ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1991

Seria: HUTNICTWO z.36 Nr kol. 1063

Grażyna RADZIEJOWSKA
Jadwiga STAWECKA-PUCZYŁOWSKA

METODA BADANIA CZYNNIKÓW KSZTAŁTOWANIA JAKOŚCI PRODUKCJI

Streszczenie. Podjęto próbę opracowania metody rozwiązywania problemów jakościowych opartej na kilku znanych technikach organizatorskich pozwalających na klasyfikację przyczyn powstawania produkcji wadliwej, analizę ich rozkładu i wyboru drogi zmniejszenia produkcji wadliwej. W metodzie wykorzystano następujące techniki organizatorskie: wykresy Ishikawy, analizę nierównomierności rozkładów i drzewo celów. Przedstawioną metodę wykorzystano do rozwiązania problemu jakościowego dotyczącego wlewków stalowych.

Zapewnienie przez producentów właściwego poziomu jakości produkowanych wyrobów jest jednym z podstawowych czynników w kształtowanym aktualnie w kraju nowym modelu gospodarczym. Złożona problematyka zagadnień jakościowych ujęta w kompleksowy system sterowania jakością w przedsiębiorstwie obejmuje cały cykl wytwarzania wyrobu i znajduje swój wyraz w dynamicznym oddziaływaniu na poziom jakości wykonywanych prac. Realizacja systemu powinna wynikać z konkretnych możliwości techniczno-ekonomicznych i organizacyjnych przedsiębiorstw, określonych na podstawie wielokierunkowych analiz jego działalności oraz założeń prognostycznych.

Jednym z istotnych elementów kompleksowego systemu sterowania jakością jest systematyczne zmniejszanie strat z tytułu wadliwej produkcji wyrobów. We współczesnym przedsiębiorstwie przemysłowym właściwy program zapewnienia jakości powinien umożliwić takie wczesne wykrywanie przyczyn niedomagań jakości, aby w większości przypadków można było podjąć odpowiednie kroki w celu eliminacji źródeł ich powstawania.

Z tych względów w odniesieniu do wyrobów aktualnie produkowanych celowe jest prowadzenie analizy przyczyn i skutków kształtowania się poziomu jakości wyrobów i ustalanie na jej podstawie kierunków działań, umożliwiających uzyskanie maksymalnych efektów ekonomicznych, technicznych i społecznych, wypływających z właściwej jakości produkowanych wyrobów.

Jakość wyrobów przemysłowych jest uzależniona od całego szeregu bardzo zróżnicowanych czynników. Rozpatrując wybrany proces produkcyjny, w wyniku którego powstaje konkretny wyrób, można ogólnie wyodrębnić 3 grupy czynników mających wpływ na jakość wyrobów:

- czynniki techniczne,
- czynniki organizacyjne,
- czynniki psychologiczne.

Największe znaczenie mają czynniki natury technicznej, gdyż rozwój nowej techniki jest motorem tworzenia nowych możliwości w zakresie jakości. Niemniej istotną rolę mają czynniki natury organizacyjnej, od których zależy sprawny przebieg procesu produkcyjnego i właściwe sterowanie jakością produkcji. Czynniki natury psychologicznej występują najczęściej jako reakcje na warunki pracy, układ bodźców materialnych i moralnych, stosunki międzyludzkie w zakładzie pracy.

Należy podkreślić, że wymienione grupy czynników wiążą się ściśle ze sobą i trudno jest wyznaczyć bezpośrednio wpływ poszczególnych czynników na układ, w jakim one działają, gdyż zmiana poziomu jednego powoduje zmiany wpływu innych, co daje uwikłany charakter funkcji. W związku z tym struktura przyczyn powstawania produkcji wadliwej jest często złożona, a przyczyny wzajemnie powiązane. Dlatego poszukuje się ciągle właściwych metod analizy i oceny tej złożonej problematyki, mając na uwadze główny cel tych poszukiwań, którym jest polepszenie jakości produkcji i efektów ekonomicznych przedsiębiorstwa.

