

# Jakość produkcji – propozycja metody oceny oraz znaczenie w procesie wytwarzania

Jarosław Łapeta

Politechnika Częstochowska, Wydział Zarządzania, Instytut Ekonometrii i Informatyki, Zakład Informatyki Stosowanej,  
42-200 Częstochowa, ul. Armii Krajowej 19b, tel. 034 32 50 378, jlapeta@zim.pcz.czyst.pl

Tomasz Lis

Politechnika Częstochowska, Wydział Zarządzania, Instytut Ekonometrii i Informatyki, Zakład Informatyki Stosowanej,  
42-200 Częstochowa, ul. Armii Krajowej 19b, tel. 034 32 50 378, tomlis1@wp.pl

Paweł Figat

Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Informatyki, Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej,  
Zakład Informatyki Ekonomicznej, 42-200 Częstochowa, ul. Dąbrowskiego 71, pfigat@wp.pl

**Streszczenie:** Jakość produkcji jako istotny czynnik produkcji to teza, która od dawna przewija się wśród ekspertów zajmujących się oceną pracy w zakładach produkcyjnych. Dla wydajnej produkcji niezbędne jest określenie najlepszej kombinacji czynników wpływających na pewien produkt. Należy przeprowadzić oceny tych kombinacji, dążąc do uzyskania jak najwyższej jakości produkcji. Wpływ wymagających klientów, wolny rynek, konkurencja, estetyka, funkcjonalność, potrzeby rynkowe to tylko niektóre kryteria oceny jakości. Jakie są rangi poszczególnych kryteriów, oraz jakie poziomy oceny zastosować, aby dobrze ocenić jakość spróbujemy odpowiedzieć w tym referacie?

## I WSTĘP

Po stadium projektowania produkcji następuje jej wytwarzanie. Duży wpływ na jakości produkcji na tym etapie wykazują czynniki procesu produkcyjnego (wyposażenie wykorzystywane dla produkcji, personel, materiały wejściowe itp.). Aby otrzymać produkt wysokiej jakości należy określić najlepszą kombinację tych czynników z punktu widzenia otrzymania najlepszej jakości.

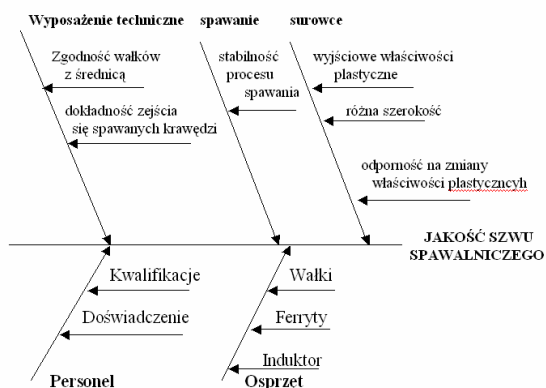
## II METODYKA BADANIA JAKOŚCI PRODUKCJI

Ocena jakości produkcji została przeprowadzona na przykładzie działu elektrycznego spawania rur w zakładzie metalurgicznym. W rezultacie przeprowadzenia „burzy mózgów” na temat problemów jakości z udziałem specjalistów przedsiębiorstwa, zostały wydzielone czynniki określające jakość rur. Każdy z tych czynników charakteryzowany jest ogólnie przez następujące dwustopniowe parametry:

- surowiec;
  - plastyczne cechy wyjściowe;
  - odporność na zmiany właściwości plastycznych;
  - różna szerokość materiału
- osprzęt
  - wałki;
  - ferryty;
  - induktor;
- proces spawania;
  - stabilność wysokoczęstotliwościowego spawania;

- równomierne działanie spawania elektrycznego na całą długość spawanej rury.
- wyposażenie techniczne;
  - zgodność rolek ze średnicą rury;
  - dokładność zejścia się krawędzi spawanych
- personel;
  - doświadczenie;
  - kwalifikacja.[2]

Diagram przyczynowo – skutkowy czynników mających wpływ na jakość spoiny, została przedstawiona na rysunku 1



