

AKADEMIA TECHNICZNO-HUMANISTYCZNA w Bielsku-Białej Katedra Technologii Maszyn i Automatyzacji	Wykonał:..... Wydział:..... Kierunek:..... Rok akadem.:..... Semestr:.....
Ćwiczenie wykonano: dnia:.....	Ćwiczenie zaliczono: dnia:..... ocena:.....

LABORATORIUM OBRÓBKII SKRAWANIEM

Temat: WYZANACZENIE KRZYWEJ ZUŻYCIA ORAZ OPTYMALNEGO STĘPIENIA OSTRZA NOŻA TOKARSKIEGO

1) Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie krzywej zużycia oraz optymalnego stopienia ostrza noża tokarskiego.

2) Wymagane wiadomości

- a) Charakterystyka procesu zużywania się ostrza,
- b) Przebieg procesu zużycia,
- c) Charakterystyczne formy zużycia ostrza noża tokarskiego,
- d) Wpływ zmiennych czynników na intensywność zużywania się ostrza,
- e) Wyznaczenie krzywej zużycia ostrza noża tokarskiego,
- f) Wyznaczenie optymalnego zużycia $h_{p\ opt}$.

3) Literatura

- [1] Dmochowski J.: „Podstawy obróbki skrawaniem”.
- [2] Dmochowski J., Uzarowicz A.: „Obróbka skrawaniem i obrabiarki”.
- [3] Kaczmarek J.: „Podstawy obróbki wiórowej, ściernej i erozyjnej”.
- [4] Jemielniak K.: „Obróbka skrawaniem”.
- [5] Zbiór Polskich Norm dotyczących narzędzi skrawających.
- [6] Grzesik W.: „Podstawy skrawania materiałów metalowych”.
- [7] Gawlik J., Karbowski K.: „Prognozowanie stanu ostrza skrawającego z zastosowaniem sieci neuronowych”.

4) Przebieg ćwiczenia

4.1.) Omówienie ćwiczenia.

- Podanie parametrów skrawania: posuw, obroty,
- Podanie kolejności wykonania ćwiczenia,

- Wyjaśnienie zasady pomiaru zużycia,
- Pomiar zużycia.

4.2.) Wykonanie ćwiczenia.

Dla podanych parametrów skrawania, należy co pewien, ściśle określony czas, dokonywać pomiaru wielkości zużycia. Następnie należy narysować krzywą zużycia, obliczyć optymalne stępienie ostrza noża.

WIADOMOŚCI TEORETYCZNE

1.) Charakterystyka procesu zużywania się ostrza.

Każde narzędzie skrawające z upływem czasu ulega stępieniu będącego wynikiem procesu tarcia między wiórem, a powierzchnią natarcia ostrza oraz między materiałem skrawanym, a powierzchnią przyłożenia. W procesie skrawania elementem niszczonego w sposób ciągły jest praktycznie ostrze.

Zmiany które powstają podczas stępienia ostrza można podzielić na:

- Zmiany odwracalne i zmiany nieodwracalne,
- Zmiany doraźne i zmiany narastające,
- Zmiany płytkie i zmiany głębokie.

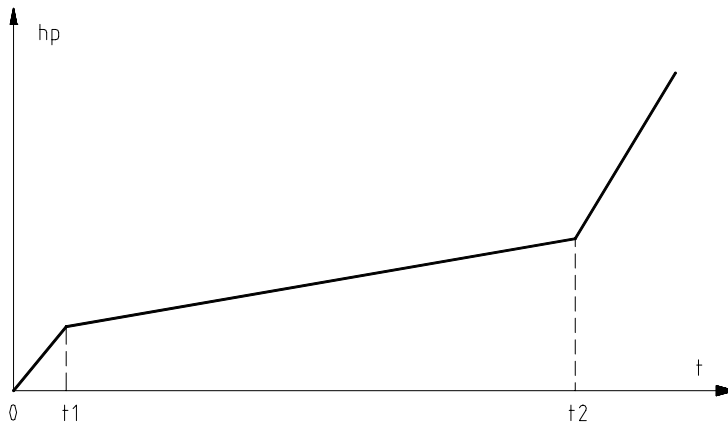
Na proces zużycia wpływają następujące czynniki:

- Własności mechaniczne materiałów trących określone w panującej temperaturze na powierzchni styku,
- Własności fizyko-chemiczne tych materiałów (skład chemiczny, ciepło właściwe, rozszerzalność cieplna itp.),
- Cechy struktury (składniki struktury, rodzaj sieci krystalicznej, wzajemna orientacja łączonych kryształów),
- Struktura geometryczna powierzchni trących,
- Stan powierzchni,
- Ośrodek (rodzaj ośrodka i jego oddziaływanie smarne, chłodzące i fizyko-chemiczne),
- Warunki tarcia (kształt współpracujących powierzchni, rzeczywista powierzchnia tarcia, sztywność układu),
- Parametry tarcia (obciążenie normalne i jego wartość, szybkość wzajemnego ruchu i jego zmienność).