Opis metody

Przegląd literatury z dziedziny jakości wykazał, że istnieje ciągle potrzeba poszukiwań metodyki zbierania i przetwarzania informacji niezbędnej dla zmniejszenia strat z tytułu wadliwej produkcji. Podjęto zatem próbę opracowania metody rozwiązywania problemów jakościowych opartej na kilku znanych technikach organizatorskich, pozwalających na klasyfikację przyczyn powstawania produkcji wadliwej, analizę ich rozkładu i wyboru drogi zmniejszenia ilości produkcji wadliwej. W metodzie wykorzystano następujące techniki organizatorskie: wykresy Ishikawy, analizę nierównomierności rozkładów, i drzewo celów.

Opierając się na tych technikach zaproponowano następujący tok postępowania:

1. przeprowadzenie analizy diagnostycznej badanego problemu jakościowego,
2. sporządzenie na podstawie wyników analizy wykresów Ishikawy, klasyfikujących przyczyny powstawania produkcji wadliwej,
3. wybór najistotniejszych i najczęściej powtarzających się przyczyn wybraków, z możliwością zastosowania analizy nierównomierności rozkładów,
4. zastosowanie techniki drzewa celów jednoczącej liczbową interpretację z zasadmi logiki dedukcyjnej w celu ustalenia wariantu poprawy jakości o najwyższym prawdopodobieństwie efektywnej realizacji.

Przeprowadzenie analizy problemów jakościowych tą metodą wymaga szerszego grona specjalistów różnych dziedzin (technolog, organizator, pracownik służby kontroli jakości, pracownik produkcji).

Przedstawiony tok postępowania podyktowany został tym, że w problemach jakościowych ma się zwykle do czynienia z łańcuchem przyczyn powstawania wad, których struktura jest złożona, a przyczyny wzajemnie powiązane.

ETAP 1.

Pierwszym etapem jest przeprowadzenie analizy badanego problemu pozwalającego na zgromadzenie informacji powstawania wadliwych wyrobów. Zebrany zbiór informacji winien być wyczerpujący, tak aby umożliwił sporządzenie klasyfikacji przyczyn powstawania wad.

ETAP 2.

Uzyskany zbiór informacji stanowi podstawę do sporządzenia wykresu Ishikawy, gdzie na osi poziomej podano skutek określony jako produkcja wadliwa, a na rozgałęzieniach (ościach) układ przyczyn, które powodują ten skutek. Analizowaną strukturę przyczyn proponuje się rozpatrywać w układzie 5 grup, tj.:

- jakości materiałów wejściowych,
- środków pracy,
- czynnika ludzkiego i materialnych warunków pracy,
- procesu technologicznego,
- organizacji.

Zbudowany w ten sposób wykres Ishikawy przedstawia wszystkie możliwe przyczyny powstawania braków.

ETAP 3.

W przypadku gdy uzyska się duży zbiór różnorodnych przyczyn, w tym etapie należy przeprowadzić analizę układu przyczyn, aby wybrać najważniejsze i dające się wyeliminować w warunkach przedsiębiorstwa. Jest to ważny krok, gdyż mogą się znaleźć takie przyczyny, które są nierozwiązalne, z uwagi na uwarunkowania zewnętrzne. W tym celu powołany zespół specjalistów dokonuje wyboru istotnych przyczyn na podstawie ustalonych kryteriów. Wspomagającą doświadczenia zespołu techniką jest analiza nierównomierności rozkładów (analiza Pareto-Lorenza). W analizie tej sporządza się wykresy Pareto-Lorenza w układzie ilościowym i kosztowym dla produkcji wadliwej w odniesieniu do określonych przyczyn. Jednakże przeprowadzenie takiej analizy uwarunkowane jest zebraniem dodatkowych informacji, gdyż nie zawsze można te dane uzyskać z prowadzonych w przedsiębiorstwie kart braków. Działania te pozwolą ze złożonego łańcucha przyczyn ustalić, które z nich są najistotniejsze.

ETAP 4.

