

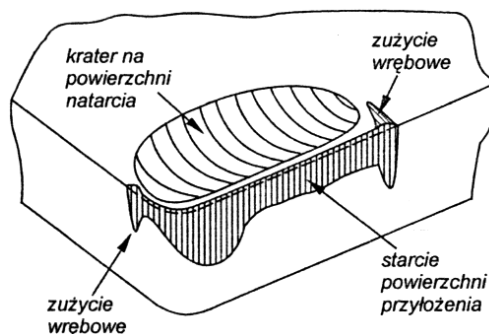
ZUŻYCIE I TRWAŁOŚĆ OSTRZY NARZĘDZI SKRAWAJĄCYCH

1.1. RODZAJE ZUŻYCIA OSTRZA

Cykl życia narzędzia może znacząco różnić się w zależności od sposobu obróbki. Znając podstawowe procesy zachodzące podczas skrawania można go znacznie wydłużyć. W przypadku obróbki skrawaniem narzędzia muszą być odporne na ekstremalne temperatury, wysokie wartości nacisku, ścieranie i drgania. Temperatura ostrza może przekraczać 1000°C , co powoduje degradację wiązań w materiale ostrza oraz szkodliwe reakcje chemiczne między narzędziem a przedmiotem obrabianym.

Zużycie ostrza jest procesem trwającym od początku jego pracy, tzn. ostrze, które pracowało choćby kilka sekund jest w jakimś stopniu zużyte. Wraz ze wzrostem zużycia wyniki jego pracy są coraz gorsze, co może doprowadzić do zniszczenia narzędzia i uszkodzenia przedmiotu obrabianego. Zużycie i trwałość ostrzy zostanie omówione na przykładzie noża tokarskiego. Obecnie noże tokarskie są w większości nożami składanymi. Stosuje się w nich wymienne płytki najczęściej z węglików spiekanych, które posiadają zazwyczaj kilka krawędzi skrawających, dzięki temu po stopieniu jednej krawędzi obracamy płytkę i uzyskujemy zdolny do pracy nóż

Pojęcie zużycia ostrza wiąże się ze zmianami geometrycznymi oraz zmianami właściwości fizycznych, którym ulega narzędzie podczas eksploatacji. Zmiany geometryczne są związane z ubytkiem materiału ostrza na wskutek tarcia, a zmiany właściwości wywołane są odkształceniami, temperaturą, chemicznymi działaniami ośrodka współpracującego itp.



Rys.1. Typowe objawy zużycia ostrza [5].

Zużycie ostrza skrawającego następuje przy szczególnie dużych naciskach jednostkowych materiału obrabianego i wysokich temperaturach. Z tych powodów przebieg zużycia ostrza ma charakter bardzo złożony, na co wpływ mają również zjawiska adhezji, dyfuzji, i utleniania. Zjawiska te występują z różnym nasileniem, zależnym od wartości parametrów skrawania (zwłaszcza prędkości skrawania), a także właściwości materiału ostrza i materiału obrabianego oraz innych czynników [3].

- *zużycie mechaniczne (ścieranie)* – polega na usuwaniu cząstek materiału ostrza przez wiór trący o powierzchnię natarcia i materiał obrabiany trący o powierzchnię przyłożenia,
- *zużycie adhezyjne* - polega na zjawisku bardzo silnego łączenia się cząstek materiałów współpracujących pod wpływem sił przyciągania międzycząsteczkowego. Nieustanne niszczenie tych wiązań prowadzi do oddzielania cząstek materiału ostrza,
- *zużyciem dyfuzyjnym* nazywamy zmiany stanu ostrza wywołane dyfuzją (przenikaniem atomów materiału ostrza do materiału obrabianego i odwrotnie). Intensywność procesu dyfuzji zależy od składu chemicznego stykających się ciał. W wyniku dyfuzji ulegają zmianie własności warstwy wierzchniej ostrza, co powoduje zwiększenie intensywności jego zużycia,
- *zużycie cieplne* polega na zmianach własności materiału wywołanych przekroczeniem dopuszczalnych temperatur skrawania. Zachodzą nieodwracalne gwałtowne zmiany strukturalne warstw wierzchnich ostrza, pogorszenie własności mechanicznych (twardości, wytrzymałości), mogą wystąpić zniekształcenia plastyczne ostrza. Wszystko to prowadzi do szybkiej utraty własności skrawnych i zniszczenia ostrza,
- *zużycie chemiczne* polega na nieustannym tworzeniu i usuwaniu warstewek tlenków i innych związków chemicznych na powierzchniach styku ostrza z materiałem obrabianym. Utlenianie występuje szczególnie intensywnie przy podwyższonych temperaturach skrawania [1].

