

Analiza czasu pracy maszyn przy zbrojeniu ścian wydobywczych

Zbrojenie ścian – pojęcie związane z uruchomieniem ścianowego wyrobiska eksploatacyjnego – jest jednym z ważniejszych elementów procesu eksploatacji pokładów węgla kamiennego. Polega ono na wprowadzeniu do przyszłej ściany eksploatacyjnej wszystkich niezbędnych maszyn i urządzeń, aby proces eksploatacji mógł przebiegać w sposób efektywny. Aby zapewnić jego odpowiednią efektywność oraz wydajność, należy znaleźć przyczyny najczęściej w nim występujących awarii i skutecznie im przeciwdziałać. Celem tych działań będzie zwiększenie dyspozycyjności produkcyjnej maszyn i urządzeń biorących udział w procesie. Na zwiększenie dyspozycyjności produkcyjnej istotny wpływ ma stan techniczny maszyn i urządzeń stosowanych przy zbrojeniu ścian oraz ich odpowiedni dobór. Realizacja tych działań zapewni w dużym stopniu bezawaryjny i bezprzestojowy postęp prac.

Słowa kluczowe: zbrojenie ścian wydobywczych, awarie, maszyny

1. WPROWADZENIE

Zadaniem każdej organizacji (przedsiębiorstwa) jest stworzenie takich zasad i reguł, według których można osiągnąć ściśle określony porządek. Te zasady i reguły powinny mieć rozsądny zakres zarówno szczegółowości, jak i elastyczności, ponieważ organizacja (przedsiębiorstwo) musi być stale dostosowywana do zmieniających się warunków działania.

Firmy produkcyjne – w tym także kopalnie węgla kamiennego – w sferze efektywności i bezpieczeństwa w procesie technologicznym koncentrują wysiłki głównie na przygotowaniu procedur, jakie należy przedsięwziąć w przypadku wystąpienia katastrof, awarii sprzętowych, czy też usuwania ich skutków. W rzeczywistości przeważająca liczba przestojów maszyn czy urządzeń następuje w wyniku awarii, błędów ludzkich, czy też działań planowych. Aby uzyskać wysoką efektywność pracy, należy położyć szczególny nacisk na zminimalizowanie lub całkowite wyeliminowanie wszystkich przyczyn przestojów, co w pierwszej kolejności sprowadza się do wnikliwej i systematycznej analizy poszczególnych etapów prac.

Zbrojenie ściany – to pojęcie związane z uruchomieniem ścianowego wyrobiska eksploatacyjnego. Polega ono na wprowadzeniu do chodnika (lub rozciągki) zgrzeblowego przenośnika ścianowego, obu-

dowy zmechanizowanej, zamontowaniu maszyn urabiających, wykonaniu odpowiednich połączeń hydraulicznych, elektrycznych i środków łączności.

Zbrojenie ścian jest jednym z ważniejszych elementów procesu eksploatacji pokładów węgla kamiennego. Sposobem na zapewnienie większej efektywności i wydajności tych prac jest znalezienie przyczyn najczęstszych awarii i przeciwdziałanie im po to, aby zwiększyć dyspozycyjność produkcyjną maszyn. Na podstawie wnikliwych raportów oraz analiz awaryjności można wyciągać wnioski, które mają na celu znalezienie (wskazanie) słabszych „ogniw” procesu oraz ułatwienie optymalizacji pracy ludzi i maszyn. Dzięki tak pozyskanym informacjom wiemy, gdzie inwestować i gdzie wprowadzać zmiany. Rozważania, które są przedmiotem niniejszego artykułu, dotyczą przebiegu procesu zbrojenia ścian wydobywczych w kopalni z uwzględnieniem istotnej roli maszyn i urządzeń stosowanych w tym procesie.

2. SYSTEMY MASZYNOWE W GÓRNICTWIE

Maszyna – to urządzenie do wykonywania pracy użytecznej kosztem dostarczonej energii lub przetwarzania jednego rodzaju energii na inny. Według ustaleń Unii Europejskiej (dyrektywa nr 89/392/EWG)

maszynę tworzą powiązane ze sobą elementy, z których co najmniej jeden jest ruchomy. Maszyną jest również zespół pojedynczych maszyn połączonych ze sobą tak, że działa on jako całość. Użyteczne działanie maszyn uzewnętrznia się najczęściej jako przetworzenie materii realizowane w układzie roboczym maszyny [4].

