

## 2. Stan wiedzy z zakresu zarządzania technologią

### 2.1. Pojęcie technologii

Słowo technologia ma grecką etymologię: „*Techne*” oznacza rzemiosło, „*Logos*” - naukę. Stosowane powszechnie konwencjonalne znaczenie słowa technologia jest zdecydowanie szersze, oznacza ono ogół wiedzy odnoszącej się do kreacji przez człowieka różnorodnych rzeczy lub zjawisk. Dzieje technologii można uznać, iż są tak stare jak dzieje ludzkości.

Z reguły angielskie „*technology*” oznacza technikę, natomiast „*technique*” - technologię wykonania, co w ogólnie przyjętym w Polsce zakresie znaczeniowym przyjmuje się wyrażać przez - technologię.

Technologia to zastosowanie nauki w różnych przejawach inżynierskiego działania. Technologia stanowi dziedzinę nauki łączącą nauki podstawowe, mająca na celu analizę, syntezę i opis w zakresie procesów i środków wytwarzania w poszukiwaniu ich optymalnych rozwiązań [16,17].

Uważa się, że technologia stanowi współcześnie jedną z najpotężniejszych sił kreujących współczesność i przyszłość, stanowiąc jeden z najważniejszych czynników powodujących zwiększoną niepewność sytuacji dla wielu gałęzi gospodarki. Obserwowany intensywny rozwój w zakresie technologii jest jednym z głównych cech współczesnego społeczeństwa [2,6,15].

Pojęcie technologii nierozdzielnie związane jest z pojęciem systemu produkcyjnego i procesu wytwarzania. System produkcyjny dotyczy zagadnienia na wskroś współczesnego analizowania szeroko pojmowanej produkcji jako systemu realizowanego w danej organizacji opartego o proces transformacji wektora wejścia w wektor wyjścia, często nazywanego procesem produkcyjnym, odpowiada to anglojęzycznemu pojęciu *production* [3,16,18].

Wytwarzanie (ang. *manufacturing*) to proces mający na celu uzyskanie wyrobu przez przetwarzanie lub łączenie (montaż) różnych materiałów. Proces wytwórczy dotyczy wytwarzania produktu czyli przetwarzania czynników produkcji w produkty [18-20,22].

Podstawowy proces produkcyjny składa się z następujących rodzajów operacji: technologicznych, kontrolnych, transportowych oraz magazynowych [18-20,22].

W literaturze przedmiotu, jak również praktyce przemysłowej pojęcie „proces technologiczny” występuje wraz z pojęciem „proces produkcyjny” oraz „proces wytwórczy”. Dla potrzeb niniejszej pracy przyjęto definicję procesu technologicznego, jako głównej części procesu produkcyjnego podstawowego, w ramach którego następuje zmiana kształtów, własności fizykochemicznych, wyglądu zewnętrznego przetwarzanego materiału lub trwała

zmiana wzajemnego położenia poszczególnych części wchodzących w skład produkowanego produktu, podczas montażu [3,14,16,18,19,22].

Najważniejszą część procesu technologicznego tworzy operacja, gdyż to ona stanowi miejsce kreowania wartości dodanej w całym łańcuch dostaw. Rysunek 1 przedstawia hierarchiczność struktury łańcucha dostaw.

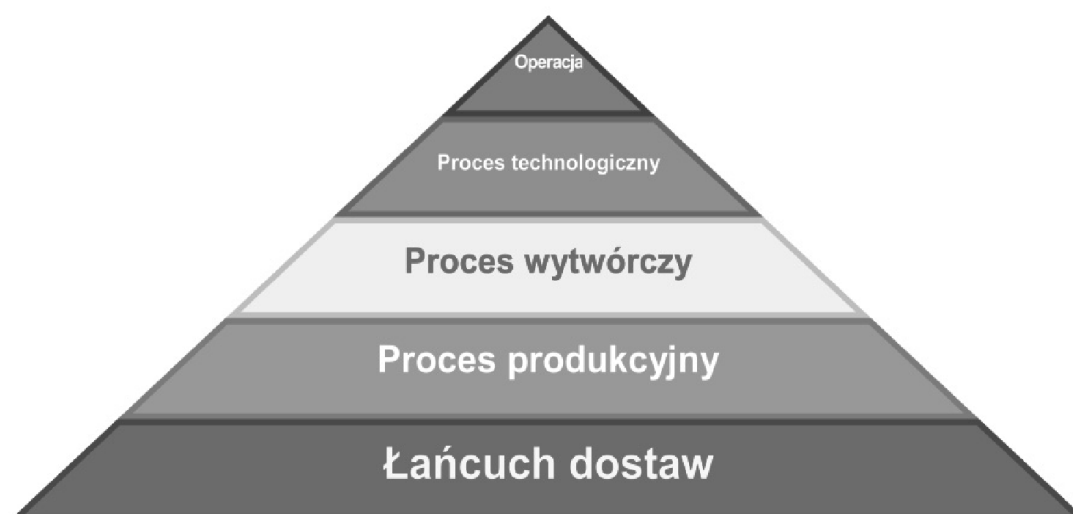
Technika wytwarzania to obszar dotyczący doboru metod i środków wytwarzania zgodnie z przyjętymi kryteriami optymalizacji, w tym z uwzględnieniem kryteriów technologicznych [19-21,194].

Technologia maszyn to obszar technologii w zakresie wytwarzania narzędzi, urządzeń i maszyn. Jeden z podstawowych działów technologii maszyn stanowią procesy obróbki cieplnej [16].

Podstawowym celem procesów technologicznych jest nadanie oczekiwanych właściwości produktowi mając na uwadze charakter [3,4,16]:

- geometryczny - dokładność kształtów i wymiarów założonych w procesie projektowania i konstruowania,
- fizyko-chemiczny - właściwości użytkowe i eksploatacyjne zdefiniowane przez użytkownika, projektanta, konstruktora.

Technologia jest jedną z najbardziej dynamicznie rozwijających się dziedzin w pełni stosujących zasadę *continuous improvement* - ciągłego doskonalenia. Ciągłe doskonalenie technologii opiera się na rozwoju metod i środków technicznych wytwarzania oraz zmiennych potrzebach i celach / funkcjach wytwarzanych produktów, to proces poszukiwania innowacji technologicznych [7,11,153,197].



**Rysunek 1.** Struktura łańcucha dostaw

Rozwój technologii według Josepha Schumpera, Roberta Słowa, Petera Druckera oraz Romualda Kolmana stanowi podstawę rozwoju technicznego i zarazem istotną dźwignię konkurencyjności przedsiębiorstw i gospodarek [2,7,15,83].

Rozwój technologii dotyczy współcześnie obszarów interdyscyplinarnych zależnych lub tworzących ściśle zależności, szczególnie w obszarze metrologii i zarządzania, w tym w szczególności zarządzania jakością [23].

Każda technologia określana jest przez poziom doskonałości, definiowany dokładnością cech geometrycznych oraz uzyskanymi właściwościami produktu. Doskonałość technologii jest jednym z generalnych kryteriów przyjmowanych w poszukiwaniu nowych rozwiązań technologicznych [14,23,43].

Zależność doskonalenia technologii od stosowanych metod pomiarów i osiągnięć metrologii nie budzi żadnych zastrzeżeń, choć w zakresie metrologii w wielu procesach wytwórczych popełnia się zasadnicze błędy w jej wykorzystaniu, co w sposób generalny wpływa na efektywność ich stosowania [153].

