

DoE-Planowanie eksperymentów. Możliwość czy konieczność w analizie problemów jakościowych?

Adam Kazimierczak, [Akademia Jakości](#)

Spis treści

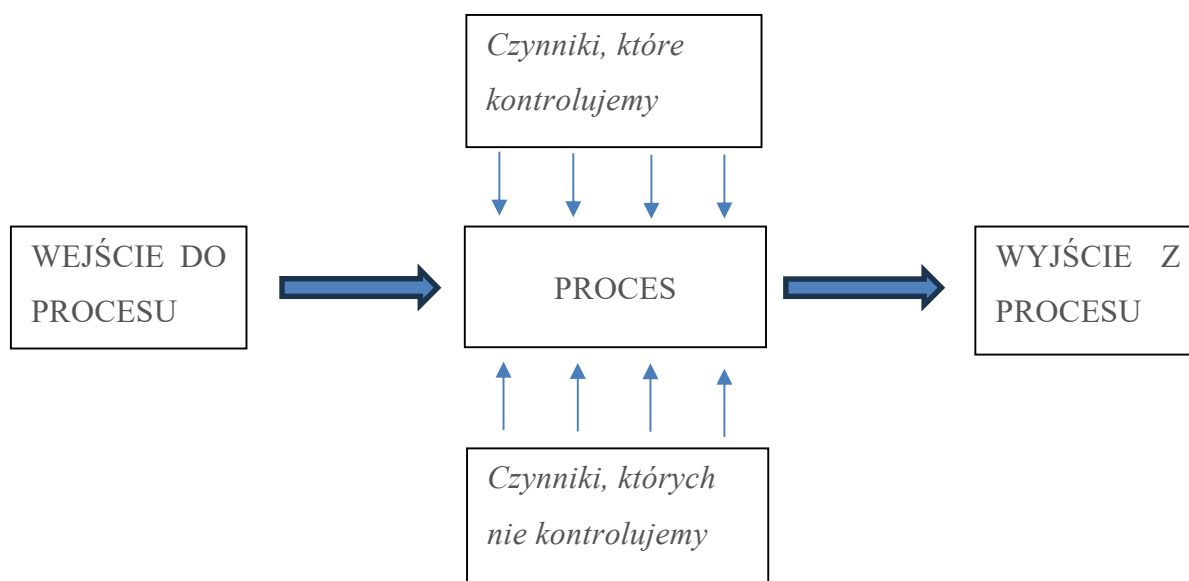
DoE - wstęp	1
Czym jest planowanie eksperymentu?	3
Rodzaje eksperymentów	4
• Metoda prób i błędów	4
• Metoda: jeden czynnik w jednym czasie.....	7
• Eksperyment pełnoczynnikowy	9
• Eksperyment ułamkowy.....	12
Ograniczenia wnioskowania oraz rodzaje czynników planowaniu eksperymentów .	15
Podsumowanie.....	17

DoE - wstęp

Eksperyment można nazwać dziełem niepowtarzalnym i unikatowym. W taki sam sposób nikt go nie zrobił wcześniej i nikt nie zrobi później. Eksperyment może być powtórzony, jeżeli za pierwszym razem nie osiągnięto zamierzonego celu, może być wykonany w innych warunkach, za pomocą innych urządzeń lub innej metody pomiaru. To jednak będą już zupełnie inne eksperymenty, z innymi wynikami i wnioskami. Skoro więc eksperyment jest tak niezwykłym przedsięwzięciem, to musi być naprawdę dobrze przemyślany oraz właściwie zaplanowany, przygotowany i przeprowadzony. I teraz pojawia się bardzo ważne pytanie: **Jak to zrobić?**

O tym właśnie chcę powiedzieć więcej w tym artykule, z którego dowiesz się jak skutecznie przeprowadzić eksperyment, będący często kluczowym elementem analizy przyczyn problemów jakościowych. Niejednokrotnie zdarza się, że na skutek realizacji procesu produkcyjnego nagle pojawiają się wyroby z defektami (np.: odpryski, przetłoczenia, nadlania, pęknięcia itd.). Jeśli znamy przyczynę tych problemów to jesteśmy w bardzo komfortowej sytuacji, gdyż możemy tę przyczynę łatwo zidentyfikować i odpowiednimi działaniami wyeliminować. Problem pojawia się wtedy gdy nie znamy przyczyny, bądź przyczyn jest kilka – wtedy właśnie z pomocą może nam przyjść przeprowadzenie eksperymentu, bądź serii eksperymentów.

W bardzo podstawowy sposób podejście procesowe do eksperymentu obrazuje poniższy schemat.



Rys.1. Schemat procesu – ujęcie elementarne

Czym jest planowanie eksperymentu?

Planowanie eksperymentu jest interdyscyplinarną dziedziną nauki leżącą na pograniczu metrologii, matematyki stosowanej, statystyki i informatyki. Jego celem jest uzyskanie odpowiedzi na pytanie: Jak zaplanować doświadczenie, aby przy możliwie najmniejszych kosztach uzyskać jak najwięcej użytecznej informacji?

Praktyczne zastosowanie planowania doświadczeń polega na stworzeniu modelu matematycznego, który opisuje zachowanie badanego procesu. Wynikiem tych działań jest zdefiniowanie wielkości wejściowych, które w istotny sposób wpływają na kontrolowany proces. Znalezienie takiego powiązania parametrów wejściowych względem procesu gwarantuje:

- Optymalny wynik, czyli jak największa ilość szt wyrobu bez defektów
- Minimalną zmienność procesu
- Minimalną czułość procesu na zmiany, których nie możemy kontrolować.

