

**MINI PODRĘCZNIK FREZERSKI
DLA UŻYTKOWNIKÓW
WIERTARKO – FREZARKI
ZX7016**

1. Wiadomości teoretyczne, wzory i terminologia dotyczące frezowania

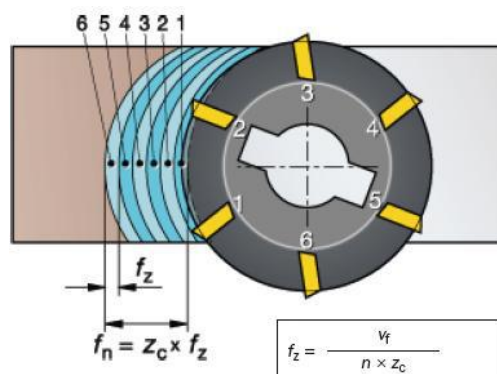
W podręcznikach dla frezerów omawia się proces frezowania bardzo szczegółowo, kładąc nacisk na optymalizację. Dla nas nie jest to tak istotne. Nie uruchamiamy produkcji i nie będziemy dysponować dużym parkiem maszynowym. Nam chodzi raczej o to, aby przy niezbyt dużych nakładach finansowych móc wykonać niezbyt skomplikowane prace frezarskie.

Amator, który kupił ZX7016 i nigdy przedtem nie zajmował się frezowaniem staje trochę bezradny przed maszyną. Nie bardzo bowiem wiadomo co i jak należy robić. Postaram się pomóc.

Frezowanie jest obróbką materiałów polegającą na tym, że obracające się narzędzie, zwane frezem, przesuwa się wzdłuż materiału i swymi ostrzami skrawa ten materiał wytwarzając przy tym wióry. Dlatego taka obróbka nosi nazwę wiórowej. Szybkość tego procesu, czyli ilość usuwanego materiału zależy od tego, z jaką prędkością obraca się narzędzie, z jaką prędkością porusza się względem materiału (w przypadku naszej maszyny to materiał jest przesuwany względem narzędzia), ile ostrzy ma narzędzie oraz jaka jest głębokość skrawania, czyli jaką grubość materiału to narzędzie usuwa.

Aby uzyskać dobre wyniki podczas frezowania, powinniśmy zdecydować, jakie wartości parametrów, które zależą od naszej decyzji należy zastosować. To dotyczy przede wszystkim wyboru frezu, głębokości skrawania, obrotów maszyny i prędkości posuwu stolika.

Aby nie mieć kłopotu z korzystaniem z literatury fachowej, materiałów firmowych itp. dobrze jest zapamiętać powszechnie przyjęte oznaczenia, które zostały nawet ujęte w normie. Rysunek zamieszczony obok pokazuje jak frez, który ma pewną liczbę ostrzy skrawających (tutaj 6) obraca się i przesuwa względem materiału. Każde ostrze skrawa ten materiał i podczas pełnego obrotu frezu zostaje usunięty materiał na drodze f_n . Wynikają z tego pewne zależności przedstawione poniżej.



Prędkość obrotowa, obroty, n [obr/min]

Liczba obrotów na minutę, jakie wykonuje frez.

Prędkość skrawania, v_c [m/min]

Jest to prędkość punktu na krawędzi skrawającej obracającego się narzędzia, czyli zazwyczaj na obwodzie frezu. Podczas obliczeń przyjmuje się ją zazwyczaj wstępnie na podstawie danych producenta frezu lub płytek skrawających, które mogą się znajdować na opakowaniu lub w informacjach katalogowych. Trzeba jednak pamiętać, że należy też uwzględnić rodzaj obrabianego materiału, dokładność obróbki oraz sztywność maszyny.

Liczba ostrzy frezu, z

Ta liczba jest istotna przy obliczeniach

Prędkość posuwu, v_f [mm/min]

Jest to prędkość, z jaką frez (jego oś) przesuwa się względem obrabianego przedmiotu.

Posuw na obrót, f_n [mm/obr]

Wartość wskazująca, o jaką odległość przemieszcza się frez, podczas jednego, pełnego obrotu.

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Posuw na ostrze, f_z [mm/ostrze] (można też spotkać określenie „posuw na ząb”)

Ta wartość odzwierciedla odcinek drogi frezu, jaki przypada na jedno ostrze narzędzia, podczas jednego obrotu. Wartości tego parametru nie mierzymy. Możemy ją obliczyć dzieląc drogę przebytą przez frez w czasie jednego obrotu, czyli posuw na obrót f_n , przez liczbę ostrzy.

$$f_z = \frac{f_n}{z} = \frac{v_f}{nz}$$

Ten parametr jest dla nas o tyle istotny, że producenci frezów lub płytek wieloostrowych do frezów składanych podają zalecane przez nich wartości, jakie należy przyjmować.

Objętościowa wydajność skrawania, Q [cm³/min]

Jest to objętość usuniętego metalu w jednostce czasu. Jest ona wyznaczana na podstawie głębokości i szerokości skrawania oraz prędkości posuwu.

Opór właściwy skrawania, k_c [N/mm²] lub [MPa]

Jest to siła, jaką trzeba przyłożyć do materiału aby udało się coś z niego oderwać (zestrugać). Wielkość tę wyraża się w newtonach na milimetr kwadratowy. Widać więc, że właściwie jest to ciśnienie, jakie trzeba wywierać na materiał aby osiągnąć zamierzony efekt. Powinno się zatem wyrażać tę wartość w paskalach, ale ponieważ do dalszych obliczeń będziemy podstawiać wymiary w milimetrach, przyjęto konwencję wyrażania tego parametru taką, jak wyżej. Wartość tego parametru zależy od materiału czyli jest tak zwaną stałą materiałową. Wykorzystuje się ją do obliczania zapotrzebowania na moc.

Siła skrawania, F_c [N]

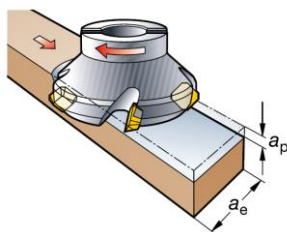
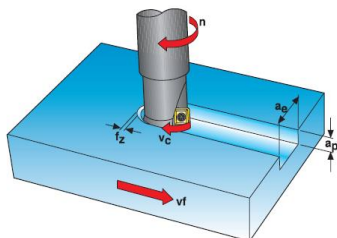
Jest to siła potrzebna do pokonania oporu skrawania materiału, jaki jest usuwany, czyli jest to iloczyn oporu właściwego danego materiału k_c i pola przekroju poprzecznego skrawanej warstwy A .

$$A = a_e \cdot a_p$$

gdzie

a_e – szerokość frezowania, czyli szerokość części przedmiotu objęta skrawaniem, zależna od średnicy frezu i jego położenia względem obrabianego przedmiotu [mm]

a_p – głębokość frezowania [mm]



$$F_c = a_e \cdot a_p \cdot k_c$$

Moc skrawania netto, P_c [kW]

Moc skrawania, to ilość pracy, jaką układ może wykonywać w jednostce czasu. Czyli w naszym przypadku działać siłą skrawania F_c z prędkością posuwu v_f .

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot k_c}{60 \cdot 10^6}$$

Moc pobierana przez silnik napędzający wrzeciono P [kW]

Jest to moc jaką musi dysponować silnik. Jest ona większa od P_c , ze względu na sprawność układu napędowego frezarki.

$$P = \frac{P_c}{\eta}$$

Współczynnik sprawności η przyjmuje się zwykle w granicach $0,5 \div 0,75$

Moment obrotowy na wrzecionie frezarki, M [Nm]

Dzięki temu, że skrawanie przebiega z mocą P_c uzyskujemy prędkość skrawania v_c . Na obwodzie frezu pojawia się wtedy siła styczna P_c/v_c . Ta siła działając na promieniu, będącym połową średnicy frezu d , jest przyczyną powstania na wrzecionie frezarki momentu obrotowego.

$$M_c = \frac{P_c}{v_c} \cdot \frac{d}{2}$$

$$\text{przy czym } v_c = n \cdot \pi \cdot d$$

Ponieważ średnicę frezu wyrażamy w mm, a prędkość skrawania w m/min należy wprowadzić stosowne przeliczenia na metry i sekundy. Ostateczny, praktyczny wzór ma więc postać:

$$M_c = \frac{P_c \cdot 30 \cdot 10^3}{\pi \cdot n} \quad [\text{Nm}]$$

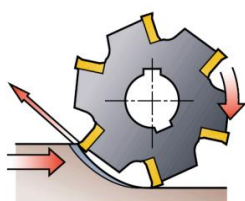
Znając powyższe zależności będzie my mogli sobie obliczyć parametry, potrzebne do realizacji naszego projektu przy pomocy naszej maszyny. Ale to jeszcze nie wszystko.

