

Piotr WITTBRODT

TRWAŁOŚĆ I ŻUŻYCIE MONOLITYCZNYCH FREZÓW WĘGLIKOWYCH

LIFE AND WEAR OF MONOLITHIC CARBIDE MILLS

W artykule przedstawiono wyniki badań zużycia frezów monolitycznych węglkowych metodą wskaźników. Wykazano nieadekwatność tej metody do zastosowań przemysłowych oraz zaproponowano zastosowanie układu monitorującego stan narzędzia wykorzystującego systemy samouczące.

Słowa kluczowe: trwałość i zużycie frezów, wskaźniki zużycia

This paper presents the results of investigation of wear mills of monolithic carbide using the indexes method. The article also shows inadequacy of this method to industrial uses and proposes use of equipment monitoring the condition of a tool using the self-learning systems.

Keywords: durability and wear of mills, index wear.

1. Wprowadzenie

Obróbka skrawaniem jest najbardziej rozpowszechnioną metodą kształtowania przedmiotów spośród wszystkich stosowanych technik mechanicznego wytwarzania i stanowi około 60 ÷ 70%. [1]. Pochłania ona duże nakłady finansowe, dlatego dąży się do doboru najbardziej racjonalnych warunków obróbki.

Duży wpływ na ogólne koszty wytwarzania wyrobów mają koszty narzędziowe [2]. Wiąże się to z zakupem narzędzi skrawających, ich eksploatacją, ostrzeniem itd. Szczególnie niewralgicznym punktem jest eksploatacja narzędzi. Okres ich użytkowania jest silnie uzależniony od parametrów skrawania. Zastosowanie bardzo dużych prędkości skrawania, dużych wartości posuwów, ograniczenie bądź całkowite wyeliminowanie cieczy obróbkowych powoduje, że żywotność narzędzi może być mała. Stanowi to barierę w podnoszeniu efektywności procesu obróbkowego.

Wydłużenie okresu trwałości użytkowania narzędzia jest podstawową do zmniejszenia kosztów produkcji. Istnieje jednak problem w ocenie zużycia narzędzia. Szczególnie dotyczy to frezów kulistych. Trudność ta polega na opisie zużycia powierzchni kulistej, która może pracować krawędzią skrawającą

1. Introduction

Machining is the commonest method of forming objects from among all applied techniques of mechanical manufacturing and constitutes ca. 60 ÷ 70%. [1]. It consumes large financial outlays, that is why we aim at selecting the most rational machining conditions.

Tool costs influence general costs of product manufacturing to a large extent [2]. This is mainly related to purchasing, operating and sharpening machining tools. A pivotal point is operating tools. The period of their use is highly dependent on machining parameters. Applying very high machining velocities, large feed values, as well as limitation or complete elimination of working liquids may cause the life of tools to be small. This constitutes a barrier to increasing the effectiveness of machining process.

Prolonging the life of a tool is a basis for the decrease of production costs. However, there is a problem in the evaluation of the tool's wear. This especially refers to ball milling cutters. The difficulty lies in describing the wear of ball surface, which can work with a part of machining edge or on the whole length of the arch (fig. 1).

częściowo lub na całej długości łuku (rys. 1).

Praktyka potwierdza, że w przedsiębiorstwach produkcji małoseryjnej czy masowej, narzędzie jest używane do obróbki różnych części przy użyciu całkowicie różnych parametrów obróbki skrawaniem. W takim środowisku ocena przydatności narzędzia do dalszej obróbki, czy narzędzie jest ostre czy nie, jest trudne.

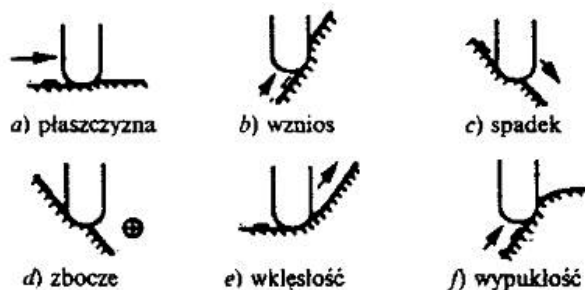
Należy zwrócić uwagę na ten problem ze względu na liczne wykorzystanie frezów. Przyjmuje się, że około kilkanaście procent wszystkich operacji przypada na frezowanie. Z roku na rok udział ten wzrasta.

Oczywiście, istnieje wiele opublikowanych prac na temat trwałości i zużycia narzędzi skrawających, lecz opisują one jedynie narzędzia typu tokarskiego (wymienne płytki wielostrzowe). [np.: 3, 4, 5, 6].

2. Formy zużycie ostrza

Głównymi elementami układu obróbkowego są przedmiot, narzędzie i obrabiarka, które razem połączone procesem skrawania stanowią dynamiczny układ obróbki. Składniki te, a szczególnie współdziałanie między nimi mają istotny wpływ na kształtowanie struktury geometrycznej powierzchni przedmiotu oraz stan narzędzia skrawającego.