Z matematycznego punktu widzenia doświadczenia służą wyznaczeniu funkcji, która jest zależnością pomiędzy czynnikami wpływającymi na badany proces, a wynikami (wyjściami) tego procesu.

Główne cele planowania eksperymentów obejmują:

1. **Formułowanie hipotez:** Hipoteza to przewidywanie, które stawiamy przed przeprowadzeniem eksperymentu. Hipotezy mogą być formułowane na podstawie wcześniejszych obserwacji, teorii lub istniejącej wiedzy na temat badanego zjawiska.
2. **Określanie zmiennych:** Zmienne w eksperymencie mogą być niezależne (czynniki, które są manipulowane przez inżyniera procesu) i zależne (czynniki, które są mierzone w celu zrozumienia ich wpływu na eksperyment). Konieczne jest staranne zdefiniowanie tych zmiennych oraz ewentualnych zmiennych kontrolnych, które mogą wpływać na wyniki eksperymentu.
3. **Określenie wielkości próby:** W eksperymentach istotne jest określenie próby kontrolnej, która nie podlega manipulacji, aby można było porównać wyniki z grupą

eksperymentalną. Grupa kontrolna służy jako punkt odniesienia do oceny efektów manipulacji lub interwencji.

4. **Projektowanie eksperymentu:** Projektowanie eksperymentu obejmuje wybór odpowiedniego planu eksperymentalnego, który może obejmować np. randomizację, zrównoważony projekt, blokowanie czy też projektowanie eksperymentów z wykorzystaniem grup kontrolnych. Ważne jest również określenie wielkości próby oraz metody zbierania danych.
5. **Zapewnienie poprawności i powtarzalności:** Aby wyniki eksperymentu były wiarygodne, istotne jest zapewnienie poprawności i powtarzalności badania. Kontrola zmiennych zakłócających, duplikacja eksperymentów oraz stosowanie odpowiednich procedur statystycznych są kluczowe dla uzyskania wiarygodnych wyników.
6. **Analiza wyników i wnioski:** Po zebraniu danych przeprowadza się ich analizę, która może obejmować różnorodne metody statystyczne w celu oceny różnic między grupami, identyfikacji wzorców czy też testowania hipotez. Analiza danych ma na celu uzyskanie jasnego obrazu wyników eksperymentu i wyciągnięcie poprawnych wniosków.

Rodzaje eksperymentów

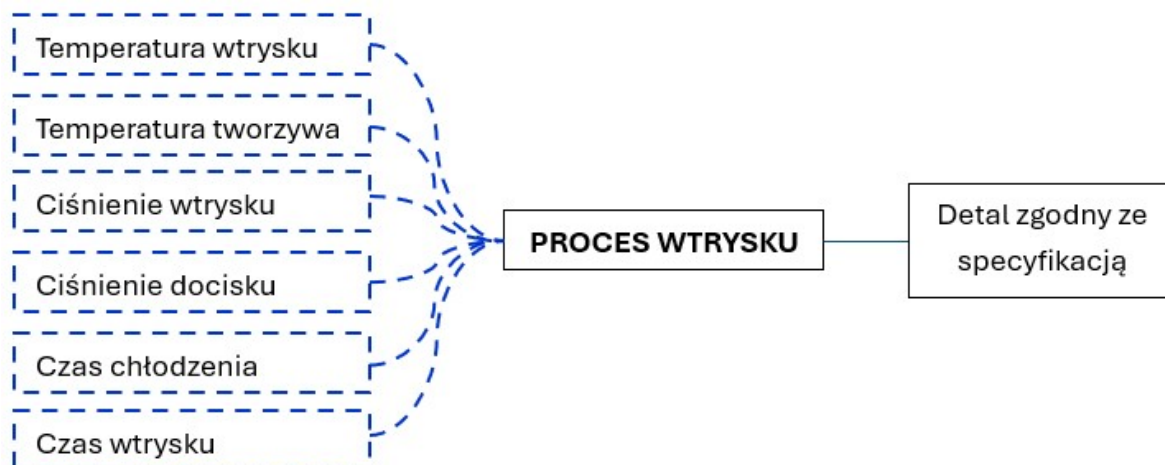
- **Metoda prób i błędów**

Metoda prób i błędów (trial and error) to podejście do rozwiązywania problemów, które polega na wielokrotnym wypróbowywaniu różnych możliwości i ocenie ich skuteczności w celu znalezienia najlepszego rozwiązania. W planowaniu eksperymentów metoda prób i błędów może być używana do optymalizacji warunków eksperymentalnych lub prób badawczych. Oto kilka kluczowych aspektów tej metody w kontekście planowania eksperymentów:

1. **Eksploracja różnych opcji:** Inżynierowie mogą eksplorować różne możliwości projektowania eksperymentu, manipulowania zmiennymi niezależnymi, dobierania grup kontrolnych itp. Mogą próbować różnych podejść w celu ustalenia, które z nich najlepiej odpowiadają ich hipotezom i celom badawczym.
2. **Testowanie hipotez:** Inżynierowie mogą stosować różne formy manipulacji lub interwencji w celu sprawdzenia, czy dane obszary lub czynniki mają istotny wpływ na wyniki eksperymentu. Przez wielokrotne testowanie różnych hipotez mogą określić, które z nich są najbardziej wiarygodne i warto dalszego zbadania.
3. **Optymalizacja procedur eksperymentalnych:** Poprzez wielokrotne przeprowadzanie eksperymentów i analizę wyników, inżynierowie mogą doskonalić procedury eksperymentalne, takie jak sposób zbierania danych, dobór próby czy układ warunków eksperymentalnych, aby uzyskać jak najbardziej dokładne i wiarygodne wyniki.
4. **Iteracyjne doskonalenie:** Poprzez iteracyjne powtarzanie eksperymentów, analizę wyników i modyfikowanie planu eksperymentu, inżynierowie mogą stopniowo doskonalić swoje badania, eliminując błędy, poprawiając skuteczność manipulacji oraz zwiększając ogólną jakość przeprowadzanych eksperymentów.

Warto zauważyć, że mimo elastyczności i użyteczności metody prób i błędów, istnieje ryzyko nieefektywnego zużycia zasobów i materiałów oraz zagrożenie skupienia się na pojedynczych wynikach, które mogą być przypadkowe. Dlatego też, nawet gdy inżynierowie korzystają z tej metody, ważne jest zachowanie krytycznego podejścia i dokładna analiza wyników w celu wyciągnięcia wniosków na temat skuteczności poszczególnych podejść eksperymentalnych.

EKSPERYMENT METODĄ PRÓB I BŁĘDÓW NA PRZYKŁADZIE PROCESU WTRYSKU:



Przyjrzyjmy się konkretnemu przykładowi zastosowania eksperymentów metodą prób i błędów w procesie wtrysku, przy uwzględnieniu danych wejściowych, takich jak temperatura wtrysku, temperatura tworzywa, ciśnienie wtrysku, ciśnienie docisku, czas chłodzenia i czas wtrysku. Poniżej zostały przedstawione kolejne kroki analizy:

- **Ustalanie punktu wyjściowego:** Rozpoczynamy od ustalenia punktu wyjściowego, który będzie bazą dla Twoich eksperymentów. Na przykład, możemy ustawić temperaturę wtrysku na 200°C, temperaturę tworzywa na 180°C, ciśnienie wtrysku na 1000 PSI, ciśnienie docisku na 50 PSI, czas chłodzenia na 20 sekund, a czas wtrysku na 2 sekundy.
- **Przeprowadzenie serii eksperymentów:** Zmieniamy jeden parametr na raz, a pozostałe trzymamy stałe. Na przykład, zaczniemy od zmiany temperatury wtrysku. Zwiększamy temperaturę wtrysku o 10 stopni i notujemy, jakie efekty to wywołuje w detalu. Następnie przeprowadzamy podobne eksperymenty dla pozostałych parametrów, zmieniając je o niewielkie wartości i obserwując reakcję procesu wtrysku.
- **Analiza wyników:** Dokładnie analizujemy wyniki każdego eksperymentu. Zwracamy uwagę na jakość detalu, jak również na wydajność procesu i ewentualne problemy, takie jak deformacje czy pęknięcia.

- **Optymalizacja parametrów:** Na podstawie zebranych danych i obserwacji próbujemy znaleźć optymalne kombinacje parametrów procesu wtrysku. Może się okazać, że niektóre zmienne są ze sobą powiązane, więc konieczne może być iteracyjne dostosowywanie wartości różnych parametrów, aby uzyskać najlepsze wyniki.
- **Potwierdzenie optymalnych parametrów:** Po znalezieniu potencjalnie optymalnych kombinacji parametrów, musimy je przetestować w bardziej stabilnych warunkach produkcyjnych, aby potwierdzić ich skuteczność i powtarzalność.

- **Metoda: jeden czynnik w jednym czasie**

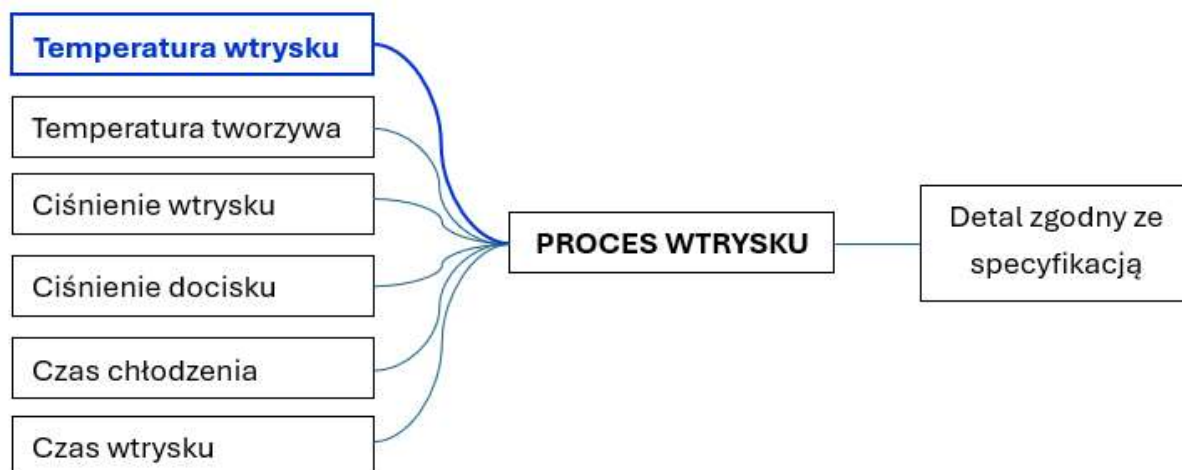
Metoda jednego czynnika (ang. single-factor design), nazywana również eksperymentem jednoczynnikowym, to prosty typ eksperymentu, w którym inżynier manipuluje tylko jednym czynnikiem, podczas gdy pozostałe czynniki są trzymane w stałej wartości. Pozwala to na badanie efektów tego jednego czynnika na zmienną zależną, bez zakłóceń wynikających z wpływu innych czynników. Podejście to jest często stosowane w eksperymentach kontrolowanych, gdzie istnieje potrzeba dokładnego zrozumienia wpływu pojedynczego czynnika na badane zjawisko. Oto główne elementy metody jednego czynnika:

1. **Manipulacja jednym czynnikiem:** Inżynier zmienia tylko jeden czynnik w eksperymencie, pozostawiając pozostałe czynniki na stałym poziomie. Na przykład, jeśli inżynier chce zbadać wpływ różnych temperatur na proces wytłaczania tworzywa, to temperatura będzie jedynym manipulowanym czynnikiem.
2. **Stalość pozostałych czynników:** Pozostałe czynniki, które mogłyby mieć wpływ na wyniki eksperymentu, są kontrolowane i trzymane na stałym poziomie.
3. **Jasność i prostota:** Metoda jednego czynnika jest stosunkowo prosta i przejrzysta, co ułatwia analizę wyników i wyciąganie wniosków. Dzięki ograniczeniu do jednego manipulowanego czynnika, inżynierowie mogą dokładniej zrozumieć jego efekt na wyniki będące charakterystyką wyjścia z procesu.
4. **Możliwość badania efektów interakcji:** Choć metoda jednego czynnika skupia się na jednym czynniku, może ona być używana do badania interakcji między tym czynnikiem a innymi czynnikami, jeśli takie interakcje są istotne. W takim

przypadku inżynier może wprowadzić różne poziomy innych czynników, aby zbadać, jak zmieniają się efekty manipulacji jednego czynnika w różnych warunkach.

5. **Ograniczenia:** Metoda jednego czynnika może być ograniczona, jeśli badane zjawisko jest złożone i zależy od wielu czynników. W takich przypadkach, stosowanie jedynie tej metody może prowadzić do uproszczenia rzeczywistości i niepełnego zrozumienia badanego zjawiska.

EKSPERYMENT METODĄ JEDEN CZYNNIK W CZASIE NA PRZYKŁADZIE PROCESU WTRYSKU:



Metoda jednego czynnika jest użyteczna w sytuacjach, gdy chcemy dokładnie zbadać wpływ pojedynczego czynnika na badane zjawisko, eliminując jednocześnie zakłócenia wynikające z innych czynników. Bazując na tym samym przykładzie postępujemy wg poniższego schematu:

- **Ustalenie punktu wyjściowego:** Rozpoczynamy od ustalenia punktu wyjściowego, który będzie bazą dla eksperymentu. Na przykład, możemy ustawić temperaturę wtrysku na 200°C, temperaturę tworzywa na 180°C, ciśnienie wtrysku na 1000 PSI, ciśnienie docisku na 50 PSI, czas chłodzenia na 20 sekund, a czas wtrysku na 2 sekundy.

- **Zmiana jednego czynnika:** Wybieramy jeden czynnik do zmiany. Na przykład, możemy zacząć od zmiany temperatury wtrysku. Zwiększamy temperaturę wtrysku o 10 stopni, a pozostałe parametry utrzymaj na stałym poziomie.
- **Przeprowadzenie eksperymentu:** Przeprowadzamy serię wtrysków z nową temperaturą wtrysku i obserwuj reakcję procesu. Obserwujemy jak zmiana temperatury wtrysku wpływa na jakość detalu, czas chłodzenia, czy inne istotne parametry. Dokładnie dokumentujemy wyniki eksperymentu.
- **Analiza wyników:** Po zakończeniu eksperymentu, dokładnie analizujemy uzyskane wyniki. Zwracamy uwagę na wszelkie zmiany w jakości detalu, wydajności procesu, czy ewentualne problemy produkcyjne.
- **Kontynuacja eksperymentów:** Kontynuujemy przeprowadzanie serii eksperymentów, zmieniając kolejne czynniki, aż przetestujemy wszystkie istotne parametry. Ważne jest, abyśmy zmieniali tylko jeden czynnik naraz, aby móc jasno zidentyfikować wpływ każdego z nich na proces wtrysku.

Optymalizacja parametrów: Na podstawie zebranych danych i analizy wyników, wybieramy optymalne wartości dla każdego parametru, które pozwalają uzyskać najlepsze wyniki produkcyjne.