Potrzebne nam będą jeszcze wiadomości dotyczące sposobu frezowania.

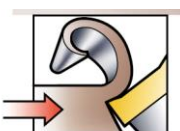
Frezowanie współbieżne i przeciwbieżne.

Ważny jest kierunek w jakim porusza się stolik, wraz z zamontowanym przedmiotem, w stosunku do kierunku obrotów frezu. Rozpatrzmy dwa przypadki

Frezowanie przeciwbieżne

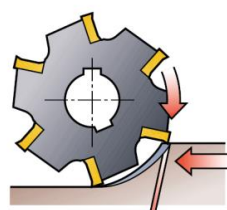


Obrabiany przedmiot przesuwa się w kierunku przeciwnym do ruchu frezu



Grubość wióra przy wejściu w materiał jest zerowa i rośnie aż do wyjścia ostrza frezu z materiału.

Frezowanie współbieżne



Obrabiany przedmiot przesuwa się w kierunku zgodnym z ruchem frezu



Grubość wióra przy wejściu ostrza w materiał jest największa i zmniejsza się aż do zera przy wyjściu.

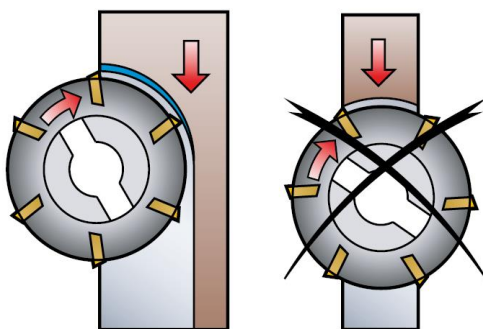
Ważne !!!

Frezowanie współbieżne zapewnia lepsze warunki skrawania i należy właśnie takie stosować.

Wyjątkiem jest frezowanie odlewów, które mają bardzo twardy naskórek.

Dobór średnicy frezu czołowego i jego położenia w czasie pracy w stosunku do obrabianego przedmiotu.

Średnicę frezu dobieramy do szerokości przedmiotu obrabianego. Musimy jednak przy tym pamiętać o ograniczeniach wynikających z konstrukcji naszej maszyny, to znaczy jej mocy i sposobu mocowania narzędzia. Średnica frezu powinna być o 20 do 40% większa niż szerokość frezowania. Nie chodzi o szerokość materiału, lecz o szerokość warstwy skrawanej. Należy stosować zasadę $\frac{2}{3}$ to znaczy, że $\frac{2}{3}$ średnicy frezu powinny znajdować się w materiale a $\frac{1}{3}$ poza obrabianym przedmiotem. Na przykład przy frezie o średnicy 50 mm, frez zagłębiamy na 33 mm w materiał a 17 mm pozostaje poza materiałem.



Ważne !!!

Należy unikać umieszczania frezu w osi symetrii. Dzięki temu uzyskamy bardziej stabilną pracę i korzystny kierunek sił.

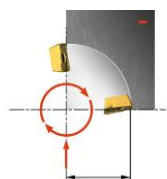
Rysunek powyższy nie pokazuje jednak optymalnej sytuacji. Oś frezu znajduje się tu równo z krawędzią przedmiotu, co powoduje, że krawędź skrawająca frezu jest przy wejściu w materiał bardzo obciążona.

Ważne !!!

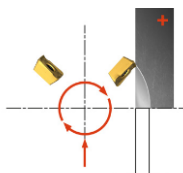
Należy unikać umieszczania osi frezu w pobliżu krawędzi przedmiotu.

Możemy mieć do czynienia z trzema przypadkami umieszczenia frezu w stosunku do krawędzi przedmiotu.

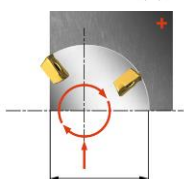
Oto one:



Niekorzystne położenie osi frezu na krawędzi przedmiotu.



Znacznie lepszym jest przypadek, gdy oś frezu znajduje się znacznie poza obszarem skrawania

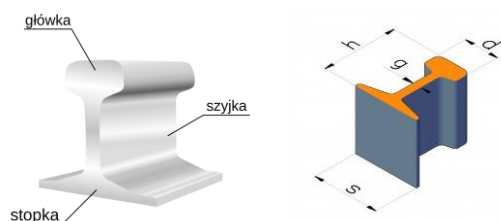


Najbardziej korzystne warunki skrawania i optymalne wykorzystanie średnicy frezu, gdy $\frac{2}{3}$ średnicy frezu znajduje się w kontakcie z materiałem

Praktyczny przykład zastosowania powyższych wiadomości

W zakładzie produkcyjnym parametry obróbki ustala technolog. On wie dokładnie wszystko o materiale, który będzie podlegał obróbce. Wie wszystko o maszynach i narzędziach i dysponuje ogromnym zapleczem narzędziowym. Nastawiony jest na optymalizację wielkoseryjnej produkcji. My niestety musimy sami sobie poradzić. Rozpatrzmy to na moim przykładzie.

Znalazłem kawałek szyny i chciałbym zrobić niego niezbyt duże kowadło. W tym celu powinienem zebrać górną warstwę główki tak, aby była płaska. Również stopkę należałoby wyrównać, bo nie jest zupełnie płaska i to kowadełko nie stałoby stabilnie.



W przypadku szyny przeznaczonej do kolei normalnotorowej miałobyśmy duże kłopoty, gdyż stolik ZX7016 jest za mały, ma zbyt krótki posuw itp., chociaż próbować można. Jeżeli chodzi o moją szynę to jest ona mniejsza i nie powinno być kłopotów. Powinienem ustalić, co i jak będę robił. To, czym dysponuję, to prawdopodobnie jest szyna typu S18, gdyż ma następujące wymiary: główka $d=43$ mm, stopka $S=82$ mm i wysokość $h=93$ mm.

1. Wybór frezu.

Biorąc pod uwagę wymiary powierzchni, którą trzeba obrobić, powinienem wziąć do pracy swój największy **frez z 4 płytkami wielostrzowymi o średnicy 50 mm**.

2. Obliczenie obrotów, przy których należy pracować.

Do tych obliczeń muszę przyjąć prędkość skrawania. Mogłbym się starać uzyskać dokładniejsze informacje na temat stali, z której wykonano tę szynę, ale skąd je wziąć? Z tego kawałka szyny można się nawet dowiedzieć, że wyprodukowała go firma KRUPP, ale nie wiem nawet kiedy a tym bardziej z czego. Nie biorę więc pod uwagę gatunku stali i przyjmuję, że jest to po prostu stal. Wcześniej napisałem, że informacja o obrotach powinna się znaleźć na opakowaniu frezu lub w materiałach producenta. Ale ja kupiłem ten frez od Chińczyków i nie było tam żadnych informacji. Nie wiem nawet, kto go wyprodukował. Wiem jedynie, że dostarczono z nim płytki typu APMT1604PDER. W katalogu firmy PAFANA odnalazłem, że dla podobnego typu płytek do obróbki stali należy stosować następujące parametry

| | obróbka dokładna | obróbka średnio dokładna | obróbka zgubna |
|-------------|------------------|--------------------------|----------------|
| v_c m/min | 150 ÷ 280 | 80 ÷ 240 | 90 ÷ 200 |
| f_z mm | 0,05 ÷ 0,15 | 0,10 ÷ 0,25 | 0,10 ÷ 0,40 |
| a_p mm | 0,1 ÷ 2 | 2 ÷ 4 | 4 ÷ 10 |