Zużyciem ostrza narzędzia nazywamy postępującą w czasie utratę właściwości skrawnych. Mechanizm zużycia jest bardzo złożony, uwarunkowany działaniem cieplnym, zjawiskami adhezji, dyfuzji i utleniania. Każdy z czynników wpływa mniej lub bardziej na zużycie ostrza. Na rysunku 2 przedstawiono klasyfikację zużycia ostrza narzędzia skrawającego.



Rys. 1. Rodzaje lokalnych kształtów obrabianych przez frez o zakończeniu kulistym [7]

Fig. 1. Kinds of local shapes machined by a ball-ended cutting mill [7]

It is confirmed by practice that in small lot or mass production enterprises a tool is used for machining various parts with the use of absolutely different machining parameters. In such an environment the evaluation of the tool's suitability for further machining, or determining whether the tool is sharp, are quite difficult.

This problem needs paying attention to because

of numerous uses of cutting mills. It is assumed that several percent of all operations are milling operations. This participation increases year by year.

Obviously, many works have been published on the life and wear of machining tools, but they only describe turning-type tools (replaceable multi-blade plates). [e.g.: 3, 4, 5, 6].

2. Forms of blade wear

The main elements of machining system are the object, the tool and the machine, which, together, connected by the machining process, constitute a dynamic machining system. These components, and especially their mutual influence, have a significant effect on forming the geometrical structure of the object's surface and on the state of machining tool.

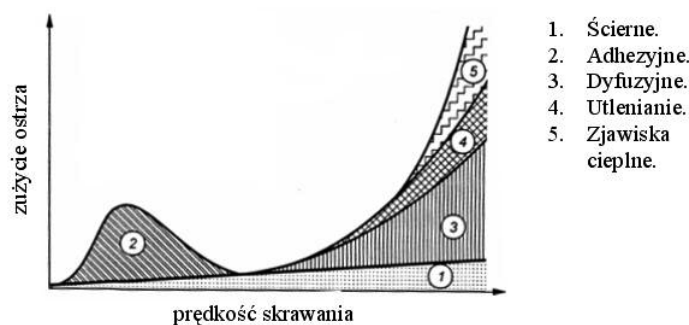
The wear of the tool's blade is the loss of its cutting properties progressing in time. The wear mechanism is very complex, conditioned by heat action, the phenomena of adhesion, diffusion and oxidation. Each of these factors more or less influences the blade wear. Figure 2 presents the classification of a machining tool's blade wear.



Rys. 2. Klasyfikacja zużycia ostrza
Fig. 2. Blade wear classification

1. Zużycie mechaniczne – polega na ściernym usuwaniu cząstek materiału ostrza przez wiór trący o powierzchnię przyłożenia i materiał obrabiany lub na przekroczeniu wytrzymałości doraźnej i zmęczeniowej skutkiem, czego jest złamanie krawędzi ostrza.
2. Zużycie adhezyjne – polega na przywieraniu cząstek materiału do ostrza pod wpływem sił przyciągania międzycząsteczkowego. Zjawisko adhezji występuje przy małych posuwach i prędkościach skrawania – granica $V_c \leq 1,6 \text{ m/s}$. Powyżej tej wartości zjawisko adhezji nie występuje.
3. Chemiczne (dyfuzja) – polega na przemieszczaniu się cząstek i atomów z materiału ostrza do materiału obrabianego (i odwrotnie), na skutek bezwładnego ruchu cieplnego atomów. Zmiana własności warstwy wierzchniej ostrza pogarsza właściwości skrawne. Dyfuzja pojawia się przy wysokich temperaturach skrawania.
4. Zużycie cieplne – polega na zmianie właściwości materiału wywołanej przekroczeniem dopuszczalnych temperatur skrawania.

Wpływ prędkości skrawania na zużycie przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Wpływ prędkości skrawania na zużycie ($t_{skr} = \text{const.}$) [5]

Fig. 3. Influence of machining velocity on wear ($t_{mach} = \text{const.}$) [5]

Do oceny zużycia ostrza służą wskaźniki zużycia. Wskaźniki te można podzielić na trzy grupy [1]:

- geometryczne – charakteryzują się zmianą cech stereometrycznych ostrza,
- technologiczne – charakteryzują się zmianą cech dokładnościowo – wymiarowo – kształtowych,
- energetyczne – charakteryzują się zmianą sił skrawania, poborem mocy, ilością wydzielanego ciepła, itd.

Wskaźniki geometryczne i technologiczne należą do wskaźników zużycia bezpośrednich, natomiast energetyczne do pośrednich.

Wskaźniki zużycia ostrza są znormalizowane. Dla wskaźników zużycia narzędzi frezarskich jest to norma PN – ISO 8688 – 1: 1996 oraz PN – ISO 8688 – 2: 1996.

