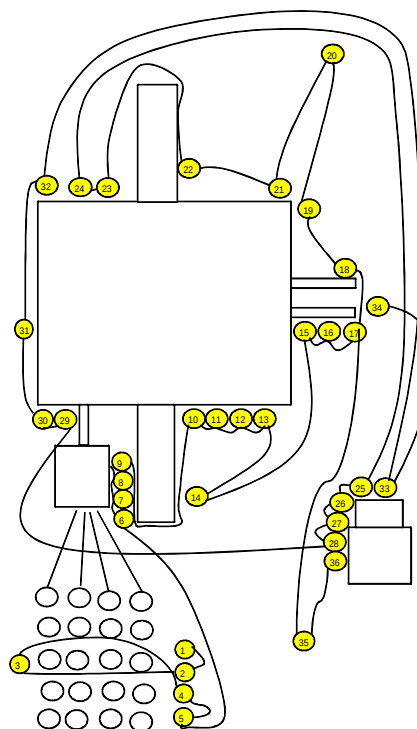
1. Sprawdzenie planu.
2. Sprawdzenie dokumentacji następnego artykułu.
3. Zlecenie halowemu sprawdzenia dostępności oraz przygotowania przewodu i kostek do najbliższej produkcji.
4. Przygotowanie narzędzi do przebrojenia.
5. Przebrojenie stacji i szyny R 2,5 jeśli jest to wymagane.
6. Rozstawienie szpul/platform z nowym przewodem przy maszynie – jeśli wymagana jest wymiana.

Wprowadzone zmiany znacząco zredukowały czas przebrojenia, z 97 do 33 minut, co oznacza 66% redukcję czasu trwania przebrojenia. Głównymi działaniami, które przyniosły korzyści w postaci skrócenia czasów były:

- podział przebrojenia na wewnętrzne i zewnętrzne – 27 minut,
- przeniesienie części obowiązków na operatora (usprawnienia organizacji pracy) – 17 minut,
- drobne usprawnienia techniczne – 9 minut.

Ponadto, zredukowano dystans, jaki musi przejść ustawiacz z 300 do 55m (redukcja o 82%). Schemat przemieszczeń operatorów po zmianach przedstawiono na rys. 4.

Ostatecznie, działania redukujące czas przebrojenia zwiększyły dostępność maszyn w badanym przedsiębiorstwie o ok. 14%.



Rys. 4. Diagram przemieszczeń operatora podczas przebrojenia maszyny – po zmianie
Fig. 4. Operator flow diagram while setting up the machine – after change

5. PODSUMOWANIE

We współczesnych przedsiębiorstwach doskonalenie procesów produkcyjnych jest realizowane przede wszystkim w postaci strategii działań intensywnych, których podstawą jest efektywne wykorzystywanie już posiadanych zasobów. Wynika stąd popularność koncepcji, systemów oraz związanych z nimi metod i narzędzi, w tym organizatorskich, pozwalających osiągać te cele, między innymi metodyki SMED.

Wiele firm jest przekonanych, że zna i stosuje metodykę SMED. Praktyka pokazuje, że jej stosowanie wymaga rzetelnego przygotowania, aby w rezultacie wykorzystać w pełni rezerwy tkwiące w przedsiębiorstwie oraz potencjał jego pracowników. Wiele błędów wynika z tego, że badany proces nie jest dogłębnie przeanalizowany lub w jego realizację nie są zaangażowani bezpośrednio zainteresowani pracownicy. Podobnie, jak w doskonaleniu innych obszarów i elementów procesów produkcyjnych, SMED powinna być przedmiotem zainteresowania kierownictwa przedsiębiorstwa oraz pozostałych pracowników, ponieważ od ich wsparcia i zaangażowania zależy sukces wdrożenia zmian.

LITERATURA

- [1] GOUBERGEN D., LANDEGHEM H., 2001, *An integrated methodology for more effective set up reduction*, Proceedings IIE Annual Conference 2001 Solutions, CD, May 20- 23, 2001, Dallas, Texas, USA, 9 p.
- [2] HAMROL A., 2008, *Zarządzanie jakością z przykładami*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- [3] LIKER J. K., 2005, *Droga Toyoty*, Wydawnictwo MT Biznes sp. z o.o., Warszawa.
- [4] MIKOŁAJCZYK Z., 1973, *Metody organizowania pracy w warunkach nowoczesnego przemysłu*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- [5] MOREIRA A., PAIS G., 2011, *Single minute exchange of die. A case study implementation*, Journal of Technology Management & Innovation, 6/1, 129-146.
- [6] SHINGO S., 1985, *A revolution in manufacturing: The SMED system*, Productivity Press, New York.
- [7] STARZYŃSKA B., HAMROL A., 2013, *Excellence toolbox: Decision support system for quality tools and techniques selection and application*, Total Quality Management & Business Excellence, 24/5, 577-595.
- [8] STARZYŃSKA B., 2013, *Systematyka narzędzi doskonalenia procesów produkcyjnych dla organizacji uczących się*, Seria Rozprawy 493, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań.
- [9] WOMACK J. P., JONES D., ROOS D., 1991, *The machine that changed the world*, Harper Perennial, New York.
- [10] ZBICHORSKI Z., 1977, *Metody graficzne w zarządzaniu i organizacji produkcji*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.

IMPROVEMENT OF PROCESS ORGANISATION OF SETTING UP THE MACHINE

The flexibility of nowadays production systems is the core factor as concerns the fulfilment of different and changing requirements of the customers. The SMED (*Single Minute Exchange of Die*) method is one of the tools which allow to increase the flexibility. It is a methodology which consists of hints and rules allowing for reach the goal – the set up times reduction. The article presents the rules for the improvement of the process organisation of setting up the machine and the example of SMED method usage in selected company. The contents of the article shows usefulness of the selected organisational techniques while solving the production processes.