

ANALIZA CZASÓW OBRÓBKI KÓŁ ZĘBATYCH JAKO ELEMENT OCENY PRODUKTYWNOŚCI I SZACOWANIA KOSZTÓW WYTWARZANIA

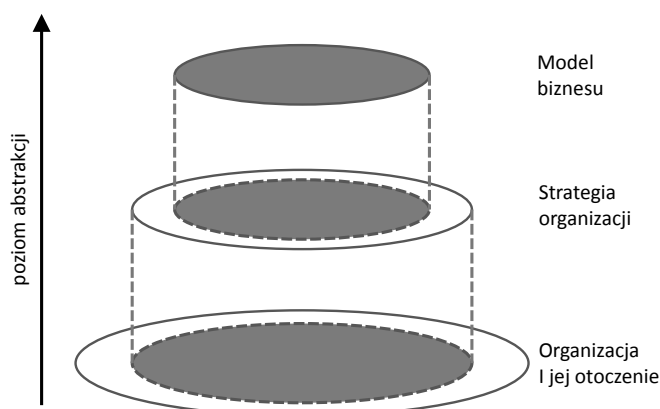
Aleksander GWIAZDA, Zbigniew MONICA, Grzegorz ĆWIKŁA,
Cezary GRABOWIK, Krzysztof KALINOWSKI

Streszczenie: Zarządzania strategiczne organizacjami produkcyjnymi jest zagadnieniem złożonym i obejmuje wiele zadań na poziomach taktycznym i operacyjnym. Jednym z takich zadań, o charakterze operacyjnym, jest analiza kosztów. Jej wykorzystanie pozwala na usystematyzowanie procesu operacyjnej oceny organizacji i dostosowania jej strategii działania. W niniejszym opracowaniu przedstawiono główne elementy tworzące strukturę modelu biznesu oraz wskazano powiązania pomiędzy nimi. Zwrócono także uwagę na problematykę szacowania czasów wytwarzania, jako proporcjonalnych do kosztów produkcji dla celów operacyjnej kontroli realizacji przyjętej strategii działania.

Słowa kluczowe: Model biznesu, strategia organizacji.

1. Pojęcie modelu biznesowego

Kwestia modelu biznesu jest elementem rozważań w zakresie strategii organizacji. Jest to pojęcie o szerokim zakresie znaczeniowym a tym samym mogące odnosić się do bardzo wielu kwestii [1]. Według ogólnej definicji model biznesu jest abstrakcyjnym ujęciem strategii organizacji, czyli ujęciem otrzymanym na drodze abstrahowania. Schemat tego procesu pokazano na rys. 1. Tym samym model biznesu to zapis istoty działania systemu funkcjonowania strategii organizacji, a tym samym jej całej.

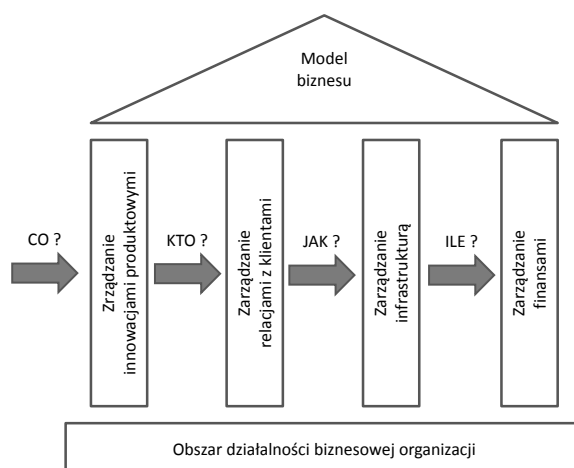


Rys. 1. Proces abstrahowania strategii [2]

Próbując ująć model biznesu w zwięzły opis definicyjny należy stwierdzić, że można go opisać w postaci swoistego systemu kilku podstawowych elementów składowych.

Elementy te należy traktować jako atrybuty rozważanego modelu. Obejmują one sześć jego kluczowych obszarów [2]: definicję, taksonomię, komponenty, narzędzia, zmiany i oceny. Definicja jest opisem składu elementów konstytuujących dany model biznesowy wraz z uwzględnieniem ich wzajemnych relacji. Cel tworzenia modelu zawarty jest w jego taksonomii. Celami takimi mogą być: koszty, ceny, akwizycja i zachowanie doświadczenia, kanały marketingowe i dystrybucji, kreowanie innowacji itp.