1. Mechanical wear – involves abrasive removal of blade material parts by the chip cutting the tool flank and the machined material, or exceeding immediate and fatigue strength, the result of which is breaking the blade edge.
2. Adhesion wear – involves adherence of parts of material to the blade under the influence of intermolecular attraction forces. The phenomenon of adhesion occurs at small feeds and machining velocities – limit $V_c \leq 1,6 \text{ m/s}$. Above this value the phenomenon of adhesion does not occur.
3. Chemical wear (diffusion) – involves relocation of particles and atoms from the blade material to the machined material (and the other way round), as a result of inertial thermal motion of atoms. Change of the properties of blade surface layer makes the cutting properties worse. Diffusion occurs at high cutting temperatures.
4. Thermal wear – involves change in the properties of the material caused by exceeding admissible cutting temperatures.

The influence of machining velocity on wear is shown in fig. 3.

1. Ściernie.
2. Adhezyjne.
3. Dyfuzyjne.
4. Utlenianie.
5. Zjawiska cieplne.

Wear indicators serve to evaluate the blade wear. They can be divided into three groups [1]:

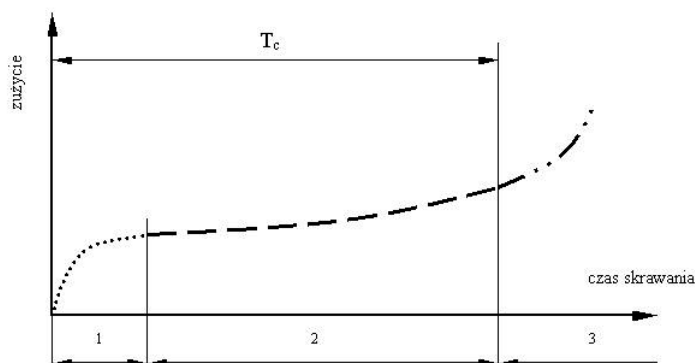
- geometrical – are characterized by change in stereometric features of the blade,
- technological – are characterized by change of accuracy–dimension–shape features,
- energetic – are characterized by change in cutting force, power consumption, amount of emitted heat, etc.

Geometrical and technological indicators are direct wear indicators, whereas energetic indicators belong to indirect indicators of wear.

Blade wear indicators are standardized. For machining tool wear indicators these are: standard PN – ISO 8688 – 1: 1996 and PN – ISO 8688 – 2: 1996.

Duża liczba czynników wpływająca na zużycie powoduje, że nadal brakuje spójnej teorii przedstawiającej ogół zjawisk zachodzących w strefie kontaktu ostrza z materiałem obrabianym. Dlatego, opis zależności pomiędzy geometrycznymi i fizykalnymi wskaźnikami zużycia jest rzeczą ważną.

Przyjmuje się, że typowa krzywa zużycia ma kształt przedstawiony na rys. 4.



Rys. 4. Typowa krzywa zużycia
Fig. 4. A typical wear curve

Wyróżnia się trzy okresy użytkowania ostrza:

- pierwszy okres – oznaczony linią punktową, jest to okres docierania ostrza. W tym okresie zostają starte nierówności powierzchni powstałe podczas wykonania ostrza.
- drugi okres – oznaczony linią kreskowaną, okres normalnego zużycia ostrza. Charakteryzuje się proporcjonalnym ścieraniem ostrza w czasie skrawania.
- trzeci okres – oznaczony linią kreskowo – kropkową, jest to okres gwałtownego zużycia ostrza. W tym okresie następuje nagłe pogorszenie własności skrawnych ostrza.

Okres trwałości ostrza (w) jest to czas skrawania liczony od chwili rozpoczęcia pracy przez ostrze, aż do chwili, gdy wybrany wskaźnik zużycia osiągnie dopuszczalną wartość.

$$w = w_o + C_w \cdot t^u \quad (1)$$

gdzie: w – całkowita wartość zużycia, w_o – wartość dotarcia, C_w – stała, t – czas skrawania, u – wykładnik potęgowy.

Zużycie ostrza, a zatem także okres trwałości zależy od prędkości skrawania. Zależność między nimi przedstawia wzór Taylora:

$$V_c \cdot T^{-1/k} = C_v \quad (2)$$

gdzie: V_c – prędkość skrawania, T – okres trwałości, C_v – stała, k – wykładnik potęgowy uwzględniający rodzaj materiału obrabianego.

Równanie (2) wykorzystywane jest w dwu postaciach użytkowych:

A large number of factors influencing wear causes lack of a coherent theory presenting the whole body of phenomena occurring in the zone of contact between the blade and the machined material. That is why it is important to describe the relationships between the geometrical and physical wear indicators.

It is assumed that a typical wear curve is of the shape presented in fig. 4.

Three periods of using the blade can be distinguished:

- first period – marked by a dotted line, is the blade lapping period. In this period the irregularities of surface that were formed during manufacturing of the blade are abraded.
- second period – marked by a dashed line, is the period of normal wear of the blade. It is characterized by proportional abrading of the blade during cutting.
- third period – marked by a dot-and-dash line, is the period of sudden wear of the blade. In this period a sudden deterioration of the blade's cutting properties occurs.

The blade life period (w) is the cutting time counted from the moment of the start of the blade's work, until the moment when a selected wear indicator reaches the admissible value.

$$w = w_o + C_w \cdot t^u \quad (1)$$

where: w – total wear value, w_o – grinding value, C_w – constant, t – cutting time, u – exponent.