Sposób działania maszyny oraz systemy sterowania nią powinny być dostosowane do obsługującego. Sposób, w jaki obsługiwana jest maszyna, usytuowanie poszczególnych jej zespołów, części, oświetlenie, a także ułożenie pozycji ciała pracownika mają ogromny wpływ na dokładność wykonywanej pracy. Dziedziny wiedzy, które opisują zależności pomiędzy maszyną a człowiekiem, to [6]:

- bionika – dziedzina wiedzy z pogranicza techniki i biologii; nowa gałąź nauki powstała z połączenia wysiłków biologów i elektroników, zajmująca się badaniem organizmów żywych i procesów biologicznych w celu wykorzystania ich jako wzorów dla konstrukcji urządzeń technicznych (etymologia: **bio**[logia] + [elektro]**nika**).
- ergonomia – dziedzina nauki zajmująca się zasadami i metodami dostosowania urządzeń i narzędzi do cech fizycznych i psychicznych człowieka; nauka badająca związki zachodzące pomiędzy warunkami i środowiskiem pracy a możliwościami psychofizycznymi człowieka (gr. **érgon** – praca, dzieło, **nómos** – prawo).
- antropometria – dział antropologii traktujący o wymiarach ludzkiego ciała i proporcjach zachodzących między nimi (gr. **ánthrōpos** – człowiek, **metréō** – mierzę).

Branża górnictwa podziemnego korzysta z szerokiej gamy maszyn, dzięki czemu następuje wzrost wydobywania, wydajności oraz poprawa w WPROWADZENIE arunków bezpieczeństwa pracy.

W kopalniach węgla kamiennego można wyróżnić kilka grup systemów maszynowych, do których należą:

- maszyny wykorzystywane w przodkach eksploatacyjnych, takie jak kombajny/strugi, ładowarki, przenośniki czy odbudowy wyrobisk; w związku z ciągłym przemieszczaniem się przodków, wskutek eksploatacji, są to maszyny przesuwne lub kroczące; do tej grupy zaliczamy również maszyny/urządzenia związane z podszadaniem wyeksploatowanych wyrobisk;
- maszyny wykorzystywane do wykonywania wyrobisk przygotowawczych – najczęściej samojezdne lub przesuwne;
- maszyny i urządzenia służące do transportu podziemnego (transport poziomy) – należą do nich przenośniki lub podziemna kolej kopalniana;

- maszyny służące do transportu pionowego – maszyny wyciągowe; należą one do maszyn stacjonarnych, które z wykorzystaniem lin przemieszczają prowadzone wzdłuż szybu pojemniki z urobkiem, materiałami lub pracownikami;
- maszyny służące do sortowania, wzbogacania oraz transportu urobku na powierzchni kopalni – są to urządzenia stacjonarne.
- pompy służące do odwadniania wyrobisk podziemnych.
- wentylatory stacjonarne, znajdujące się na powierzchni przy szybach wentylacyjnych; ponadto spotyka się również wentylatory przenośne, które znajdują się w podziemnych wyrobiskach wszędzie tam, gdzie nie ma wentylacji okężnej;
- maszyny i urządzenia służące do zasilania w nośniki energii niezbędnej do prawidłowego funkcjonowania kopalni (energia elektryczna, sprężone powietrze, woda).

Poprzez poprawę efektywności eksploataowania, która w praktyce przekłada się na wzrost (wydłużenie) zdatności maszyn i urządzeń, ograniczenia awarii i przestojów, a także właściwą organizację i realizację prac obsługowych oraz konserwacyjnych, możliwe jest utrzymanie ciągłości produkcji, zwiększenie wydajności i poprawa jakości produkowanych wyrobów oraz ograniczenie kosztów eksploatacji maszyn i urządzeń, a co za tym idzie – ograniczenie kosztów produkcji i produktu [8].