System danego modelu biznesu jest szczegółowo opisany poprzez graf relacji sprzężeń (powiązania elementów) i przekształceń (transformacja formuły elementu) odnoszący się do jego komponentów. Komponenty te można ująć w postaci sił rynkowych kształtujących formułę działania organizacji. Na rys. 2 przedstawiono główne komponenty rynkowe modelu biznesu (na bazie schematu Osterwaldera i Pigneura). Następnym elementem systemu biznesu to narzędzia. Oznaczają one instrumenty, które umożliwiają modelowanie systemu biznesowego. W zależności od charakteru zmian atrybutów tych modeli można dzielić je na statyczne i dynamiczne. W tym drugim przypadku dynamika modelu zdefiniowana jest na bazie zmian. Ostatni parametr, czyli oceny, odnosi się do estymacji wykonalności, opłacalności lub ewaluacji danego modelu biznesu.



Rys. 2. Główne komponenty modelu biznesu [3]

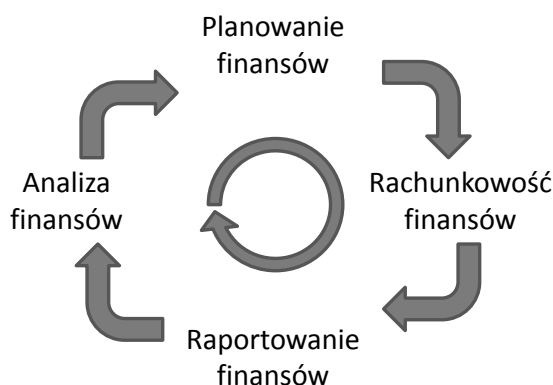
Schemat powyższy (rys. 2) konstituuje pewien proces tworzenia wartości organizacji poprzez sekwencyjny proces zarządzania działaniami organizacji odnośnie do konkretnej grupy rynkowej w oparciu o konkretny układ zasobowy oraz na bazie konkretnej sytuacji finansowej organizacji.

Ostatnim z elementów składowych jest zarządzanie finansami organizacji. W rozpatrywanym przypadku jest to zarządzanie kosztami przedsiębiorstwa produkcyjnego. Zarządzanie finansami obejmuje takie obszary jak:

- planowanie finansów (w tym planowanie kosztów),
- rachunkowość finansów (w tym rachunkowość kosztów),
- raportowanie finansów (w tym dotyczące kosztów),
- analiza finansów (w tym kosztów).

Układ ten nawiązuje do tradycyjnego schematu działań Deminga określonego akronimem PDCA (pokazano go na rys. 3). Układ ten tworzy koło zatem ostatni z etapów bezpośrednio

wpływa na etap pierwszy. W tym układzie planowanie, jako element działań strategicznych, odnosi się do tworzenia modelu finansowego na rozpatrywany okres czasu. Rachunkowość wiąże się z bieżącą ewidencją zdarzeń finansowych, których okresowe stany ujawnia raportowanie. Natomiast analiza finansów odpowiada za weryfikację działań w tym zakresie oraz tworzenie wskaźników dla działań przyszłych.



Rys. 3. Obiegowy model zarządzania finansami

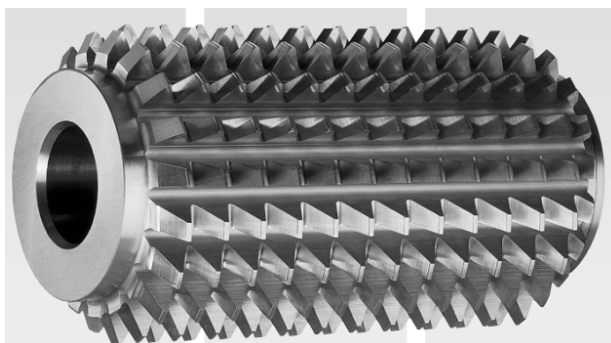
Przedmiot niniejszego opracowania zawiera się w części czwartej, czyli analizie finansów. Prowadzone prace mają za zadanie wypracować układ ocen, wskaźników o charakterze ogólnym, które pozwolą dokładniej szacować, na etapie planowania, możliwe koszty przyszłych realizacji. Jest to szczególnie istotne dla przedsiębiorstw, które zamówienia produkcyjne uzyskują w drodze przetargu. Tym samym dokładność zdefiniowania oferty przetargowej decyduje o wielkości potencjalnego zysku lub straty.