- **Eksperyment pełnoczynnikowy**

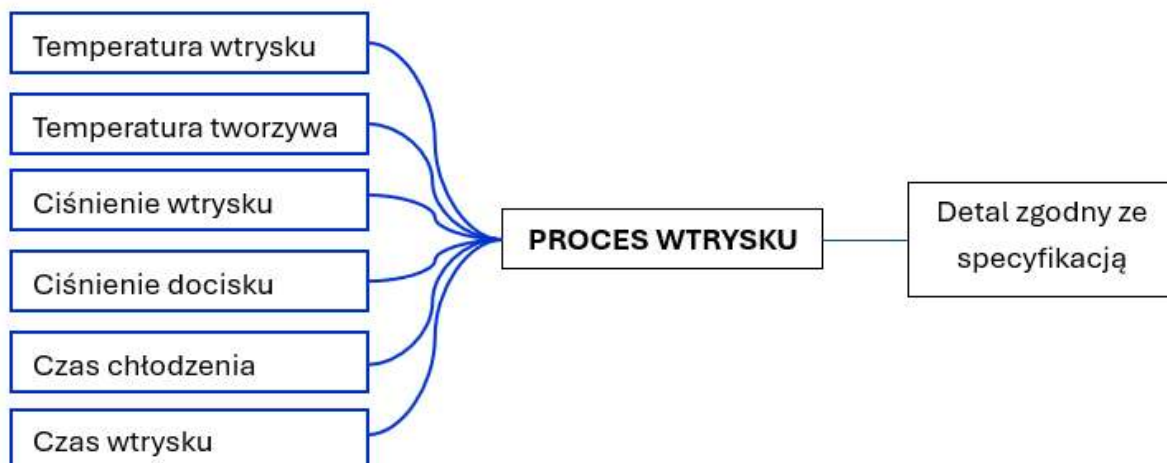
Eksperyment pełnoczynnikowy (ang. full factorial design) to zaawansowany plan eksperymentalny, w którym inżynier manipuluje jednocześnie wszystkimi możliwymi kombinacjami poziomów wszystkich czynników niezależnych. Ten rodzaj eksperymentu pozwala na kompleksową analizę wpływu każdego czynnika na zmienną zależną oraz ewentualnych interakcji między nimi.

Podstawowe elementy eksperymentu pełnoczynnikowego:

1. **Manipulacja wszystkimi czynnikami:** W eksperymencie pełnoczynnikowym inżynier manipuluje wszystkimi czynnikami niezależnymi jednocześnie.
2. **Analiza wszystkich możliwych kombinacji:** W eksperymencie pełnoczynnikowym analizowane są wszystkie możliwe kombinacje poziomów czynników niezależnych.
3. **Badanie efektów głównych i interakcji:** Eksperyment pełnoczynnikowy umożliwia badanie zarówno efektów głównych poszczególnych czynników, jak i ewentualnych interakcji między nimi. Analiza efektów głównych pozwala określić, jak każdy czynnik wpływa na zmienną zależną, podczas gdy analiza interakcji pozwala zrozumieć, czy efekty jednego czynnika zależą od poziomów innego czynnika.
4. **Złożoność i ilość kombinacji:** W przypadku większej liczby czynników i/lub poziomów, liczba kombinacji może szybko wzrosnąć, co sprawia, że eksperyment pełnoczynnikowy może być czasochłonny i wymagać dużych zasobów. W praktyce często stosuje się uproszczone wersje eksperymentu pełnoczynnikowego, takie jak częściowe faktoryzacje lub metody optymalizacyjne, które pozwalają na zredukowanie liczby kombinacji bez utraty istotnych informacji.

Eksperyment pełnoczynnikowy jest potężnym narzędziem w planowaniu eksperymentów, które umożliwia badanie skomplikowanych zależności między wieloma czynnikami jednocześnie. Jest szczególnie użyteczny w sytuacjach, gdy istnieje podejrzenie, że czynniki te mogą mieć wspólny efekt na wyjście z procesu lub że mogą występować interakcje między nimi. Jednakże, ze względu na potencjalnie duże zapotrzebowanie na zasoby, eksperyment pełnoczynnikowy jest zazwyczaj stosowany w przypadkach, gdy inżynier ma wystarczające zasoby i czas na przeprowadzenie kompleksowej analizy.

EKSPERYMENT PEŁNOCZYNNIKOWY NA PRZYKŁADZIE PROCESU WTRYSKU:



Poniżej przedstawiono przeprowadzenie eksperymentu pełnoczynnikowego na przykładzie omawianego procesu:

- **Określenie zakresów zmiennych:** Na początku określamy zakresy, w jakich będą się poruszać badane zmienne. Na przykład:

Temperatura wtrysku: 180-220°C

Temperatura tworzywa: 160-200°C

Ciśnienie wtrysku: 800-1200 PSI

Ciśnienie docisku: 30-70 PSI

Czas chłodzenia: 15-25 sekund

Czas wtrysku: 1-3 sekundy

- **Określenie liczby eksperymentów:** Liczba kombinacji wynosi iloczyn liczby poziomów wszystkich czynników. W naszym przypadku, przy dwóch poziomach każdego czynnika, będzie to $2^6 = 64$ możliwe kombinacje.
- **Przeprowadzenie eksperymentów:** Przeprowadzamy eksperymenty dla każdej z kombinacji parametrów, stosując pełną gamę wartości każdego czynnika. Na przykład, dla pierwszego eksperymentu:

Temperatura wtrysku: 180°C

Temperatura tworzywa: 160°C

Ciśnienie wtrysku: 800 PSI

Ciśnienie docisku: 30 PSI

Czas chłodzenia: 15 sekund

Czas wtrysku: 1 sekunda

- **Analiza wyników:** Po przeprowadzeniu wszystkich eksperymentów, zbieramy dane dotyczące jakości detalu, wydajności procesu i innych istotnych wskaźników. Analizujemy te dane, aby zidentyfikować, które kombinacje parametrów są najbardziej korzystne dla oczekiwanego rezultatu.
- **Optymalizacja parametrów:** Na podstawie analizy wyników, identyfikujemy kombinacje parametrów, które dają najlepsze wyniki. Te kombinacje mogą być wybrane jako optymalne warunki produkcyjne.