2.) Przebieg procesu zużycia.

Typowy przebieg zużywania się powierzchni trących, w warunkach tarcia suchego, przedstawia krzywa Lorenz'a. Przebieg ten składa się z trzech typowych okresów:

- okres zużycia wstępnego,
- okres zużycia normalnego,
- okres zużycia końcowego.



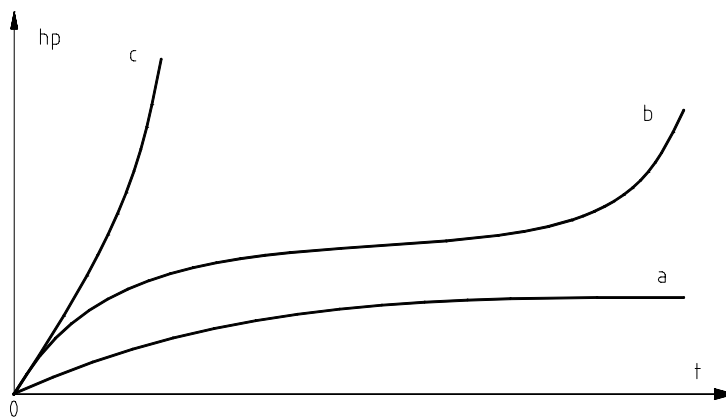
Rys. 1. Typowa krzywa zużycia ostrza.

W pierwszym okresie następuje docieranie się współrzędnych powierzchni. W przypadku skrawania następuje wyrównanie mikronierówności powierzchni ostrza. Wielkość zużycia zależy tu głównie od stopnia gładkościowego wykończenia powierzchni ostrza oraz w pewnym stopniu od jego geometrii.

Drugi okres charakteryzuje się stałą intensywnością zużycia, zależną od warunków współpracy. Okres ten trwa tak długo, aż ulegną zmianie ustalone przy końcu pierwszego okresu warunki tej współpracy.

W trzecim okresie następuje mniej lub bardziej gwałtowny wzrost intensywności zużycia, prowadzący do całkowitej utraty przez ostrze możliwości skrawnych. Dzieje się to na skutek osiągnięcia przez parametry zużycia określonych wielkości i zmiany dzięki temu dotychczasowych, ustalonych warunków współpracy.

Krzywa zużycia ostrza zmienia się w szerokich granicach. Rysunek 2 przedstawia spotykane kształty krzywej zużycia.



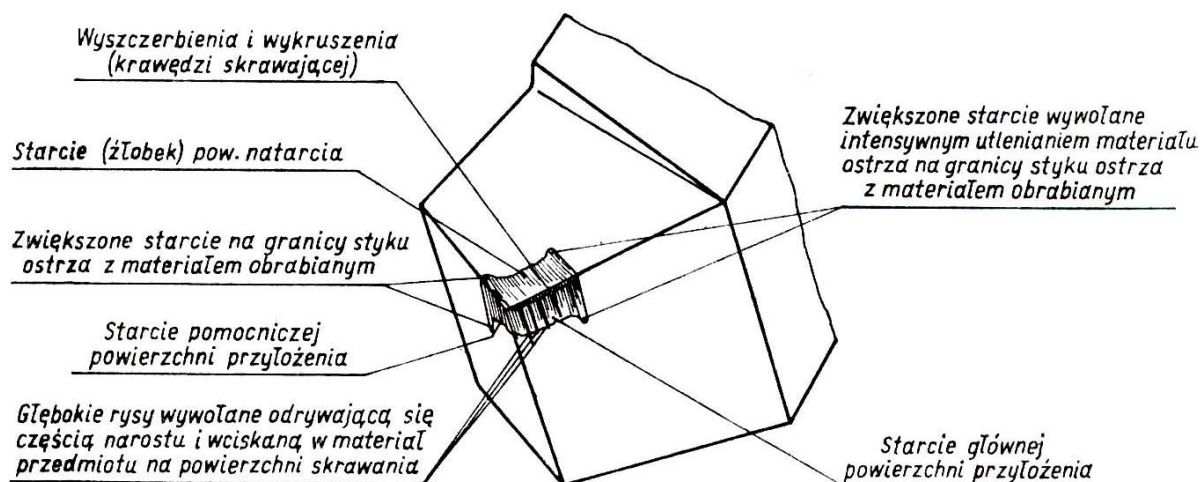
Rys. 2. Odmiany krzywych zużycia ostrza

Krzywa *a* odpowiada warunkom skrawania materiału bardzo ściernego, z niewielkimi szybkościami skrawania i bardzo dobrym chłodzeniem. Krzywa *b* jest typowa dla obróbki stali ze średnimi prędkościami skrawania, bez specjalnego chłodzenia lub z mało intensywnym chłodzeniem. Krzywa *c* odpowiada skrawaniu z dużymi prędkościami skrawania, przy szybkim przyroście temperatury wraz z upływem czasu skrawania.