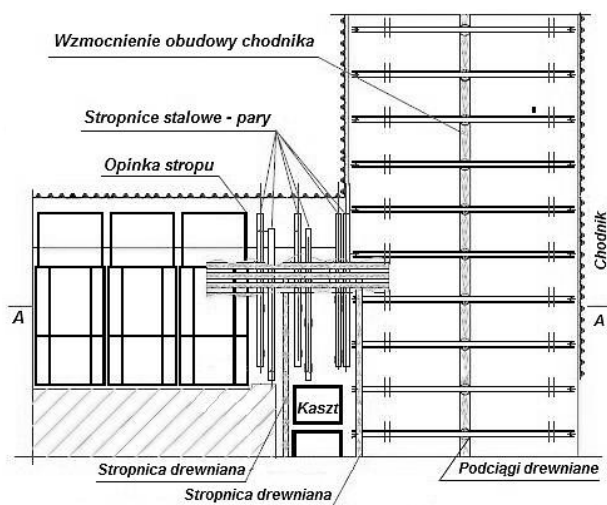
3. CZAS PRACY MASZYN I URZĄDZEŃ PRZY ZBROJENIU ŚCIAN

Proces zbrojenia ścian wydobywczych – to najogólniej przygotowanie wyrobisk, w możliwie jak najkrótszym czasie, do procesu eksploatacji. Zbrojenie ścian polega na przygotowaniu wyrobisk pod względem mechanicznym, elektrycznym, górnictwem i hydraulicznym.

Do zakresu prac zbrojeniowych należy również przygotowanie tras odstawy urobku przenośnikami taśmowymi w chodnikach podścianowych. Do grupy podstawowych maszyn i urządzeń stosowanych w podziemnych zakładach górniczych przy zbrojeniu ścian wydobywczych należą:

- kolejki podwieszane i naspągowe,
- lokomotywy torowe,
- kołowroty,
- agregaty zasilające,
- samojezdne wyciągniki łańcuchowe,
- zakrętaki udarowe.

Dla zobrazowania procesu zbrojenia na rys. 1. przedstawiony został przykładowy schemat zabudowy jednej ze ścian wydobywczych na skrzyżowaniu z chodnikiem.



Rys. 1. Schemat zabudowy ściany na skrzyżowaniu z chodnikiem

Stan techniczny maszyn i urządzeń stosowanych przy zbrojeniu ścian oraz ich odpowiedni dobór do zadań zapewniają w dużym stopniu bezawaryjny i bezprzestojowy postęp tych prac. Dlatego sprzęt ten powinien spełniać wysokie wymagania zarówno pod względem technicznym, jak i bezpieczeństwa.

Najbardziej niebezpieczne są awarie sprzętu, w wyniku których dochodzi do utraty zdolności wykonywania pracy. Jest to ściśle związane z niezawodnością.

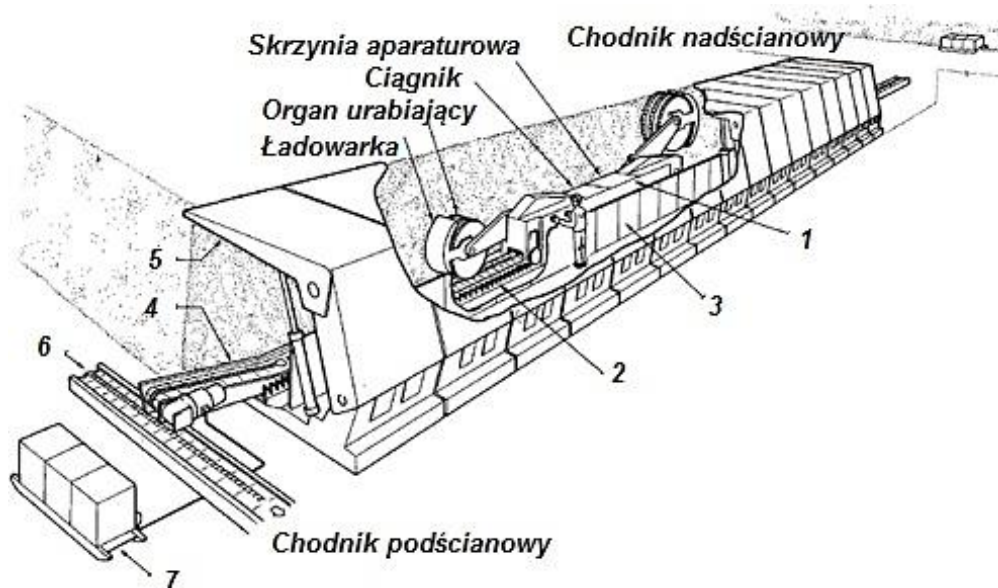
Bardzo istotny wpływ na poziom uszkodzeń mają warunki pracy, wiek maszyny, a także wiedza obsługujących.