Ponieważ układ naszej maszyny nie jest zbyt sztywny, więc aby zmniejszyć tendencję do powstawania drgań, należy stosować małą głębokość skrawania i małe prędkości skrawania, natomiast posuw może być większy. Obliczmy więc obroty, jakie należy zastosować. Jeżeli przyjmiemy małą prędkość skrawania wynoszącą 80 m/min, to trzeba będzie zastosować obroty

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \frac{80 \cdot 1000}{\pi \cdot 50} = 509 \text{ obr / min}$$

Wydaje się, że jest to wartość rozsądna. W naszej maszynie możemy wybrać albo 490 obr/min przy przełożeniu B-1 albo 620 obr/min przy przełożeniu D-2. Wybrałem **obroty 490 obr/min.**

3. Obliczenie prędkości posuwu

Jeżeli zdecydujemy się na najmniejszą prędkość obrotową dla naszej maszyny i niezbyt duży posuw na ostrze wynoszący $f_z = 0,1$ mm to należy przesuwać stolik z prędkością:

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \cdot 4 \cdot 490 = 196 \text{ mm/min}$$

Trzeba tutaj wyraźnie stwierdzić, że nie jesteśmy w stanie dokładnie kontrolować posuwu, gdyż robimy to ręcznie. Powinniśmy oczywiście przećwiczyć te 20 cm/min. To jest mniej więcej cały zakres przesuwu stolika w osi X w ciągu minuty. Jeżeli uda nam się płynnie prowadzić stolik z większą prędkością, to możemy spróbować. Przyjąłem **prędkość posuwu $v_f \approx 200$ mm/min.**

4. Wybór głębokości skrawania

Ze względu na małą sztywność maszyny przyjąłem **głębokość skrawania $a_p = 0,5$ mm.**

5. Sprawdzenie, czy nasza maszyna da radę

Aby dowiedzieć się czy moc potrzebna do przeprowadzenia frezowania przy założonych parametrach nie przekracza możliwości naszej maszyny, muszę przede wszystkim przyjąć opór właściwy skrawania. Oczywiście nic nie wiem o stali, z której wykonano tę szynę, ale dla pewności zakładam, że jest to stal twarda. Współczesne szyny wykonywane są ze stali chromowo-manganowej o wytrzymałości na rozciąganie 900 do 1030 MPa a nawet więcej. Są to jednak szyny przeznaczone do stosunkowo dużych prędkości. Myślę, że ta moja nie ma aż tak wyśrubowanych parametrów. W materiałach firmy Mitsubishi znalazłem, że dla stali chromowo-manganowej o wytrzymałości na rozciąganie 630 MPa, opór właściwy skrawania przy posuwie 0,1 mm/ząb wynosi $k_c = 2750$ MPa. Nasza maszyna nie ma zbyt rozbudowanego systemu napędowego. Można więc chyba przyjąć dla niej współczynnik sprawności co najmniej 75%.

Gdy założymy, że będziemy skrawać tak, aby szerokość warstwy skrawanej wynosiła $\frac{2}{3}$ szerokości frezu, to zapotrzebowanie na moc wyniesie:

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot k_c}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta} = \frac{0,5 \cdot 34 \cdot 200 \cdot 2750}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,75} \approx 0,21 \text{ kW}$$

Przy takich założeniach możemy być spokojni. Nasza maszyna łatwo poradzi sobie z obróbką. Gdyby się jednak okazało, że wjechałobyśmy w materiał całą szerokością frezu, to zapotrzebowanie na moc wyniesie:

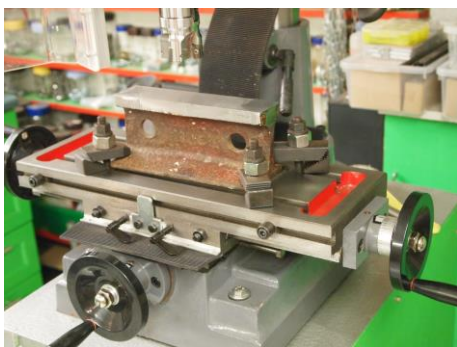
$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot k_c}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta} = \frac{0,5 \cdot 50 \cdot 200 \cdot 2750}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,75} \approx 0,31 \text{ kW}$$

Ale, gdyby się okazało, że niezbyt dokładnie ustawilibyśmy głębokość skrawania i wyniosłaby ona 1 mm, co przy nierówności skrawanej powierzchni, zwłaszcza na początku frezowania nie jest niemożliwe, wtedy zapotrzebowanie na moc wyniesie aż:

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot k_c}{60 \cdot 10^6 \cdot \eta} = \frac{1 \cdot 50 \cdot 200 \cdot 2750}{60 \cdot 10^6 \cdot 0,75} \approx 0,6 \text{ kW},$$

a to przekracza moc naszej maszyny. Musimy być zatem ostrożni.

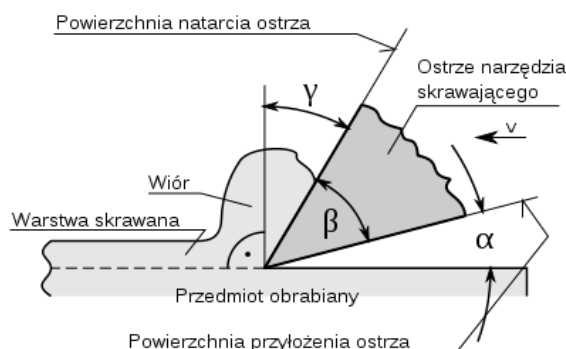
Poszło nawet nieźle.



Trzeba będzie jeszcze wykończyć, dopieścić i pomalować (jak znajdę czas), ale jak postąpić z dużym kowadłem? Wstępnie zostało już dawno przygotowane, ale jak go zamocować i jak frezować, bo posuw maszyny jest mniejszy niż długość kowadła? Jeszcze się zastanawiam.

Pojęcia dotyczące kątów skrawania

Warto tutaj wprowadzić też kilka pojęć dotyczących skrawania, z którymi można się spotkać przy wyborze frezów. Przede wszystkim są to kąty, które określają właściwości frezów lub płytek skrawających. Poniższy rysunek ukazuje ostrze, które skrawa obrabiany materiał. Najczęściej operuje się następującymi nazwami kątów:



| | | | |
|----------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| α | kąt przyłożenia | Kąt zawarty pomiędzy powierzchnią ostrza „przyłożoną” do materiału (powierzchnia przyłożenia) a obrabianym materiałem | Zapobiega nadmiernemu tarcia ostrza o obrabiany materiał |
| β | kąt ostrza | Kąt zawarty pomiędzy powierzchniami ostrza tworzącymi krawędź skrawającą | Decyduje o wytrzymałości ostrza |
| γ | kąt natarcia | kąt zawarty pomiędzy tą powierzchnią ostrza, która naciera na materiał a prostopadłą do kierunku ruchu tego ostrza | Ułatwia skrawanie i jest związany z obrabianym materiałem (im twardszy materiał tym kąt mniejszy) |

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

W podręcznikach i poradnikach frezerskich omawia się szczegółowo najrozmaitsze kąty i płaszczyzny, ale nie dajmy się zwariować. Nam powinny wystarczyć jedynie powyższe informacje. Jesteśmy przecież amatorami i mamy też małą możliwość wyboru sprzętu i oprzyrządowania. Wskazówka dla narzędziowca: „należy zacząć od wybrania właściwej frezarki do każdego zadania” nie jest specjalnie przydatna, gdyż mamy tylko jedną. I nie będziemy kupować optymalnego frezu do każdej pracy.