Rysunek 1 – Diagram przyczynowo – skutkowy formowania jakości szwu spawalniczego

Dalej wszystkie czynniki zostały przedstawione w postaci funkcji „życzenia” dla kształtowania na ich bazie uogólnionego kryterium jakości. Wszystkie wskaźniki zostały wcześniej ukształtowane za pomocą tradycyjnych postaci funkcji „życzenia”. [3]

Wyjściowe właściwości plastyczne surowca charakteryzują, w jaki sposób materiał poddaje się deformacji, czy nie powstają pęknięcia, załomy itp. Ponieważ rura jest formowana z arkusza stalowego poprzez jego zginanie, dlatego też powyższe właściwości powinny być dostatecznie wysokie.

Przez odporność na zmiany właściwości plastycznych rozumie się zmianę owych cech pod działaniem temperatury. Właściwości te mogą mieć duże znaczenie na trwałość spoiny spawalniczej a przez to na wytrzymałość całej rury. Dlatego też nie jest pożądana

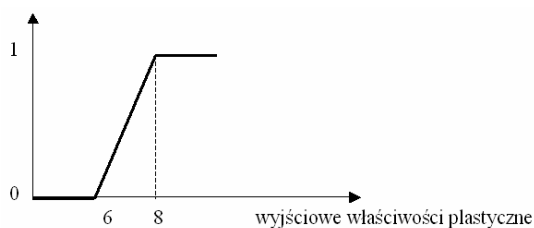
taka sytuacja, gdy cechy te zmieniają się znacznie podczas obróbki materiału.

Opisanie powyższych cech plastycznych materiału zostało opracowane za pomocą skali opisowej, pokazanej w tabelicy 1. Pożądane postacie funkcji zostały przedstawione na rysunkach 2 i 3 [4]

**Tabela 1 – SŁOWNE OCENY WŁAŚCIWOŚCI PLASTYCZNYCH**

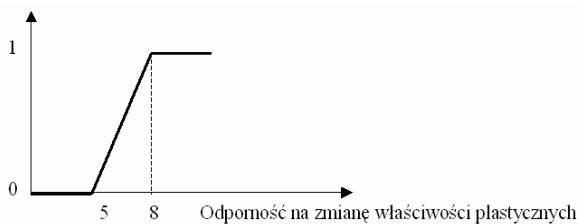
Wartość	Opis
1	Niedopuszczalnie niskie właściwości
2	Bardzo złe właściwości plastyczne
3	Złe właściwości plastyczne
4	Nienajlepsze właściwości plastyczne
5	Zadawalające właściwości plastyczne
6	Srednie właściwości plastyczne
7	Dobre właściwości plastyczne
8	Bardzo dobre właściwości plastyczne
9	Najlepsze właściwości plastyczne

Niedopuszczalne jest poziom poniżej średniego, dopuszczalny jest poziom dobrych właściwości plastycznych, najlepiej jednak aby były one wyższe niż dobre.[1]



Rysunek 2 – pożądana postać funkcji dla wyjściowych właściwości plastycznych

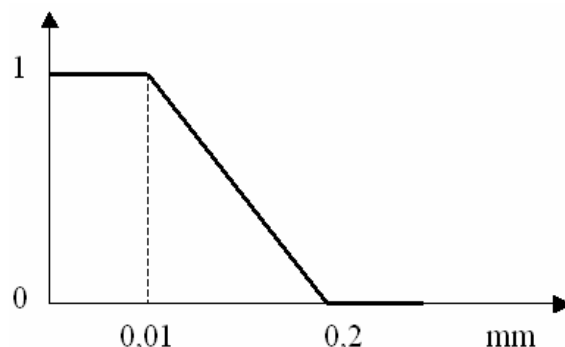
Dla odporności materiału na zmianę właściwości plastycznych niedopuszczalna jest wartość poniżej zadawalającego. Dopuszczalna jest wartość średnia i dobra. Oczywiście najlepiej jest gdy wartość jest w miarę możliwości najwyższa