W zakresie metrologii w procesach wytwórczych nie tylko liczy się dokładność pomiarowa, ale miejsce, czas oraz sposób realizacji pomiaru. Powyższe stanowi aspekt zarządczy w zakresie projektowania procesów technologicznych mających wpływ na kreowanie jakości zarówno procesu, jak i wyrobu, problematyka ta nazywana jest technologią kontroli jakości [24,25].

Poszukuje się zasad i reguł w obszarze zarządzania technologią w zakresie jakości, ale również w aspektach dotyczących problematyki środowiska i bezpieczeństwa [26-28]. Znaczenie kreowania i wdrażania w obszarze zarządzania procesami technologicznymi koncepcji zarządzania jakością jest w pełni uzasadnione. Zastosowanie nie tylko statystycznej kontroli procesów, ale zarządzania jakością totalną, kierunkuje i warunkuje rozwój technologii, o ile pytanie o granice rozwoju metod metrologicznych jako ekonomicznie i technicznie uzasadnionych jest słuszne i możliwe do określenia, tak pytanie o granice rozwoju metod, zasad i technik zarządzania jakością w odniesieniu do procesów, w tym technologii nie posiada uzasadnienia, gdyż nie istnieje technologia doskonała, jak również nie istnieje doskonała formuła zarządzania. Granice rozwoju w tym zakresie stanowi postrzegany przez naukowców, inżynierów i wizjonerów horyzont rozwoju techniki [167].

W zakresie rozwoju nowych technologii porzucono jedynie określanie jej poprzez wskaźniki ekonomiczne jak wydajność, ale podnosi się analizowanie rozwoju nowych

technologii przez pryzmat kryteriów socjo-społecznych, które dziś stanowią o sobie coraz dobitniej, w tym również w zakresie kryteriów środowiskowych, jako określenie stopnia oddziaływania danej technologii na środowisko [27-29, 31-32,34].

Technologia ze względu na swoją istotę staje się łącznikiem między obszarami nauki z wielu dziedzin, technicznych środków produkcji oraz zarządzania operacyjnego, ale także odnosi się do aspektów prawa, tak lokalnego jak i globalnego [21,35].

Technologia oddziałuje na wiele sposobów na produkty [12,36,37]:

- poprzez możliwość dostarczenia nowego produktu o nowych właściwościach,
- poprzez modyfikację dotychczasowego produktu,
- poprzez zwiększanie niezawodności produktów,
- poprzez obniżkę kosztów jego wytwarzania.

Technologia stanowi spójny mianownik dla efektów działań każdego przedsiębiorstwa, gdyż [2]:

- ma zasadniczy wpływ na charakter materialny, właściwości wytwarzanego wyrobu,
- posiada charakter intelektualny, w tym zakresie stanowi obszar zagadnień związany z zarządzaniem wiedzą (*know - how*),
- kształtuje wynik ekonomiczny organizacji - poprzez uzyskanie przewagi ekonomicznej, konkurencyjności na rynku,
- w zakresie przedsiębiorstw realizujących procesy specjalne, takie jak np. procesy obróbki cieplnej - mające charakter usługi, stanowi o istocie realizacji usługi.

Technologię ze względu na etap jej powstawania dzieli się na [3,16,22]:

- technologię projektową - związana z opracowaniem sposobu realizacji procesu wytwarzania wraz ustaleniem parametrów jego realizacji, zagadnienie to posiada szczególne znaczenie i w największym stopniu pozwala osiągać sukces rynkowy, gdyż dla wielu procesów ustalenie optymalnych parametrów procesu pozwala na osiągnięcie oczekiwanych wyników, przykładem takiego rodzaju procesów są procesy obróbki cieplnej,
- technologię procesów wytwórczych - związana jest z wykorzystaniem odpowiednich maszyn i urządzeń pozwalających uzyskać oczekiwane właściwości produktu, w tym zakresie decydującymi są zasoby będące w dyspozycji przedsiębiorstwa.

Oczekiwane rezultaty realizacji procesów, tak techniczne i ekonomiczne, wynikają z zarządzania technologią, w tym z wykorzystania współczesnych środków, zasad, metod oraz uregulowań, także prawnych, w zakresie szeroko rozumianego zarządzania.



**Tablica 1. Kategorie technologii [11]**

| Kategoria       | Opis                                                                                                                  |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bazowa          | Technologiczny fundament przedsiębiorstwa, szeroko dostępna konkurencji                                               |
| Kluczowa        | Technologia mająca największy wpływ na efekty zmagania się z konkurencją                                              |
| Dyktująca tempo | Technologia we wczesnym stadium rozwoju, która charakteryzuje się możliwością do przeformułowania podstaw konkurencji |
| Wschodząca      | Technologia niosąca obietnicę przeformułowania podstaw konkurencyjnych w długim okresie czasu                         |

Znaczenie technologii jest tak duże, iż stanowi ona podstawę do opracowywania strategii przedsiębiorstw w tym zakresie. Opracowywanie strategii rozpoczyna się od kompleksowego audytu technologicznego, którego celem jest określenie konkretnych technologicznych cech konkurencyjności przedsiębiorstwa. Przykładowy podział technologii pod kątem ich konkurencyjności prezentuje tablica 1 [11].

Poszukiwanie odpowiedzi na pytanie o zakres znaczenia technologii i zarządzania technologią we współczesnej i przyszłej koniunkturze gospodarczej, posiada wiele znamion pytań o charakter wytwórczości, od problemów najbardziej ogólnych do problemów skojarzeniowych w obszarze wielu dziedzin nauki [17-19,38-40].

Dla potrzeb niniejszego opracowania zarządzanie technologią zostało zdefiniowane jako *zespół podejmowanych analiz w zakresie doboru technik, metod i narzędzi zarządzania mających na celu najbardziej efektywne zarządzanie pozwalające uzyskać wysoką skuteczność i efektywność realizacji określonej technologii.*

Zarządzanie technologią współcześnie najbardziej widoczne jest w takich gałęziach przemysłu jak: przemysł samochodowy, zbrojeniowy, elektryczny, informatyczny. Dynamicznie rozwijający się przemysł samochodowy wymusza dynamikę rozwoju przemysłu maszynowego i stosowanych przez nie technologii wytwarzania. Obróbka części maszyn stanowi jeden z najważniejszych obszarów działalności gospodarczej państw wysoko uprzemysłowionych [41-43].

W obszarze obróbki powierzchni części maszyn stosuje się systematykę metod i sposobów obróbki z podziałem na dwie grupy [3,4,16,43]:

- geometryczną (mającą za zadanie nadania żądanej dokładności kształtów, wymiarów i wzajemnego położenia odpowiednich powierzchni),

- własnościową (mająca za zadanie nadanie własności użytkowych, eksploatacyjnych, dotyczącą własności fizyko-chemicznych).

Stosowanie różnych metod i sposobów obróbki można scharakteryzować w następujący sposób [3,4,16,21,43,46]:

- obróbka skrawaniem i erozyjna, polegająca na usunięciu pewnej warstwy powierzchni i uzyskaniu określonej chropowatości,
- obróbka plastyczna (na zimno lub gorąco), polegająca na kształtowaniu własności powierzchni poprzez zgniot, także mającej wpływ na kształtowanie własności materiału objętościowo,
- obróbka cieplna i cieplno-chemiczna, polegająca na utworzeniu na powierzchni warstwy dyfuzyjnej lub obrobionej cieplnie, w tym również może dotyczyć obróbki objętościowej.