2. Frezy i ich mocowanie

Amator, który rozpoczyna swą przygodę frezarską poprzez zakup wiertarko-frezarki ZX7016 staje zaraz przed koniecznością zakupu frezów do tej maszyny. Nie jest to zadanie proste. Sprzedawcy zazwyczaj nie są frezerami, jak również nie znają naszej maszyny. Fachowa literatura odstrasza ogromem wiadomości, w większości mało przydatnych, gdyż obejmuje zagadnienia, z którymi na pewno się nie spotkamy. Zaczniemy od tego, że narzędzie (frez), aby być napędzane przez wrzeciono, musi zostać z nim w jakiś sposób połączone, czyli „uchwycone”. Nazywane to jest chwytem. W naszej maszynie to połączenie realizowane jest przy pomocy stożka. W dolnej części wrzeciona znajduje się długi, stożkowy otwór, w który można wprowadzić trzpień w kształcie pasującego do niego stożka. Trzeba pamiętać, że istnieje zarówno kilka rodzajów takich połączeń stożkowych jak również to, że mają one różne rozmiary. W przypadku naszej maszyny jest to tak zwany chwyt stożkowy Morse’a. Wymyślił go Stephen Morse do pewnego łączenia obracających się części. Nie należy go mylić z Samuelem Morse, tym od alfabetu telegraficznego. W wyniku wciśnięcia jednej części w drugą następuje rozciągnięcie zewnętrznego stożka, który mocno obciska wewnętrzny. Dzięki temu mogą być przenoszone dosyć duże siły. Taki chwyt jest oznaczany skrótem MK (*niem.* Morsekegel lub Morsekonus). W sferze wpływów języka angielskiego, co często występuje w wyrobach chińskich, występuje skrót MT (*ang.* Morse Taper). Taki stożkowy otwór we wrzecionie ZX7016 ma rozmiar 2, czyli jest to MK2 (lub MT2).

Niektóre wiertła i frezy, mają trzpień ukształtowany w formie stożka i można je bezpośrednio montować w naszej maszynie, oczywiście wtedy, gdy będzie to MK2. Należy jeszcze pamiętać, że istnieją trzy odmiany stożków Morse’a. Odmiana A, to stożki z tak zwaną płetwą. Ich górna część jest zwężona z dwu stron. Jest to właśnie płetwa, która służy do rozdzielenia obu części, gdy zachodzi potrzeba ich rozdzielenia, czyli wyjęcia narzędzia. Realizuje się to przez wybite wewnętrzne stożka przy pomocy klina, wprowadzanego do podłużnego otworu znajdującego się w elemencie zewnętrznym, tuż nad stożkiem, który ma być wyjęty (wybity). Wrzeciono naszej maszyny ma taki otwór i wraz z maszyną otrzymujemy również odpowiedni klin. Taki stożek odmiany A w celu połączenia, wymaga wbicia jednego elementu w drugi. Nie jest to zbyt wygodne i pewne. Odmiana B to stożek, który ma w górnej części gwint. Takiego stożka nie wbija się, lecz wciska poprzez wkręcenie w niego ściagu, czyli długiej śruby wprowadzonej przez wrzeciono. Taki ściąg jest na szczęście również dostarczany wraz z naszą maszyną. Odmiana C właściwie nas nie interesuje, gdyż jest stosowana w tulejach redukcyjnych, których najprawdopodobniej nie będziemy stosować, gdyż jest mała szansa, że będziemy mieli narzędzie z jeszcze mniejszym stożkiem (o rozmiarze 1), które zechcemy zamontować w naszym stożku MK2 i wtedy musielibyśmy stosować tuleję redukcyjną.



Fig 1 Stożek Morse’a A i C oraz klin do wybijania. Stożek B widać na dalszych zdjęciach (Fig. 2, 4, 5)

Wyżej wymienione frezy i wiertła, z trzpieniem stożkowym, będą zapewne stanowiły małą część naszego wyposażenia.

Do mocowania wiertel z chwytem walcowym, czyli takich, jakie możemy kupić w każdym sklepie z narzędziami, nasza maszyna ma uchwyt wiertarski, oczywiście z chwytem MK2 odmiany B, który

mocujemy przy pomocy ściągą. Ale nie jest to jedyny i nie najlepszy sposób mocowania wiertła. Wydaje mi się, że lepiej mocować je podobnie, jak mocuje się frezy. Zazwyczaj większość frezów, którymi będziemy się posługiwać, ma tak zwany chwyt walcowy, czyli ich górna część jest walcem i przypominają one powszechnie używane wiertła. Do ich mocowania musimy użyć elementu pośredniczącego, tak zwanej oprawki zaciskowej, która z jednego końca ma stożek Morse'a MK2 odmiany B a z drugiej element, który można zacisnąć wokół trzpienia frezu, czyli tak zwaną tulejkę zaciskową. Jest ich kilka odmian, ale najbardziej rozpowszechnione są tulejki ER. Jest to nazwa wprowadzona przez pierwszego ich producenta. Pierwotnie wykorzystywano tulejki typu E, które zostały zmodyfikowane przez firmę Rego-Fix i dlatego dodano do nazwy literkę R.



Fig. 2 Oprawka zaciskowa z chwytem Morse'a do tulejek ER i tulejka zaciskowa ER

Oprawki takie oznaczane są liczbami, oznaczającymi zewnętrzną średnicę szerszej części tulejek, jakie mogą się w tych oprawkach mieścić. Nas będą zapewne interesowały albo oprawki ER20 przeznaczone dla tulejek, mogących się zaciskać na trzpieniach o średnicach od 1 do 13 mm, oprawki ER25 (1-16 mm) lub ER32 (2-20 mm). Osobiście uważam, że najlepszym wyborem jest ER25, choćby ze względu na maksymalną średnicę trzpienia wynikającą z instrukcji, cenę, dostępność oraz rzeczywistą częstotliwość używania średnic montowanych narzędzi, ale każdy podejmuje sam decyzję. Kupując taką oprawkę, należy więc pamiętać aby była to oprawka zaciskowa z chwytem stożkowym Morse'a odmiany B rozmiaru 2 (MK2) do tulejek zaciskowych ER. Najlepiej od razu z kompletem takich tulejek. Dobrze jest pamiętać, że tulejki takie bywają wykonywane z różnych materiałów, z różną precyzją i z ewentualnym uszczelnieniem. Do tej maszyny nie należy kupować żadnych kosztownych wodotrysków. Dobrze jest jednak wiedzieć, że są też specjalne tulejki do zamocowywania gwintowników, które mają po węższej stronie tak zwany zabierak, czyli otwór kwadratowy. W komplecie powinien się również znaleźć specjalny klucz do zakręcania nakrętki takiej oprawki. Wkładanie i wyjmowanie tulejek może nie być oczywiste, ale gdy kupimy komplet, to zapewne będzie tam instrukcja. Gdy nie będziemy jej mieli, to sposób wkładania tulejek znajdziemy bez problemu na YouTube. Na wszelki wypadek zamieszczam poniżej ilustrację, jak należy wkładać tulejkę zaciskową w nakrętkę oprawki. Trzeba pamiętać, że zanim włożymy narzędzie (frez lub wiertło) do tulejki, należy koniecznie wprowadzić tulejkę do nakrętki. Tulejki, w której znajduje się narzędzie nie uda nam się włożyć do nakrętki. Tak jak pokazano na Fig. 3, tulejkę montujemy w nakrętce delikatnie poruszając nią w kierunku A. Wyjmujemy, oczywiście po wyjęciu narzędzia, poruszając nią w kierunku B.

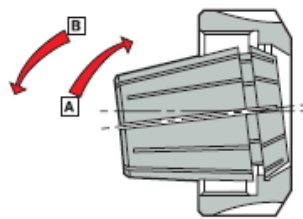


Fig. 3 Montowanie tulejki zaciskowej ER w nakrętce oprawki

Ważne !!!

Nie zaciskać w oprawce tulejki, w której nie ma narzędzia, gdyż możemy ją zniszczyć.

Musimy pamiętać, że jeszcze będzie nam potrzebny klucz płaski (o wymiarze 30 mm dla ER25), którym musimy unieruchamiać oprawkę podczas dokręcania nakrętki. Dokręcać należy dosyć mocno, aby zapewnić dobre unieruchomienie narzędzia, ale bez przesady, aby nie zdeformować tulejki.