W tym etapie należy określić, w jaki sposób można wyeliminować najistotniejsze przyczyny. Można zastosować różnorodne metody organizatorskie, uwzględniające specyfikę danego przedsiębiorstwa. Takie postępowanie doprowadzi do podania wielu dróg pozwalających usunąć przyczyny, ale jest to zagadnienie skomplikowane, wymagające uwzględnienia wszystkich powiązań i ograniczeń. Z tego też względu proponuje się zastosowanie techniki (metody) drzewa celów, której źródłem grafu - określonym w drzewie celów jako cel ogólny - byłoby zmniejszenie wadliwości wyrobów,

a końcami grafu byłyby zadania elementarne, jakie są niezbędne do realizacji celu ogólnego. Przy opracowaniu struktury drzewa celów wykorzystujemy podany na wykresie Ishikawy układ przyczyn, który daje możliwość ustalenia elementów drzewa celów i występujących pomiędzy nimi zależności. Staramy się przestrzegać zasady - że elementy tego samego poziomu tworzone powinny być według tej samej zasady podziału oraz powinny być równe co do skali ważności.

Kolejnym krokiem byłoby opracowanie systemu oceny elementów drzewa celów poprzez dobór właściwych kryteriów oceny.
Proponuje się do oceny elementów przyjąć następujące kryteria, które uwzględniają rozwiązywalność problemu, jak i jego praktyczną użyteczność:

a) możliwość realizacji,
b) ekonomiczność,
c) niezawodność funkcjonowania (sprawność procesu produkcyjnego).

W przypadku trzeciego kryterium, podano 2 możliwości, których wybór zależny jest od obszaru badanego problemu (w przypadku jakości wyrobu finalnego - niezawodność funkcji),
(w przypadku procesu produkcyjnego - sprawność procesu produkcyjnego).
Następnie przeprowadza się obliczenia wskaźników oceny, a analiza wyników pozwala ustalić, które zadania są bardzo ważne i związane z nieznacznym ryzykiem w celu zmniejszenia ilości braków.
Obliczenia wskaźnika względnej ważności dokonano według wzoru:

$$r_l = \sum_{i=1}^{m} q_i \, s_i^{\,l} \quad ,$$

gdzie: q_i - ocena normowana znaczenia kryterium i,

$s_i^{\,l}$ - ocena normowana elementu l z punktu widzenia kryterium i

z zachowaniem warunku, że dla elementów jednej grupy $\sum_{j=1}^{n} r_j = 1$,

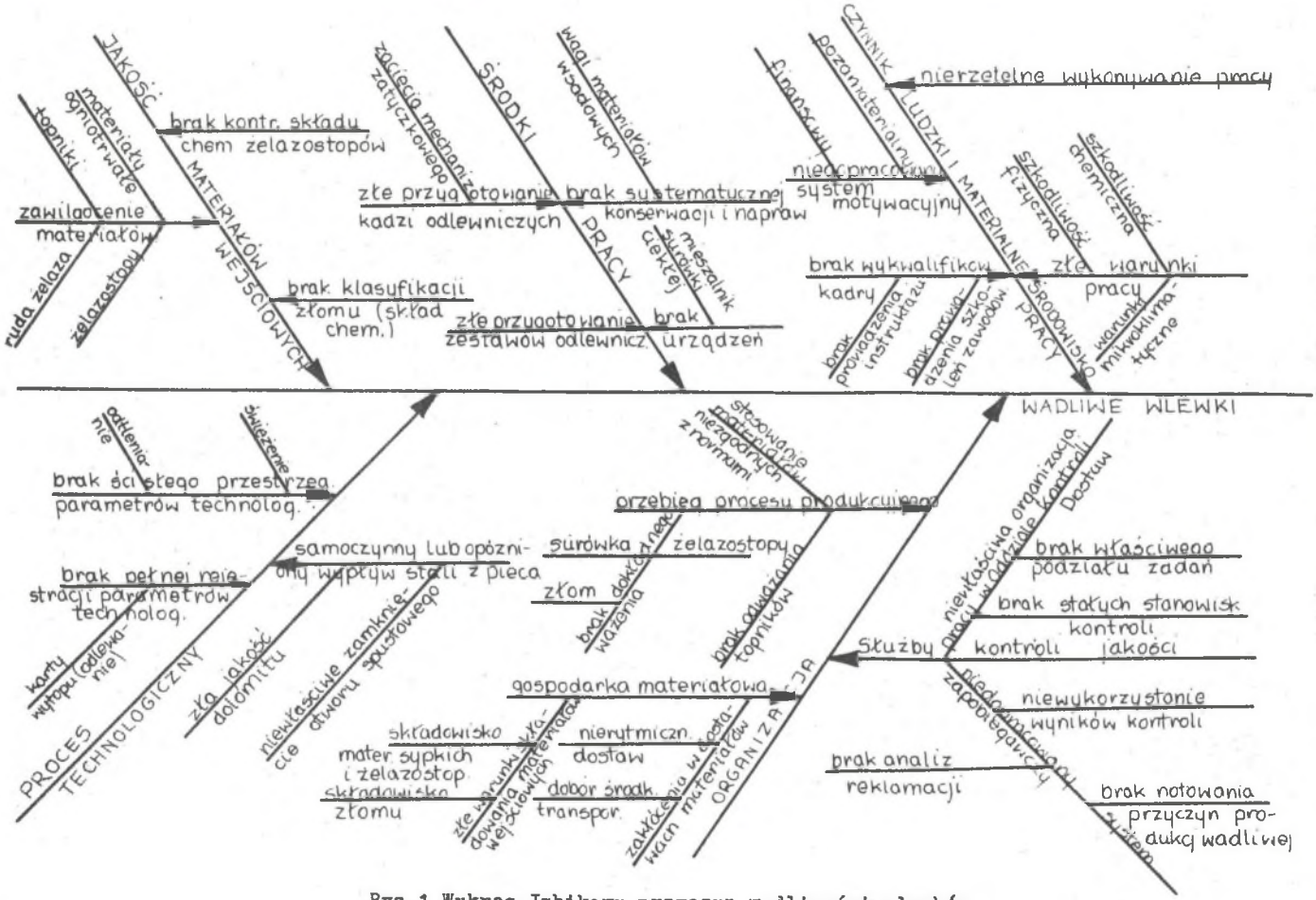
Ogólny wskaźnik względnej ważności elementu R_l obliczono ze wzoru:

$$R_l = \prod_{a=1}^{t} r_a$$

a - indeks elementu wspólnej gałęzi od elementu, dla którego liczony jest wskaźnik R do elementu najwyższego poziomu a = t

z zachowaniem warunku, że dla elemntów wspólnego poziomu

$$\sum_{j=1}^{n} R_j = 1$$



Rys.1 Wykres Ishikawy przyczyn wadliwości wlewków

Przykład zastosowania metody

Przedstwioną metodę wykorzystano do rozwiązania problemu jakościowego w przemyśle hutniczym, analizując szczegółowo proces produkcji wlewków stalowych. Proces ten obejmuje przygotowanie materiałów i surowców, wytwarzanie stali w piecu martenowskim i syfonowe odlewanie stali. Badania przeprowadzono zgodnie z tokiem postępowania podanym w opisie metody.

ETAP 1.

Przeanalizowano przebieg procesu w jednej z hut i określono układ przyczyn powodujących powstawanie wadliwych wlewków. Źródłem danych była dokumentacja techniczna i organizacyjna wydziału produkcyjnego oraz działu kontroli jakości i wywiady z pracownikami dotyczące bezpośredniego stanu organizacyjnego i wykonywania procesów pracy.

ETAP 2.