Właściwości wyrobu zależą w znacznej mierze od własności materiału, stanowiąc wynik zmian własności materiału spowodowanych realizacją kolejnych obróbek. Realizacja procesów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej w tworzeniu właściwości wyrobów odgrywa wspólnie znaczącą rolę w wielu procesach wytwórczych.

## 2.2. Technologia obróbki cieplnej

Obróbka cieplna często jest uważana za sztukę, a nie naukę. Procesy obróbki cieplnej towarzyszą ludzkości od ponad 4 tysięcy lat, można uznać, że stanowią jedną z najstarszych stosowanych technologii [45].

Pierwsza technologia obróbki cieplnej dotyczyła operacji wyżarzania, które stosowane było przed operacjami kucia. Pierwszy opis hartowania został podany przez Homera ok. 700 lat p.n.e.. Kolejne zastosowanie wyżarzania powiązano z nawęglaniem w piecach opalanych węglem drzewnym, co wykorzystywano w produkcji w Chinach, Indiach i Egipcie, kolejno opracowano procesy długotrwałego wyżarzania stali damasceńskiej, wyżarzania żeliwnych odlewów w celu uzyskania lepszej ciągliwości żeliwa, kolejno realizowano próby oziębiania stali w oliwie przeprowadzane za czasów Cesarstwa Rzymskiego, pierwsze zdefiniowanie problemu obróbki cieplno-chemicznej nastąpiło w roku 1871 przez W. Kluka (Polaka) i dotyczyło procesu nawęglania stali w proszkach, w roku 1893 F. Osmond (Francuz) formułuje pierwsze podstawy naukowe procesów obróbki cieplnej [45].

Procesy obróbki cieplnej stosowane są dla metali i ich stopów, mają na celu kształtowanie określonych własności mechanicznych, co sygnalizowane jest zmianą ich twardości,

wytrzymałości na rozciąganie, granicy plastyczności, odporności na korozję, zużycie i innych oczekiwanych cech, w tym najważniejszej zmiany struktury [46-49,57,139].

Wiedza na temat struktury w stanie równowagi termodynamicznej, uwarunkowanej realizacją termicznych procesów i reakcji prowadzących do zmiany struktury, stanowi warunek do poprawnego zaprojektowania technologii i realizacji procesów obróbki cieplnej [48].

Powtarzalność procesu obróbki cieplnej stanowi warunek konieczny pozwalający uzyskać prognozowane własności materiału. W tym zakresie do najważniejszych parametrów realizacji obróbki cieplnej mających istotny wpływ na wynik procesu zalicza się temperaturę operacji, czas i atmosferę, które definiowane są w połączeniu ze składnikami stopu, powinowactwem z medium dyfuzyjnym oraz geometrią materiału [21,48-50].

Kompleksowe zarządzanie procesem technologicznym, w tym w zakresie projektowania opiera się na wieloletnim doświadczeniu i wykorzystaniu informacji z dotychczas realizowanych procesów, poprzez gromadzenie danych z ich realizacji. Działanie to ma generalny wpływ na jakość, koszty oraz czas wytwarzania produktu [51,52].

Procesy obróbki cieplnej zaliczane są do tzw. procesów specjalnych. Procesy specjalne pierwszy raz zostały zdefiniowane w normie PN - ISO 8402 *Zarządzanie jakością i zapewnienie jakości – Terminologia* [33]. Procesy specjalne to takie procesy, których rezultaty nie mogą zostać zweryfikowane przez późniejsze kontrole i badania lub takie, w których powstałe w procesie produkcji wady mogą pojawić się dopiero w trakcie użytkowania wyrobu przez klienta. Ze względu na ograniczone możliwości ich weryfikacji, nadzór nad takimi procesami podlega szczególnym obostrzeniom. Wymaga się, żeby procesy te były wykonywane przez odpowiednio wykwalifikowanych pracowników, a ich parametry były ciągle monitorowane, zaleca się również w tym względzie dokonywać kwalifikacji procesów, operacji i wyposażenia. Zaleca się, aby procesy specjalne zarządzane były przy użyciu stosowanych narzędzi i metod z zakresu zarządzania jakością [33,53].

Zakres rodzajów obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej stosowanych w procesach technologicznych jest znaczący. Do najczęściej stosowanych w przemyśle operacji zalicza się: wyżarzanie, hartowanie, odpuszczanie, nawęglanie, azotowanie i węgloazotowanie [48].

Najogólniej operacje obróbki cieplnej realizowane są jako [21,47,48,56,139]:

- przygotowujące materiał do procesu wytwarzania, np. wyżarzanie normalizujące,
- kształtujące właściwości technologiczne w trakcie realizacji procesów wytwarzania, np. wyżarzanie rekrystalizujące,

- kształtujące właściwości materiału docelowo w całej objętości, np. hartowanie i odpuszczanie,
- kształtujące właściwości warstwy wierzchniej materiału, np. azotowanie.

Operacje obróbki cieplnej realizowane są z różnych przyczyn, w procesach wytwarzania przeplatają się z operacjami obróbki skrawaniem i plastycznej, i tak na przykład [16,47,48]:

- dla odlewów i konstrukcji spawanych, jako operacje mające na celu usunięcie naprężeń,
- dla wyrobów poddawanych obróbce plastycznej, jako operacje mające na celu usunięcie efektów zjawiska umocnienia.

Operacje obróbki cieplnej możemy podzielić na dwie zasadnicze grupy [54]:

**1) operacje uwarunkowane technologią**, do których zalicza się:

- wyżarzanie normalizujące,
- wyżarzanie izotermiczne,
- wyżarzanie rekrytalizujące,
- wyżarzanie odprężające,
- wyżarzanie zmiękczone,
- ulepszanie wstępne,
- odpuszczanie po szlifowaniu, oraz

**2) operacje warunkujące uzyskanie właściwości wyrobu**, do których zalicza się:

- operacje hartowania,
- operacje ulepszania cieplnego,
- operacje nasycania dyfuzyjnego warstwy wierzchniej.

Częstotliwość występowania operacji obróbki cieplnej, ich rodzaj i miejsce w procesie zależy od efektu końcowego stawianego danemu wyrobowi i opracowanej technologii wytwarzania. Należy zwrócić uwagę na fakt, iż każda operacja oddziałuje na własności materiału już osiągnięte, jak i na te, które mają być osiągnięte w dalszych operacjach, szczególnie rodzaj operacji w tym zakresie stanowią operacje np. hartowania dwukrotnego realizowanego w procesach technologicznych np. wałków [48].

Nie sposób pominąć w tym obszarze zagadnienia dotyczącego zakresu stosowanych materiałów i wpływu rodzaju materiału na parametry procesu. Ze względu na pryzmat postrzegania zagadnienia projektowania technologii - etap doboru materiału jest zakończony na etapie projektowania konstrukcyjnego. Rodzaj wybranego materiału stanowi jedno

z najważniejszych kryteriów ograniczających w projektowaniu technologii, jednakże bezsprzecznie jest najważniejsze pod względem formułowania zakresu technologii [21,44,56,60,65].

Rodzaje operacji obróbki cieplnej uwarunkowane funkcją i konstrukcją wyrobu ustalane są z reguły przez konstruktora na etapie projektowania konstrukcyjnego i wynikają z własności wybranego materiału. Rodzaj materiału stanowi jedno z podstawowych kryteriów klasyfikacji, gdyż materiał definiuje rodzaj procesu obróbki cieplnej, zastosowanych operacji, jak i parametrów realizacji obróbki. Proces wytwarzania uwarunkowany przesłankami technologicznymi ustala technolog. Należy podkreślić, iż działanie to ma znaczący wpływ na prawidłowość ekonomiczną procesu oraz jakość procesu i wyrobu [48,50].