Ja używam oprawek zaciskowych również do mocowania wiertła a nie tylko frezów. Takie mocowanie jest znacznie pewniejsze i nie niszczy górnej części trzpienia wiertła, co zwykle ma miejsce przy stosowaniu zwykłych uchwytów wiertarskich, jak ten, który otrzymujemy wraz z maszyną. Trzeba jednak przyznać, że zmiana wiertła na wiertło o innej średnicy jest w przypadku uchwytu wiertarskiego nieco szybsza. Z drugiej jednak strony częste wymienianie uchwytu wiertarskiego na frezarski (uchwyt do oprawek zaciskowych) i odwrotnie to nic przyjemnego.

Przy pomocy oprawek zaciskowych montujemy zazwyczaj tak zwane frezy trzpieniowe, to znaczy takie, których część robocza (skrawająca) stanowi jedną całość z częścią chwytową, mocowaną w oprawce. Muszą mieć one oczywiście chwyt walcowy, czyli ich część wprowadzana do tulejki zaciskowej musi mieć kształt walca, podobnie jak popularne wiertła do metalu.

Istnieją jednak frezy tak zwane nasadzone, zwane czasami głowicami, które nie mają trzpienia, lecz mają otwór w swym korpusie, służący do osadzania ich na specjalnym trzpieniu frezarskim, który w naszym przypadku zazwyczaj będzie miał stożek Morse'a, oczywiście MK2. Powstałe w ten sposób narzędzie składa się więc z dwu części, nałożonych jedna na drugą i skręconych centralnie śrubą wprowadzoną przez otwór we frezie. Są również inne frezy, również składające się z kilku części, takie jak na przykład frezy dzielone czy zespołowe. Wymieniam te nazwy jedynie w tym celu, aby wiedzieć, że coś takiego istnieje. Należy pamiętać, że nie są to synonimy nazwy „nasadzone” czy „głowice” i w związku z tym nie możemy ich stosować w naszej maszynie. Frezu nasadzanego nie należy też mylić z frezami składanymi, o czym za chwilę.

Na zdjęciu poniżej (Fig. 4) po lewej stronie widoczny jest trzpień, na który nasadza się frezy. Jest to tak zwany trzpień zabierakowy, gdyż ma zabierak, czyli poprzeczny element, zazębiający się z odpowiednimi wgłębieniami frezu. Jak widać jest na nim informacja, że trzpień ma stożek Morse'a MT2, jest przeznaczony do frezów czołowych (FM od Face Mills), czyli jest przeznaczony do frezowania płaszczyzn, oraz ma zabierak B22 (22mm to średnica części wchodzącej w otwór frezu). Na trzpieniu mogą być jeszcze dodatkowo wygrawerowane inne informacje na przykład o gwincie otworu przebiegającego przez całą długość trzpienia (M10). Od dołu wkręca się tak zwaną śrubę centralną, mocującą frez, a od góry ściąg, służący do wciśnięcia stożka we wrzeciono. Sam frez nasadzany widoczny jest po prawej stronie. Możemy odczytać, że ma on średnicę zewnętrzną 50 mm, otwór montażowy 22 mm oraz to, że jest to frez prawo tnący (literka R), to znaczy, iż podczas pracy ma się obracać zgodnie z ruchem wskazówek zegara (gdy patrzy się od strony wrzeciona). Nasza

maszyna obraca się tylko w prawo, więc nie kupujemy żadnych frezów lewo tnących. Może być jeszcze oznaczenie liczby pracujących ostrzy, czyli zębów (na przykład dla tego frezu 4T). Oczywiście oznaczenia różnych producentów mogą się różnić. Podaję tutaj te dane, gdyż często kupujemy korzystając ze stron chińskich sprzedawców, których opisy są nie tylko śmieszne, ale często bardzo mylące i musimy posiłkować się zamieszczonymi zdjęciami. Wypada tutaj uczciwie powiedzieć, że instrukcja ZX7016, jako maksymalną średnicę frezów czołowych przewiduje 40 mm. Wynika to zarówno z konstrukcji samej maszyny (mała sztywność) jak i stosunkowo słabego silnika. Pracując zatem frezem o większej średnicy (da się jeszcze takim 50 mm) należy stosować małe obroty, małą głębokość skrawania i umiarkowany posuw.

Śruba centralna powinna posiadać długość taką, aby wchodziła dostatecznie głęboko w trzpień, powyżej górnej krawędzi frezu. W tabeli poniższej jest to h, natomiast jako d podano średnicę tej części trzpienia, która wchodzi w otwór frezu. Podaję również zalecane momenty dokręcania takiej śruby.

| d mm | śruba | h mm | Moment dokręcania Nm |
|---------|-------|---------|-------------------------|
| 16 | M 8 | 3-4 | 30 |
| 22 | M10 | 6-8 | 40 |
| 27 | M12 | 8-10 | 60 |

Frez, który tu widzimy, jest równocześnie frezem składanym, ale nie dlatego, że aby pracować, musi zostać złożony z trzpieniem zabierakowym, ale dlatego, że skrawające ostrza są do niego dokręcane. Zaraz to wyjaśnię.



Fig. 4 Trzpień frezarski zabierakowy (po lewej stronie) oraz (po prawej) frez nasadzany pokazany w dwu widokach, aby ukazać jak obie części się łączą.

Frezy mogą być wykonane całe ze stali odpowiedniej jakości lub mogą mieć wlutowane płytki z węglików spiekanych. Każde ostrze zużywa się podczas pracy. Narzędzia takie muszą więc być co pewien czas ostrzone, co jest czasochłonne i kosztowne (wymaga stosowania drogich ściernic, na przykład diamentowych). Podczas ostrzenia lub podczas pracy może dojść do uszkodzenia płytki, co eliminuje cały frez. Coraz częściej stosuje się więc narzędzia (nie tylko frezy), w których niezbędne do pracy ostrza są osobnymi, wymiennymi płytkami z odpowiedniego materiału. Są to tak zwane płytki

wielostrzowe, gdyż mają zwykle kilka ostrzy. Płytki, zależnie od konstrukcji frezu, mogą mieć różny kształt: trójkątny, kwadratowy, okrągły i inny. Płytek się nie ostrzy. Po stępieniu jednego naroża płytkę przestawia się w jej gnieździe i pracuje się następnym narożem. Bywają też płytki odwracalne, które mają krawędzie robocze po obu stronach. Na zdjęciu poniżej pokazano płytki, w tym przypadku jedynie z dwoma narożami roboczymi i wkrętak do ich przykręcania (tutaj T-15). Widać też tutaj dobrze zabierak na trzpieniu, oraz śrubę z łbem imbusowym, jaka została tutaj zastosowana do mocowania frezu. Takie śruby mogą mieć też łby w kształcie krzyża, co wymaga specjalnego klucza.



Fig. 5 Trzpień frezerski z widocznym zabierakiem i śrubą do przykręcenia frezu, frez nasadzany, płytki wielostrzowe i wkrętak Torx do ich przykręcania.

Płytki wielostrzowe mogą być także stosowane do frezów trzpieniowych



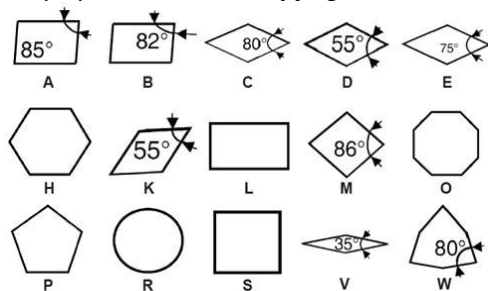
Fig. 6 Frez trzpieniowy składany z przykręconymi płytkami skrawającymi

Trzeba zawsze stosować płytki, które nadają się do konkretnego frezu. Kupując frez otrzymamy zapewne taką informację. Należy jednak pamiętać, że jest wielu producentów płytek. Płytki różnią się nie tylko ceną, ale wieloma parametrami. Trzeba więc być bardzo ostrożnym przy zakupie, aby otrzymać dokładnie to, co chcemy. Sposób oznaczania płytek został unormowany. Wprawdzie nie wszyscy producenci stosują się do tych oznaczeń, ale zdecydowana większość tak. Ponieważ te oznaczenia są nieco skomplikowane, podaję je poniżej. Oznaczenie składa się z ciągu liter i liczb. Ważna jest pozycja, na jakiej znajduje się dany symbol.