Wear of the blade, and also its life, depend on cutting velocity. The relationship between them is presented in Taylor's formula:

$$V_c \cdot T^{-1/k} = C_v \quad (2)$$

where: V_c – cutting velocity, T – life, C_v – constant, k – exponent, considering the kind of machined material.

Equation (2) is used in two functional forms:

$$T = \left(\frac{V_c}{C_v} \right)^k \quad (3)$$

lub

$$V_c = C_v \cdot T^{1/k} \quad (4)$$

Zużycie ostrza nie zależy jedynie od jednego czynnika, lecz także takich jak posuw czy głębokość. Równanie (3) można rozszerzyć do postaci:

$$T = \left(\frac{V_c}{C_v} \right)^k \cdot f^{y_f} \cdot a_p^{x_T} \quad (5)$$

gdzie: f – posuw, a – głębokość skrawania, y_f , x_T – wykładniki potęgowe uwzględniające wpływ posuwu i głębokości skrawania.

Praktyczne zastosowanie ma zależność (6), przy pomocy której, można wyliczyć prędkość skrawania pozwalającą na uzyskanieżądanego okresu trwałości ostrza. Zależność ta przedstawia się następująco:

$$V_{cT} = C_{vT} \cdot f^{y_v} \cdot a_p^{x_v} \quad (6)$$

Indeks „ T ” oznacza trwałość minutową narzędzia.

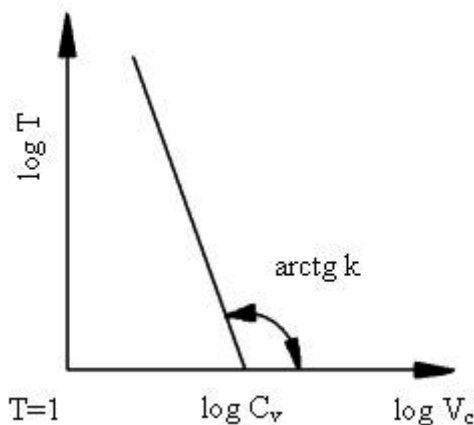
Trudniejszym zagadnieniem jest przewidywanie zużycia ostrza pracującego z przemiennie zmiennymi parametrami skrawania. Ostrze wykorzystywane jest wtedy przez czas Δt_1 z określonymi parametrami, natomiast w okresie Δt_2 z innymi. Zależność ta przedstawiona jest na rys. 6.

Ogólny wzór opisujący wartość zużycia ostrza po skrawaniu z n zmiennymi parametrami ma postać:

$$w = w_0 + (w_k - w_0) \cdot \left(\sum_{i=1}^n \Delta T_i \right)^u \quad (7)$$

gdzie: w_k – wskaźnik stępienia.

Obliczone w ten sposób zużycie ostrza narzędzia skrawającego jest większe od rzeczywistego [7].



Rys. 5. Zależność Taylora
Fig. 5. Taylor's relationship

$$T = \left(\frac{V_c}{C_v} \right)^k \quad (3)$$

or

$$V_c = C_v \cdot T^{1/k} \quad (4)$$

Wear of the blade does not depend only on one factor, but also on such factors as feed, or depth.

Equation (3) can be extended to the following form:

$$T = \left(\frac{V_c}{C_v} \right)^k \cdot f^{y_f} \cdot a_p^{x_T} \quad (5)$$

where: f – feed, a – cutting depth, y_f , x_T – exponents, considering the influence of feed and cutting depth.

The relationship (6) can be applied in practice, as it can be used to calculate cutting velocity that allows to achieve the desired blade life. This is how this relationship is presented:

$$V_{cT} = C_{vT} \cdot f^{y_v} \cdot a_p^{x_v} \quad (6)$$

Index „ T ” means the tool's minute life.

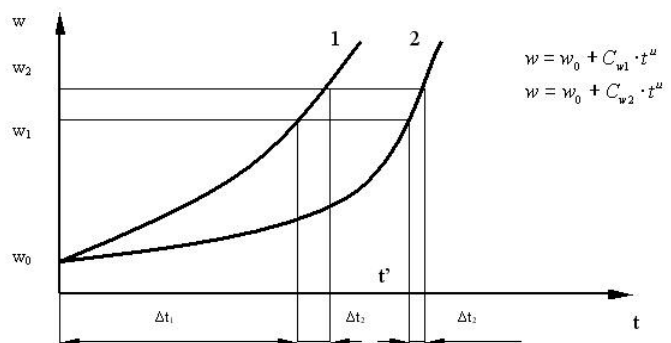
A more difficult issue is to predict the wear of the blade that works with commutative-variable cutting parameters. Then the blade is used during the time Δt_1 with specified parameters, and in the period Δt_2 - with other parameters. This relationship is presented in fig. 6.

The general formula describing the blade wear value after cutting with n variable parameters is in the following form:

$$w = w_0 + (w_k - w_0) \cdot \left(\sum_{i=1}^n \Delta T_i \right)^u \quad (7)$$

where: w_k – blunt index.

The wear of the cutting tool blade, calculated in this way is larger than the actual wear [7].