- **Eksperyment ułamkowy**

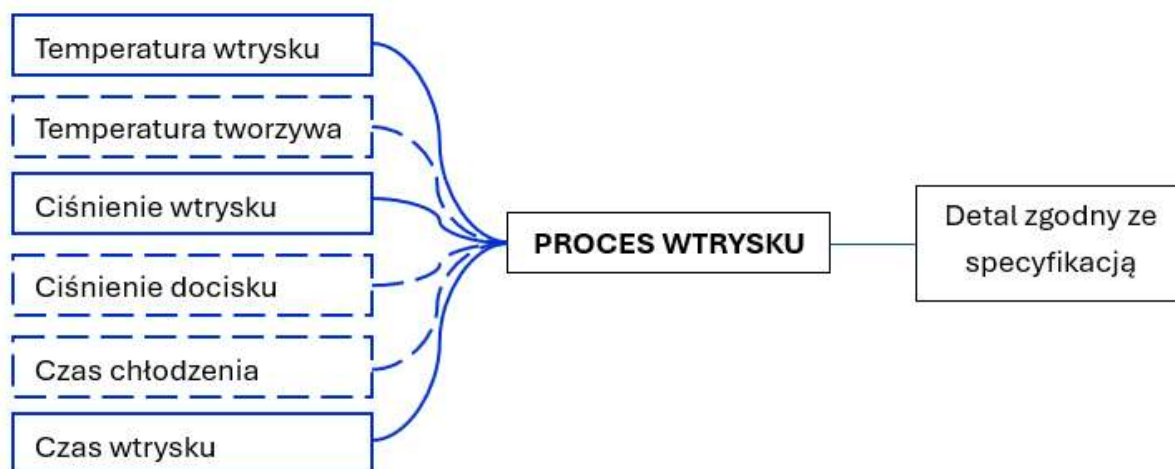
Eksperyment ułamkowy (ang. fractional factorial design) to technika planowania eksperymentu, która ma na celu zmniejszenie liczby kombinacji warunków eksperymentalnych w stosunku do eksperymentu pełnoczynnikowego, jednocześnie zachowując możliwość analizy efektów głównych oraz części interakcji między czynnikami. W eksperymencie ułamkowym inżynier manipuluje tylko częścią wszystkich możliwych kombinacji poziomów czynników niezależnych, co pozwala na redukcję złożoności eksperymentu przy zachowaniu istotnych informacji. Główne cechy eksperymentu ułamkowego:

1. **Redukcja liczby kombinacji:** Eksperyment ułamkowy umożliwia badanie wpływu czynników niezależnych przy jednoczesnej redukcji liczby warunków eksperymentalnych w porównaniu do eksperymentu pełnoczynnikowego. Dzięki temu można zaoszczędzić czas, zasoby i koszty związane z przeprowadzeniem eksperymentu.

2. **Analiza efektów głównych i części interakcji:** Pomimo redukcji liczby kombinacji, eksperyment ułamkowy pozwala na analizę efektów głównych poszczególnych czynników oraz części interakcji między nimi.
3. **Wykorzystanie algorytmów planowania eksperymentu:** Planowanie eksperymentu ułamkowego często wymaga zastosowania specjalistycznych algorytmów planowania eksperymentu, które pozwalają na dobór optymalnej liczby warunków eksperymentalnych oraz ich kombinacji. Algorytmy te pomagają w zapewnieniu równowagi między redukcją liczby kombinacji, a zachowaniem istotności statystycznej.
4. **Ograniczenia interpretacyjne:** Pomimo zalet, eksperymenty ułamkowe mogą mieć pewne ograniczenia interpretacyjne, zwłaszcza jeśli występują silne interakcje między czynnikami, które nie są uwzględnione w eksperymencie. W takich przypadkach istnieje ryzyko pominięcia istotnych efektów, co może prowadzić do błędnej interpretacji wyników.

Eksperymenty ułamkowe są stosowane w sytuacjach, gdy inżynierom zależy na zredukowaniu liczby kombinacji warunków eksperymentalnych, ale jednocześnie chcą zachować możliwość analizy efektów głównych oraz części interakcji między czynnikami. Są one szczególnie użyteczne w przypadkach, gdy przeprowadzenie eksperymentu pełnoczynnikowego byłoby niepraktyczne lub zbyt kosztowne, a jednocześnie istnieje potrzeba zrozumienia wpływu kilku czynników na badany proces.