Rozwój w zakresie procesów obróbki cieplnej zmierza w kierunku zmiany procesu technologicznego poprzez [57,139]:

- ewolucję sposobów grzania,
- minimalizację energochłonności procesów,
- automatyzację i robotyzację realizacji procesu.

Znaczenie procesów obróbki cieplno-chemicznej zostało określone w ramach przeprowadzonego badania foresightowego dotyczącego kształtowania struktury i własności powierzchni materiałów inżynierskich, jako malejące wobec istniejącej konkurencji ze strony innych nowoczesnych i stale rozwijających się procesów, jednakże nadal jest interesujące ze względów praktycznej realizacji, czego potwierdzeniem jest duże zainteresowanie, w szczególności przemysłu motoryzacyjnego, wykorzystaniem potencjału tych technologii. Technologia podstawowa obróbki cieplnej ma swoją niezagrożoną pozycję w procesach wytwarzania części maszyn, dynamicznie rozwijającą się w szczególności w zakresie problematyki sposobów grzania i chłodzenia z zastosowaniem przystanków izotermicznych, co pozwala na uzyskiwanie lepszych własności obrabianych materiałów [58-60].

## 2.3. Projektowanie procesu technologicznego

Projektowanie technologii związane jest ściśle z planowaniem operacji stanowiących podstawowy element składowy procesu. Operacje te mogą dotyczyć geometrii, jak i kształtowania poszczególnych własności materiału poddawanego obróbce, a związanych ze strukturą materii. Każda operacja zaplanowana w procesie technologicznym oddziałuje zarówno na własności już



osiągnięte, jak i te, które mają być osiągnięte w kolejnych zaplanowanych operacjach. Wynika stąd fakt, iż nie można procesu technologicznego traktować tylko jako sumy poszczególnych operacji. Szczególnym zagadnieniem związanym z projektowaniem procesów technologicznych jest ich struktura stanowiąca ściśle określony porządek wewnętrzny mający na celu uzyskanie zaplanowanych właściwości wyrobu [3,12,16,50,61,181,182].

Opracowanie projektu procesu technologicznego ma zasadnicze powiązania z takimi działaniami inżynierskimi jak: dobór materiału, dobór operacji technologicznych, określenie ograniczeń wymiarów, masy czy objętości, zdefiniowanie trudności warunków pracy, przewidywanych możliwości uszkodzeń, dostępności, określenia skali produkcji, wyników analizy wartości, analizy technologiczności konstrukcji, analizy technologiczności materiału, oszacowania zapotrzebowania na energię, zaplanowania transportu technologicznego, wykorzystania posiadanej wiedzy oraz wielu innych. Proces projektowania inżynierskiego technologii wymaga znajomości wielu czynników, w tym zagadnień związanych z szeroko rozumianym obszarem inżynierii materiałowej [21,61-63].

Proces technologiczny obróbki zachodzący w systemie wytwarzania w odniesieniu do wyrobu opisuje zbiór działań realizowanych przez elementy systemu obróbki, w wyniku których następuje dyskretna zmiana charakterystyki przedmiotu obrabianego ze stanu wejściowego w stan wyjściowy [22,62].

Postać procesu technologicznego zależy od szeregu czynników, najważniejsze z nich to [3,16,21,22,48]:

- wiedza technologiczna, stanowiąca zbiór informacji umożliwiających prawidłowe zaprojektowanie procesu technologicznego.
- dane o systemie wytwarzania obejmujące charakterystyki technologiczne elementów systemu wytwarzania,
- założenia ekonomiczne obejmujące wielkość programu produkcyjnego, powtarzalność serii oraz przewidywany termin dostarczenia wyrobu na rynek.

W literaturze przedmiotu można wyróżnić następujące podejścia do projektowania procesów technologicznych [62,64,65]:

- metodę wariantową, o zdeterminowanym lub częściowo zdeterminowanym wzorcu struktury,
- metodę semigeneracyjną o ogólnym wzorcu w postaci modelu struktury,
- metodę generacyjną, w których rolę wzorca pełni zbiór zasad i reguł pozwalających na budowę procesu.

Metody wariantowe odnoszą się do zagadnienia podobieństwa procesów technologicznych, polega to na przyporządkowaniu dla danej części procesu spośród opracowanych wcześniej procesów, dla zbiorów części technologicznie podobnych. Zakres zastosowania metody wariantowej ogranicza się do określonych grup części i zdefiniowanych typowych procesów. Należy zaznaczyć, że w wielu przypadkach zakres przeprowadzonych modyfikacji może być znaczny, co wynika także z faktu, że adaptowany proces technologiczny mógł być opracowany wcześniej w innych warunkach zewnętrznych wpływających na przebieg projektowania. Według danych amerykańskich, 30-90% nowego wyrobu tworzą elementy wykonane wcześniej. Oznacza to, że dla pozostałych części, zwłaszcza nietypowych, należy wypracować rozwiązanie konstrukcyjne i wykonać kompleksową dokumentację technologiczną. Jest to istotna wada metody wariantowej, która zmusza do stosowania innych metod projektowania [65].

W grupie metod wariantowych wyróżnia się:

- projektowanie na podstawie procesów indywidualnych,
- projektowanie na podstawie procesu grupowego,
- projektowanie na podstawie procesu typowego.

Metody generacyjne, bazujące na syntezie procesu technologicznego, przyniosły kolejny znaczący postęp w ewolucji systemów Computer Aided Process Planning - CAPP. W metodzie generacyjnej brak jest występowania fazy tworzenia wzorca.

Metody semigeneracyjne łączą zalety metod wariantowych - możliwość pozyskiwania procesu typowego dla zadanej części i metod generacyjnych - możliwość generowania szczegółowego procesu obróbki dla zadanego systemu wytwarzania.

W każdej z powyżej wymienionych metod projektowania procesów technologicznych istotne jest określenie zasobów wiedzy i zarządzania nią w skuteczny i efektywny sposób mający na uwadze osiągnięcie zamierzonych celów.

W praktyce projektowania procesów technologicznych wyróżnia się dwa podejścia do ich opracowywania [3,16]:

- koncentracji,
- różnicowania.

Koncentracja organizacyjna polega na uproszczeniu prac związanych z organizacją i planowaniem produkcji niemającej wpływu na postać i wynik procesu.

Różnicowanie operacji polega na obróbce przedmiotu na dużej liczbie obrabiarek, przy czym na każdej z nich obrabiana jest jedna lub najwyżej dwie do trzech powierzchni,

wykorzystuje się rozbitcie operacji złożonych na proste jedno- lub kilkozabiegowe, prowadzi to do uzyskania prostego procesu technologicznego, łatwiejszego do zarządzania.

Proces projektowania procesu technologicznego składa się z następujących etapów [3,16]:

- analizy danych (konstrukcyjnych i technologicznych) wejściowych do projektowania,
- wyboru postaci materiału wejściowego,
- planu wstępnego procesu technologicznego,
- wyboru środków produkcji,
- weryfikacji planu procesu technologicznego,
- ustaleniu parametrów operacji obróbczych,
- ustaleniu programu produkcyjnego,
- ostatecznego ustalenia procesu technologicznego,
- wykonania dokumentacji technologicznej.