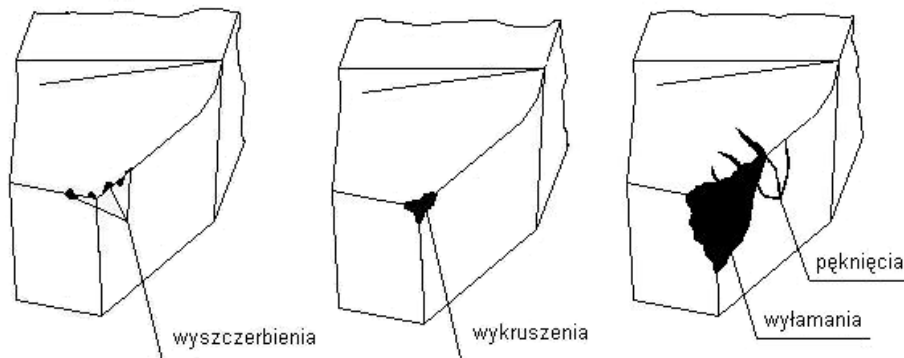
Zużycie ostrza jest normalnym następstwem eksploatacji narzędzia. Ze

względu na szybkość zużycia możemy wyróżnić:

- *Zużycie normalne (prawidłowe)* polega na ciągłym ubytku masy i zmianie cech stereometrycznych ostrza, obserwujemy monotoniczne zmiany

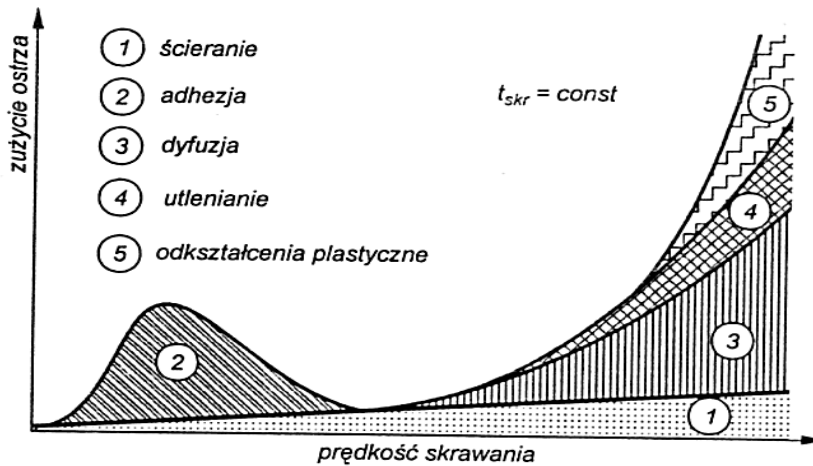
wskaźników zużycia ostrza. Zużycie tego typu jest normalnym zjawiskiem występującym podczas pracy ostrza narzędzia skrawającego.

- *Zużycie wytrzymałościowe* (rys. 2) polega na skokowym ubytku masy i zmianie cech stereometrycznych ostrza, obserwujemy niemonotoniczne zmiany wskaźników zużycia. Takie zużycie może wystąpić na skutek przekroczenia wytrzymałości doraźnej, lub przekroczenia wytrzymałości zmęczeniowej. Na skutek tego obserwujemy takie objawy jak wyszczerbienia, wykruszenia, wyłamania i pęknięcia. Należy tak dobierać parametry obróbki, aby unikać zużycia wytrzymałościowego.



Rys.2. objawy wytrzymałościowego zużycia ostrzy narzędzi skrawających [2].

W przeważającej liczbie przypadków omówione rodzaje zużycia nie występują oddzielnie. W zależności od własności materiałów ostrza i materiału obrabianego, nacisków i temperatur skrawania różne rodzaje zużycia mogą występować jednocześnie z różnym nasileniem.