W przypadku samego zarządzania kosztami również można wskazać na istnienie podobnego układu zależności. Dokładne ich wyznaczenie wiąże się z ustaleniem parametrów podobieństwa, które pozwolą estymować wielkości kosztów nowych zleceń produkcyjnych na bazie dotychczasowych doświadczeń. Musi także odnosić się do istniejącego parku maszynowego. Na przykład, jeśli realizowane były dotychczas elementy o średnich rozmiarach o nowe zlecenie obejmuje elementy o dużych gabarytach to trzeba mieć wskaźniki pozwalające szacować możliwy wzrost kosztów związany ze zmianą gabarytu. Dokładne szacowanie tego typu jest możliwe jedynie na bazie wskaźników pozyskanych eksperymentalnie i wyznaczeniu odpowiedniego sposobu ich ekstrapolacji. W niniejszym opracowaniu przedstawiono jedynie technologiczną część tego procesu związaną z określeniem parametrów technologicznych, jako porównawczych dla wąskiej, aczkolwiek bardzo specjalizowanej grupy technologicznej, jaką są koła zębate. Uwzględniono porównanie podstawowych procesów technologicznych. Celem tych wstępnych, podstawowych badań było uzyskanie informacji na temat szacowania kosztów obróbki kół zębatach, dla nowych typów narzędzi oraz nowych stanowisk obróbczych, które w pewnych sytuacjach traktować można, jako alternatywne.

2. Konwencjonalne technologie produkcji kół zębatach

W klasycznym podejściu, w przypadku produkcji kół zębatach, stosuje się frezy ślimakowe, w przypadku produkcji bardziej masowej lub dłutaki Fellowsa, w przypadku

produkcji o mniejszej skali albo w przypadku nietypowego uzębienia. Rozwój techniki w zakresie technologii produkcji spowodował powstanie maszyn CNC, pozwalających na powtarzalną realizację o wiele bardziej złożonych procedur technologicznych oraz powstanie narzędzi pozwalających zwiększyć produktywność istniejących systemów produkcyjnych. Poza stalą szybko tnącą (wprowadzoną przez Taylora), umożliwiającą zwiększenie wydajności dzięki większym prędkościom i posuwom roboczym przy zachowaniu tego samego poziomu jakości wprowadzono także narzędzia modułowe. Dzięki wymiennym modułom czas eksploatacji takich narzędzi jest zdecydowanie dłuższy, co wpływa na obniżenie kosztów. Przykładem takich narzędzi są między innymi frezy ślimakowe na wymienne płytki z węgla spiekane czy też dłutaki Fellowsa na płytki z węgla spiekane. Poniżej przedstawiono konstrukcję konwencjonalnego freza do obróbki obwiedniowej (rys 4)



Rys. 4. Konwencjonalny frez obwiedniowy [4]

Natomiast frezy współczesne, o konstrukcji modułowej posiadają budowę segmentową. Składają się one z rdzenia z naciętą spiralą oraz pewnej liczby segmentów, zamocowanych do rdzenia. Tworzą one zwoje freza. Segmenty te posiadają płytki narzędziowe (rys 5).



Rys. 5. Segmentowy frez obwiedniowy [4]

Aby dokonać szacowania kosztów operacji frezowania za pomocą narzędzi segmentowych w porównaniu do kosztów klasycznego frezowania uzębienia należy wykonać eksperyment porównawczy. Pozwoli to porównać parametry frezowania obwiedniowego, przy użyciu konwencjonalnego freza ślimakowego monolitycznego, który wykonano ze stali szybko tnącej HSS z frezem ślimakowym segmentowym, w którym

zastosowano płytki wymienne z węgla spiekane. Eksperyment przeprowadzono na frezarce obwodniowej ze sterowaniem CNC. W ramach eksperymentu wykonano dwie krótkie serie kół zębatych (10 sztuk) dla dwóch ich typów (koła o małej średnicy o koła o dużej średnicy). Koła te wykonane były z tego samego tworzywa. Stanowią one elementy składowe przekładni planetarnej. Poniżej podano parametry procesu frezowania (tabela 1).

Tab. 1. Parametry procesu frezowania

	Liczba zębów efektywnych freza	Parametry			Koło 1	Koło 2
		posuw	Fz	mm/obr		
Frez konwencjonalny	8	prędkość skrawania	Vc	m/min	21	21
		posuw	Fz	mm/obr	0,6	0,6
Frez segmentowy	15	prędkość skrawania	Vc	m/min	21	21
		posuw	Fz	mm/obr	0,6	0,6

Dla tak wyznaczonych parametrów przeprowadzono eksperyment produkcyjny w celu określenia poprawności procesu. W wyniku eksperymentu stwierdzono, że od koła wykonane frezem konwencjonalnym od nr 5 wykazują zbyt wysoką wartość parametru teoretycznej grubości wióra (ostatni wiersz w tabeli 2).