3.) Charakterystyczne formy zużycia ostrza noża tokarskiego.

W przypadku noży tokarskich zużycie ostrza może przybierać następujące formy (rys. 3):

- starcia na powierzchni przyłożenia,
- żłobka na powierzchni natarcia,
- wyszczerbień, wykruszeń i pęknięć,
- starcia naroża ostrza.



Rys. 3. Charakterystyczne ślady zużycia ostrza

Starcie na powierzchni przyłożenia oznaczone V_B powstaje na skutek tarcia tej powierzchni o materiał skrawany. Przy toczeniu zgrubnym szerokość tego starcia jest najczęściej zróżnicowana wzdłuż czynnej krawędzi skrawającej. Największa szerokość starcia oznaczona parametrem l_z występuje na odcinku krawędzi ostrza stykającym się z naskórkiem materiału skrawanego.

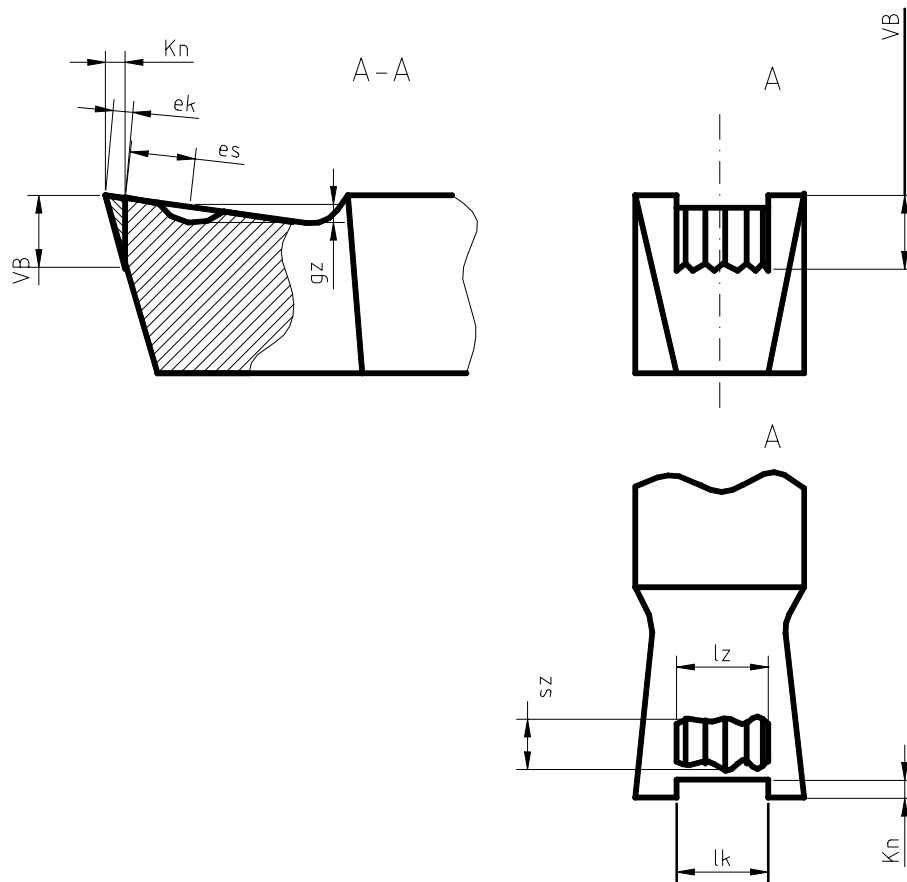
Żłobek na powierzchni natarcia powstaje wówczas, gdy spływający po niej wiór ma budowę wstęgową. Zaczyna on się tworzyć w pewnej odległości od krawędzi skrawającej, mniej więcej w połowie szerokości styku wióra z tą powierzchnią. Wielkość żłobka określają parametry: głębokość żłobka g_z , szerokość żłobka s_z i długość żłobka l_z .

Wykruszenia, wyszczerbienia oraz pęknięcia są wynikiem przekroczenia wytrzymałości doraźnej materiału ostrza bądź też wytrzymałości zmęczeniowej. Poprzez wyszczerbienie rozumie się ubytek materiału ostrza na skutek przekroczenia miejscowej wytrzymałości jego materiału w obszarze styku z materiałem skrawanym. Pęknięcia powstają na skutek miejscowego przekroczenia wytrzymałości doraźnej materiału ostrza.