W przypadku maszyn nowych główną przyczyną awarii są błędy konstrukcyjne, technologiczne, materiałowe oraz zbyt krótki okres testowania prototypu. Natomiast w maszynach „starych” głównym powodem wystąpienia usterek jest zużycie elementów bądź podzespołów.

W polskich przepisach poprzez awarię rozumie się gwałtowne i nieprzewidziane uszkodzenie bądź zniszczenie dowolnego obiektu budowlanego, mechanizmu technicznego, czy też urządzeń technicznych, które powoduje przerwę w ich użytkowaniu lub pozbawienie ich odpowiednich właściwości. Częściej jednak uważa się, że awaria jest to usterka techniczna, która może być następstwem przyczyn mechanicznych, elektrycznych bądź hydraulicznych i związana jest z urządzeniem technicznym, uniemożliwiając kontynuowanie pracy w sposób bezpieczny, zgodny z przepisami.

Jak już wspomiano, proces zbrojenia ścian jest bardzo istotnym elementem procesu wydobywczego. Bezawaryjny przebieg zbrojenia ściany oraz poprawność jego wykonania przekłada się na właściwy ruch i eksploatację ściany wydobywczej, co ma nierozzerwalny związek z efektami ekonomicznymi zakładu górniczego.

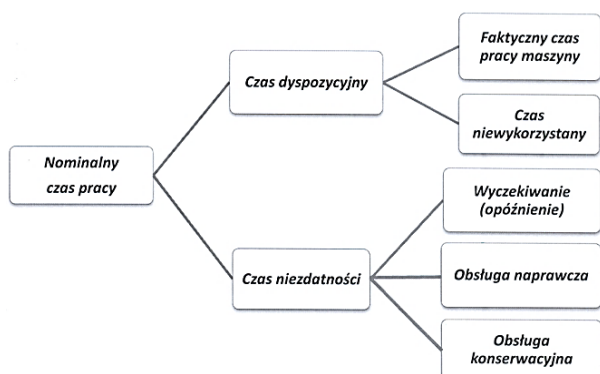
Przykład ściany kombajnowej po procesie zbrojenia, przygotowanej do procesu eksploatacji, przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Ściana kombajnowa gotowa do eksploatacji ściany węglowej:

1 – kombajn, 2 – drabinka, 3 – zastawka, 4 – zgrzeblowy przenośnik ścianowy, 5 – obudowa ścianowa, 6 – przenośnik podścianowy (zgrzeblowy), 7 – skrzynia aparaturowa

Klasyfikację czynników mających wpływ na wykorzystanie nominalnego czasu pracy można przedstawić w formie schematu blokowego (rys. 3).



Rys. 3. Wykorzystanie nominalnego czasu pracy maszyny

Uwzględniając czynniki mające wpływ na wykorzystanie nominalnego czasu pracy maszyny czy urządzenia, można zauważyć, że istotny wpływ na ten czas mają (rys. 3) [1, 7]:

- wykorzystanie maszyn i urządzeń w ramach czasu, w jakim są one zdadne do użytku (w pełni sprawne),
- częstotliwość wystąpienia awarii, związana z niezawodnością,

- czas trwania działań naprawczych i konserwacyjnych (zapobiegawczych),
- opóźnienia w procesach naprawczych, które wpływają na wydłużenie czasu niezdatności do użytku.

Przerwy planowe, które występują w trakcie pracy maszyn, wynikają z procesu eksploatacji tych urządzeń. Każda maszyna czy urządzenie ma zgodnie z harmonogramem podanym przez wytwórcę zaplanowane przeglądy okresowe, szczegółowe czy zmianowe. Celem tych przeglądów jest zbadanie bieżącego stanu technicznego oraz zabezpieczenie maszyny/urządzenia przed wszelkimi uszkodzeniami w trakcie wykonywania prac. Do tego typu działań można zaliczyć np.: sprawdzanie stanu oleju, czyszczenie filtra paliwa, stan płynu chłodzącego itp.