Tab. 2. Parametry procesu frezowania w czasie eksperymentu dla koła typu 1

				Koło typu 1											
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Frez konwencjonalny	posuw	Fz	mm/obr	0,60	0,72	0,86	1,04	1,24	1,49	1,79	2,15	2,58	3,10		
	prędkość skrawania	Vc	m/min	21	27,3	35,49	46,14	59,98	77,97	101,4	131,8	171,3	222,7		
teoretyczna grubość wióra				H _z	mm	0,2	0,22	0,24	0,265	0,29	0,318	0,35	0,383	0,421	0,462
				Koło typu 1											
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Frez segmentowy	posuw	Fz	mm/obr	0,60	0,72	0,86	1,04	1,24	1,49	1,79	2,15	2,58	3,10		
	prędkość skrawania	Vc	m/min	21	27,3	35,49	46,14	59,98	77,97	101,4	131,8	171,3	222,7		
teoretyczna grubość wióra				H _z	mm	0,1	0,115	0,126	0,139	0,152	0,167	0,184	0,202	0,221	0,243

Wartość graniczną grubości wióra wyznaczono na podstawie wzoru Hoffmiesitera. Zgodnie z tą zależnością wynosi ona $\sim 0,25$ dla frezów konwencjonalnych oraz $\sim 0,25$ dla frezów segmentowych. Należy wspomnieć, że teoretyczna wartości grubości wióra jest wyznacznikiem prawidłowego doboru parametrów technologicznych. Dlatego też dokonano korekty parametrów procesu frezowania dla frezowania konwencjonalnego, co pokazano w tabeli 3.

Tab. 3. Korekta parametrów procesu frezowania dla freza konwencjonalnego

				Koło typu 1									
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frez konwencjonalny.	posuw	F_z	mm/obr	0,60	0,72	0,86	1,04	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
	prędkość skrawania	V_c	m/min	21	27,3	35,49	46,14	35,49	35,49	35,49	35,49	35,49	35,49
teoretyczna grubość wióra			H_z	mm	0,2	0,2	0,22	0,24	0,265	0,24	0,24	0,24	0,24

Analogiczne badanie przeprowadzono dla koła typu 2, czyli kół o dużej średnicy i dużo większej liczbie zębów. Moduł zębów w przypadku obydwu wspomnianych typów kół jest taki sam. Oznacza to generalnie tą samą wielkość samych zębów. Badania koła o innym typie, ale o tym samym module zęba pozwala wyznaczyć parametry porównawcze dla procesu obróbki tym samym frezem. Wyniki zaprezentowano w tabeli 4.

Tab. 4. Parametry procesu frezowania w czasie eksperymentu dla koła typu 2

				Koło typu 2									
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frez konwencjonalny.	posuw	F_z	mm/obr	0,60	0,72	0,86	1,04	1,24	1,49	1,79	2,15	2,58	3,10
	prędkość skrawania	V_c	m/min	21	27,3	35,49	46,14	59,98	77,97	101,4	131,8	171,3	222,7
teoretyczna grubość wióra			H_z	mm	0,278	0,305	0,334	0,368	0,402	0,442	0,485	0,533	0,585

				Koło typu 2									
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frez segmentowy	posuw	F_z	mm/obr	0,60	0,72	0,86	1,04	1,24	1,49	1,79	2,15	2,58	3,10
	prędkość skrawania	V_c	m/min	21	27,3	35,49	46,14	59,98	77,97	101,4	131,8	171,3	222,7
teoretyczna grubość wióra			H_z	mm	0,146	0,16	0,176	0,193	0,212	0,232	0,255	0,28	0,308

Podobnie jak w przypadku pierwszym zaistniała konieczność korekty parametrów obróbki dla frezu konwencjonalnego. Skorygowane wartości parametrów zamieszczono poniżej (tabela 5). Należy zaznaczyć, że ze względu na przyjęcie stałej wartości posuwu (0,60) przyjęto nieznacznie wyższą wartość teoretyczną grubości wióra.

Tab. 5. Korekta parametrów procesu frezowania dla freza konwencjonalnego

				Koło typu 2									
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frez konwencjonalny.	posuw	F_z	mm/obr	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
	prędkość skrawania	V_c	m/min	21	27,3	35,49	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5
teoretyczna grubość wióra			H_z	mm	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278	0,278

Dla tak wyznaczonych parametrów obróbki dokonano pomiaru czasów obróbki. Wyniki przedstawiono w tabelach 6 oraz 7. Czasy skrawania zależą przede wszystkim od przyjętych w eksperymencie parametrów skrawania. Należy zaznaczyć, że niezależnie od ich wartości celem ostatecznym było uzyskanie kół zębatych spełniających przyjęte normy jakościowe i nadające się stosowania.