Rys. 6. Krzywe zużycia przy zmiennych parametrach skrawania
Fig. 6. Wear curves at variable cutting parameters

3. Badanie trwałości i zużycia frezów monolitycznych węglkowych

Głównym celem przeprowadzonych badań było wykazanie nieadekwatności oszacowania zużycia frezów metodą wskaźników zużycia i zaproponowanie alternatywnych rozwiązań. Obróbka była wykonywana na trzyosiowej frezarce sterowanej numerycznie. Program sterowania obrabiarką był generowany za pomocą programu CAM.

Dokładność wykonania frezów monolitycznych pełnowęglkowych zależy od ich średnicy. Dla badanych frezów dokładność wykonania części roboczej przedstawia się następująco:

- frez kulisty Ø6h0;
- frez palcowy walcowo – czołowy Ø10h10.

Frezy były używane do obróbki kilkunastu różnych części (mniej lub bardziej złożonych) z różnymi parametrami technologicznymi oraz geometrycznymi (zróżnicowanie parametrów uwarunkowane było kształtem oraz materiałem obrabianym). Jako materiały obrabiane stosowane były stale ŁH 15, HGS 13, WNL w stanie ulepszanym cieplnie do twardości 42 ± 2 HRc.

W tabeli 1 przedstawione są zakresy wartości parametrów technologicznych oraz geometrycznych.

Pomiary wykonywane były bezstykowo na mikroskopie warsztatowym uzbrojonym w głowicę mikrometryczną o dokładności 0.001 mm. Zasada pomiaru średnicy freza przedstawiona jest na rys. 7.

Na podstawie zespołu symptomów generowanych przez proces skrawania takich jak poziom drgań, charakterystyka dźwięku, barwa wióra oszacowano w sposób subiektywny, że zdolności skrawne testowanych frezów zostały utracone: frezem walcowo – czołowym po 4 godzinach i 27 minutach, natomiast frezem kulistym po 6 godzinach i 42 minutach.

Tab 1. Wartości parametrów technologicznych i geometrycznych.

Tab 1. Technological and geometrical parameter values.

| Gatunek stali | Parametry technologiczne | | Parametry geometryczne | |
|---------------|----------------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|
| | Prędkość skrawania [m/min] | Posuw [mm/min] | Głębokość skrawania [mm] | Szerokość skrawania [mm] |
| ŁH 15 | 30÷70 | 200÷600 | 0,15÷10 | 0,15÷5 |
| HGS 13 | 30÷80 | 300÷700 | 0,20÷8 | 0,20÷4 |
| WNL | 25÷60 | 200÷500 | 0,15÷8 | 0,15÷6 |

4. Wyniki badań

W wyniku przeprowadzonych pomiarów średnicy frezów można stwierdzić, że w przypadku freza kulistego zużycie występuje na całej części kulistej freza w sposób prawie równomierny; w przypadku freza walcowo – czołowego na długości około 10 mm licząc od czoła narzędzia. Wyniki pomiarów przedstawiają tabele 2 i 3.

3. Examining the life and wear of monolithic carbide mills

The main purpose of the conducted studies was to reveal the inadequacy of the mill wear estimation by means of wear indicators and to suggest alternative solutions. Machining was performed on a three-axis, numerically controlled machine. The machine controlling program was generated with the use of CAM program.

The accuracy of making monolithic full carbide mills depends on their diameter. For the examined mills the accuracy of making the working part is as follows:

- ball mill Ø6h10;
- end half-side mill Ø10h10.

The mills were used to machine several various (more or less complex) parts with various technological and geometrical parameters (the differentiation of parameters was conditioned by the shape and the machined material). As the machined materials the constants ŁH 15, HGS 13, WNL were used in thermally improved state to the hardness of 42 ± 2 HRc.

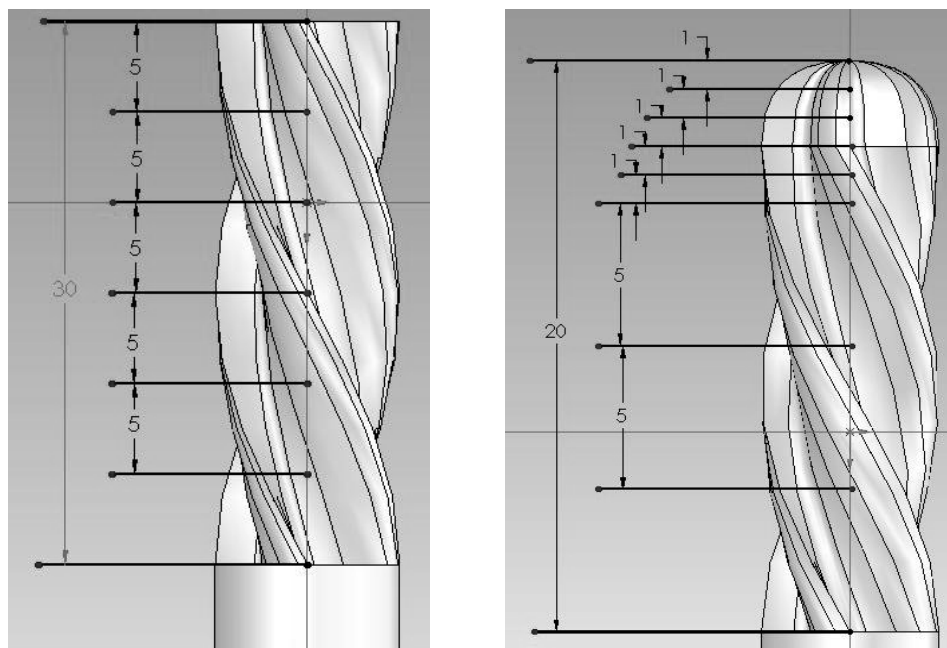
In table 1 the ranges of technological and geometrical parameters are presented.