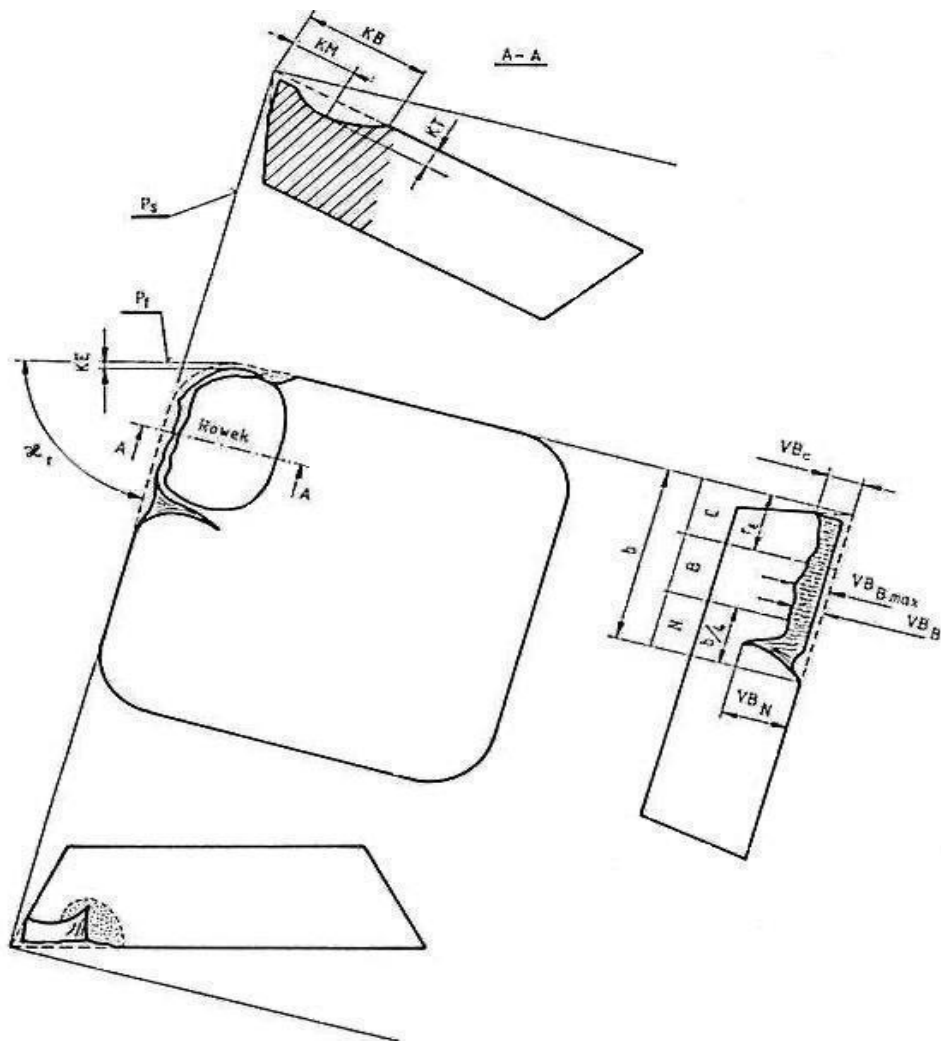


Rys.3. Wpływ prędkości skrawania na czynniki zużycia [5].

1.2 GEOMETRIA ZUŻYCIA NOŻA TOKARSKIEGO

W zależności od warunków skrawania zużycie ostrza może następować głównie na powierzchni natarcia lub przyłożenia albo jednocześnie na powierzchni przyłożenia i powierzchni natarcia [1]

Starcie powierzchni przyłożenia narzędzia prowadzi do stępienia ostrza, natomiast spływający po powierzchni natarcia wiór żłobi w niej rowek. Podstawowe parametry geometryczne (wskaźniki) zużycia przedstawiono na rysunku 4 (według PN-83/M – 58350-7).



Rys. 4. Wskaźniki zużycia [8].

Wskaźniki zużycia powierzchni przyłożenia:

- VB_B – średnia szerokość pasma zużycia,
- $VB_{B,max}$ – największa szerokość pasma zużycia,
- VB_N – wyłobienie,
- VB_C – szerokość pasma zużycia naroża.

Wskaźniki zużycia powierzchni natarcia:

- KT – największa głębokość rowka zużycia,
- KM – maksymalna odległość pomiędzy dnem rowka a powierzchnią natarcia,

- KB – odległość pomiędzy pierwotną krawędzią skrawania a najbardziej odległą krawędzią rowka.

Inne wskaźniki zużycia ostrza:

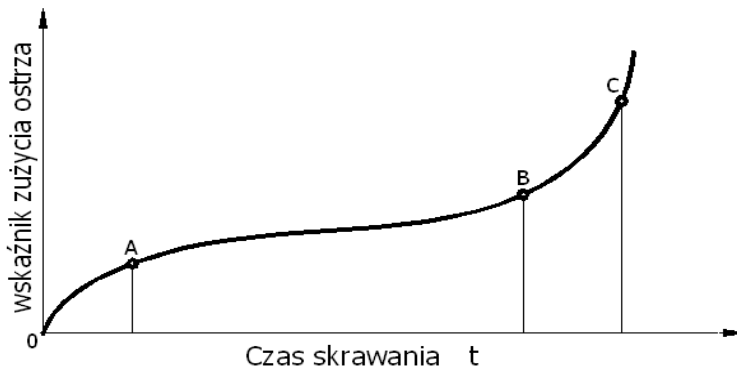
- KE – cofnięcie naroża ostrza.