Tab. 6. Parametry procesu frezowania w czasie eksperymentu dla koła typu 1

				Koło typu 1									
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frez konwencjonalny.	posuw	F_z	mm/obr	0,60	0,72	0,86	1,04	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
	prędkość skrawania	V_c	m/min	21	27,3	35,49	46,14	35,49	35,49	35,49	35,49	35,49	35,49
czas frezowania			T_m	min	226	145	93	59	93	93	93	93	93

				Koło typu 1									
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frez segmentowy	posuw	F_z	mm/obr	0,60	0,72	0,86	1,04	1,24	1,49	1,79	2,15	2,58	3,10
	prędkość skrawania	V_c	m/min	21	27,3	35,49	46,14	59,98	77,97	101,4	131,8	171,3	222,7
czas frezowania			T_m	min	359	230	148	94	61	39	25	16	10

Tab. 7. Parametry procesu frezowania w czasie eksperymentu dla koła typu 2

				Koło typu 2											
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Frez konwencjonalny.	posuw	F_z	mm/obr	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60		
	prędkość skrawania	V_c	m/min	21	27,3	35,49	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5		
czas frezowania				T_m	min	123	95	73	73	73	73	73	73		
				Koło typu 2											
Parametry				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Frez segmentowy	posuw	F_z	mm/obr	0,60	0,72	0,86	1,04	1,24	1,49	1,79	2,15	2,58	3,10		
	prędkość skrawania	V_c	m/min	21	27,3	35,49	46,14	59,98	77,97	101,4	131,8	171,3	222,7		
czas frezowania				T_m	min	196	125	81	51	33	21	14	9	X	X

Wykonano też eksperyment porównujący metodę frezowania obwiedniowego z frezowaniem kształtowym. W tym drugim przypadku korzystano z monolitycznego freza tarczowego (stal szybkotnąca HSS) oraz freza modułowego. W przypadku frezów modułowych zastosowano narzędzia z wymiennymi płytkami z węgla spiekane. Badania przeprowadzono na tej samej frezarce obwiedniowej. Wykonano jeden typ kół zębatych (ten sam moduł zęba o ta sama szerokość koła) o czterech różnych średnicach podziałowych. Wynikało to z dostosowania eksperymentów do warunków produkcji. Badano korelację czasu frezowania w zależności od liczby zębów. Parametry frezowania kształtowego zostały określone zgodnie z tabeli 8.

Tab. 8. Parametry procesu frezowania frezem kształtowym

				Liczba zębów koła					
Parametry				17	33	71	105		
Frez tarczowy	posuw minutowy	F_z	mm/min	250,00	250,00	250,00	250,00		
	prędkość skrawania	V_c	m/min	130	130	130	130		
teoretyczna grubość wióra				H_z	mm	0,246	0,251	0,251	0,251

Natomiast dla frezów ślimakowych, parametry zostały dobrane jako optymalne dla danego koła, zgodnie z zasadą maksymalnej grubości wióra. Parametry zgodnie z tabelą 9.

Tab. 9. Parametry frezowania frezami ślimakowymi

				Liczba zębów koła				
				17	33	71	105	
Frez ślimakowy na płytce	posuw	F_z	mm/obr	0,80	1,70	3,20	4,50	
	prędkość skrawania	V_c	m/min	140	140	140	140	
teoretyczna grubość wióra			H_z	mm	0,34	0,35	0,32	0,306
Frez ślimakowy konwencjonalny	posuw	F_z	mm/obr	0,40	0,60	1,30	1,50	
	prędkość skrawania	V_c	m/min	25	25	25	25	
teoretyczna grubość wióra			H_z	mm	0,261	0,269	0,263	0,229

W tabeli 10 przedstawiono natomiast czasy frezowania poszczególnych kół zębatych w zależności od rodzaju freza i parametrów frezowania. Tym samym uzyskano parametry porównawcze dla oceny zarówno frezowania uzębienia metoda obwiedniową jak i metodą kształtową, a także dla narzędzi monolitycznych oraz narzędzi modułowych.

Tab. 10. Czasy frezowania poszczególnymi frezami

				Liczba zębów koła				
				17	33	71	105	
Frez tarczowy	posuw	F_z	mm/obr	250,00	250,00	250,00	250,00	
	prędkość skrawania	V_c	m/min	130	130	130	130	
czas frezowania			T_m	min	59,81	116,1	249,8	369,4
Frez ślimakowy na płytce	posuw	F_z	mm/obr	0,80	1,70	3,20	4,50	
	prędkość skrawania	V_c	m/min	140	140	140	140	
czas frezowania			T_m	min	26,55	20,62	27,70	30,00
Frez ślimakowy konwencjonalny	posuw	F_z	mm/obr	0,40	0,60	1,30	1,50	
	prędkość skrawania	V_c	m/min	25	25	25	25	
czas frezowania			T_m	min	159,25	206	205	262,29

Drugim elementem, który poddano analizie był czas frezowania luki międzyzębnej. Czasy dla tego zabiegu pokazano w tabeli 11.