Measurements were taken without contact, on a toolmaker's microscope armed with a micrometer head with the accuracy of 0.001 mm. The principle of mill diameter measurement is presented in fig. 7

On the basis of a system of symptoms generated by the machining process, such as vibration level, sound characteristics, and chip color, it was subjectively estimated that the cutting skills of tested mills had been lost by half-side mill after 4 hours and 27 minutes, and by the ball mill after 6 hours and 42 minutes.

4. Study results

Having performed the measurements of mill diameters, we can find that in the case of a ball mill the wear occurs on the whole spherical part of the mill, in an almost uniform way, whereas in the case of a half-side mill – at the length of ca. 10 mm, counting from the tool's front. The measurement results are shown in tables 2 and 3.



Rys. 7. Zasada pomiaru średnicy freza
Fig. 7. The principle of mill diameter measurement

Odchylenie wartości trzeciego ostrza freza walcowo – czołowego w odległości 15 mm zostało spowodowane prawdopodobnie odkształceniem cieplnym.

Wartości maksymalne wskaźników zużycia poszczególnych ostrzy frezów przedstawione są w tabeli 4 i 5.

The deviation of values in the third blade of the end mill in the distance of 15 mm was probably caused by thermal deformation.

The maximum values of wear indicators of the particular mill blades are presented in tables 4 and 5.

Tab. 2. Wyniki pomiarów zużycia freza kulistego Ø6.

Tab. 2. Results of wear measurements of a ball mill Ø6.

| Przekroje wymiarowe według rys. 7. | Numer ostrza freza | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | -0,049 | -0,019 | -0,035 | -0,031 |
| 2 | -0,064 | -0,093 | -0,038 | -0,013 |
| 3 | -0,096 | -0,077 | -0,085 | -0,098 |
| 4 | -0,086 | -0,074 | -0,071 | -0,079 |
| 5 | -0,069 | -0,071 | -0,065 | -0,067 |
| 10 | -0,020 | -0,026 | -0,023 | -0,027 |
| 15 | -0,012 | -0,014 | -0,009 | -0,012 |
| 20 | -0,007 | -0,008 | -0,006 | -0,006 |

Tab. 3. Wyniki pomiarów zużycia freza Ø10.

Tab. 3. Results of wear measurements of a mill Ø10.

| Przekroje wymiarowe według rys. 7. | Numer ostrza freza | | | |
|------------------------------------|--------------------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0 | -0,110 | -0,077 | -0,117 | -0,157 |
| 5 | -0,067 | -0,060 | -0,042 | -0,061 |
| 10 | -0,041 | -0,030 | -0,032 | -0,031 |
| 15 | -0,037 | -0,050 | 0,015 | -0,042 |
| 20 | -0,026 | -0,027 | -0,026 | -0,025 |
| 25 | -0,014 | -0,014 | -0,014 | -0,013 |
| 30 | -0,015 | -0,012 | -0,011 | -0,011 |

Tab. 4. Wartości wskaźników zużycia freza kulistego Ø6.

Tab. 4. Wear indicator values of the ball mill Ø6.

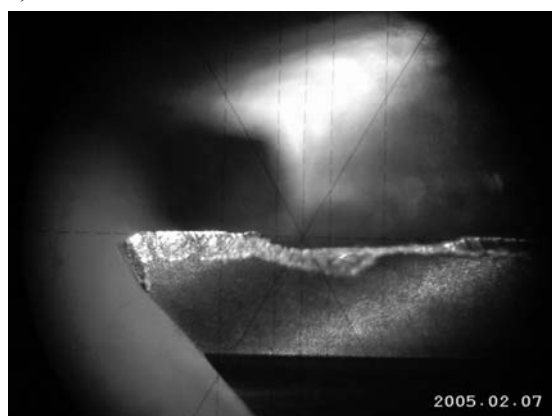
| Wskaźniki zużycia | Numer ostrza freza | | | |
|-------------------|--------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| VB | 0,684 | 0,542 | 0,758 | 0,824 |
| KT | 0,231 | 0,267 | 0,173 | 0,361 |
| KF | 0,964 | 0,395 | 0,617 | 0,548 |
| KB | 1,151 | 0,967 | 0,936 | 1,010 |

Tab. 5. Wartości wskaźników zużycia freza walcowo – czołowego Ø10.