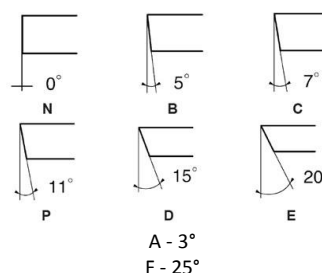
Oznaczenie płytek skrawających do frezowania wg ISO (nie wszystkie końcowe pozycje zawsze występują)

| Pozycja | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | - | 8. | 9. |
|-----------|-----------------------------|------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|----------------|----------------|---|-----------------------------|--------------------|
| Znaczenie | Kształt płytki i kąt naroża | Kąt przyłożenia płytki | Dokładność płytki | Kształt powierzchni natarcia i sposób mocowania płytki | Długość boku płytki | Grubość płytki | Promień naroża | - | Postać krawędzi skrawającej | Kierunek skrawania |
| Przykład | C | N | M | G | 12 | 04 | 08 | - | E | N |

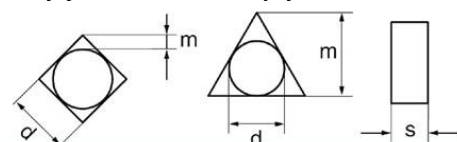
Pozycja 1 – Kształt płytki i kąt naroża (podany kąt dotyczy narożnika skrawającego)



Pozycja 2: kąt przyłożenia płytki (dla innych kątów wymagane są dokładne dane)

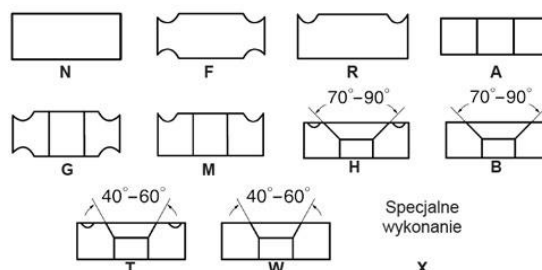


Pozycja 3 - Dokładność płytki

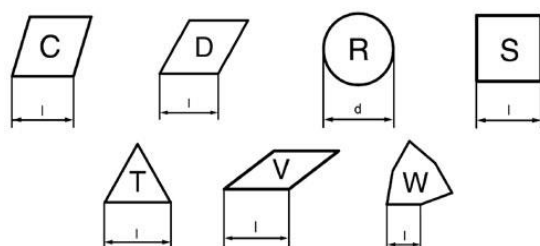


| | d | m | s |
|---|----------------------------|----------------------------|-------------|
| A | $\pm 0,025$ | $\pm 0,005$ | $\pm 0,025$ |
| C | $\pm 0,025$ | $\pm 0,013$ | $\pm 0,025$ |
| E | $\pm 0,025$ | $\pm 0,005$ | $\pm 0,025$ |
| F | $\pm 0,013$ | $\pm 0,025$ | $\pm 0,025$ |
| G | $\pm 0,025$ | $\pm 0,025$ | $\pm 0,013$ |
| H | $\pm 0,013$ | $\pm 0,013$ | $\pm 0,025$ |
| J | $\pm 0,05$ $a \pm 0,15$ | $\pm 0,005$ | $\pm 0,025$ |
| K | $\pm 0,05$ $a \pm 0,15$ | $\pm 0,013$ | $\pm 0,025$ |
| L | $\pm 0,05$ $a \pm 0,15$ | $\pm 0,025$ | $\pm 0,025$ |
| M | $\pm 0,05$ $a \pm 0,15$ | $\pm 0,05$ $a \pm 0,20$ | $\pm 0,13$ |
| N | $\pm 0,05$ $a \pm 0,15$ | $\pm 0,05$ $a \pm 0,20$ | $\pm 0,025$ |
| U | $\pm 0,05$ $a \pm 0,25$ | $\pm 0,13$ $a \pm 0,38$ | $\pm 0,13$ |

Pozycja 4 - Kształt powierzchni natarcia i sposób mocowania płytki



Pozycja 5 – Długość boku płytki wartość w mm dla zasadniczego wymiaru (dłuższy bok, średnica) bez cyfr występujących po przecinku



Pozycja 6 – Grubość płytki wartość w mm bez cyfr po przecinku (gdy wartość jednocyfrowa dodaje się poprzedzające zero)

Symbol Grubość [mm]

| | |
|----|-------|
| 01 | 1,59 |
| T1 | 1,98 |
| 02 | 2,38 |
| 03 | 3,18 |
| T3 | 3,97 |
| 04 | 4,76 |
| 06 | 6,35 |
| 07 | 7,94 |
| 08 | 8,00 |
| 09 | 9,52 |
| 12 | 12,70 |

Pozycja 7 – Promień naroża / krawędź

S – symbol, r – promień naroża, K_r – kąt przystawienia, α_n – kąt przyłożenia krawędzi

| S | r |
|----|-----|
| 02 | 0,2 |
| 04 | 0,4 |
| 08 | 0,8 |
| 12 | 1,2 |
| 16 | 1,6 |
| 20 | 2,0 |
| 24 | 2,4 |
| 32 | 3,2 |

| S | K_r |
|---|-------|
| A | 45° |
| D | 60° |
| E | 75° |
| F | 85° |
| P | 90° |
| Z | inny |

| S | α_n |
|---|------------|
| A | 3° |
| B | 5° |
| C | 7° |
| D | 15° |
| E | 20° |
| F | 25° |
| G | 30° |
| N | 0° |
| P | 11° |
| Z | inny |

Pozycja 8 – Postać krawędzi skrawającej

albo oznaczenie literowe kąta, albo wartość promienia



F - ostra



E - zaokrąglona



T - ze ścinem



S - ze ścinem, zaokrąglona

Pozycja 9 – Kierunek skrawania R – prawy, L – lewy, N – prawy i lewy

Oto przykład, dotyczący płytek do frezu z 4 płytkami przedstawionego powyżej (Fig. 4 i 5):

APMT1604PDER czyli po kolei: płytka o kształcie przekrzywionego prostokąta (85°), kąt przyłożenia 11°, (dokładność), (geometria), dłuższy bok 16 mm, grubość 4 mm, kąty 90°(P) i 15°(D), krawędź tnąca zaokrąglona (E), kierunek skrawania prawy (R).

W postaci oznaczeń literowych i kolorów, mogą być też podane informacje o podstawowym przeznaczeniu płytek, czyli do obróbki jakich materiałów zostały zaprojektowane.

| | | |
|---|-------------------------------------|----------------|
| P | Stal niskostopowa | Niebieski |
| M | Stal nierdzewna | Żółty |
| K | Żeliwo szare | Czerwony |
| N | Stopy nieżelazne na bazie aluminium | Zielony |
| S | Stopy żaroodporne, stopy tytanu | Pomarańczowy |
| H | Materiały hartowane | Bładoniebieski |

Oto przykład opakowania, na którym podano zarówno symbol płytek, ich liczbę w pudełku oraz ich przeznaczenie. Zwykle płytki pakowane są po 10 sztuk w pudełku.



Fig. 7 Pudełeczko z płytkami skrawającymi.

Tutaj pokazano, że płytki są przeznaczone przede wszystkim do stali, ale można je również, z pewnymi ograniczeniami, stosować do stali nierdzewnej, stali żaroodpornej i materiałów hartowanych. Te ograniczenia dotyczą przede wszystkim konieczności robienia przerw na schłodzenie.

Płytki umieszczane są w oddzielnych przegrodach opakowań, aby zapobiec stykaniu się płytek ze sobą. Zapobiega to uszkodzeniu węglika, co mogłoby pogorszyć wydajność i trwałości płytki. Zaleca się pozostawienie płytek w oryginalnym opakowaniu do momentu ich montażu.

Ważne!!!

- Przed montażem zestawu należy nasmarować śruby.
- Do łbów i gwintów śrub należy stosować środki zapobiegające zapiekaniu.
- Sprawdzać czy gwinty, łby i gniazda śrub Torx są w dobrym stanie.
- Należy stosować odpowiednie wkręta.
- Podczas dokręcenia śruby stosować prawidłowy moment siły.
- Nałożyć dostateczną ilość substancji smarującej, aby nie dopuścić do zakleszczenia śrub. Substancją smarującą należy pokryć także gwint i łby śrub.
- Zużyte lub zniszczone śruby należy wymienić.