Rysunek 3 – Pożądana postać funkcji dla odporności na zmianę właściwości plastycznych

Różna szerokość wynika z następującej przyczyny: przy przygotowaniach zwiniętego w rolę arkusza blachy do spawania, ma miejsce jego nacięcie na wstęgach. Nacięcie jest robione półautomatycznie, dlatego też czasami końce wstęg są obcięte nierówno, co przy kształtowaniu rury nie schodzą się dokładnie krańce i powstają szczeliny. W ten sposób otrzymuje się braki. Im mniejsza szerokość, tym lepszej jakości otrzymuje się szew spawalniczy.

Pożądana postać funkcji została przedstawiona na rysunku 4. Niedopuszczalna jest różnica powyżej 0,2 mm, wartość dopuszczalna kształtuje się w granicach 0,01-0,2 mm, najlepiej jednak gdy jest mniejsza 0,01 mm.



Rysunek 4 – pożądana postać funkcji dla kryterium szerokości.

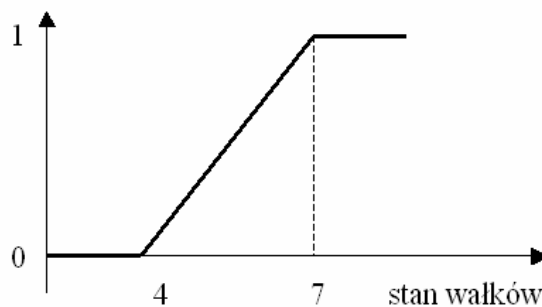
Wałki biorą udział w procesie formowania rury ze wstęgi przed spawaniem. Stan wałków ma wpływ na jakość formowanej rury.

Innymi ważnymi czynnikami są: stan induktora, zabezpieczającego proces spawania i skład ferrytów uczestniczących w procesie spawania. Te parametry zostały wyznaczone przez ekspertów za pomocą skali słownej, przedstawionej w tabelicy 2. Pożądane postacie funkcji zostały przedstawione na rysunkach 5, 6 i 7.

**Tabela 2 – SŁOWNY OPIS STANU OCENY INDUKTORA, WAŁKÓW I FERRYTÓW**

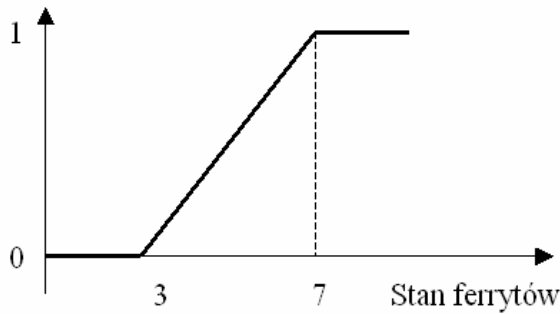
Wartość	Opis
1	Niedopuszczalnie niski stan
2	Bardzo niski stan
3	Zły stan
4	Nienajlepszy stan
5	Stan zadawalający
6	Stan średni
7	Stan dobry
8	Stan bardzo dobry

Dla wałków niedopuszczalny jest stan poniżej poziomu „nienajlepszego”, dopuszczalny jest stan średni i dobry. Najlepiej gdy jest to poziom wyższy od dobrego.



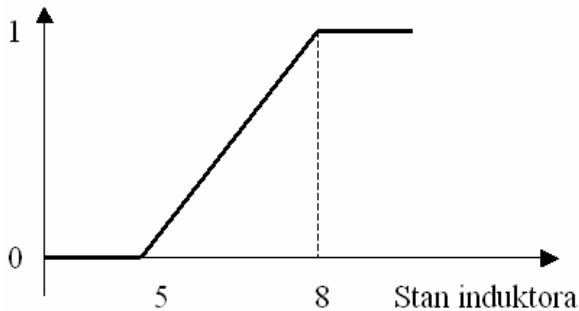
Rysunek 5 – Pożądana postać funkcji stanu wałków