W zakresie pełnego procesu projektowania inżynierskiego rozróżnia się następujące etapy [16,21,48]:

**a) Projektowanie konstrukcyjne** - składającego się na zadania:

- określenia właściwości wyrobu,
- opracowania koncepcji wyrobu,
- opracowania konstrukcji wyrobu,
- wyboru materiału.

**b) Projektowanie technologiczne** - składającego się na zadania:

- opracowania technologii,
- określenia parametrów procesu,
- optymalizacji parametrów procesu,
- ustalenia zasad kontroli,
- ustalenia parametrów kontroli.

**c) Projektowanie procesu wytwarzania** - składającego się na zadania:

- ustalenia harmonogramu produkcji,
- ustalenia maszyn i urządzeń wytwórczych,
- ustalenia narzędzi i przyrządów kontrolno-pomiarowych,
- ustalenia zasad zarządzania procesem wytwarzania.

Projektowanie procesów technologicznych w szczególności dotyczy problematyki określenia czynników mających wpływ na proces, w tym w aspekcie analizy technicznej i ekonomicznej [25,26,67,68].

Projektowanie procesów technologicznych zależy od wielu aspektów, jednym z najważniejszych, w tym w kontekście procesów obróbki cieplnej jest materiał. Zagadnienie doboru materiału ma zasadnicze znaczenie techniczne i ekonomiczne, którego dokonuje konstruktor, ma on decydujący wpływ na projektowanie procesu technologicznego. Rodzaj i postać materiału wejściowego do procesu wytwarzania zawęża w pewien sposób wybór oraz stanowi podstawowe kryterium doboru operacji wytwarzania i parametrów obróbki. Z reguły materiał stanowi punkt wejścia w projektowaniu technologii. Jednym z kryteriów wyboru materiału w zakresie stali konstrukcyjnych, pozwalającym uzyskać wysokie własności wytrzymałościowe wyrobu przy zastosowaniu odpowiedniego rodzaju operacji obróbki cieplnej jest hartowność. W powyższym zakresie podejmuje się ocenę technologiczności materiału poprzez określenie zdolność do jego wytworzenia a kolejno przetworzenia w gotowy produkt, przy dysponowanej wiedzy, wyposażeniu i technologii [16,21,48,49,56,66,69,70,77].

Kolejnym zagadnieniem związanym z projektowaniem technologii jest dobór środków produkcji, technolog dokonuje wyboru środków produkcji przede wszystkim na podstawie analizy charakterystyki zasobów produkcyjnych danego przedsiębiorstwa. Z jednej strony wybór uwarunkowany jest osiągnięciem zgodności w zakresie założonych warunków realizacji danej operacji, a z drugiej ekonomiką realizacji procesu. Czynniki wpływające na wybór maszyn i urządzeń związane są z m. in. z ich wydajnością czy cechami konstrukcyjnymi [16,18,22,50,81].

Różnorodność zasobów produkcyjnych przedsiębiorstw, a także rodzajów i postaci materiałów leży u podstaw wariantowości procesów technologicznych. Zagadnienie to nie tylko związane jest z teoretycznym rozważaniem ilości możliwych do zrealizowania procesów wytwórczych danego wyrobu, ale ma zasadniczy wpływ na ocenę tak skutków technicznych, jak i ekonomicznych realizacji procesów. Wykonana przez autora niniejszej pracy analiza wariantów realizacji procesu technologicznego koła zębatego o określonych parametrach pozwoliła zdefiniować aż 221 rozwiązań różniących się rodzajem i postacią materiału, rodzajem stosowanych technik wytwarzania jak również użytych narzędzi. Ta znacząca ilość możliwych rozwiązań projektu procesów technologicznych jednego wyrobu powoduje, że jest

to zagadnienie złożone i wymagające szerokiej wiedzy. W zakresie wariantowości procesów podejmowane są zadania mające na celu poszukiwanie narzędzi komputerowego wspomagania w zakresie projektowania procesów technologicznych [51,71,72,75,76].

Istotnym zagadnieniem w zakresie projektowania procesów technologicznych jest analiza technologiczności konstrukcji. Ma na celu ocenę dostosowania konstrukcji przedmiotu do specyficznych wymagań wybranej technologii jego produkcji. Analiza technologiczności obejmuje zagadnienia dotyczące postaci konstrukcyjnej w kontekście wymagań stosowanej technologii, np. wielkości komory pieca, specjalistycznego oprzyrządowania; analizy własności materiału poddawanego obróbce w odniesieniu do parametrów realizacji technologii; określenia najkorzystniejszego wariantu w układzie: konstrukcja - materiał - technologia w układzie kosztów. Na etapie projektowania procesu technologicznego bez możliwości ingerencji w postać konstrukcyjną wyrobu stanowi to jedno z podstawowych ograniczeń. Analiza technologiczności prowadzona na etapie projektowania technologii wymaga podejmowania działań mających na celu pogodzenie przeciwieństw zachodzących między wymaganiami materiałowymi i możliwościami danej technologii wytwarzania. W omawianym zakresie nie istnieją żadne ogólne reguły, na podstawie których można by zdecydować o wyborze danej metody wytwarzania, a każdy układ produkt - proces należy analizować indywidualnie [16,21,48,81,82].

Zagadnienie projektowania technologii jest zagadnieniem dynamicznym, zmieniają się techniki wytwarzania, projektowane i wdrażane do stosowania są nowe materiały, zmiany technologiczne wymagają pokierowania i zarządzania tą sferą działalności przedsiębiorstw wytwórczych [21,25,48,55,73].

Szczególnym rodzajem operacji mających znaczący wpływ na strukturę procesu technologicznego są operacje obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej.

## 2.4. Wpływ obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej na strukturę procesu technologicznego

Operacje obróbki cieplnej mają istotny wpływ na strukturę procesu technologicznego, operacje te przeplatają się z operacjami obróbki skrawaniem, jak i plastycznej, i ze względu na swój charakter i celowość stosowania występują na różnych etapach realizacji procesów technologicznych. Znajomość w zakresie celowości stosowania danej operacji obróbki cieplnej stanowi tu podstawę do zaplanowania poprawnego procesu technologicznego i w konsekwencji osiągnięcia oczekiwanych właściwości wyrobu [21,48,56]. W tablicy 2 przedstawiono wybrane podstawowe operacje obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej i ich miejsce w procesach wytwarzania.



**Tablica 2.** *Miejsce w procesie wytwarzania wybranych rodzajów operacji obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej*

| Rodzaj operacji               | Miejsce w procesie                                                                                                                                |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Wyżarzanie odprężające</b> | <i>Realizowane w początkowych etapach procesu technologicznego, po obróbce zgrubnej</i>                                                           |
| <b>Nawęglanie</b>             | <i>Realizowane zasadniczo po obróbce kształtującej lub przed w zależności od stosowanej metody zabezpieczania obszarów niepoddawanych obróbce</i> |
| <b>Hartowanie</b>             | <i>Realizowane po obróbce kształtującej, jak również po operacji nawęglania</i>                                                                   |
| <b>Azotowanie</b>             | <i>Realizowane po obróbce kształtującej, jak również po operacji hartowania</i>                                                                   |
| <b>Cyjanowanie</b>            | <i>Realizowane jako ostatnia operacja procesu technologicznego, (jedyna możliwość wykonania docierania po jej realizacji)</i>                     |

W procesach, w których realizowane jest ulepszanie cieplne, a wynikiem jej realizacji jest uzyskanie niskich twardości 32-34 HRC, obróbkę taką można zastosować przed rozpoczęciem obróbki skrawaniem, gdyż twardość ta nie stanowi przeszkody do jej przeprowadzenia [47].