Starcie naroża ostrza powstaje w wyniku jego tarcia o materiał skrawany. Ta forma zużycia wpływa na dokładność wymiarową obrabianych elementów.

Do typowych wielkości geometrycznych zużycia należą:

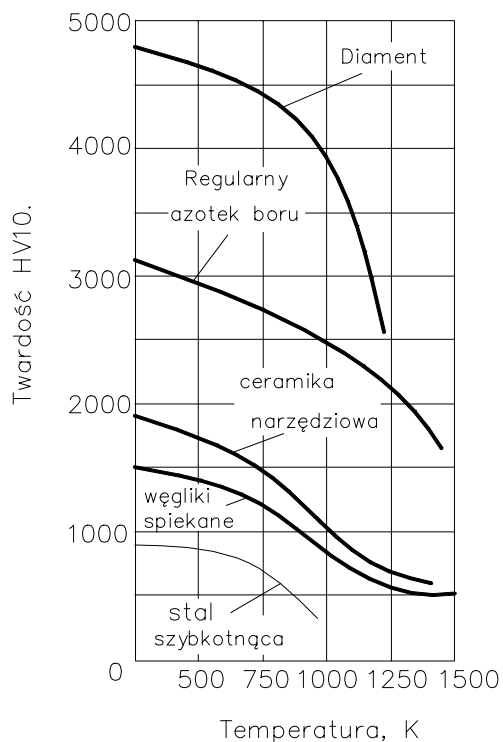
- na powierzchni natarcia: K_n - skrócenie ostrza, l_z - długość żłobka, s_z - szerokość żłobka, g_z - głębokość żłobka, e_k - odległość żłobka od krawędzi skrawającej, e_s - odległość maksymalnej głębokości żłobka od krawędzi skrawającej.
- na powierzchni przyłożenia: V_B - wysokość starcia, l_k - szerokość starcia.



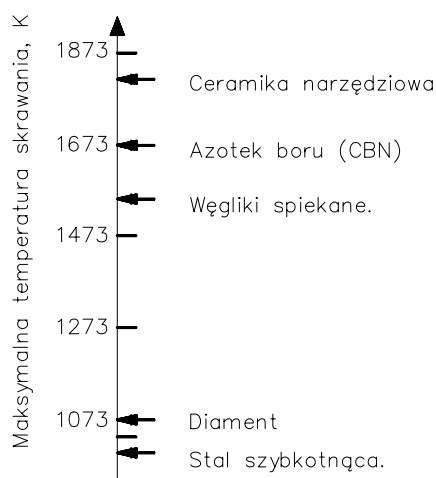
Rys. 4. Wymiary śladów ściernego zużycia ostrza

4.) Rodzaje zużycia ostrza.

- Zużycie cieplne polega na zmianach właściwości materiału, spowodowanych przekroczeniem dopuszczalnych temperatur skrawania (rys. 5 i 6). Uszkodzenie ostrza spowodowane oddziaływaniem termicznym są wynikiem zmniejszenia się jego twardości wraz ze wzrostem temperatury. Ponadto wskutek nierównomiernego nagrzewania lub chłodzenia ostrza mogą powstać mikropęknięcia naprężeniowe, na które szczególnie wrażliwe są materiały o małej odporności na szoki termiczne.
- Zużycie adhezyjne powstaje w wyniku silnego wzajemnego przywierania pod wpływem sił adhezji cząstek materiału narzędzia i cząstek materiału obrabianego. Nieustanne zrywanie tych wiązań powoduje oddzielenie cząstek materiału od narzędzia skrawającego, przyspieszając jego zużycie.
- Zużycie dyfuzyjne polega na szkodliwym przenikaniu atomów materiału ostrza (np. węgla z węglików spiekanych) do materiału obrabianego oraz atomów materiału skrawanego (np. żelaza) do materiału ostrza. W wyniku tego zjawiska następuje pogorszenie warstwy wierzchniej narzędzia (zmniejsza się twardość), co powoduje zwiększenie intensywności jego zużycia.