Dla ferrytów niedopuszczalna jest wartość poniżej złego poziomu, dopuszczalne są poziomy od nienajlepszego do dobrego. Najlepiej gdy jest to poziom wyższy niż lepszy



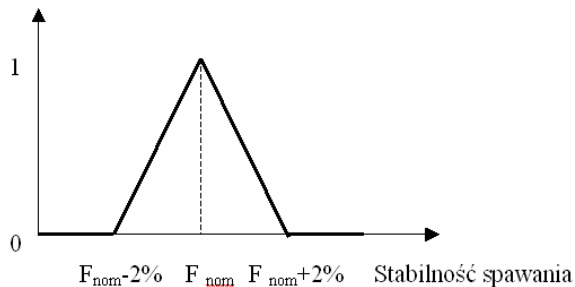
Rysunek 6 – pożądana postać funkcji dla stanu ferrytów

Dla induktora niedopuszczalny jest poziom niższy niż średni, dopuszczalny jest w przedziale od wartości średniej do bardzo dobrej. Najlepiej gdy wartość ta mieści się w przedziale powyżej bardzo dobrego.



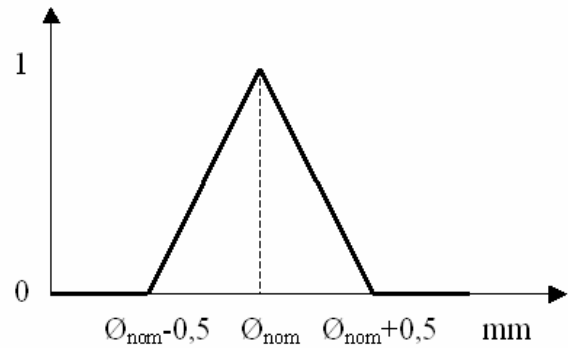
Rysunek 7 – Pożądana postać funkcji dla stanu induktora

Stabilność procesu spawania zakłada równomierne rozłożenie spawu elektrycznego na całym obszarze spawanej rury. W przeciwnym przypadku otrzymany szew nie jest trwały, może nastąpić przepalenie materiału lub nie dospawanie końców rury. Pożądana postać funkcji jest przedstawiona na rysunku 8. Dopuszczalna odchyłka powyższego procesu od nominalnej częstotliwości wynosi 5%.



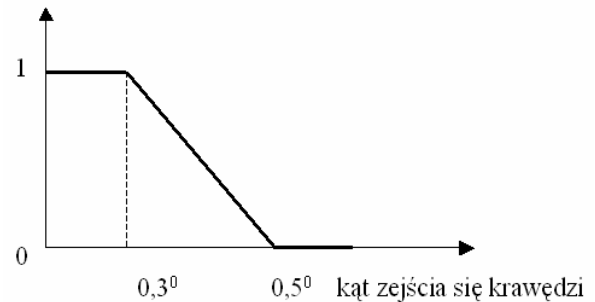
Rysunek 8 – pożądana postać funkcji dla stabilności spawania

Zgodność rolek ze średnicą rury oznacza taki wybór średnicy rolek, aby końce wstęgi, z której ma być zwinięta rura schodziły się dokładnie krawędź do krawędzi bez żadnych szczelin. Odchylenie od średnicy nominalnej powinno być jak najmniejsze. Pożądana postać funkcji został przedstawiony na rysunku 9. Dopuszczalne odchylenie od średnicy nominalnej jest 0,5 mm.