Główną powierzchnię przyłożenia dzieli się na trzy strefy. Pierwsza obejmuje naroże i jest oznaczona literą C . Od drugiego końca czynnej krawędzi skrawającej odmierza się $1/4$ szerokości warstwy skrawanej, a powstałą w ten sposób strefę oznacza przez N . Pozostała, środkowa część nazywana jest strefą B . Szerokość starcia na powierzchni przyłożenia oznacza się ogólnie literami VB z odpowiednim do strefy indeksem. Mamy więc:

- **szerokość starcia w strefie środkowej VB_B** , o ile jest ono równomierne - to najważniejszy, najczęściej stosowany wskaźnik zużycia powierzchni przyłożenia;
- **maksymalna szerokość starcia w strefie środkowej VB_{Bmax}** , o ile jest ono nierównomierne, stosuje się jako alternatywę dla VB_B ;
- **szerokość starcia w rejonie naroża VB_C** - często bywa większa niż VB_B ;
- **szerokość wrębu na powierzchni przyłożenia VB_N** – odpowiada zużycie wrębowemu [5].

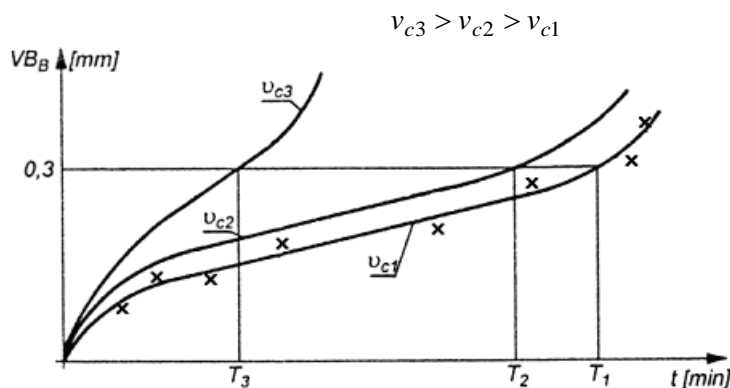
1.3 PRZEBIEG ZUŻYCIA I KRYTERIA STĘPIENIA OSTRZY

Przebiegi zużycia mają charakterystyczną postać przedstawioną schematycznie na rysunku 5. Na osi rzędnych odkładamy wartości jednego ze wskaźników zużycia, lub określamy je ubytkiem masy względnie objętości, a na osi odciętych odkładamy czas skrawania. Otrzymujemy w ten sposób krzywą przebiegu zużycia, która posiada charakterystyczne okresy odpowiadające znacznie zmieniającą się intensywnością zużycia.



Rys. 5. Przebieg zużycia ostrza

W pierwszym, początkowym i krótkotrwałym okresie pracy narzędzia (pt. A) zużycie przebiega dość szybko. Jest to związane z naturalnym docieraniem się powierzchni współpracujących. Następny okres pracy (odcinek AB) odpowiada względnie małej intensywności zużycia, charakterystycznej dla normalnego okresu pracy narzędzi. Na odcinku BC intensywność zużycia rośnie dosyć szybko. Praca w tym okresie czasu staje się w zasadzie nieopłacalna, gdyż niewiele zyskujemy na czasie skrawania, a dużo tracimy na skutek dużego przyrostu zużycia. Na odcinku położonym poza punktem C następuje gwałtowny wzrost intensywności zużycia, tak że w krótkim czasie może doprowadzić do całkowitego zniszczenia narzędzia, a nawet uszkodzić przedmiot obrabiany i obrabiarkę [1].



Rys.6. Krzywa zużycia ostrza na krawędzi przyłożenia [3].

Rysunek 6 prezentuje przykładowe przebiegi funkcji $VB_B = f(t)$. Krzywe te wyznacza się przez badania doświadczalne. W trakcie eksperymentu mierzy się zużycie VB_B przyrządami optycznymi, a czas obróbki stoperem. Krzywa zużycia

jest funkcją wielomianową. Krzywa jest ściśle związana z parametrami obróbki. Im większa prędkość skrawania v_c , tym szybciej narasta zużycie VB_B w czasie t [4].