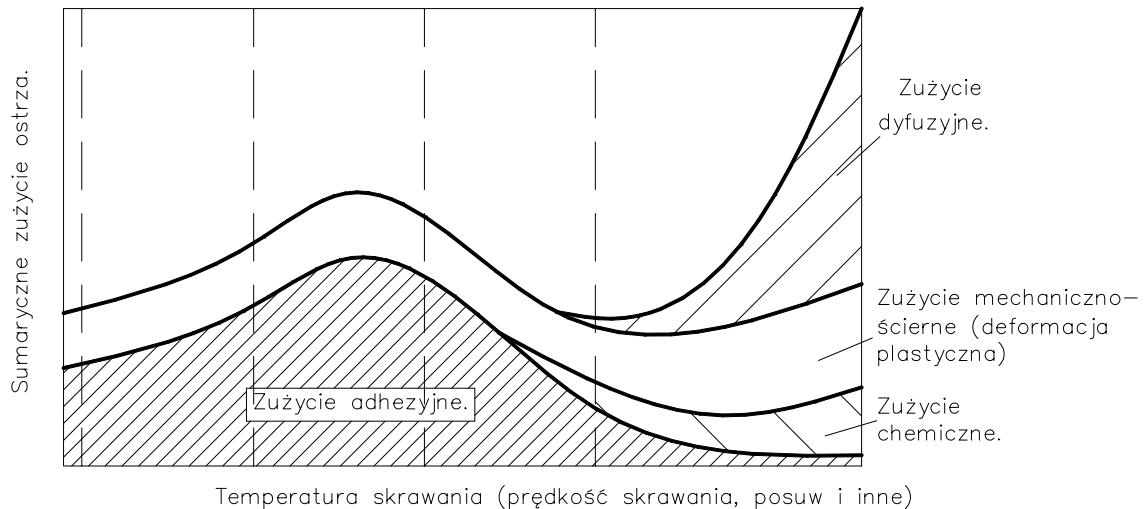
Rys. 5. Wpływ temperatury skrawania na twardość różnych materiałów narzędziowych



Rys. 6. Dopuszczalna temperatura skrawania różnych materiałów narzędziowych

- Zużycie chemiczne polega na ciągłym powstawaniu i usuwaniu podczas skrawania warstewki tlenków i innych związków chemicznych (zwłaszcza w wysokich temperaturach skrawania) z powierzchni styku ostrza narzędzia z materiałem obrabianym. Związki te tworzą się pod wpływem chemicznie aktywnych składników płynu chłodziwo-smarującego lub tlenu z otaczającego powietrza. Rola spełniana przez ciecz smarująco-chłodziwą musi więc być rozpatrywana nie tylko w aspekcie procesu tworzenia wióra, chłodzenia i smarowania ostrza, ale również pod kątem wpływu cieczy na chemiczno-ścierne zużycie ostrza.

Omówione rodzaje zużycia nie występują oddzielnie. W zależności od właściwości materiału obrabianego, materiału narzędzia i przede wszystkim parametrów skrawania, różne rodzaje zużycia występują równocześnie, ale z różną intensywnością (rys. 7).



Rys. 7. Rodzaje zużycia ostrza narzędzia w obróbce skrawaniem

Na przebieg przedstawionych na rysunku 7 zależności decydująco wpływają mechanizmy zużycia narzędzia skrawającego. Przy małych prędkościach, jak np. w przypadku skrawania narzędziami ze stali szybko tnącej, przeważa zużycie ściernie i adhezyjne, a przy większych prędkościach skrawania, jak np. w przypadku węglików spiekanych lub ceramiki narzędziowej, oprócz zużycia ściernego, występuje zużycie dyfuzyjne i chemiczne.

5.) Kryteria stopienia ostrza.

Wskutek postępujących zmian spowodowanych zużyciem ostrza w procesie skrawania, uzyskuje ono pewien określony stan nazywany stopieniem, w którym przyjmuje się umownie, że nastąpiła utrata właściwości skrawnych narzędzia. Bez przywrócenia tych właściwości (np. poprzez szlifowanie), skrawanie nie może być kontynuowane. Stopień stopienia ostrza jest oceniany za pomocą kryteriów stopienia, które można podzielić na:

- Kryteria geometryczne, do których należą takie wskaźniki, jak np. skrócenia ostrza, ubytek materiału ostrza - wyrażony wysokością starcia powierzchni przyłożenia, głębokością rowka itp.,
- Kryteria technologiczne, których wskaźnikiem jest przyrost chropowatości powierzchni, zmiany wymiarów lub kształtu przedmiotu obrabianego,
- Kryteria fizyczne, których wskaźnikiem jest określony przyrost sił skrawania, momentu, mocy skrawania lub temperatury,
- Kryteria ekonomiczne, do których zalicza się wskaźniki stopienia, wyznaczone w powiązaniu z kosztami eksploatacyjnymi narzędzia lub operacji, przy czym są one najczęściej ustalone w odniesieniu do narzędzi pracujących w warunkach produkcji wielkoseryjnej lub masowej.