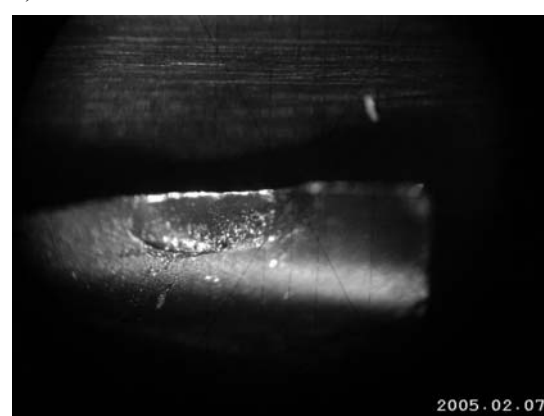
Tab. 5. Wear indicator values of the end mill Ø 10.

| Wskaźniki zużycia | Numer ostrza freza | | | |
|-------------------|--------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| VB | 0,736 | 0,518 | 0,692 | 0,720 |
| KT | 0,274 | 0,445 | 0,352 | 0,655 |
| KF | 0 | 1,945 | 1,958 | 1,241 |
| KB | 0,923 | 3,307 | 2,425 | 3,371 |

a)



b)



c)

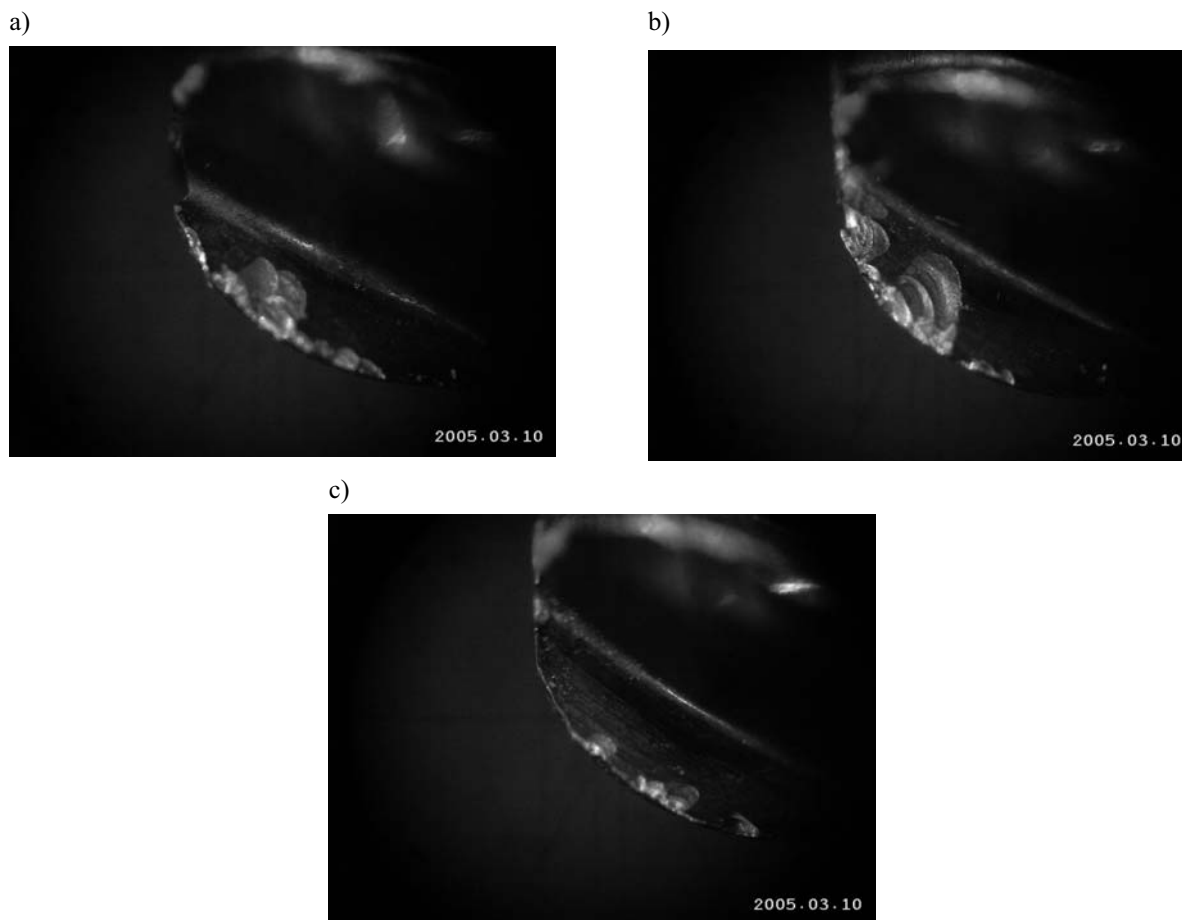


d)



Rys. 8. Wyniki badań zużycia freza palcowego walcowo – czołowego a, b) na powierzchni przyłożenia i narożu, c, d) na powierzchni natarcia i narożu

Fig.8. Results of studies on the wear of half-side end mill a, b) on the tool flank and on the corner, c, d) on the attack surface and on the corner



Rys. 9. Wyniki badań zużycia freza kulistego na powierzchni przyłożenia i powierzchni natarcia
 Fig. 9. Results of studies on the ball mill wear on the tool flank and on the attack surface

W przedstawionych wartościach można zauważyć wartość zerową (wskaźnik KF dla ostrza pierwszego freza walcowo – czołowego). Spowodowane jest to wykruszeniem naroża.