W przypadku operacji hartowania i nawęglania, które przeprowadzane są w wysokich temperaturach mogących powodować odkształcenia, planuje się je po obróbce kształtującej, ale przed obróbką wykańczającą [21,47,48,77].

W procesach technologicznych, w których zaplanowano utwardzanie wybranych powierzchni obrabianego wyrobu, występują dodatkowe operacje związane z zabezpieczeniem przed nawęglaniem powierzchni lub produkt nawęgla się cały, a następnie obrabia mechanicznie tę część wyrobu z pozostawionym nadładkiem na obróbkę, które mają być nie utwardzone [3,4,16,56].

W procesach technologicznych kół zębatach najlepiej widoczny jest problem ustalenia kolejności operacji. W przypadku, gdy koło zębate ma być nawęglane, hartowane i odpuszczane, możliwe są dwa rozwiązania [3,4]:

- przed nacięciem zębów zabezpiecza się powierzchnie, które mają być nieutwardzone, po nacięciu zębów następuje ulepszanie cieplne,
- nawęglanie następuje po nacięciu zębów, lecz przed hartowaniem i odpuszczaniem należy usunąć warstwę nawęgloną z tych powierzchni, które powinny zostać miękkie.

Typowy proces projektowania technologii polega na opracowaniu koncepcji procesów technologicznych i pomocniczych, określeniu jakości półfabrykatów wejściowych, wyznaczeniu sieci operacji technologicznych, zaprojektowaniu konstrukcji i technologii

oprzyrządowania specjalnego, doskonaleniu technologii na podstawie prototypów, serii próbnej lub bieżącej produkcji. Każda operacja technologiczna identyfikowana jest przez dobór stanowiska produkcyjnego i jego wyposażenia, określenia struktury operacji (zabiegów, przejść, czynności), doboru oprzyrządowania i narzędzi znormalizowanych i specjalnych, wyznaczeniu parametrów technologicznych, określenie norm i normatywów (czasowych, materiałowych, narzędziowych). Działania powyższe dotyczą również projektowania technologicznego w obszarze obróbki cieplnej, w tym względnie istotne jest zachowanie pewnego modelowego podejścia do projektowania procesów technologicznych, tu przedstawionego w obszarze obróbki cieplnej - rysunek 2, prezentuje opracowany ogólny model projektowania technologicznego w obszarze procesów obróbki cieplnej w ujęciu procesowym [21,48,49,61,63,75,77].

Działania badawczo-projektowe w fazie przygotowania produkcji, a w tym również w aspekcie projektowania technologii, mają za zadanie przygotowanie przedsiębiorstwa do produkcji w aspektach organizacyjno-materiałowych. Faza ta kończy się opracowaniem modelu informacyjnego dotyczącego danego wyrobu i procesu jego wytwarzania w postaci dokumentacji projektowej i technologicznej [74].

Całość efektów prac fazy przygotowania produkcji zmierza do zapewnienia optymalnej jakości wyrobu i procesu w kolejnych fazach cyklu oraz warunkuje jego prawidłowy przebieg.



*Rysunek 2. Ogólny model projektowania procesów obróbki cieplnej w ujęciu procesowym*

## 2.5. Jakość technologii

Jakość technologii stanowi ważne zagadnienie w zakresie problematyki dotyczącej procesu wytwarzania, plasuje się w obszarze zarówno technicznego określenia jakości realizowanych

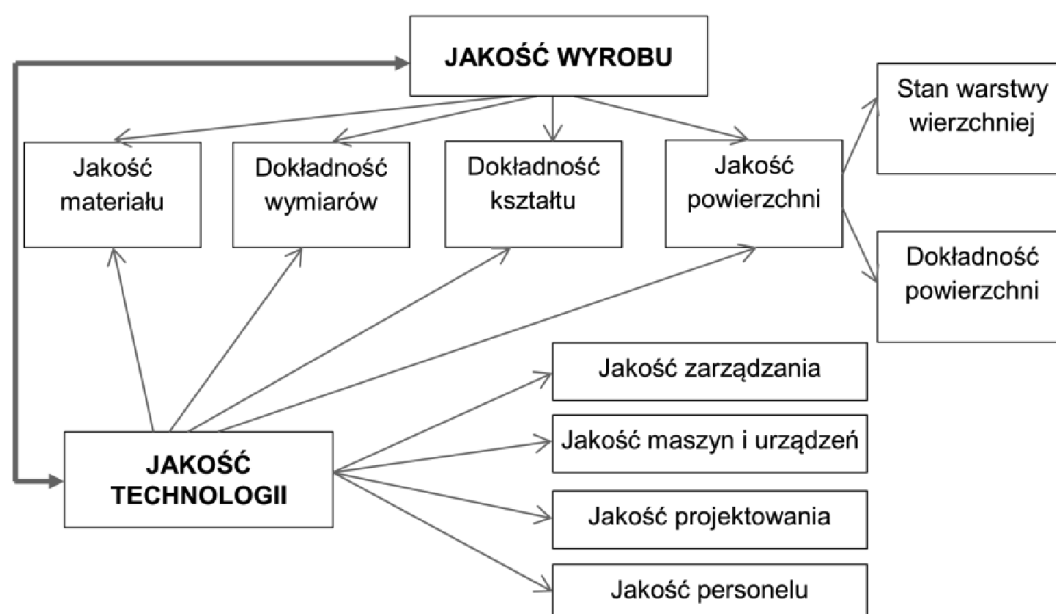
procesów i wytwarzanych wyrobów, jak i jakości zarządzania technologią [134-136].

Sformułowanie dotyczące jakości definiowane jest współcześnie w obszarze poruszanej w niniejszym opracowaniu tematyki, jako próbie poziomu technologii, a tym samym stanowi bodziec do projektowania innowacyjnego i postępu technicznego w procesach wytwarzania [78-80].

Zagadnienie jakości technologii dotyczy w całym swoim zakresie problematyki unowocześnienia metod wytwarzania, ale także w znaczącej mierze usprawnienia organizacji produkcji [14,29,80].

Definiowanie jakości dla zakresu technologii jest w pełni uzasadnione przez pryzmat prowadzonych analiz kwalitonomicznych. Zarówno pojęcie technologii, jak i jakości, jest definiowalne [83]. Zagadnienie definiowania spójnego określenia dla jakości technologii stanowi transformatę określenia jakości wyrobu - rysunek 3.

Jakość technologii to zespół kryteriów określonych dla czynników i ich związków mających istotny wpływ na funkcję celu definiowaną przez jakość wyrobu. Jakość wyrobu jako spełnienie wymagań dlań określonych stanowi podstawę do definiowania jakości technologii. Definiując jakość poprzez charakterystykę optymalnych cech wartości użytkowych dla danej technologii uzyskujemy punkt wyjścia do definiowania jakości technologii. Z punktu widzenia klienta w zakresie potrzeby komfortu i doznań estetycznych definiowanych przez kryteria estetyki i ergonomii stanowi dla producenta obszar poszukiwania technologii nowoczesnych i doskonalenia zarówno procesów, a przez co i produktów [82-85,91].



**Rysunek 3.** Wybrane składowe jakości wyrobu i jakości technologii

Czynniki decydujące o jakości technologii mogą podlegać pewnym warunkom ograniczającym, oraz tworzyć mocne i słabe związki przyczynowo - skutkowe. Ograniczenia oraz związki przyczynowo - skutkowe uzależnione są od stosowanych rodzajów technologii, co jest związane z jej różnorodnością opartą o aspekty technicznego zaplecza procesów technologicznych - stosowane maszyny, urządzenia, linie produkcyjne, narzędzia czy systemy pomiarowe [8,67,75,85].