6.) Wpływ zmiennych czynników na intensywność zużywania się ostrza.

a) Wpływ materiału skrawanego,

Na podstawie licznych badań stwierdzono, że zużycie ostrza jest tym większe, im większa jest praca właściwa skrawania i ścierność obrabianego materiału. W zakresie jednego rodzaju materiału obrabianego zależy to od składu chemicznego oraz od struktury. Tak np.

najczęściej stosowany materiał konstrukcyjny - stal, oddziałuje na zużycie ostrza w ten sposób, że:

- Ścieralność stali zwiększa się wraz ze wzrostem zawartości węgla,
- Ścieralność stali zwiększa się wraz ze zwiększeniem dodatków stopowych węglilotwórczych,
- Najmniejszą ścieralnością odznaczają się stale o strukturze ferrytycznej,
- Spośród stali perlitycznych największą ścieralnością charakteryzuje się perlit płytkowy, a najmniejszą ścieralnością - cementyt kulkowy,
- Ścierność stali perlitycznych jest tym mniejsza, im mniejsze są rozmiary ziaren cementytu,
- Ścierność stali szybkoitnących o strukturze cementytu kulkowego zależy od rozłożenia węglków; rozłożenie nieregularne sprzyja zmniejszeniu ścierności, rozłożenie w postaci siatki wpływa na duże jej zwiększenie,
- Stale austenityczne, mają niewielką ilość węglków, odznaczają się niewielką ściernością,
- W miarę wzrastania twardości stali, można zaobserwować tendencje do zwiększenia ścierności,
- Głównym składnikiem strukturalnym, powodującym zwiększenie ścierności, są węgliki, a wśród nich cementyt.

b) wpływ materiału ostrza,

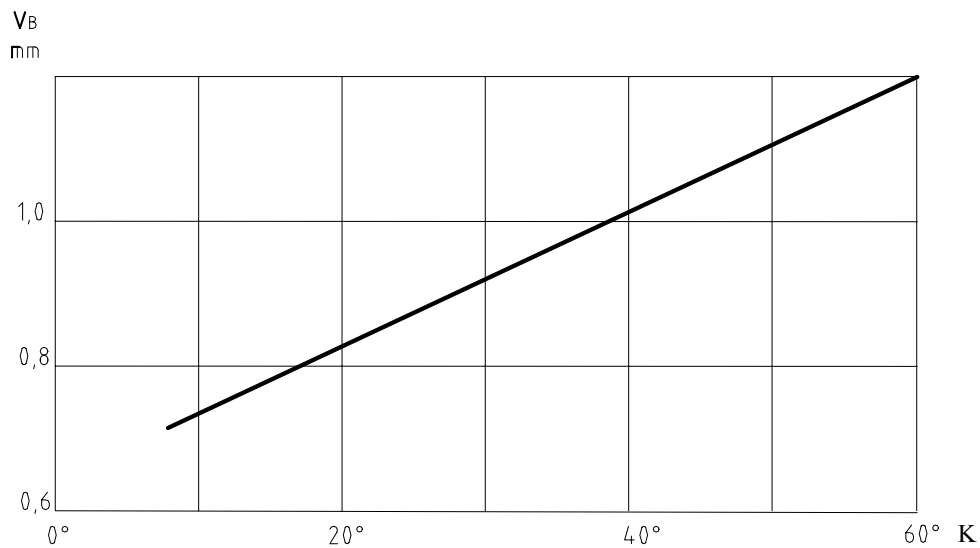
Odporność materiału ostrza na zużycie charakteryzują jego ścierność i ścieralność oraz odporność temperaturowa, tzn. odporność na utratę własności wytrzymałościowych przy wzroście temperatury zależą od składu chemicznego i struktury materiału ostrza.

c) wpływ elementów i cech stereometrycznych ostrza,

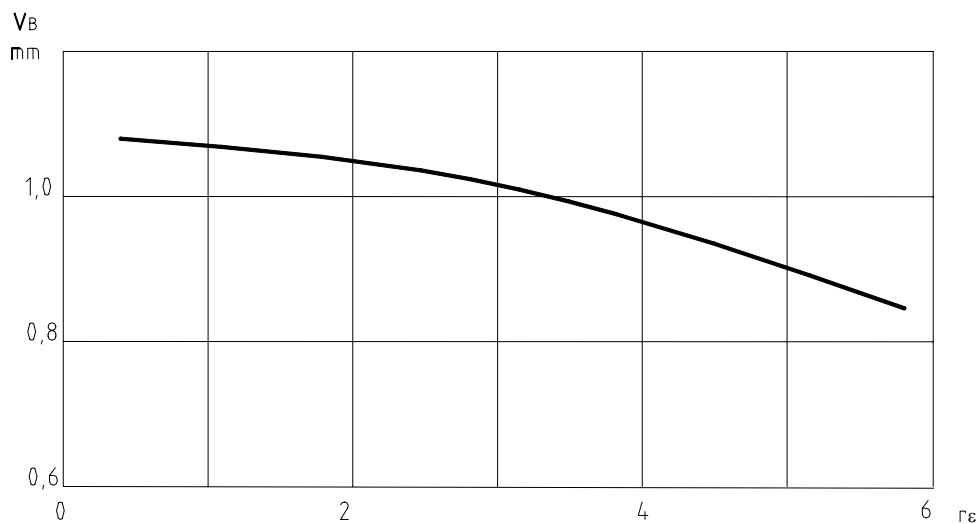
Spośród tzw. parametrów geometrycznych ostrza największy wpływ na zużycie ścierne wywierają: kąt natarcia γ , kąt przystawienia κ i promień ostrza. Rysunek 8 przedstawia zależność starcia h_p powierzchni przyłożenia od kąta przystawienia, a rysunek 9 przedstawia zależność starcia h_p powierzchni przyłożenia od promienia zaokrąglenia ostrza r .