Pomiary wskaźników zużycia zostały przeprowadzone zgodnie z normą. Poniżej przedstawione są rezultaty badań zużycia freza palcowego walcowo – czołowego oraz kulistego. Symptomy związane z rocesem skrawania pozwoliły na oszacowanie w sposób subiektywny stopień zużycia narzędzia. Niejednorodność stosowanych parametrów głębokości skrawania przyczynia się do tego, że metoda oszacowanie zużycia za pomocą wskaźników nie jest racjonalna do organizacji procesu produkcyjnego.

5. Podsumowanie

Zaprezentowane powyżej, wybrane wyniki badań, wykazują jak trudna i czasochłonna jest ocena zużycia narzędzia typu frez na obrabiarce w warunkach przemysłowych. Szczególnie tam, gdzie produkcja ma charakter elastyczny, w której jest duża zmienność operacji frezarskich, każdorazowe przerwanie obróbki

In the presented values the zero value can be noticed (KF indicator for the blade of the first end mill). It is caused by corner chipping.

The measurements of wear indicators were performed in accordance with the standard. Below there are results of studies on the wear of half-side end mill and ball mill. The symptoms related to machining process allowed for subjective estimation of the extent of tool wear. Heterogeneity of the applied parameters of cutting depth contributes to the fact that the method of estimating wear by means of indicators is not rational enough for the organization of the production process.

5. Conclusion

The selected study results, presented above, show how difficult and time-consuming is the evaluation of the mill-type tool wear on a machine tool in industrial conditions. Especially in the plants where production is flexible, where machining operations are quite varied, each break of the machining and the evaluation of

i ocena zużycia narzędzia metodą wskaźników wg normy, powoduje zmniejszenie wydajności.

Rozwiązaniem przedstawionego problemu oszacowania zużycia frezów przy zmiennych warunkach skrawania jest zastosowanie systemu monitorującego wykorzystującego sygnały wibroakustyczne. Potwierdzeniem takiej tezy może być zgodność oceny zużycia frezów w przeprowadzonym eksperymencie, na podstawie subiektywnych obserwacji operatora obrabiarki, z danymi opartymi o zmierzone wskaźniki.

Dalsze badania ukierunkowane będą na analizę sygnałów z procesu skrawania w celu budowy układu rozpoznającego stan narzędzia, wykorzystującego systemy samouczące.

tool wear by means of indicator method, according to a standard, causes the decrease of production rate.

The solution to the presented problem of mill wear estimation in changeable cutting conditions is applying a monitoring system, using vibration-acoustic signals. What confirms this thesis can be conformity of the mill wear evaluation in the conducted experiment, on the basis of subjective observations of a machine tool operator with the data based on measured indicators.

Further studies will be directed to the analysis of signals from the cutting process in order to build a system that could recognize the state of a tool, with the use of self-teaching systems.

6. References

- [1] Gawlik J., Karbowski K.: *Matematyczne modelowanie procesu zużycia narzędzi skrawających*. Nadzorowanie stanu narzędzia. Seria Mechanika, Monografia 231, Politechnika Krakowska, Kraków 1998.
- [2] Lardner E., in: R.S. Irani, E.A. Almond, R.A. Kirk Eds.: *Proceedings of the International Conference on Improved Performance of Cutting Tool Materials*, The Metals Society, London, 1981, p. 99.
- [3] Dmochowski J., Uzarowicz A.: *Obróbka skrawaniem i obrabiarki*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1980.
- [4] Bartosiewicz J.: *Obróbka skrawaniem oraz elementy obrabiarek*. Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1997.
- [5] Jemielniak K.: *Obróbka skrawaniem*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1998.
- [6] Jemielniak K.: *Automatyczna diagnostyka stanu narzędzia i procesu skrawaniem*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.
- [7] Chu C. N., Kim S. Y., Lee J. M., Kim B. H.: *Feed – Rate Optimization of Ball End Milling Considering Local Shape Features*, Annals of the CIRP, 46/1, 1997.
- [8] Adamczyk Z., Małek H.: *Monitorowanie stanu narzędzia w operacjach wiercenia wiertłami krętymi*. Mechanik nr 7/1995.
- [9] Jemielniak K., Szafarczyk M., Zawistowski J.: *Difficulties in Tool Life Predicting when Turning with Variable Cutting Parameters*. Annals of the CIRP 37(1985)1, 113-116.

Mgr inż. Piotr Wittbrodt

PRZEDSIĘBIORSTWO PRODUKCYJNO – WDROŻENIOWE NABOR

G. i W. Naborczyk

23 – 210 Kraśnik, ul. Fabryczna 8

Tel. 0 692 627 853

e – mail: piwitt@wp.pl