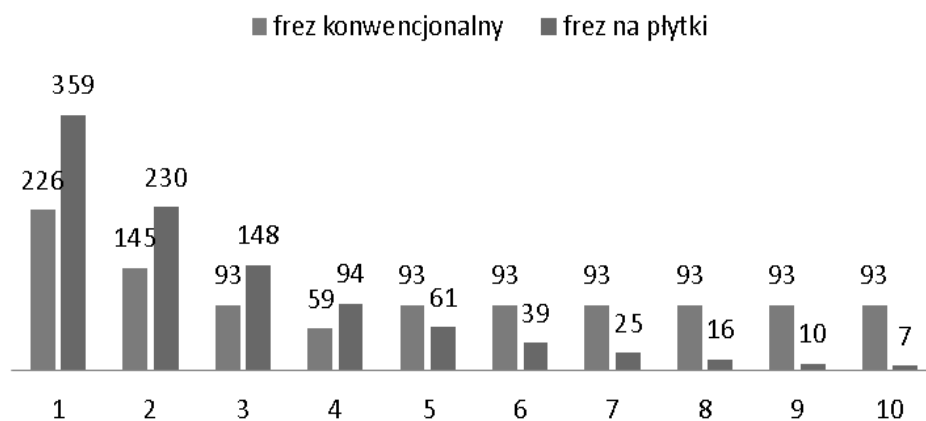
Tab. 11. Czasy frezowania łuki międzyzębnej poszczególnymi frezami

				Liczba zębów koła					
				17	33	71	105		
Frez tarczowy	posuw	F_z	mm/obr	250,00	250,00	250,00	250,00		
	prędkość skrawania	V_c	m/min	130	130	130	130		
czas frezowania				T_m	min	3,52	3,52	3,52	3,52
Frez ślimakowy na płytce	posuw	F_z	mm/obr	0,80	1,70	3,20	4,50		
	prędkość skrawania	V_c	m/min	140	140	140	140		
czas frezowania				T_m	min	1,56	0,62	0,39	0,29
Frez ślimakowy konwencjonalny	posuw	F_z	mm/obr	0,40	0,60	1,30	1,50		
	prędkość skrawania	V_c	m/min	25	25	25	25		
czas frezowania				T_m	min	9,37	6,24	2,89	2,50

W oparciu o wskazane wyniki można pokusić się o wyciągnięcie wniosków odnośnie szacunkowych kosztów produkcji i możliwości zwiększania jej produktywności.

3. Analiza wyników

W przypadku pierwszego eksperymentu wyniki, ujęte w formę wykresu, zostały przedstawione na rys. 6.

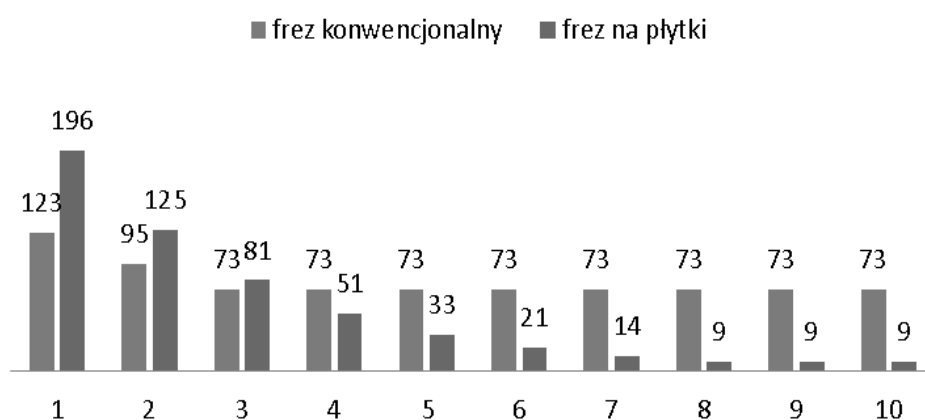


Rys. 6. Czasy obróbki koła 1 (czasy w minutach)

Analizując wskazane wyniki można dojść do konkluzji, że frezowanie frezem na płytce z niskimi parametrami nie jest korzystne pod względem czasu całkowitego obróbki.

Skrócenie czasu obróbki można zauważyć dopiero w przypadku parametrów obróbki próbki 5. Ich podwyższenie pozwala uzyskać niższą normę czasu. Podkreślić należy, że wysokie czasy dla próbek pierwszych wynikają także z procesu dostosowywania czasu obróbki do czasów normatywnych.