Całościowe i skończone poszukiwanie liczby permutacji dla rozwiązań technologicznych określonych projektów wyrobów, jak już wspomniano, wydaje się być ze względu na dynamikę rozwoju technik wytwarzania działaniem ograniczonym tempem doskonalenia w tym zakresie. Rozwój technologii wymuszany jest przez rozwój nowych technik wytwarzania. Powyższe jednak nie wyklucza i nie obniża wartości prac podejmowanych w zakresie wartościowania technologii na podstawie analizy w kryterium: technologicznym, ekonomicznym czy jakościowym [25,79,80,86,87].

Każdy produkt definiowalny jest poprzez jakość użytkową stanowiącą o jego cechach w tym: technicznych, użytkowych, estetycznych, ekonomicznych oraz wielu innych, w tym także dotyczących spełnienia wymagań prawnych w zakresie obszarów dotyczących przepisów handlu, odpowiedzialności producenta za produkt oraz przepisów środowiskowych [30,88-90].

Jakość technologii związana jest z zagadnieniem jakości wyrobu, jak zdefiniował Janusz Dietrych [92,93] w twierdzeniach dotyczących racji wytworu i kryteriów konstrukcyjnych zasadniczo stosowanych w procesie projektowania konstrukcyjnego:

- wytwór (produkt) posiada określony cel techniczny (określone właściwości),
- użycie wytworu (produktu) ma wartość w sensie opłacalności ekonomicznej,
- wytwór (produkt) ma cechy, które umożliwiają wykonanie go przy użyciu dostępnych środków technicznych,

powyższe pozwala zdefiniować relatywne tezy dla technologii:

- technologia określana jest przez pryzmat celu, jaki ma pozwalać osiągnąć,
- technologia określana jest przez pryzmat ekonomiki produkcji, posiada wartość w sensie opłacalności ekonomicznej,
- technologia określana jest przez pryzmat zastosowanej techniki, infrastruktury przemysłowej.

Powyższe twierdzenia zarówno w zakresie projektowania konstrukcyjnego, jak i technologicznego, stanowią rację celowości technicznej, ekonomicznej i technologicznej

tworząc podstawę w kontekście poszukiwania rozwiązań nowych technologii. Racje te można uznać za kryteria generalne w analizie i syntezie procesów technologicznych, nie tylko w obszarze technologii maszyn.

Zagadnieniem istotnym jest definiowanie i opis zjawisk związanych z funkcją wpływu technologii na własności materiału. Wpływ ten jest uzasadniony z racji stosowanej technologii, stanowi czynnik mający w decydujący sposób wpływ na kształtowanie funkcji celu wyrobu, ale również jako czynnik mogący wpłynąć w nieuzasadniony sposób powodując zmianę własności materiału pogarszającą lub uniemożliwiającą uzyskanie funkcji celu dla danego wyrobu [21,91,94,95].

Dokładność procesów wiąże się z definiowaniem wielu czynników ją kształtujących, stanowi ona jeden z podstawowych elementów oceny jakości wyrobu. Jakość wyrobu stanowi wynik jakości procesu wytwarzania, w tym przede wszystkim jakości procesu technologicznego. Dokładność realizacji poszczególnych operacji procesu technologicznego określa jakość wyrobu [36,82,83].

Jakość realizowanych działań w ramach zdefiniowanych poziomów struktury procesu technologicznego ma istotny wpływ na jakość technologii. Dla powyższego zakresu zagadnienia można założyć uogólniony wzór jakości technologii w ujęciu strukturalnym procesu (1) [83]:

$$J_t = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} J_o \quad (1)$$

gdzie:

$J_t$  - jakość technologii,

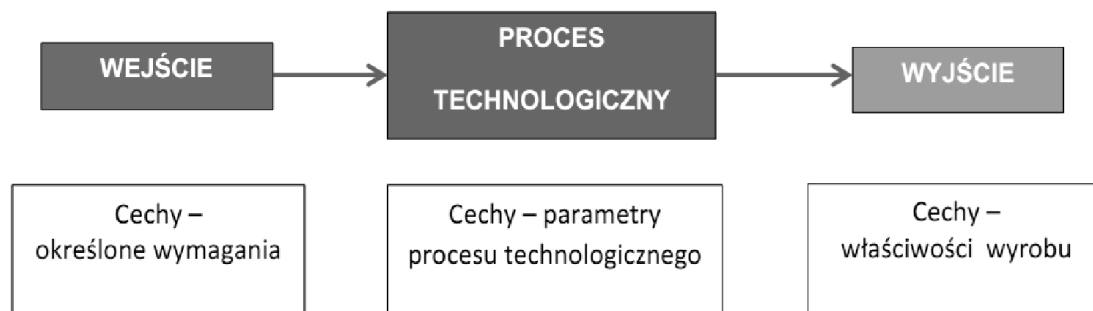
$J_o$  - jakość poszczególnych operacji technologicznych.

Jakość technologii jest sumą jakości poszczególnych operacji oraz jakości działań cząstkowych operacji - zabiegów realizowanych w procesie.

Poprawne zaprojektowanie procesu technologicznego na podstawie odpowiednio zdefiniowanych wymagań, a kolejno - zapewnienie realizacji ustalonych kryteriów procesu technologicznego pozwala na uzyskanie oczekiwanych właściwości wyrobu - rysunek 4.

Jakość technologii dotyczy najczęściej określenia stanu wyrobu definiowanego poprzez cechy wyrobu po wykonaniu ostatniej operacji technologicznej zdefiniowanej w łańcuchu technologicznym odniesionej do przyjętych kryteriów opisu technologii [74,82,94,95].





**Rysunek 4.** Technologia w ujęciu procesowym

Jakość technologii dotyczy najczęściej określenia stanu wyrobu definiowanego poprzez cechy wyrobu po wykonaniu ostatniej operacji technologicznej zdefiniowanej w łańcuchu technologicznym odniesionej do przyjętych kryteriów opisu technologii [74,82,94,95].

Do podstawowych kryteriów oceny jakości technologii procesów obróbki cieplnej zaliczyć można ocenę własności [9,25,46,48]:

- materiału poddanego procesowi technologicznemu,
- warstwy wierzchniej, jako wyniku realizacji technologii,
- w zakresie uzyskanej dokładności wymiarów dla stosowanej technologii.

Własności materiału dotyczą oceny cech fizycznych, chemicznych i mechanicznych materiału obrabianego.

Własności warstwy wierzchniej uzyskiwanej w trakcie realizacji procesu technologicznego dotyczą fizycznych, chemicznych, mechanicznych i geometrycznych zmian kształtujących jej właściwości wyrobu [47,48,140,141,161].