Ja stosuję smar rozprowadzany przez firmę AVANTI, zapobiegający zapiekaniu obciążonych połączeń, który zawiera bardzo drobny TEFLON®DuPont. Smar ten również zapobiega zakleszczaniu połączeń gwintowanych wykonanych ze stali nierdzewnej. Dokręcam śruby polegając na wyczuciu, gdyż nie dysponuję wkrętkiem dynamometrycznym. Po prostu staram się nie złamać „chorągiewki” przy wkrętku.

Omawiając sposoby mocowania narzędzi w naszej maszynie, doszedłem do dosyć specyficznych frezów z dokręcanymi płytkami skrawającymi. Trzeba jednak uczciwie powiedzieć, że nie będziemy ich mieli zbyt dużo. Wynika to z kilku powodów. Przede wszystkim nasza maszyna jest słaba i mało sztywna. Nie możemy stosować w niej zbyt dużych frezów, a wymienne płytki są stosowane przede wszystkim w dużych frezach. Trzeba też pamiętać, że wraz z wielkością frezów gwałtownie rośnie ich cena. Jakiego typu frez będziemy chcieli zastosować, będzie zależało od rodzaju pracy, jaką zamierzamy wykonać. Nie jesteśmy jednak zakładem produkcyjnym i nie stać nas na zastosowanie do każdej pracy dokładne takiego frezu, który jest uznawany za optymalny. W przeciwnym przypadku wartość naszego zestawu frezów przekroczyłaby kilkukrotnie wartość samej maszyny.

Warto sobie jednak powiedzieć coś o frezach, które będziemy, lub możemy stosować. Nasza frezarka jest frezarką pionową, bezwspornikową, to znaczy taką, której oś wrzeciona jest pionowa a stół krzyżowy porusza się wprawdzie w dwu kierunkach, ale nie zmienia wysokości (brak ruchomego wspornika). Narzędzie (frez lub wiertło) można podnosić lub opuszczać albo przesuwając cały wrzeciennik, albo wysuwając wrzeciono. Ruchy pionowe wrzeciona wykorzystuje się przede wszystkim przy wierceniu. Podczas frezowania staramy się, aby cały układ był możliwie najbardziej sztywny, więc blokujemy pionowe ruchy wrzeciona zaciskając odpowiednią śrubę zacisku. Co więcej, staramy się pracować przy możliwie najmniej wysuniętym wrzecionie. Zwykle ustala się wstępną wysokość frezu przesuwając cały wrzeciennik przez podnoszenie lub opuszczanie kolumny (korbką), przy całkowicie podniesionym (wsuniętym) wrzecionie. Jeżeli zachodzi taka potrzeba, to w miarę zwiększania głębokości frezowania obniżamy wrzeciono (raczej przy wyłączonym silniku i frezie odsuniętym poza obrabiany materiał) po odblokowaniu zacisku, po czym znowu je blokujemy. Gdy potrzebna jest większa zmiana wysokości to lepiej obniżyć cały wrzeciennik niż zbyt wysoko wysunąć wrzeciono.

Ważne!!!

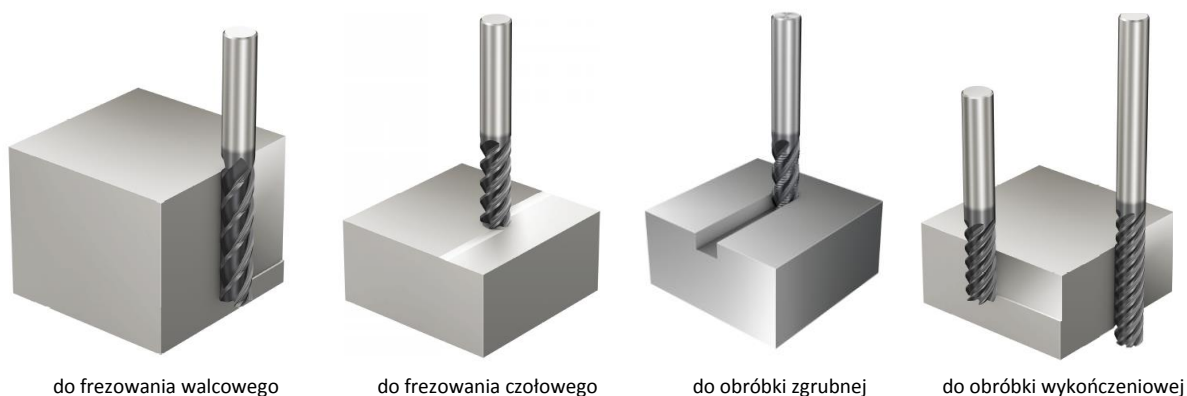
Należy koniecznie pamiętać o zablokowaniu zacisku kolumny po zmianie wysokości. Gdy o tym zapomnimy, kolumna natychmiast się gwałtownie obróci, gdy zaczniemy frezować.

A teraz wróćmy do frezów. Ze względu na budowę naszej maszyny, możemy wykorzystywać jedynie frezy, których oś obrotu jest pionowa. Oprócz omówionego wcześniej frezu nasadzanego, będą to tak zwane frezy trzpieniowe, czyli takie, w których część robocza i chwytka stanowią całość. Będą to zarówno już poznane frezy z chwytem stożkowym Morse'a, które możemy łączyć bezpośrednio z wrzecionem jak również, a może przede wszystkim, frezy z chwytem walcowym mocowane przy pomocy tulejek zaciskowych ER w oprawce zaciskowej, zamocowanej do wrzeciona.

Warto też wprowadzić tutaj uproszczoną nomenklaturę dotyczącą rodzajów frezów

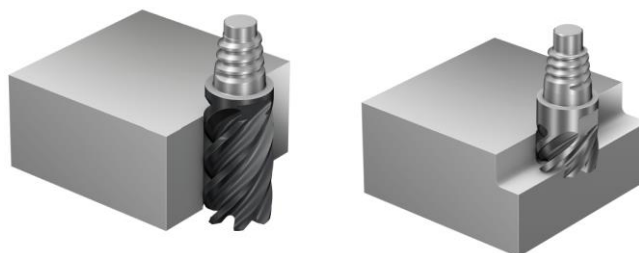
Frez jest okrągły i skrawa obracając się wokół swej osi. Ma on postać mniej więcej walca o różnej wysokości. Skrawające ostrza mogą być rozmieszczone tylko na bocznej powierzchni takiego walca (na obwodzie) i wtedy takie frezy nazywamy walcowymi a frezowanie boczną powierzchnią frezu nazywane jest frezowaniem obwodowym. Gdy ostrza skrawające umieszczone są na powierzchni dolnej zwanej czołem wtedy takie frezy noszą nazwę czołowych a frezowanie nimi nazywa się czołowym. Ostrza skrawające mogą też być rozmieszczone na obu tych powierzchniach. Takie frezy noszą nazwę walcowo-czołowych, które stosuje się przy frezowaniu obwodowo-czołowym. Powyższe frezy są stosowane ogólnie mówiąc do frezowania płaszczyzn, ich wyrównywania, czyli planowania. Przykładem takiego frezu jest choćby opisywany wcześniej frez nasadzany z wymiennymi płytkami skrawającymi.

Na ilustracji poniżej przedstawiono przykłady frezów z chwytem walcowym, zwane również frezami trzpieniowymi, które mocuje się bezpośrednio w oprawce zaciskowej.



Frezy do obróbki zgrubnej mają na ostrzach nacięcia, które powodują kruszenie wiórów oraz zmniejszają wibracje.

Są też takie frezy, których część roboczą mocuje się (wkręca) w oprawkę z chwytem cylindrycznym



Oprócz tego jest duża różnorodność frezów służących do nadania odpowiedniego kształtu obrabianym przedmiotom.



Fig. 8 (3 powyższe rzędy ilustracji) Frezy z chwytem walcowym (trzcieniowe)

Frezami trzcieniowymi o odpowiednim kształcie, możemy frezować rowki, zarówno o przekroju prostokątnym, jak i trapezowym. Przy pomocy frezów odpowiednio ukształtowanych możemy też nadawać odpowiedni kształt krawędziom (fazować). Fig.8 pokazuje najczęściej spotykane typy frezów z chwytem walcowym.

Frezy mogą mieć różną liczbę ostrzy. Frezy jednoostrzowe stosuje się do tworzyw sztucznych i metali lekkich, gdyż mają małą skłonność do zalepiania się wiórami. Frezy z większą liczbą ostrzy są sztywniejsze i szybciej skrawają, ale wióry mają gorsze warunki odpływu. Stosuje się je do materiałów, które tworzą krótsze wióry.



Fig. 9 Frezy z liczbą ostrzy (od lewej) 1, 2, 4, 6

Frezy do metalu wykonywane są głównie w 4 wersjach materiałowych:

| oznaczenie | materiał | twardość |
|------------|---------------------------------------|-----------|
| HSS | stal szybko tnąca | 62÷66 HRC |
| HSSE | stal szybko tnąca kobaltowa | 64 HRC |
| HSSE-PM | stal szybko tnąca kobaltowa proszkowa | 69 HRC |
| VHM | frez węglkowe – (widia) | 90 HRC |

Frezy mogą być też pokrywane powłoką poprawiającą ich właściwości



Fig. 10 Frez z powłoką

Rodzajów frezów jest bardzo dużo. Przedstawiłem tutaj takie, spośród których najprawdopodobniej będziemy wybierali frezy do naszych zastosowań.

Przy pomocy naszej maszyny możemy również przeprowadzać wytaczanie.

Wytaczanie polega na obróbce otworów wewnętrznych. Służą do tego tak zwane wytaczadła, czyli specjalne głowice z precyzyjnie regulowanymi ostrzami. Istnieje wiele rozwiązań firmowych. My najprawdopodobniej będziemy korzystać z wytaczadeł chińskich. Wykonane są one następująco: na trzpień (w naszym przypadku Chińczycy oznaczają go jako MT2) nasadzona jest, a właściwie nakręcona, specjalna głowica. Głowica jest dwuczęściowa. Dolna część, tak zwany imak, w którym są otwory do mocowania noży, tak zwanych wytaczaków (pionowo lub poziomo, zależnie od promienia skrawania) może przesuwać się względem górnej części, przymocowanej do trzpienia. Dokonuje się tego przy pomocy klucza imbusowego, który wprowadza się w otwór wewnątrz tarczy z podziałką, widocznej z boku głowicy. W ten sposób można precyzyjnie ustawić odległość skrawającej krawędzi noża od osi, na przykład w wersji przedstawionej poniżej od 12 do 100 mm z dokładnością do 0,01mm. Ruch obrotowy wytaczadła powoduje skrawanie brzegu otworu.



Fig. 11 Wytaczadło z nożami

Fruwacz

Prawdopodobnie wytaczadło zainspirowało amatorów do skonstruowania konkurencji dla dużych frezów czołowych (głowic). Jest to tak zwany Fly Cutter, dosłownie latające lub fruwające ostrze. Ponieważ nie znam polskiej nazwy (jeżeli w ogóle jest), nazwałem go fruwaczem. Wykonywany jest bardzo różnie, ale ogólna zasada jest następująca. Trzeba wytoczyć trzpień mocujący, który w naszym przypadku powinien mieć stożek Morse'a nr 2, z dużym rozszerzeniem w dolnej części, w której wykonuje się mocowanie dla noża tokarskiego. Nóż powinien być ustawiony pod odpowiednim kątem, aby mógł skrawać powierzchnię pod nim. Poniżej pokazałem przykład takiego rozwiązania wykonanego przez amatora na własny użytek.



Fig. 12 Fruwacz (Fly Cutter) w wykonaniu amatorskim

Fruwacze są stosowane przez amatorów z 3 podstawowych powodów:

- Dają lepsze wykończenie powierzchni niż większość frezów czołowych.
- Są tańsze od frezów czołowych.
- Wykazują mniejsze zapotrzebowanie na moc maszyny.

Zwłaszcza ten pierwszy powód może wydawać się wątpliwy, ale trzeba wziąć pod uwagę, że mamy tutaj do czynienia tylko z jednym ostrzem. W przypadku frezów czołowych o dużych średnicach (głowicach frezarskich) mamy wiele ostrzy, które nie są idealnie tak samo ustawione. Występuje więc zjawisko bicia, co odbija się na jakości powierzchni. Tylko bardzo drogie frezy czołowe pozwalają na indywidualną regulację każdej z płytek skrawających. Oczywiście moglibyśmy przekształcić frez czołowy we fruwacz, który nie ma bicia, usuwając płytki skrawające i pozostawiając jedynie jedną. Mimo, że wydaje się to rozwiązaniem paranoicznym, to nie należy o nim zapominać, gdyż w niektórych przypadkach można z niego skorzystać.

Wypada jeszcze powiedzieć, że do budowy fruwacza można wykorzystać gotowy trzpień, na przykład zabierakowy i dorobić jedynie dolną część z mocowaniem noża.

Ważne !!!

W naszej maszynie (ZX7016) do fruwaczy możemy stosować jedynie noże tokarskie lewe, gdyż nie możemy zmieniać obrotów maszyny.

Ten pomysł przyjął się na tyle, że został podchwycony przez niektóre niewielkie firmy. Poniżej pokazałem taki produkt amerykańskiego wytwórcy.



Fig. 13 Fruwacz (Fly Cutter) w wykonaniu fabrycznym jest sprzedawany wraz z nożami (lewymi) wyposażonymi w trójkątne płytki skrawające i jest pakowany w ładną skrzyneczkę

Uwagi dodatkowe

Wybijak stożków sprzedawany wraz z maszyną jest bardzo zły, gdyż jest zbyt krótki i w związku z tym jego kąt jest zbyt duży, co utrudnia wybijanie i może powodować uszkodzenia. Lepiej kupić sobie lepszy, smuklejszy. Jeżeli częściej korzystamy z narzędzi ze stożkiem Morse'a, które wymagają wybijania, to bardzo przydatnym narzędziem może się okazać wybijak półautomatyczny. Nie jest on tani, ale ma wiele zalet. Po uruchomieniu dźwigni, stożek zwalnia się bez konieczności odbijania, co ochrania wrzeciono. Obsługuje się go jedną ręką, więc drugą można zabezpieczyć wypadający element.



Fig. 14 Wybijak półautomatyczny

Za pokazany na zdjęciu trzeba zapłacić około 250 zł, ale za taki sam, produkowany przez Darmet zapłacimy jedynie 80 zł.

Trzeba dbać o czystość wewnętrznej powierzchni stożka we wrzecionie. Ułatwia to specjalny wycior, za który trzeba zapłacić około 40 zł. Są też wyciory do opravek ER, które kosztują prawie 100 zł. Taki wydatek wydaje się jednak nadmiernym. Stożek w oprawce zaciskowej znacznie łatwiej wyczyścić dokładnie szmatką, niż stożek we wrzecionie.

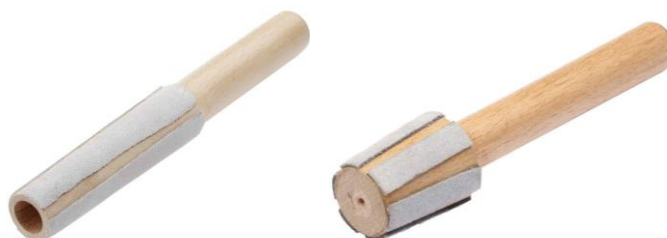


Fig. 15 Wyciory do czyszczenia stożka Morse'a (po lewej) i stożka oprawki zaciskowej (po prawej)

Czyste muszą być obie współpracujące powierzchnie. Nie można zatem zapominać o utrzymywaniu w czystości również zewnętrznych powierzchni stożków zarówno trzpieni, wprowadzanych do wrzeciona frezarki jak również tulejek zaciskowych wprowadzanych do opravek.