

1.2. Trochę ekonomiki

Zestawmy podstawowe zyski i straty płynące ze stosowania narzędzi pokrytych warstwami TiN.

Po stronie strat (wydatków) mamy:

- wyższą cenę narzędzi,
- konieczność stosowania maszyn o większej sztywności (jeśli chcemy zwiększać parametry obróbki),
- potrzebę reorganizacji procesu produkcji, związaną ze znaczącym wzrostem produktywności.

Po stronie zysków zaś:

- większa żywotność narzędzia (formalnie zastępuje więc kilka, kilkanaście narzędzi),
- możliwość zwiększania parametrów obróbki,
- zmniejszenie ilości ostrzeń na jednostkę czasu,
- zmniejszenie ilości przerw międzyoperacyjnych w trakcie obróbki związanych z wymianą narzędzia: ma to szczególne znaczenie gdy narzędzie pracuje jako jednostka (*zdarza się, że jest "najsłabszym ogniwem"*) w taśmowym systemie produkcyjnym, lub gdy urządzeniem jest centrum obróbcze,
- możliwość ponownego pokrycia po przeostrzeniu narzędzia,
- możliwość nie używania chłodziwa w pewnych operacjach (praca "na sucho"),
- brak konieczności konserwacji przy przechowywaniu narzędzi,
- zwiększona jakość obrabianych powierzchni (w niektórych wypadkach wyeliminowanie konieczności szlifowania lub rozwiercania),
- wzrost własności antykorozyjnych narzędzi,
- zmniejszenie prawdopodobieństwa tzw. "zimnych napawań".

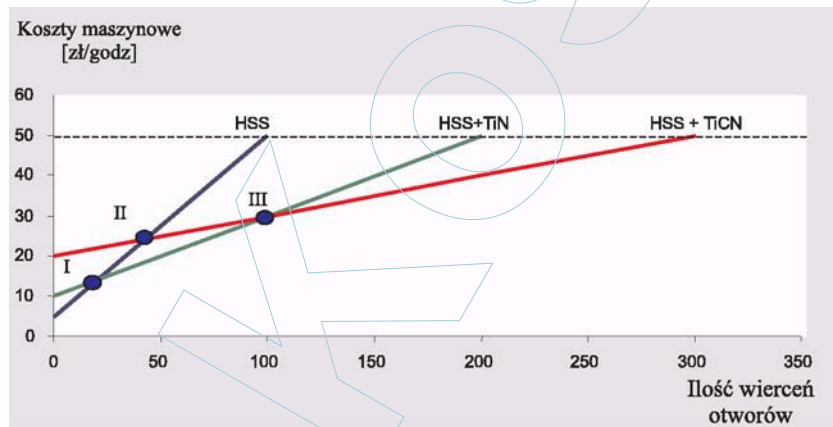
Dla zobrazowania korzyści płynących ze stosowania narzędzi pokrytych twardymi warstwami rozpatrzmy modelowo diagram opłacalności dla maszynowej części kosztów zmiennych produkcji w przypadku wiercenia otworów na wiertarce kolumnowej.

Założmy, że:

1. koszt godziny maszynowej wynosi 50 zł,
2. wykorzystujemy dla porównania trzy rodzaje wiertel:
 - A - wykonane z HSS, szlifowane,
 - B - wykonane z HSS, szlifowane, pokryte TiN,
 - C - wykonane z HSS, szlifowane, pokryte TiCN.

3. nie precyzujemy rodzaju obrabianego materiału,
4. wiercenie przy pomocy: wiertła A (HSS) pozwala wykonać 100 otworów, wiertła B (HSS + TiN) 200 otworów, zaś wiertła C (HSS + TiCN) 300 otworów w ciągu jednej godziny,
5. ceny wiertła wynoszą odpowiednio:
 - A - 5 zł,
 - B - 10-zł,
 - C - 20 zł,
6. nie przeostriamo wiertła (wierćła pokryte twardymi warstwami po przeostreniu tracą nieco na walorach, uwzględnianie przeostrenia wprowadziłoby więc nieliniowość do rozpatrywanej sytuacji)
7. zwiększone ilości otworów otrzymanych w przypadku stosowania wiertła pokrytych TiN czy TiCN w jednostce czasu są wynikiem zwiększonych parametrów obróbki i zmniejszania ilości przerw międzyoperacyjnych.

Omawiany proces zilustrowany jest na rys. 1.6. Na wykresie tym (podkreślamy: modelowym) widoczne są trzy punkty zwane progami opłacalności (ang. break evens). Jeśli przewidujemy więcej niż 20 otworów (I punkt rentowności) opłaca się już stosować wiertła pokryte TiN; przy wierceniu ponad 43 otworów (II punkt rentowności) opłacalne jest już stosowanie wiertła pokrytych TiCN, lecz koszt ich użycia jest większy niż w przypadku wiertła z warstwą TiN. Korzystanie z wiertła pokrytych TiCN zalecane byłoby dla wiercenia ponad 100 otworów (III punkt rentowności).



Rys. 1.6. Modelowy diagram opłacalności dla kosztów wiercenia otworów przy użyciu wiertła niepokrytych i pokrytych twardymi warstwami

W omawianej sytuacji jeśli wiercimy na przykład 90 otworów to koszty maszynowe wynoszą odpowiednio:

- dla wiertel typu A - 40 zł,
- dla wiertel typu B - 25 zł,
- dla wiertel typu C - 27,5 zł.