Zbiory kryteriów oceny jakości, tak wyrobu jak i technologii, posiadają ze sobą wspólne obszary, podejmowane analizy i oceny zarówno wyrobów, jak i technologii dotyczą w szczególności [9,25,32,86,95,201]:

- funkcjonalności - osiągnięcie celu określonego tak dla wyrobu, jak i technologii; źródło podejmowanych analiz w tym względzie związane jest z etapem projektowania i konstruowania, technologicznością konstrukcji, również w kontekście ergonomii wyrobu i bezpieczeństwa realizacji procesu, ekologii w zakresie oddziaływania procesu i wyrobu na środowisko, itd.,
- trwałości - osiągnięcia określonych właściwości wyrobu i niezmienności uzyskanych cech w czasie użytkowania, ale również trwałość technologii jako właściwości określającej jej wartość i siłę oddziaływania na kształtowanie właściwości wyrobów,

- niezawodności - związanej z miarami skuteczności i efektywności uzyskiwanych właściwości wyrobu, w tym także niezawodności stosowanej technologii,
- ekonomiki - dotyczącej kosztów wytworzenia wyrobu, w tym kosztów technologii, również w zakresie oceny wartości wyrobu i technologii.

Nie bez znaczenie jest dla powyższych założeń sformułowanie kryteriów wyboru metod technologicznych, tak w zakresie jej skuteczności, jak i efektywności.

Miarę skuteczności technologii określić można jako osiągnięcie funkcji celu opisanej właściwościami wyrobu.

Miarę efektywności technologii określić można jako osiągnięcie kryteriów jakościowych i biznesowych stawianych dla analizowanego wyrobu, pozwalającej uzyskać przewagę nad innymi przedsiębiorstwami wytwarzającymi produkt o tożsamy lub zbliżonych właściwościach, a dostępnych globalnie na rynku [7,66-68].

Badanie jakości dotyczące zagadnienia projektowania technologii powinno uwzględniać kryteria jej poprawności i ekonomiczności, zasięg kontroli w tym względzie powinien być kompleksowy, poprzez zastosowanie odpowiednich metod kontroli jak metryzacja, porównanie z innymi dostępnymi technologiami - benchmarking technologiczny [191].

Najkrócej jakość technologii można zdefiniować jako *stopień spełnienia wymagań dotyczących realizacji procesu technologicznego* [95-98].

Badania w zakresie oceny jakościowej procesów technologicznych powinny mieć na celu optymalizację poziomu jakości rozpatrywanych procesów, w celu wybrania konkretnych wariantów technologii, z punktu widzenia możliwej do uzyskania jakości - najkorzystniejszej w zakresie ekonomii.

Jakość technologii zależy od następujących kryteriów, które muszą zostać podjęte w procesie projektowania technologii [95-98]:

- materiału - własności materiału definiują jego obrabialność, w kontekście technologii obróbki cieplnej podatność na zmianę własności materiału powierzchniowo lub objętościowo; w obszarze nauki w zakresie procesów obróbki cieplnej prowadzi się badania mające na celu określenie optymalnych warunków obróbki cieplnej (chemicznej) dla danego materiału, w tym określenie warunków optymalnych dla osiągnięcia określonych własności materiału,
- maszyny i urządzenia - decydują o wyborze technologii w danym przedsiębiorstwie, stanowiąc ograniczenia w tym zakresie, jak również dotyczące organizacji procesu

produkcyjnego, tak w jednym i drugim obszarze dokonuje się optymalizacji ze względu na kryterium jakości, kosztu i czasu,

- kosztów - cel biznesowy przedsiębiorstw jest nadrzędny, poszukuje się technologii nisko kosztowych, zgodnie z teorią Nedlera, koszty stanowią także koszty dotyczące jakości jak koszty braków.

Jakość technologii jest miarą spełnienia przez nią wymagań, powyższe charakteryzują cztery kategorie:

- wzrost oczekiwań klientów: dynamika zmian wymusza poszukiwanie technologii, które pozwolą uzyskiwać produkt spełniający oczekiwania klientów [149],
- zaostrenie konkurencji: technologia stanowi najważniejszy aspekt kreowania konkurencyjności przedsiębiorstwa [6],
- regulacje prawne: produkt jest wynikiem procesu wytwarzania, ale to jego rdzeń - technologia odpowiedzialna jest za kreowanie właściwości wyrobu, za który odpowiedzialność ponosi producent, rosnąca ilość przepisów w zakresie oddziaływania technologii na środowisko naturalne oraz bezpieczeństwo użytkowników zmusza do dogłębnego analizowania spełnienia wymagań przez przedsiębiorstwa w zakresie stosowanych technologii [30,180],
- strategia przedsiębiorstwa: nie jest możliwe produkowanie nowoczesnych wyrobów bez stosowania nowoczesnych technologii, technologie stanowią zasadniczą pozycję w budowie strategii przedsiębiorstw [201,202].

## 2.6. Dokumentacja technologiczna

Problem zarządzania współcześnie bardzo często odnoszony jest do dokumentacji powstającej w danym zakresie, ilość wymagań w tym obszarze zdecydowanie rośnie. W zakresie realizacji procesów produkcyjnych jednym z najistotniejszych zasobów informacyjnych stanowi dokumentacja technologiczna, stanowiąca zbiór dokumentów i zapisów zawierających niezbędne informacje i dane do zapewnienia prawidłowego przebiegu poszczególnych operacji w przyjętym procesie technologicznym. Celem stosowania odpowiedniego zakresu dokumentacji technologicznej jest standaryzacja realizacji procesu technologicznego [30,48,50,100,101,126].

Do czynników decydujących o zakresie i szczegółowości dokumentacji technologicznej zalicza się: wielkość produkcji, rodzaj wyrobu, kwalifikacje pracowników, ale także coraz

częściej wymagania stawiane przez klientów oraz systemy zarządzania funkcjonujące w przedsiębiorstwach czy łańcuchach wytwórczych.

Dokumentacja konstrukcyjna stanowiąca element wejścia do procesu projektowania technologii dla wyrobu powinna obejmować między innymi [16,18,48]:

- rysunek wykonawczy, konstrukcyjny,
- opis techniczny - schemat działania,
- warunki techniczne.

Podstawowy zakres dokumentacji technologicznej obejmuje:

- kartę technologiczną,
- instrukcję obróbki,
- instrukcje szczegółowe, w tym procesów obróbki cieplnej, kontroli, kart kalkulacyjnych.

Zarządzanie dokumentacją technologiczną w przedsiębiorstwach produkcyjnych dotyczy przede wszystkim problematyki:

- aktualności dokumentacji w czasie i miejscu,
- zarządzania zmianami dotyczącymi procesów i odzwierciedlenia tych zmian w dokumentacji,
- wycofywania oraz archiwizacji dokumentacji i jej powtórnego wykorzystania.

Zarządzanie dokumentacją technologiczną musi przyjmować w przedsiębiorstwie ustalony system dysponowania zawartą w dokumentach informacją, zagadnienie te szczególnie ważne jest ze względu zarządzania technologią.

Opracowanie dokumentacji technologicznej najczęściej odbywa się w dwóch etapach:

- wstępnym - dotyczy dokumentacji uproszczonej,
- docelowym - dotyczy dokumentacji szczegółowej.

Problem zarządczy istniejący współcześnie dotyczy struktury i zakresu dokumentacji technologicznej, którą można uznać za poziom wystarczający dla uzyskania postawionych celów, w tym w zakresie jakości realizacji procesu, ale również sprawności zarządzania. Dublowanie się dokumentów lub brak dokumentów na poszczególnych etapach zarządzania technologią stanowi ważny problem do rozwiązania. Rosnące wymagania w zakresie dokumentacji procesu, w tym również zapisów, stanowią ważne ogniwo nie tylko w zakresie sprawności systemu zarządzania, ale także w sferze biznesowej przedsiębiorstw [99].

Zakres i szczegółowość dokumentacji technologicznej w kontekście koncepcji niniejszej pracy stanowi postawiony problem związany ze skutecznością i efektywnością zarządzania technologią.