Na rysunku 10 przedstawiono przykładowo wykres zależności starcia powierzchni przyłożenia od kąta natarcia γ . Wykresy te oparte są o wyniki badań *DANIELIANA*.

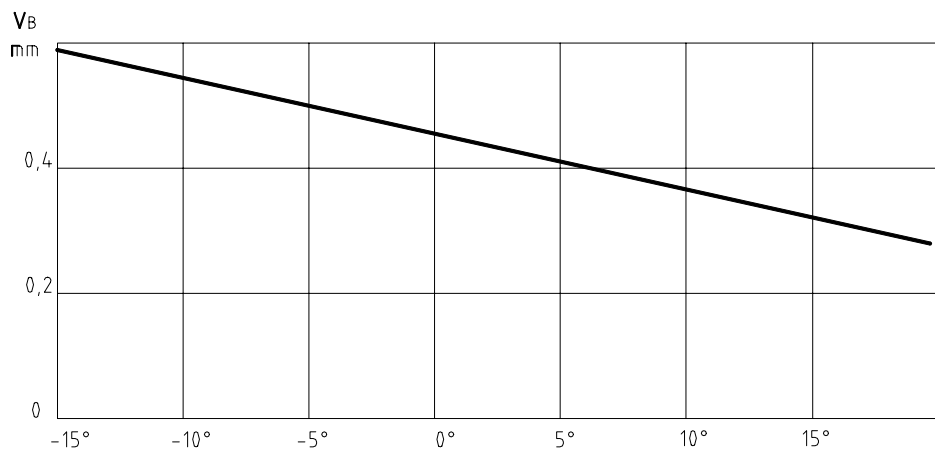
Zwiększenie zużycia ostrza wraz ze zmniejszeniem kąta natarcia tłumaczy się zwiększeniem składowej oporowej, gdy maleje kąt natarcia, a przez to zwiększanie się równocześnie nacisku jednostkowego. Zwiększenie zużycia ostrza, gdy rośnie kąt przystawienia i maleje promień zaokrąglenia ostrza, wynika ze zmniejszenia objętości naroża. Na skutek tego zwiększa się temperatura ostrza i rośnie zużycie ostrza.



Rys. 8. Zależność starcia V_B powierzchni przyłożenia od kąta przystawienia



Rys. 9. Zależność starcia V_B powierzchni przyłożenia od promienia zaokrąglenia ostrza r



Rys. 10. Wpływ kąta natarcia ostrza na starcie powierzchni przyłożenia po upływie stałego czasu skrawania

d) wpływ warunków skrawania,

Spośród warunków skrawania najsilniejszy wpływ na zużycie ostrza wywierają szybkość skrawania (v) i posuw (f). O wiele mniejszy wpływ ma głębokość skrawania (a_p).

Na podstawie licznych badań można uogólnić wpływ warunków skrawania w przypadku stosowania ostrzy z węglików spiekanych i przybliżyć do wzoru statystyczno-doświadczalnego o postaci:

$$V_B = C_h \cdot v^{(3-5)} f^{(1,5-2)} a_p^{(0,15-0,25)}$$

Wykładniki przy v , f i a_p wskazują na ilościowe różnice wpływu wymienionych trzech warunków skrawania.

Wpływ ośrodka, w którym odbywa się skrawanie zaznacza się tym mocniej, im gorsze są zdolności skrawne ostrza. W związku z tym większe efekty procentowe uzyskuje się w przypadku używania ostrzy ze stali narzędziowych, niż z węglików spiekanych.

Skrawanie typu przerywanego przyspiesza zużycie ściernie ostrza, choć nie zmienia w sposób zasadniczy proporcji wpływu poszczególnych warunków skrawania. Przyczyną przyspieszenia zużycia ostrza przy skrawaniu przerywanym są przeważnie mikrowykruszenia, powstające na krawędzi skrawającej.