EKSPERYMENT UŁAMKOWY NA PRZYKŁADZIE PROCESU WTRYSKU:



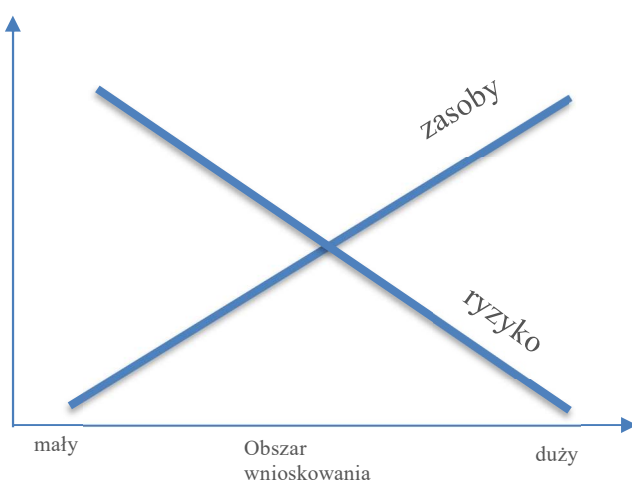
Poniżej przedstawiono przeprowadzenie eksperymentu ułamkowego na przykładzie omawianego procesu:

- **Określenie zakresów zmiennych:** Podobnie jak w metodzie pełnoczynnikowej, określamy zakresy zmiennych dla każdego czynnika.
- **Wybór eksperymentu ułamkowego:** Następnie wybieramy odpowiedni plan eksperymentu ułamkowego. Na przykład, możemy użyć planu eksperymentu o nazwie " $2^{(6-1)}$ " dla sześciu czynników. Oznacza to, że przetestujemy połowę wszystkich możliwych kombinacji.
- **Przypisanie wartości do planu eksperymentu:** W zależności od wybranego planu eksperymentu, przypisujemy wartości do każdej z wybranych kombinacji czynników.
- **Przeprowadzenie eksperymentów:** Przeprowadzamy eksperymenty z wybranymi kombinacjami czynników, zgodnie z zaplanowanymi wartościami. Przy każdym eksperymencie, dokładnie zanotuj wyniki i obserwacje.
- **Analiza wyników:** Po zakończeniu eksperymentów, przeprowadzamy analizę zebranych danych, aby zidentyfikować wpływ poszczególnych czynników na proces wtrysku oraz optymalne kombinacje parametrów.
- **Optymalizacja parametrów:** Na podstawie analizy wyników, wybieramy optymalne kombinacje parametrów, które zapewniają najlepszą jakość detalu i wydajność procesu.

Metoda eksperymentu ułamkowego pozwala na przeprowadzenie eksperymentów w skuteczny sposób, redukując liczbę potrzebnych prób i koszty związane z pełnym eksperymentem pełnoczynnikowym. Pomimo testowania tylko części możliwych kombinacji, pozwala ona na wyciągnięcie istotnych wniosków dotyczących wpływu poszczególnych czynników na proces.

Ograniczenia wnioskowania oraz rodzaje czynników planowaniu eksperymentów

Należy wspomnieć o istotnym fakcie w zastosowaniu eksperymentowania, mianowicie o **ograniczeniach wnioskowania**. Nie mamy podstaw aby wierzyć, że to co sprawdziliśmy/przetestowaliśmy na jednej sztuce, dla jednej linii/maszyny, będzie reprezentatywne dla tysięcy sztuk czy w różnych zakładach produkcyjnych. To jak duży obszar wnioskowania jest nam potrzeby zależy od naszego eksperymentu. Poniżej zostało to przedstawione graficznie na wykresie zależności.



Rys.2. Schemat wyboru obszaru wnioskowania

Mały obszar wnioskowania:

- 1 dostawa materiału
- 1 operator
- 1 linia produkcyjna
- 1 maszyna

Duży obszar wnioskowania:

- wiele dostaw materiału
- wielu operatorów
- wszystkie linie produkcyjne
- wiele maszyn

Aby efektywnie przeprowadzić eksperyment potrzebujemy użytecznych danych, które pokazują związek przyczyna-skutek między tym co wchodzi do procesu, a tym co z niego wychodzi. Dlatego właśnie dążymy do zdobycia wiedzy o naszych produktach czy procesach. Dzięki tej wiedzy zdobędziemy:

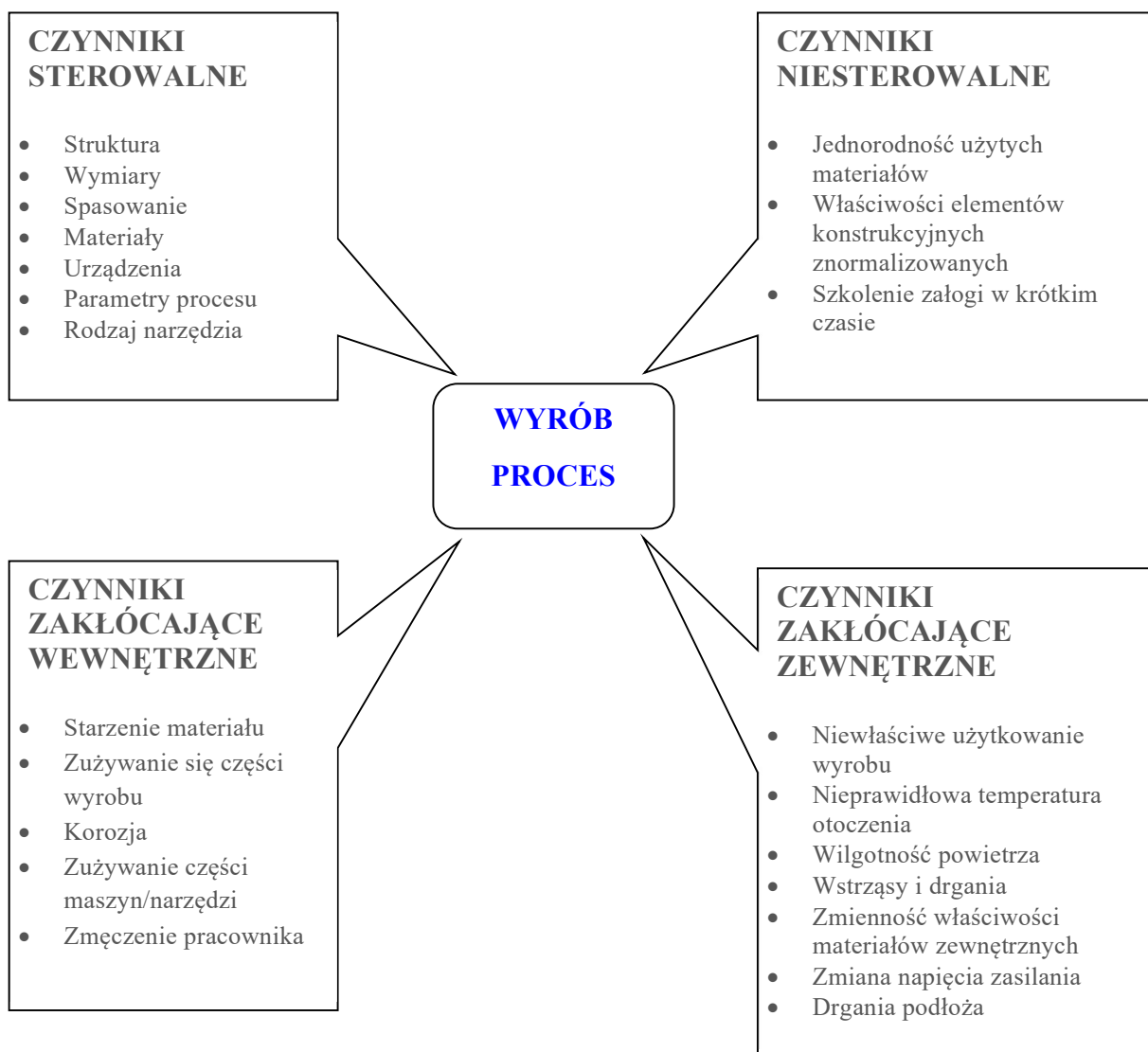
- Zdolność lepszego przewidywania funkcjonowania procesów,
- Zdolność do podejmowania lepszych decyzji,
- Zdolność do ciągłego doskonalenia procesów/produktów.

Jest to duże efektywniejsze podejście niż tradycyjne spojrzenie na jakość, które opiera się na:

- Kontroli,
- Poprawie jakości poprzez zwiększenie ilości i częstotliwości kontroli,
- Poglądzie, że wypełnienie specyfikacji jest wystarczające,
- Stwierdzenie, że jakość to sprawa ludzi pracujących na montażu i przy kontroli.

Należy zaznaczyć, że na funkcjonowanie procesu oddziałują 3 rodzaje czynników:

1. Czynniki sterowalne (control factors), czyli te które mogą być w łatwy sposób skontrolowane i utrzymywane,
2. Czynniki niesterowalne lub sterowalne w ograniczonym zakresie,
3. Czynniki zakłócające, czyli odchylenia które są trudne, bądź też niemożliwe do kontroli.



Rys.3. Schemat przykładowych czynników działających na proces.

Podsumowanie

Planowanie eksperymentów jest kluczową metodą w inżynierii oraz przemyśle, umożliwiającą systematyczne badanie wpływu różnych czynników na badane procesy. W artykule omówiono różne aspekty tej metodologii, począwszy od podstawowych kroków, takich jak czynniki wpływające na proces i definiowanie obszaru wnioskowania, poprzez podstawowe rodzaje przeprowadzanych eksperymentów.

Główne zalety metody planowania eksperymentów:

- **Efektywność czasowa i kosztowa:** Projektowanie doświadczeń pozwala na przeprowadzenie eksperymentu przy minimalnym wykorzystaniu zasobów, co przekłada się na oszczędność czasu i pieniędzy,
- **Optymalizacja procesów i ich jakości:** Metoda ta pozwala na identyfikację optymalnych ustawień parametrów procesu lub czynników wpływających na jakość produktu,
- **Zrozumienie zależności przyczynowo – skutkowych:** Projektowanie doświadczeń umożliwia zrozumienie, które czynniki mają istotny wpływ na wyniki eksperymentu,
- **Minimalizacja wpływu zakłóceń:** Poprzez odpowiednie zaprojektowanie eksperymentu można zmniejszyć wpływ zakłóceń i szumów na wyniki, co prowadzi do bardziej dokładnych wniosków,
- **Wszechstronność:** Projektowanie doświadczeń może być stosowane w różnych dziedzinach nauki, techniki, przemysłu oraz w badaniach społecznych.

W skrócie, metoda DoE (Design of Experiments) jest skutecznym narzędziem analitycznym, które pomaga inżynierom w lepszym zrozumieniu procesów i zjawisk poprzez planowanie i przeprowadzanie eksperymentów w sposób efektywny i celowy. Wnioski wyciągnięte z planowania eksperymentów mają zastosowanie nie tylko w badaniach naukowych, ale także w przemyśle, gdzie mogą być wykorzystane do optymalizacji procesów produkcyjnych, doskonalenia produktów, podnoszenia jakości, redukcji zmienności oraz minimalizacji kosztów. Dzięki metodologii planowania eksperymentów możliwe jest podejmowanie bardziej świadomych decyzji opartych na solidnych danych empirycznych, co przyczynia się do postępu w różnych dziedzinach nauki i technologii.