Podobny układ czasów obróbki obserwuje się w przypadku koła 2. Skrócenie czasu obróbki, w tym przypadku, obserwuje się dla parametrów frezowania koła zębatego (próbki) 4. Wskazane wyniki przedstawiono na rys. 7. Wyniki dla próbki 9 i 10 są powtórzeniem wyniku dla próbki 8, gdyż w przypadku tej próbki osiągnięto graniczne wartości temperatury procesu. System chłodzenia chłodziwem nie był w stanie chłodzić frezowany element z większą efektywnością.



Rys. 7. Czasy obróbki koła 2 (czasy w minutach)

Biorąc pod uwagę zaprezentowane wyniki można wyznaczyć uzyskane krotności zwiększenia wydajności procesu produkcyjnego (tabela 12).

Tab. 12. Krotność zwiększenie wydajności produkcji

	Koło typu 1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frez konwencjonalny	226	145	93	59	93	93	93	93	93	93
Frez segmentowy na płytce	359	230	148	94	61	39	25	16	10	7
krotność zwiększenia wydajności	X	X	X	X	1,54	2,40	3,73	5,86	9,12	14,28
	Koło typu 2									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Frez konwencjonalny	123	95	73	73	73	73	73	73	73	73
Frez segmentowy na płytce	196	125	81	51	33	21	14	9	9	9
krotność zwiększenia wydajności	X	X	X	X	2,20	3,44	5,35	8,40	8,40	8,40

Należy podkreślić, że podniesienie poziomu produktywności w przypadku konwencjonalnego parku maszynowego ograniczone jest maksymalnymi parametrami pracy tych obrabiarek. W przypadku obrabiarek ze sterowaniem CNC istnieje realna możliwość skrócenia czasu pracy, na którą istotny wpływ ma rodzaj zastosowanych narzędzi. Dla maksymalnych możliwych parametrów frezowania, przy zachowaniu bezpiecznych warunków pracy, współczynnik krotności przyspieszenia produkcji koła zębatego typu 1 (mała średnica) wyniósł 14,28. Dla koła typu 2 wartość tego współczynnika wyniosła 8,4.

W podobny sposób ocenić można wyniki uzyskane dla eksperymentu drugiego. Uzyskane czasy frezowania przedstawiono w postaci diagramu na poniższych rysunkach (rys. 8 oraz rys. 9). Uzyskane czasy odniesiono do wielkości obrabianego koła.



Rys. 8. Czasy obróbki koła w eksperymencie 2 (czasy w minutach)



Rys. 9. Czasy frezowania 1-nej luki międzyzębnej (czasy w minutach)

Analiza otrzymanych wyników pozwala na wyciągnięcie kilku wniosków. Po pierwsze wraz ze wzrostem wielkości koła zębatego można stosować coraz wyższe parametry

procesu frezowania. Dotyczy to zwłaszcza posuwu. Stąd wzrost czasu obróbki nie jest wprost proporcjonalny do wielkości koła. Dotyczy to także czasu frezowania jednej luki międzyzębnej. Czas ten zmniejsza się zarówno w przypadku frezowania obwiedniowego frezem monolitycznym (około 3,75 razy) oraz frezem segmentowym (około 5,38 razy). Większy wzrost w drugim przypadku wynika z wyższym, możliwych parametrów pracy narzędzi segmentowych. Brak spadku czasu obróbki dla technologii kształtowej wynika z jej specyfiki. Po trzecie, w przypadku kół o małej średnicy obserwuje się większą wydajność frezowanie frezem tarczowym niż frezem monolitycznym, obwiedniowym. Tym samym ma to przełożenie na koszty produkcji.

4. Wnioski

Tematem tego opracowania było przedstawienie idei eksperymentalnej analizy czasów obróbki kół zębatych, jako elementu oceny produktywności systemu produkcyjnego oraz jako podstawy szacowania kosztów wytwarzania. Celem tego podejścia jest budowa bardziej wiarygodnym modeli biznesowych, stosowanych w podejściach strategicznych, zwłaszcza w odniesieniu do kwestii szacowania kosztów potencjalnej produkcji. Stąd też w tym opracowaniu zawarto ogólną analizę problematyki modelu biznesu z uwzględnieniem zagadnień kosztowych. Natomiast w podstawowej warstwie pracy przedstawiono charakterystykę dwóch eksperymentów, których celem było szacowanie czasów produkcji. Na obecnym etapie przyjęto założenie o proporcjonalności relacji pomiędzy czasem produkcji a kosztami. Tego typu założenie można uznać za wystarczające w przypadku tradycyjnej formuły rachunkowości opartej o uśrednione wartości kosztów. Dodatkowym elementem ograniczającym zakres przedmiotowej tematyki jest uwzględnienie w tej prezentacji jedynie zagadnień odnoszących się do obróbki uzębienia zewnętrznego metoda frezowania. Jednakże należy podkreślić, że ten typ technologii wytwarzania oraz ten typ uzębienia jest najczęściej spotykanym.