7.) Wyznaczenie krzywej zużycia noża tokarskiego i optymalnego zużycia $V_{B\ opt.}$

Krzywa zużycia przedstawia zmianę wielkości badanego parametru zużycia w czasie, przy zachowaniu tych samych parametrów skrawania. Może ona przedstawiać zmianę szerokości starcia na powierzchni przyłożenia V_B , lub współczynnik zmiany kształtu żłobka.

Tabela wyników

<u>Czas</u>	V_B
5	
10	
15	
20	
25	
30	
35	

Przy pewnej wartości starcia na powierzchni przyłożenia, żywotność ostrza jest największa. Wartość tego parametru można wyznaczyć na podstawie krzywej zużycia oraz analizy schematu regeneracji stępnego ostrza. Żywotność narzędzia:

$$\sum T = i \cdot t \text{ [min]}$$

gdzie:

i - możliwa ilość ostrzeń przy danej wartości zużycia,

T - czas pracy ostrza netto od zaostrenia do osiągnięcia danej wartości zużycia.

Możliwa ilość ostrzeń noża przy danym stępieniu V_B wyniesie: $i = \frac{L}{X + \Delta}$

gdzie:

L - całkowity zapas noża do ostrzenia w [mm],

X - wartość starcia mierzona na powierzchni natarcia w [mm],

Δ - dodatkowy materiał zebrany podczas pojedynczego szlifowania [mm],

Po przekształceniu:

$$\sum T = \frac{L \cdot T}{X + \Delta} [\text{min}]$$

Stosując do trójkąta ABC twierdzenie sinusów można napisać:

$$\frac{x}{\sin \alpha} = \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \gamma)}; \quad x = V_B \cdot \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \gamma)} = V_B \cdot k$$

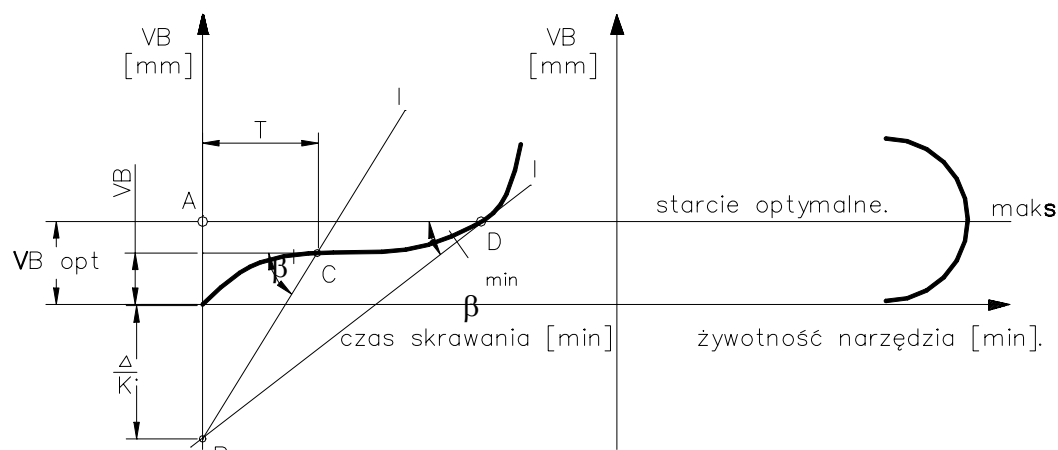
Po podstawieniu ostatniej zależności do wzoru na żywotność narzędzia otrzymamy:

$$\sum T = \frac{L \cdot T}{k \cdot V_B \cdot \Delta} = \frac{L}{k} \cdot \frac{T}{V_B + \frac{\Delta}{k}}$$

Ze wzoru tego wynika, że jeżeli na wykresie zużycia, w przedłużeniu osi rzędnych odciąć odcinek o długości $\frac{\Delta}{k}$, a następnie z jego końca (punkt B) przez dowolny punkt krzywej zużycia C przeprowadzić linię prostą l , to wyrażenie:

$$\frac{T}{V_B + \frac{\Delta}{k}} = \frac{1}{\text{tg}(\beta)}$$

jest odwrotnością współczynnika kierunkowego BC w trójkącie. Żywotność narzędzia T będzie tym większa im mniejszy będzie kąt β . Kąt ten osiągnie minimalną wartość wówczas, gdy prosta l przyjmie położenie styczne do krzywej zużycia (punkt D). W tym momencie żywotność narzędzia będzie największa. Wielkość zużycia ostrza na powierzchni przyłożenia odpowiadająca położeniu punktu D jest tzw. zużyciem optymalnym $V_{B \text{ opt.}}$. Dla noży tokarskich wartość tego zużycia zależy między innymi od materiału ostrza, materiału skrawanego, parametrów skrawania i rodzaju toczenia.



Rys. 11. Wyznaczenie optymalnego zużycia ostrza $V_{B \text{ opt.}}$