Analiza wykresu pozwala sformułować następujące spostrzeżenia:

1. wykres taki jest prosty i łatwy do sporządzenia w warunkach produkcyjnych dla dowolnego narzędzia, urządzenia i rodzaju obrabianego materiału.
2. oszczędności wynikające ze stosowania narzędzi pokrytych twardymi warstwami rosną gwałtownie (co najmniej liniowo) ze wzrostem ilości wykonywanych przez narzędzie elementarnych zadań (wiercenie, frezowanie, formowanie itd.),
3. popularny pogląd, że narzędzia pokryte warto używać jedynie przy bardzo dużej ilości elementarnych operacji wydaje się nie być słusznym,
4. oszczędności rosną, gdy używa się urządzeń o wyższych kosztach maszynowych, np. centra obróbcze,
5. oszczędności rosną w miarę obniżania cen narzędzi pokrytych twardymi warstwami (przesuwanie się punktów rentowności w lewo).
Zwykle cena narzędzi pokrytych TiN jest o 40-e-80 % wyższa od narzędzi niepokrytych, zaś TiCN tylko nieco wyższa od pokrytych TiN. Dla wyrazistości przyjęto cenę narzędzia pokrytego TiN dwukrotnie większą od niepokrytego, zaś pokrytego TiCN czterokrotnie większą. Uwzględniając rzeczywiste, niższe ceny otrzymamy dalszą rentowność.
6. stosując narzędzia pokryte twardymi warstwami otrzymamy dodatkowo korzyści nieuwzględniane przy tworzeniu rysunku, lecz wyszczególnione w zestawieniu zysków.

Zauważmy na koniec, że istnieją dwie możliwości pracy narzędziami pokrytymi twardymi warstwami, obydwie korzystne.

Sposób I: pracując tak długo jak narzędziami niepokrytymi, lecz na zwiększonych parametrach obróbki wykonujemy w tym samym czasie więcej detali "nie oszczędzając narzędzia". Sposób ten wymaga dobrych urządzeń obróbczych pozwalających na pracę przy zwiększonych parametrach.

Sposób II: pracując na parametrach "normalnych" korzyści uzyskujemy "oszczędzając narzędzie" oraz zmniejszając ilość przerw międzyoperacyjnych na zmianę narzędzia.

Przedstawmy jeszcze inny rodzaj procedury pozwalającej ocenić koszty płynące z zastosowania narzędzi pokrytych twardymi warstwami. Rozpatrzmy przypadek frezowania zgrubnego frezem palcowym. Załóżmy również sytuację modelową, zwracając jedynie uwagę na metodę rachunkową. Zatem nie precyzujemy typu freza, frezarki, rodzaju materiału obrabianego i chłodziwa.

Zadanie przedstawia się na stepujące:

1. Należy przefrezować: 2000 sztuk detali.
2. Długość frezowania każdego detalu : l_m .
3. Całkowita długość frezowania: $2000 \text{ szt} \times l_m = 2000 \text{ m}$.
4. Koszty maszynowe: 50 zł / godzinę.
5. Koszt jednego przeostrzenia: 2 zł.

Tabela 1.1. Porównanie kosztów obróbki frezem palcowym pokrytym TiN i niepokrytym

PARAMETR	FREZ NIEPOKRYTY	FREZ POKRYTY TiN
prędkość skrawania	10 m/min	20 m/min
prędkość przesuwu	100 mm/min	150 mm/min
długość frezowania do przeostrzenia ($h_p = 0,2 \text{ mm}$)		
frez nowy	4 m	12 m
frez przeostrzony	4 m	8 m
ilość przeostrzeń	500	250
czas zmiany frezu	5 min	5 min
czas frezowania	333,3 godz	222,2 godz
czas zużyty na zmianę narzędzi	41,6 godz	20,8 godz
czas obróbki	374,9 godz.	243,0 godz
koszty frezowania	18745 zł	12150 zł
koszty przeostrzenia	1000 zł	500 zł
koszt całkowity	19745 zł	12650 zł

Opis parametrów procesu skrawania frezem pokrytym warstwą TiN i niepokrytym oraz zestawienie wielkości ekonomicznych potrzebnych dla przeprowadzania zestawiono w tabeli (Tab. 1.1.)

przy czym parametry określone są następująco:

- Ilość przestrożeń = Całkowita długość frezowania / Długość frezowania do przestrożenia

$$\text{tutaj: } (2000 \text{ szt.} \times 1 \text{ m}) / 4\text{m} = 500$$

$$[(2000 \text{ szt.} \times 1 \text{ m} - 12\text{m})/8]+1 = 250$$

- Czas frezowania = Całkowita długość frezowania / Prędkość posuwu

$$\text{tutaj: } 2000 \text{ m} / (100 \text{ mm} / \text{min} \times 60) = 333.3$$

- Czas zużyty na zmianę narzędzia = Ilość ostrzeń x Czas zmiany

- Koszty frezowania = Czas frezowania x Koszt maszynowy

- Koszt przestrożenia = Ilość przestrożeń x Koszt ostrzenia

W omawianym przypadku różnica w kosztach wynosi 7095 zł. Procentowo zaś otrzymujemy wartość oszczędności równą 56%.

Przedstawiony schemat obliczeń, choć modelowy, zawiera realne parametry. Dla uproszczenia przyjęto jedynie, że w trakcie pracy nie wymieniano frezów. Stąd duże ilości przestrożeń. Naturalnie, tak jak poprzednio, wartości brane do obliczeń będą w każdej sytuacji produkcyjnej inne. Schemat jest łatwy do sporządzenia i może stanowić podstawę do decyzji: „używać czy nie” narzędzi pokrytych warstwami TiN.