Drugim przyczynkiem prowadzenia przedstawionych badań jest stale rosnące zapotrzebowanie na produkcję wskazanych typów produktów. Dotyczy to zwłaszcza kół zębatych oraz zębników. Powoduje to konieczność bardziej dokładnego szacowania kosztów produkcji już na etapie przetargu i jej planowania. W tym celu konieczna jest znajomość parametrów procesu produkcyjnego w postaci swoistych liczb podobieństwa, na przykład w postaci krotności wydajności produkcji. Uzyskanie tych parametrów możliwe jest jedynie poprzez zastosowanie technik eksperymentalnych. Podejście to pozwala także na poprawę, pod względem produktywności, stosowanych parametrów produkcji i bardziej precyzyjne szacowanie tychże w przypadku planowania nowej produkcji. Wskazane wyniki pozwalają także ocenić możliwy wzrost produktywności, który wynika z zastosowania współczesnych modułowych narzędzi obróbkowych z płytkami narzędziowymi z nowoczesnych supertwardych materiałów, zwłaszcza ceramicznych [5].

Zwrócić należy uwagę, że osiągnięte rezultaty pokazują na wzajemne przenikanie się różnych technologii produkcji, w zależności od rodzaju i typu wytwarzanego elementu. Tym samym uzyskane wyniki pozwalają podjąć działania w zakresie optymalizacji procesu wytwarzania, biorąc pod uwagę możliwości różnych technologii wytwarzania w zależności od specyfiki produkowanego elementu oraz skali zamówienia. Jednakże należy pamiętać o wysokiej wydajności, jaką zapewniają współczesne obrabiarki klasy CNC. Są one mniej efektywne jedynie dla niskich serii produkcyjnych, w którym to przypadku nadal pozostaną efektywne technologie i narzędzia konwencjonalne.. Ciekawym wydaje się także porównanie produktywności specjalizowanych obrabiarek ze sterowaniem CNC

z wieloosiowymi centrami produkcyjnymi łączącymi możliwości kilku obrabiarek specjalizowanych. W tym przypadku koniecznością jest zastosowanie komputerowego wspomaganie procesu produkcyjnego (CAM). Wykorzystanie tego typu centrów do produkcji prostych technologicznie kół zębatach wydaje się nieopłacalne, ze względu na konieczność wykorzystania znacznie większej liczby mniej specjalizowanych narzędzi. Skutkuje to także koniecznością ograniczenia maksymalnych parametrów obróbki. Jednakże to podejście może okazać się efektywne w przypadku wytwarzania prototypów, gdyż narzędzia CAM umożliwiają szybkie generowanie modyfikowanych programów sterujących na centra obróbcze.

Literatura

1. Porter M. E., Strategy and the Internet, "Harvard Business Review" March 2001.
2. Currie W., Value Creation from E-Business Models, Elsevier, Oxford 2004
3. Gwiazda A., Bączkiewicz M., Model biznesowy jako narzędzie strategicznego zarządzania innowacyjną organizacją, s. 318-328, w: Knosala R. (red.): Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji, T. 1, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2016.
4. LMT FETTE Gear cutting tools and knowledge. Schwarzenbek 2016.
5. Kanyanta V. (red.), Microstructure - Property Correlations for Hard, Superhard, and Ultrahard Materials, Springer Verlag, Berlin 2016.

Dr hab. inż. Aleksander GWIAZDA

Dr inż. Zbigniew MONICA

Dr hab. inż. Grzegorz ĆWIKŁA

Dr hab. inż. Cezary GRABOWIK

Dr hab. inż. Krzysztof KALINOWSKI

Wydział Mechaniczny Technologiczny

Instytut Automatykacji Procesów Technologicznych

i Zintegrowanych Systemów Wytwarzania

Politechnika Śląska

44-100 Gliwice, ul. Konarskiego 18A

tel./fax: (0-32) 237-24-60 / (0-32) 237-16-24

e-mail: aleksander.gwiazda@polsl.pl

zbigniew.monica@polsl.pl

grzegorz.cwikla@polsl.pl

cezary.grabowik@polsl.pl

krzysztof.kalinowski@polsl.pl