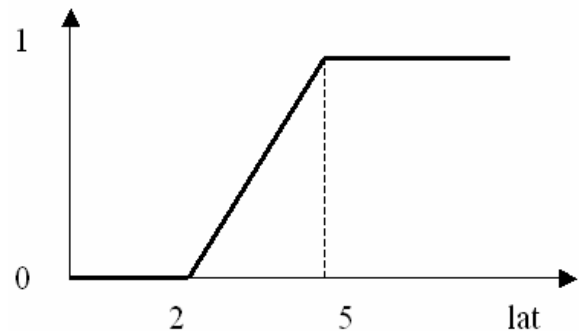
Rysunek 9 – pożądana postać funkcji dla zgodności rolek ze średnicą rury

Kąty przylegania krawędzi są ważne, gdyż przy formowaniu spoiny krawędzie przygotowane do spawania muszą przylegać ściśle jedna do drugiej, w ten sposób otrzyma się trwałą spoinę. Pożądana postać funkcji jest przedstawiona na rysunku 10. Kąt zejścia się krawędzi nie powinien być większy niż  $0,5^{\circ}$ . Za stan normalny uważa się kąt do  $0,3^{\circ}$ .



Rysunek 10 – pożądana postać funkcji dla kątów zejścia się krawędzi

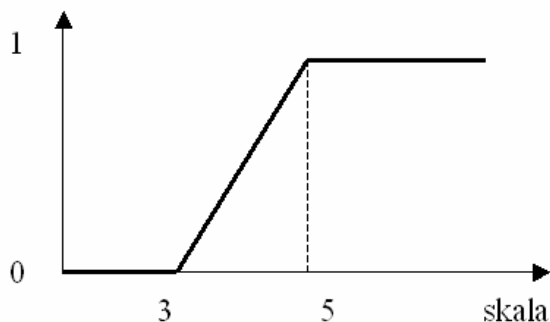
Doświadczenie personelu oznacza staż pracy danego pracownika przy procesie spawania. Średni poziom doświadczenia jest określany dla zmiany, brygady, albo pojedynczych pracowników pracujących na stanowisku. Pożądana postać funkcji jest przedstawiona na rysunku 11. Niedopuszczalny jest staż pracy pracownika niższy niż 2 lata, okres pracy od 2-5 lat jest dopuszczalny, natomiast najlepszy jest gdy jest dłuższy niż 5 lat.



Rysunek 11 – pożądana postać funkcji dla doświadczenia

Kwalifikacje pracowników zakładają minimalne wymagania stawiane kwalifikacjom personelu pracującego przy procesie spawania. Pracownicy są podzieleni wg kilku stopniowej skali zaszerogowania.

Niedopuszczalny jest kategoria pracownika poniżej 3, najbardziej pożądana jest kategoria powyżej 5.



Rysunek 12 – pożądana postać funkcji dla kwalifikacji

Względna ważność czynników jest określana z macierzy porównań wzajemnych. Przykład formowania takiej macierzy dla czynników drugiego stopnia diagramu przyczynowo – skutkowego jest przedstawiony w tabeli 3.

**Tabela 3 – MACIERZ PORÓWNAŃ WZAJEMNYCH KRYTERIÓW CHARAKTERYZUJĄCYCH CZYNNIK „OSPRZĘT”**

	Induktor	Walki	Ferryty
Induktor	1	1/5	2
Walki	5	1	4
ferryty	1/2	1/4	1

W tabeli 4 przedstawiona została macierz porównań wzajemnych kryteriów, pośrednio wpływających na uogólniony wskaźnik jakości

**Tabela 4 – MACIERZ PORÓWNAŃ WZAJEMNYCH KRYTERIÓW PIERWSZEGO STOPNIA**

	Surowce	Osprzet	Spawanie	Wyposażenie techniczne	Personel
Surowce	1	3	2	1/5	7
Osprzet	1/3	1	1/3	1/5	2
Spawanie	1/2	3	1	2	8
Wyp. Techn.	5	5	1/2	1	3
personel	1/7	1/2	1/8	1/3	1

Po otrzymaniu współczynników względnej ważności czynników, wartości których zostały podane w tablicy 5, można przystąpić do formułowania ogólnego kryterium jakości wg trzech wariantów syntezy DD<sub>1</sub> - zasada globalnego pesymizmu, DD<sub>2</sub> – zasada addytywna, DD<sub>3</sub> – zasada multiplikatywna. Rezultaty syntezy zostały przedstawione w tabeli 6. Jak widać, najgorzej pod względem jakości wypadł personel, jednakże jest to najmniej ważny czynnik, który nie ma decydującego wpływu na jakość szwu spawalniczego. Pozostałe czynniki otrzymały wysokie oceny. [5]

**Tabela 5 – RANGI CZYNNIKÓW PIERWSZEGO STOPNIA DLA SZWU SPAWALNICZEGO**

Czynnik	Współczynnik względnej ważności
Surowiec	1,9
Osprzet	0,44
Spawanie	1,7
Wyposażenie techniczne	0,73
personel	0,23

**Tabela 6 – ILOŚCIOWE OCENY JAKOŚCI KRYTERIÓW PIERWSZEGO STOPNIA**

Czynniki pierwszego stopnia	DD <sub>1</sub>	DD <sub>2</sub>	DD <sub>3</sub>
Surowiec	0,85	0,96	0,85
Osprzet	0,95	0,98	0,95
Spawanie	0,89	0,91	0,89
Wyposażenie tech.	0,86	0,88	0,87
Personel	0,36	0,43	0,36

Każdy z powyższych kryteriów DD<sub>1</sub>-DD<sub>3</sub> rozpatrywany jest jako funkcja „życzenia” odpowiedniego czynnika pierwszego stopnia z punktu widzenia podwyższenia ogólnego wskaźnika jakości. Pozwala to następnie otrzymać ilościową ocenę jakości ogólnego wskaźnika jakości poprzez syntezę wartości DD<sub>1</sub>-DD<sub>3</sub> dla kryteriów pierwszego stopnia z uwzględnieniem ich rang. W rezultacie otrzymuje się wartości ogólnego wskaźnika jakości, które przedstawione są w tabeli 3.15

**Tabela 7 – WARTOŚCI OGÓLNEGO WSKAŹNIKA JAKOŚCI**

Typ syntezy poszczególnych kryteriów	Wartości ogólnego wskaźnika
Maksymalny pesymizm	0,898
Addytywny	0,906
multiplikatywny	0,897

### III PODSUMOWANIE

Wartości liczone wg wszystkich trzech wariantów pokrywają się, co mówi o prawdziwości otrzymanych wyników. Wartości ogólnego wskaźnika są bliskie jedności (1 – idealny przypadek), co mówi o produkcji na wysokim stopniu jakości. Nie jest to dziwne, gdyż badany zakład metalurgiczny poważnie traktuje sprawy związane z jakością swoich wyrobów finalnych. Niedawno przedsiębiorstwo to otrzymało certyfikat ISO 9000. Duża liczba zagranicznych kontrahentów świadczy o wysokiej jakości produkowanych wyrobów.

Metoda może być stosowana do ciągłego badania jakości produkcji przy pomocy oprogramowania. Jest to najbardziej obiektywna metoda do badania jakości produkcji z punktu widzenia istnienia zakładu na arenie gospodarki rynkowej.

### LITERATURA

- [1] Zadeh L.A., Fuzzy Sets //Information and Control.- 1965. V. 8. - P. 338 – 353
- [2] Systemy informatyczne zastosowania i wdrożenia 2002, red. J. K. Grabara, J. Nowak, WNT Warszawa – Szczyrk 2002 t1, t2
- [3] Systemy informatyczne zastosowania i wdrożenia 2003, red. J. K. Grabara, J. Nowak, WNT Warszawa – Szczyrk 2003 t1, t2
- [4] Sewastianow P., P. Róg, K. Karczewski, A Probabilistic Method for Ordering Group of Intervals. Informatyka teoretyczna i stosowana/Computer Science. Politechnika Częstochowska, Rocznik 2, 2 (2002), s. 45-53.
- [5] Sevastianov P., A. Venberg, Constructive method for fuzzy interval comparison in optimization tasks. Information Networks, Systems and Technologies, Proceedings of VII International Conference, Minsk, 2001, pp. 52-57. (in Russian)