4. PRZERWY WYSTĘPUJĄCE W TRAKCIE ZBROJENIA ŚCIANY WYDOBYWCZEJ

Przebieg zbrojenia ściany oraz kolejność wykonywania prac i związane z tym przestoje (planowe oraz awarie) przedstawiono w tabeli 1. [5]. Analizę wykonano dla jednej ze ścian w kopalni należącej do JSW SA.

Tabela 1.

Prace zbrojeniowe oraz przestoje

Etapy	8 dni	7 dni	9 dni	10 dni	18 dni	5 dni
Montaż kolejki podwieszanej	18 szt.	90 szt.	125 szt.	60 szt.		
Skręcanie rur ϕ 180		200 m	240 m	260 m		
Skręcanie rur ϕ 120		210 m	230 m			
Rozpieranie sekcji			31 szt.	50 szt.	35 szt.	
Montaż jezdni kablowych			25 szt.	5 szt.		
Podbierka spągu pod PZP		15 m	16 m	12 m	16 m	
Montaż nadstawek		56 szt.	56 szt.			
Montaż ścianowego kombajnu				Montaż ścianowego kombajnu dwuramionowego		
Montaż trasy pierwszej			Wytyczenie trasy, złożenie konstrukcji, napędu, montaż taśmy			
Montaż trasy drugiej			Wytyczenie trasy, złożenie konstrukcji, napędu, montaż taśmy			
Montaż rynien przenośnika podścian.				Montaż rynien oraz zastawek	Montaż rynien, łańcucha, zgrzebeł	
Montaż rynien przenośnika ścianowego				Montaż zgrzebeł		
PRZESTOJE w wyniku awarii	–	–	–	×	×	–
PRZESTOJE z innej przyczyny	×	×	×	×	×	×

Dla lepszego zobrazowania przebieg prac zbrojeniowych w ścianie podzielono na etapy (tab. 1). Jako przykład czasu eksploatacji maszyn do zbrojenia ściany wydobywczej posłużono się maszynami, które zostały wykorzystane do transportu materiałów niezbędnych do uzbrojenia ściany. Tymi maszynami były kolejki podwieszane.

W trakcie zbrojenia ściany, które zgodnie z tab. 1. trwało 57 dni, miało miejsce 8 przestojów, z których 6 było spowodowanych przekroczeniami dopuszczalnych wartości parametrów maszyny, a 2 – awarią.

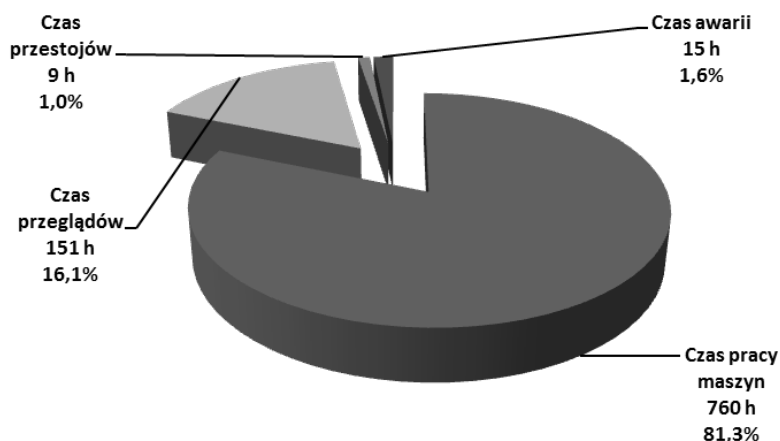
Generalnie, sumę przestojów (8) można (i należy) potraktować jako czas niezdatności – nieplanowane przerwy w pracy. Główną przyczyną sześciu przerw w pracy kolejki podwieszanej było przekroczenie dopuszczalnej temperatury wody, która chłodzi spa-

liny kolejki. W związku z powyższym postój trwał tak długo, aż woda osiągnęła właściwą temperaturę – za każdym razem czas ten wynosił ponad 1 godzinę. W jednym przypadku nastąpiło przekroczenie temperatury oleju w kolejce podwieszanej w związku z ubytkiem oleju. W wyniku zaistniałego zdarzenia trzeba było dostarczyć i uzupełnić olej, co było przyczyną prawie jednogodzinnej przerwy.