Okresem trwałości narzędzia jest suma okresów trwałości ostrza liczonych od początku do końca jego eksploatacji, przy czym za koniec eksploatacji uważa się stan narzędzia nie pozwalający przywrócić mu własności skrawnych przez ostrzenie. Jak wynika z tego określenia, okres trwałości narzędzia może być wyrażony czasem skrawania, liczbą wykonanych operacji (części) lub długością drogi skrawania do całkowitego (fizycznego) zużycia narzędzia [1].

Okresem trwałości ostrza T nazywa się czas pracy ostrza t [min] od stanu początkowego (ostrze ostre) do momentu wystąpienia zużycia granicznego (narzędzie stępione) przy założeniu, że proces skrawania odbywa się w niezmiennych warunkach obróbki (stałe parametry skrawania). Bez przywrócenia właściwości skrawnych narzędziu przez jego ostrzenie lub wymianę płytki skrawającej w narzędziach składanych, dalsze skrawanie nie powinno być kontynuowane, gdyż prowadzi to do zniszczenia narzędzia (zużycia katastroficznego) [3].

Należy pamiętać, że na okres trwałości ostrza największy wpływ mają kolejno:

- prędkość skrawania,
- posuw,
- głębokość skrawania.

A więc

$$T = f(v_c, f, g) \quad (1)$$

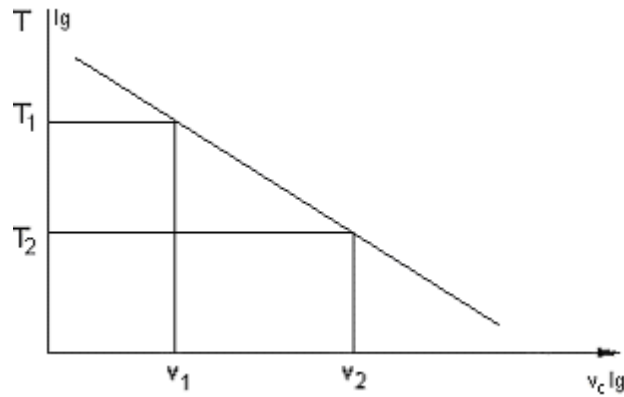
Funkcję okresu trwałości ostrza od prędkości skrawania można przedstawić w postaci formy równania Taylor'a

$$T = C_T \cdot v_c^{-s} \quad (2)$$

gdzie:

- okres trwałości ostrza [min],
- T**
- C_T - stała wyznaczana doświadczalnie uwzględniająca wpływ wyników osobno we wzorze wyodrębnionych,
- wykładnik potęgowy stały dla danej odmiany obróbki oraz pary ostrze-materiał obróbkowy (dla ostrzy z węglików spiekanych $3 \leftarrow s \Rightarrow 6$),
- S**
- v_c - prędkość skrawania [m/min].

W układzie współrzędnych logarytmicznych zależność ta jest liniowo zależna.



Rys. 7. Postać logarytmiczna funkcji Taylora tj. trwałość ostrza T w funkcji prędkości skrawania v_c .

Oceny stanu zużycia ostrzy dokonuje się za pomocą wskaźników zużycia ostrzy. Wskaźniki te można podzielić na trzy grupy [2]:

- wskaźniki geometryczne, charakteryzują zmianę cech stereometrycznych ostrzy np. skrócenie ostrza, ubytek materiału ostrza – wyrażony wysokością starcia powierzchni przyłożenia, głębokością rowka itp. (oznaczenia tych wskaźników są ujęte w międzynarodowych zaleceniach normalizacyjnych ISO),
- wskaźniki technologiczne, charakteryzują zmianę cech jakości wyrobu (głównie zmiany wymiarów i chropowatości powierzchni),
- wskaźniki energetyczne, charakteryzujące zmianę relacji energetycznych w procesie dekohezji (zmiany te przejawiają się poprzez wzrost siły skrawania i poboru mocy, przyrost temperatury skrawania, pojawienie się drgań w układzie OUPN itd.).

Graniczne wartości wskaźników zużycia stanowią kryteria stopienia ostrzy, wśród których wyróżnia się [2]:

- kryterium fizyczne, związane w szczególności z osiągnięciem granicznych wartości przez wskaźniki energetyczne zużycia ostrza,
- kryterium technologiczne, odnoszące się do granicznych wartości parametrów jakości technologicznej wyrobu,
- kryterium ekonomiczne, narzucające takie dopuszczalne wartości geometrycznych wskaźników zużycia ostrza, które umożliwiają osiągnięcie minimum kosztów eksploatacji narzędzia lub minimum kosztu jednostkowego wyrobu.