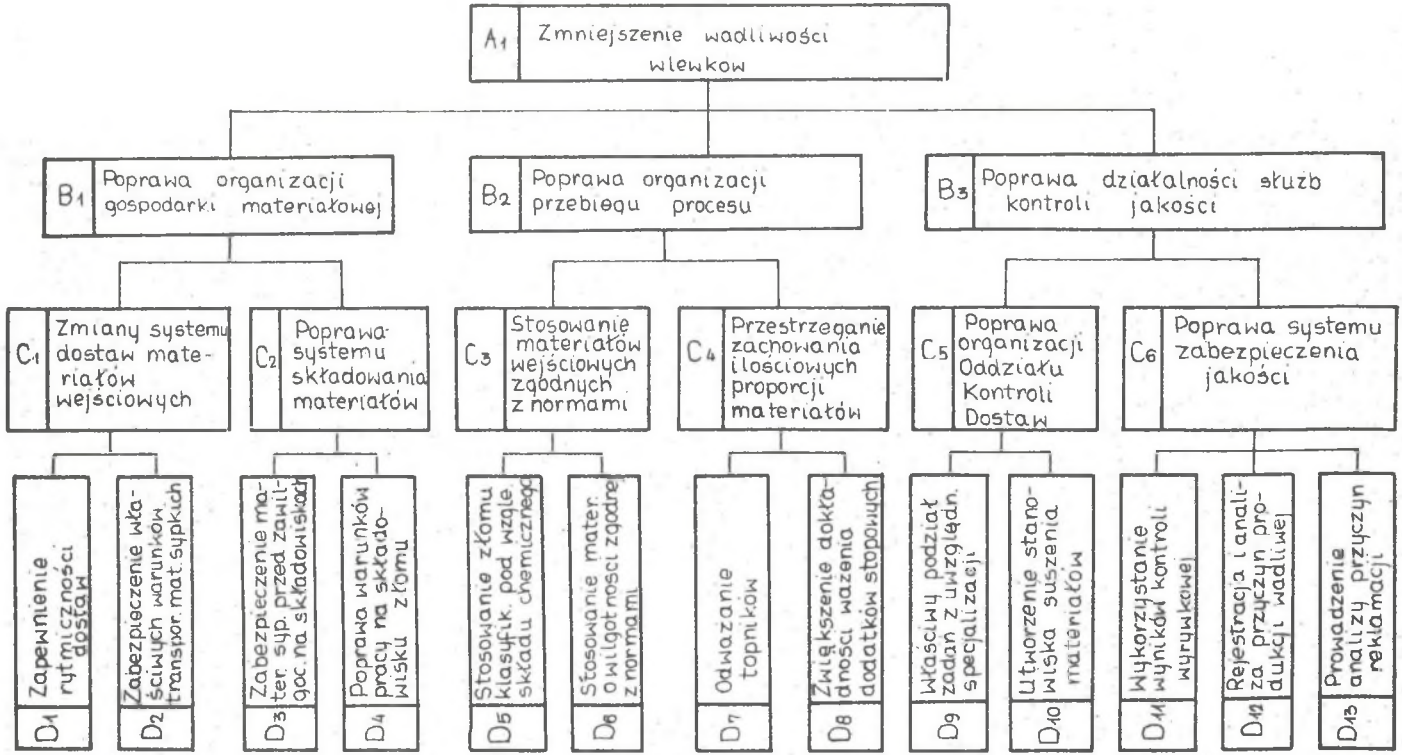
Na podstawie zebranych danych dokonano klasyfikacji przyczyn i sporządzono wykres Ishikawy, który przedstawiono na rys.1.

ETAP 3.

Realizacja etapu 3 proponowanej metody oparta na analizie Pareto-Lorenza okazała się niemożliwa do przeprowadzenia, gdyż w hutach prowadzone są ujęcia ilościowe wybraków w układzie rodzaju wad wlewków stalowych. Na podstawie prowadzonej dokumentacji (brak wielu danych) trudno było przeprowadzić analizę miejsca i przyczyn powstawania produkcji wadliwej w sposób jednoznaczny. Etap 3 wymaga więc prowadzenia bardzo szczegółowo kart kontroli wytopów odnośnie do parametrów procesu produkcyjnego oraz naniesienia dodatkowych informacji związanych ze wszystkimi przyczynami odstępstw od instrukcji technologicznych i wszelkich nieprawidłowości techniczno-organizacyjnych, które mogą mieć wpływ na końcową jakość wlewka. Z tego względu wybrano do dalszych badań jedną z istotnych, na którą zwraca się mniejszą uwagę w hutach, grupę przyczyn wiążącą się z czynnikami organizacyjnymi. Dla wybranej grupy określono kierunki usprawnień prowadzących do zmniejszenia strat spowodowanych produkcją wadliwą.

ETAP 4.

Opierając się na wykresie Ishikawy i biorąc pod uwagę proponowane kierunki usprawnień, określono strukturę drzewa celów, przyjmując jako cel ogólny zmniejszenie wadliwości wlewków, którą przedstawiono na rys.2. Drzewo zawiera 23 elementy tworzące 4 poziomy A,B,C i D.
Elementy tworzą 10 grup związanych z elementami wyższego poziomu:
$A_1(B_1B_2B_3)$; $B_1(C_1,C_2)$; $B_2(C_3,C_4)$; $B_3(C_5,C_6)$; $C_1(D_1,D_2)$; $C_2(D_3,D_4)$; $C_3(D_5,D_6)$; $C_4(D_7,D_8)$; $C_5(D_9,D_{10})$; $C_6(D_{11},D_{12},D_{13})$.



Rys.2. Struktura drzewa celów

Tablica 1

Zestawienie wyników oceny i wartości wskaźników względnej ważności elementów drzewa celów

Wyszczególnienie	Ocena elementu s_k^l			$\sum_{j=1}^{n} s_k^j$
1	2	3	4	5
Kryterium	B_1	B_2	B_3	
a	0,3	0,3	0,4	1,0
b	0,2	0,5	0,3	1,0
c	0,1	0,7	0,2	1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,21	0,48	0,31	$\sum_{j=B_1}^{B_3} r_j = 1,0$
Kryterium	C_1	C_2		
a	0,6	0,4		1,0
b	0,7	0,3		1,0
c	0,5	0,5		1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,60	0,40		$\sum_{j=C_4}^{C_2} r_j = 1,0$
Kryterium	C_3	C_4		
a	0,5	0,5		1,0
b	0,5	0,5		1,0
c	0,4	0,6		1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,47	0,53		$\sum_{j=C_3}^{C_4} r_j = 1,0$
Kryterium	C_5	C_6		
a	0,3	0,7		1,0
b	0,6	0,4		1,0
c	0,5	0,5		1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,45	0,55		$\sum_{j=C_5}^{C_6} r_j = 1,0$

1	2	3	4	5
Kryterium	D_1	D_2		
a	0,4	0,6		1,0
b	0,6	0,4		1,0
c	0,6	0,4		1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,52	0,48		$\sum_{j=D_1}^{D_2} r_j = 1,0$
Kryterium	D_3	D_4		
a	0,4	0,6		1,0
b	0,7	0,3		1,0
c	0,7	0,3		1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,58	0,42		$\sum_{j=D_3}^{D_4} r_j = 1,0$
Kryterium	D_5	D_6		
a	0,4	0,6		1,0
b	0,4	0,6		1,0
c	0,5	0,5		1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,43	0,57		$\sum_{j=D_5}^{D_6} r_j = 1,0$
Kryterium	D_7	D_8		
a	0,5	0,5		1,0
b	0,5	0,5		1,0
c	0,4	0,6		1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,47	0,53		$\sum_{j=D_7}^{D_8} r_j = 1,0$

1	2	3	4	5
Kryterium	D_9	D_{10}		
a	0,7	0,3		1,0
b	0,4	0,6		1,0
c	0,4	0,6		1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,52	0,48		$\sum_{j=D_9}^{D_{10}} r_j = 1,0$
Kryterium	D_{11}	D_{12}	D_{13}	
a	0,3	0,4	0,3	1,0
b	0,2	0,5	0,3	1,0
c	0,2	0,5	0,3	1,0
Wskaźnik względnej ważności r_j	0,24	0,46	0,30	$\sum_{j=D_{11}}^{D_{13}} r_j = 1,0$

Do oceny elementów drzewa celów przyjęto następujące kryteria:

a) możliwość realizacji,

b) ekonomiczność,

c) sprawność procesu produkcyjnego.

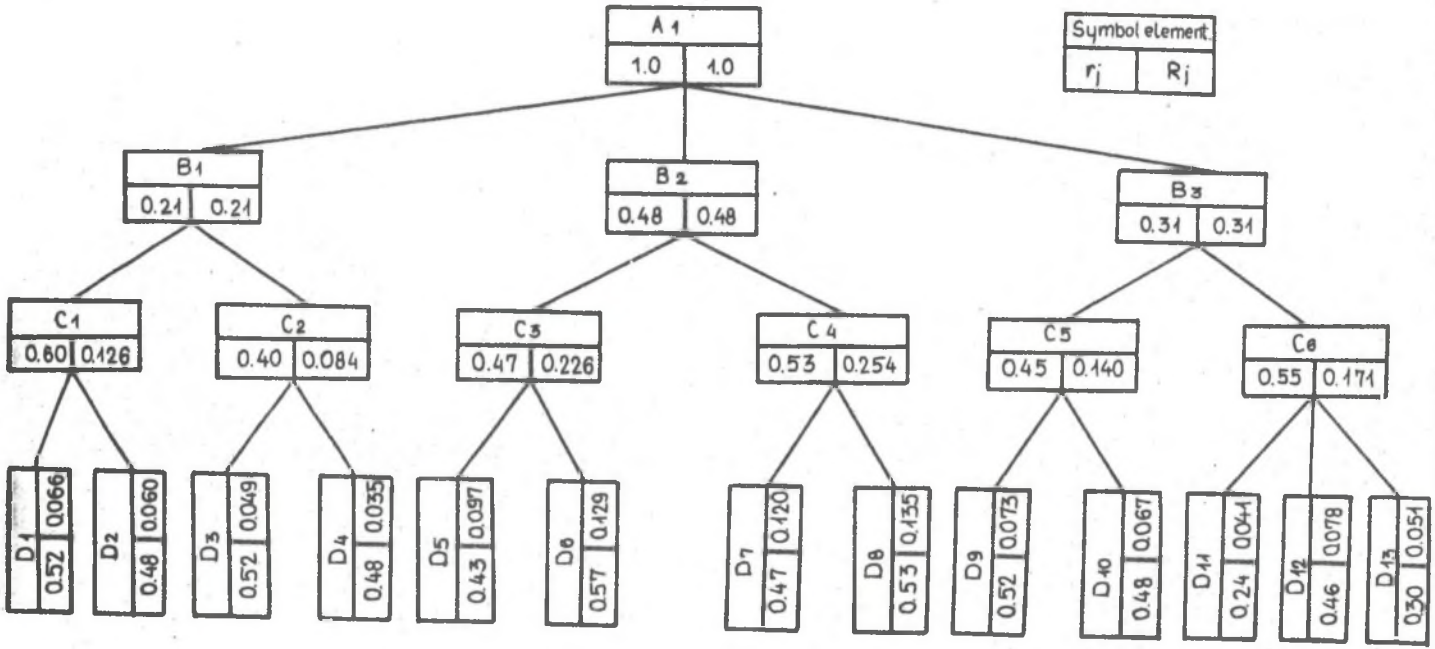
Znaczenie każdego z podanych kryteriów oceniono przy współudziale specjalistów stosując oceny normowane, przypisano im następujące wartości:

a = 0,4
b = 0,3
c = 0,3

$\sum = 1,0$

Stosując podobne zasady oceniono elementy drzewa celów według przyjętych kryteriów i obliczono wskaźniki względnej ważności r_1 dla danego elementu. Uzyskane dane zestawiono w tablicy 1.

Z uwagi na to, że dla praktycznego wykorzystania ocen elementów drzewa konieczna jest znajmość znaczenia, jakie poszczególne elementy mają dla realizacji elementu najwyższego poziomu, tzn. celu ogólnego, obliczono ogólne wskaźniki względnej ważności R_1. Wyniki obliczeń r_1 i R_1 naniesiono na drzewo celów przedstawiono na rys.3. Następnym krokiem było określenie, które elementy w szczególnym stopniu wpływają na osiągnięcie elementu najwyższego poziomu i których realizacja w związku z tym jest szczególnie ważna, a które mają małe znaczenie.



Rys.3 Wyniki obliczeń wskaźników oceny naniesione na drzewo celów

Tablica 2

Analiza i interpretacja wyników drzewa celów

Symbol elementu	Ogólny wskaźnik względnej ważności R_1	Klasy oceny elementów			Decyzja
		bardzo ważne $R_1 > 0,0924$	ważne $0,0924 > R_1 > 0,0462$	mało istotne nieistotne $R_1 < 0,0462$	
D_1	0,066		*		włączyć do planu
D_2	0,060		*		
D_3	0,049		*		
D_4	0,035			*	realizować poza planem
D_5	0,097	*			realizować zadania pierwszoplanowe
D_6	0,129	*			
D_7	0,120	*			
D_8	0,135	*			włączyć do planu
D_9	0,073		*		
D_{10}	0,067		*		
D_{11}	0,041			*	realizować poza planem
D_{12}	0,078		*		włączyć do planu
D_{13}	0,051		*		

Dokonano zatem podziału elementów ze względu na ich znaczenie dla realizacji elementu najwyższego poziomu na trzy klasy:

I bardzo ważne $R_1 > 1,2\ R_{1\emptyset}$

II ważne $1,2\ R_{1\emptyset} > R_1 > 0,6\ R_{1\emptyset}$

III mało istotne $R_1 < 0,6\ R_{1\emptyset}$

gdzie: $R_{1\emptyset}$ oznacza średnią wartość ogólnego wskaźnika względnej ważności wszystkich elementów określonego poziomu (tu najniższego).

Wartość średnia ogólnych wskaźników oceny elementów poziomu D wynosi $R_{1\emptyset} = 0,077$, a zatem górna granica analizy wynosi 0,0924, a dolna granica analizy wynosi 0,0462.

Wyniki zestawiono w tablicy 2.

Na podstawie analizy wyników stwierdzono, że wariant o najwyższym prawdopodobieństwie efektywnej realizacji znajduje się w pionie poprawy organizacji przebiegu procesu produkcyjnego. Jest to gałąź D_8-C_4-B_2-A_1.

Podsumowanie

Zaletą proponowanej metody jest możliwość kompleksowego rozwiązania problemów związanych ze sterowaniem jakością procesów produkcyjnych. Obrazuje ona i pozwala na klasyfikację przyczyn powstawania produkcji wadliwej, jak również na ustalenie najistotniejszych, najczęściej występujących wad i określenie skutecznych dróg ich eliminacji. Jednakże stosowanie metody wymaga zebrania szczegółowych informacji i powołanie odpowiedniego zespołu specjalistów. Tym niemniej stanowi skuteczną metodę rozwiązywania zagadnień jakości mogącą być wykorzystaną na każdym szczeblu zarządzania.

LITERATURA

[1] Kindlarski E.: Wykresy Ishikawy, Przegląd Organizacji, 1977, nr 8, s.363.

[2] Bieniaszewska E., Kindlarski E.: Analiza nierównomierności rozkładów Przegląd Organizacji, 1978, nr 1, s.16.

[3] Praca zbiorowa pod redakcją M. Stępowskiego: Nowe techniki organizatorskie, PWN, Warszawa 1977.

METHOD FOR QUALITY DIRECTING PROBLEMS IN THE PRODUCTION PROCESS

Summary

New method of quality solving problems based on few well known managing techniques which allow to classity the defective production canses, to classity the defective production canses, to analyse thier distribution and to chose the way of decteasing defective production has been developed in this paper. The following managing techniques have been used. Ishikawa's diagrams, uneveness distribution analysis. Quality problem of steel ingots has been solved applying the new presented method.

МЕТОД ИСПЫТАНИЙ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА

Резюме

Авторы попытались разработать метод решения качественных проблем на основе известных организационных приемов, которые позволяют уточнить источники возникающего брака, анализировать его распределения и способы уменьшения количества брака. Этот метод использует следующие организационные приемы: диаграммы Ишикавы, анализ неравномерности распределения и деревоцелей. Предложенный метод применяется для решения проблем качества при изготовлении стальных слитков.