Pozostałe dwie awarie były spowodowane uszkodzeniem węża, który doprowadza olej niezbędny do pracy podciągarek.

W wyniku zaistniałych zdarzeń zadania, które były przewidziane do wykonania na zmianie, nie zostały wykonane całkowicie.

Całkowity czas pracy wraz z przerwami, które spowodowały zakłócenia w zbrojeniu ściany, został przedstawiony w formie wykresu na rys. 4.



Rys. 4. Efektywny czas pracy oraz przestojów maszyn i urządzeń podczas zbrojenia ściany

5. PODSUMOWANIE

Problem maksymalnego wykorzystania dyspozycyjnego czasu maszyn jest zagadnieniem, z którym spotykamy się praktycznie we wszystkich branżach przemysłu. Górnictwo węgla kamiennego nie jest przypadkiem odosobnionym. Za każdym razem należy przeanalizować przyczyny awarii oraz ich skutki dla kopalni, jakie są wynikiem powstawania awarii tych maszyn/urządzeń, które mają największy wpływ na przestoje.

Analiza ta powinna wykazać, czy przyczyny awarii zostały spowodowane przez:

- czynnik ludzki (błędy w eksploatacji, konserwacji, obsłudze),
- same urządzenia (błędy konstrukcyjne, wykonawcze),
- inne, niezwiązane z wcześniej wymienionymi kryteriami, np. szczególnie trudne warunki pracy.

Po przeprowadzeniu ww. analizy należy wskazać na działania, jakie należałoby podjąć przez osoby obsługujące te maszyny/urządzenia, aby zminimalizować przerwy w pracy, a które mają istotny wpływ na wyniki ekonomiczne osiągnięte przez kopalnię.

W wyniku przeprowadzonej analizy zbrojenia ściany wydobywczej można stwierdzić, że:

- przestoje i awarie, które pojawiają się na etapie zbrojenia ścian, dotyczą głównie maszyn transportujących ciężkie elementy sprzętu do rejonów, w których odbywa się zbrojenie,
- główną przyczyną przerw okazały się bardzo trudne warunki klimatyczne panujące w kopalni – wysoka wilgotność oraz temperatura powietrza.

Prawidłowo wykonane zbrojenie ściany wydobywczej oraz właściwy dobór maszyn i urządzeń do istniejących warunków geologiczno-górnicznych [2, 3] istotnie wpływają na przyszłe wyniki produkcyjne kopalni (wydajność) oraz osiągnięte efekty ekonomiczne.

Awarie poszczególnych maszyn/urządzeń niosą za sobą duże straty dla kopalni, dlatego zasadnym wydaje się zaproponowanie takich działań [8], które pomogłyby ograniczyć liczbę potencjalnych awarii.

Literatura

1. Biały W.: *Volba dobývacích kombajnů na základě výzkumů rozpojitelnosti uhlí*, VŠB-TU Ostrava, Monografie, Fakulta strojní, Ostrava 2009, ISBN 978-80-248-2032-3. s. 122.
2. Biały W.: The selection of optimal method determining mechanical properties of coal layers. *Management Systems in Production Engineering*, 2011, 2, pp. 26-30.
3. Biały W.: *Innovative solutions applied in tools for determining coal mechanical properties*. *Management Systems in Production Engineering*, 2015, 4(20), pp. 202-209.
4. Biały W.: *Maszynoznawstwo dla niemechaników*, Wydawnictwo PKJS, Gliwice 2010, s. 406
5. Chanas Ł.: *Wpływ przestoów maszyn górniczych na efekty ekonomiczne kopalni węgla kamiennego*, praca magisterska, Politechnika Śląska, Zabrze 2014 (niepublikowana).
6. *Słownik języka polskiego*, red. W. Doroszewski, t. 1-11, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996-1997.
7. Kapusta M., Nowak-Senderowska D.: *Awarie i przestoje w procesie zbrojenia ścian w pokładach węgla kamiennego*, *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, 2013, nr 4
8. Kołodziej S.: *Psychologiczne uwarunkowania przedsiębiorczości*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Organizacja i Zarządzanie, 2004, 22, s. 71-80.

dr hab. inż. WITOLD BIAŁY, prof. Pol. Śl.
Politechnika Śląska,
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji