

SZLIFOWANIE ŚCIERNICOWE

7.0 SZLIFOWANIE ŚCIERNICOWE

7.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SZLIFOWANIA ŚCIERNICOWEGO

Szlifowanie jest to sposób obróbki ścierniej, w którym narzędzie, zwane ściernicą, wykonuje ruch główny - obrotowy, a ruchy pomocnicze – posuwowe wykonuje bądź to przedmiot obrabiany, bądź to narzędzie, albo też równocześnie narzędzie i przedmiot obrabiany. Szlifowanie różni się od innych rodzajów obróbki skrawaniem tym, że:

- narzędziem skrawającym jest spojona bryła obrotowa, składająca się ze ścierniwa, spoiwa i wolnych przestrzeni zwanych porami,
- ziarna ściernie z których składa się ścierniwo, nie mają ściśle określonej geometrii ostrzy i liczby ostrzy,
- szlifowanie jest sposobem obróbki wieloostrowej, w której powstają liczne, cienkie, drobne, o małej objętości mikrowióry, często nadtopione,
- szlifowanie realizowane jest przy dużych prędkościach skrawania, przeważnie o rząd wielkości wyższych niż przy obróbce skrawaniem (np. 200m/min przy frezowaniu i 2400 m/min przy szlifowaniu),
- obciążanie ściernic (ostrzenie) nie wymaga wymiany ostrza lub zdjęcia narzędzia z obrabiarki,
- w przeciwieństwie do ostrzy narzędzi skrawających, wiele współczesnych ściernic ściernic nie ma zdolności do samoostrzenia się CPS (czynnej powierzchni ściernicy).

7.2. ODMIANY SZLIFOWANIA ŚCIERNICOWEGO

Klasyfikacji procesu szlifowania ściernicowego dokonać można wg kilku odmiennych kryteriów.

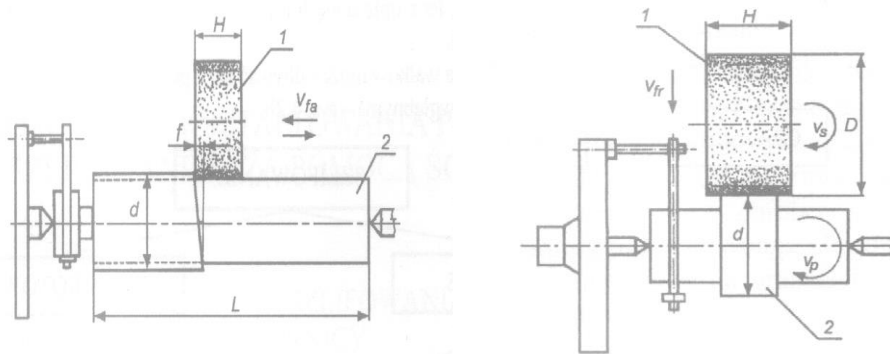
Z uwagi na kształt powierzchni obrabianych, szlifowanie dzielimy na:

- szlifowanie obrotowe – zewnętrznych lub wewnętrznych powierzchni walcowych, stożkowych i obrotowych krzywoliniowych,
- szlifowanie nieobrotowe – przeważnie zewnętrznych powierzchni płaskich i krzywoliniowych,

Z uwagi na sposób mocowania przedmiotu obrabianego szlifowanie dzielimy na:

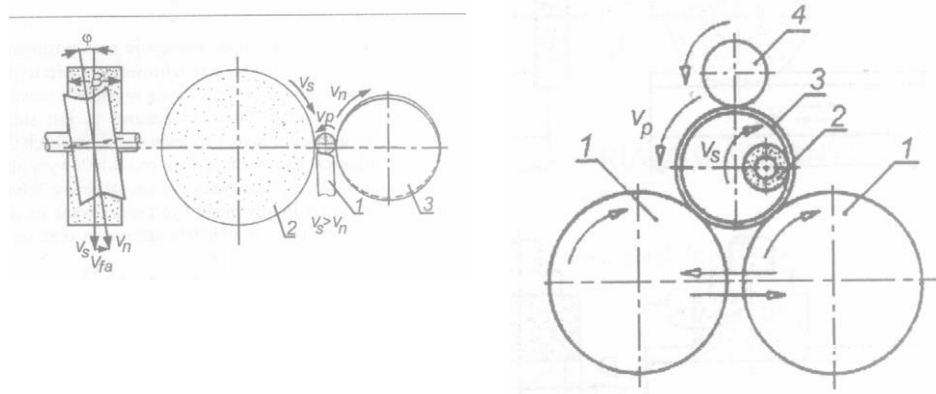
- kłowe – przedmiot obrabiany mocowania jest w kłach wrzeciennika i konika lub w uchwycie szlifierskim (rys. 1a, b)

- bezkłowe – przedmiot obrabiany przesuwa się po prowadnicy liniowej lub obrotowej, a ruchy posuwowe są efektem sił tarcia pomiędzy tarczą napędzającą a przedmiotem obrabianym (rys 2a, b).



Rys 1. Schematy szlifowania kłowego, obrotowego, a) z posuwem wzdłużnym, b) z posuwem poprzecznym; gdzie: 1- ściernica, 2 – przedmiot obrabiany.

Możliwości kształtowania powierzchni szlifowaniem za pomocą ściernic

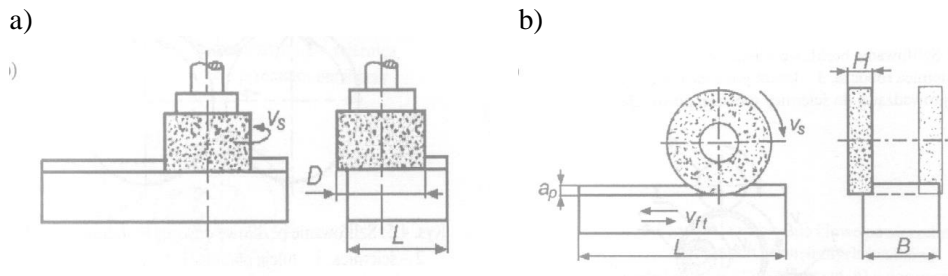


Rys 2. Schematy szlifowania bezkłowego, obrotowego, a) z posuwem wzdłużnym na prowadnicy liniowej, b) z posuwem poprzecznym na tarczach prowadzących; gdzie: 1- podtrzymka lub tarcza prowadząca, 2 – ściernica, 3 - przedmiot obrabiany, 4 – tarcza napędzająca.

Natomiast ze względu na położenie ściernicy względem przedmiotu obrabianego szlifowanie ściernicowe dzielimy na:

- obwodowe – gdy oś ściernicy jest równoległa do osi powierzchni obrotowej lub do obrabianej powierzchni płaskiej (rys. 3a),

- czołowe – gdy os ściąnicy jest prostopadła lub wchrowata do osi powierzchni obrabianej, lub do obrabianej powierzchni płaskiej (rys. 3b).



Rys 3. Schemat procesu szlifowania płaszczyzn,
a) czołowego;
b) obwodowego

7.3 CHARAKTERYSTYKA ŚCIERNICY

Pod pojęciem charakterystyki ściernicy rozumiemy jej oznaczenie, w którym w unormowanej kolejności podano w sposób umowny jej podstawowe cechy charakterystyczne. Dla ściernic z twardych materiałów ściernych, takich jak np. zielony węgiel krzemu 99C, czarny węgiel krzemu 98C, zwykły elektrokorund 95A, czy też szlachetny elektrokorund 99A, cechy te obejmują: kształt i zarys ścierniwa, numer ziarna, twardość, strukturę i rodzaj spoiwa. Poniżej podano przykład charakterystyki ściernicy płaskiej, z jednostronnym wybraniem walcowym, bez ścięć zarysu ściernicy, o wymiarach 350x50x127, wykonanej z elektrokorundu zwykłego 95a, o numerze ziarna 46, twardości k, strukturze 7 i na spoiwie ceramicznym V.

5A 350x50x127 95A 46 K 7 V

Numer ziarna określa wielkość tego ziarna. Dla ściernic określany jest metodą wibracyjnego przesiewu ścierniwa przez zestaw sit o znormalizowanej liczbie oczek, przypadających na jeden cal sita. Im wyższy numer ziarna tym ziarno ściernic jest drobniejsze.

Pod pojęciem twardości ściernicy rozumiemy opór, jaki stawia spoiwo ściernicy siłom zewnętrznym, próbującym wyrwać ziarna ściernic z powierzchni ściernicy. Twardość ściernicy jest wielkością umowną, oznaczaną literowo. Ściernice od D do G są bardzo miękkie, od H do K miękkie, od L do O średnie, od P do T twarde i od U do Z bardzo twarde.

Struktura ściernicy jest również wielkością umowną, oznaczaną cyfrowo. Określa ona procentowy udział objętości ścierniwa w całej objętości ściernicy. Struktury od 1 do 4 zwane są zwartymi, od 5 do 8 średnimi, od 9 do 12 otwartymi, powyżej 12 wielkoporowymi.

Spoiwo, niekiedy zwane lepiszczem, wiąże ziarno w porowatą bryłę obrotową, jaka jest ściernica. Ilość i rodzaj spoiwa decydują o twardości ściernicy, jej wytrzymałości, porowatości i odporności korozyjnej. Najczęściej stosujemy spoiwa żywiczne oznaczone literą B i spoiwa ceramiczne oznaczone literą V.

Ściernice z takich supertwardych ścierniw, jak diament syntetyczny SD lub regularny azotek boru CBN oznaczane są w nieco odmienny sposób. Przykładowo ściernice garnkowe, typu 11A2, o średnicy zewnętrznej 100mm i wysokości 40mm o korpusie duraluminiowym ze ścierną warstwą roboczą o szerokości 10mm i wysokością 5mm i otworem 20mm, zawierające ścierniwo borazonowe B151 (handlowa nazwa CBN) o koncentracji K10, twardości M i spoiwie żywicznym B oznaczona jest następująco:

11A2 100x40x10x5x20 B151 K100 M B

Pod pojęciem koncentracji ścierniwa supertwardego rozumiemy ilość takiego ścierniwa w jednostce objętości warstwy roboczej ściernicy. Standardowo przy koncentracji K100 w 1cm^3 warstwy roboczej ściernicy znajduje się 4,4 karata diamentu lub 4,18 regularnego azotku boru, a przy koncentracji K125 aż 5,5 karata diamentu lub 5,22 karata regularnego azotku boru.

Przyjęto 3 podstawowe stopnie twardości tego typu ściernic, a to:

- miękkie – M,
- średnie – S,
- twarde – T.

7.4. PODSTAWOWE ZASADY DOBORU CHARAKTERYSTYKI ŚCIERNICY DO OPERACJI SZLIFOWANIA

Dobór charakterystyki technicznej ściernicy do operacji szlifowania uzależniony jest przede wszystkim od składu chemicznego i twardości i struktury materiału obrabianego, rodzaju obróbki poprzedzającej operację szlifowania, rodzaju i kinematyki operacji szlifierskiej, wielkości naddatku do zeszlifowania, oczekiwanej jakości warstwy wierzchniej przedmiotu obrobionego oraz dopuszczalnej prędkości szlifowania. Przyjmuje się, że przy szlifowaniu stali i żeliwa ciągliwego stosowane są różne gatunki ścierniw elektrokorundowych lub z regularnego azotku boru. Natomiast przy szlifowaniu węglików spiekanych, metali lekkich, materiałów ceramicznych oraz kruchego żeliwa zalecane są ścierniwa z różnych gatunków węgla krzemu oraz ścierniwa diamentowe. Do szlifowania materiałów twardych i kruchych stosowane jest przeważnie ziarno drobne a do materiałów miękkich i ciągliwych ziarno grube. Materiały twarde szlifujemy ściernicami miękkimi i odwrotnie, materiały miękkie ściernicami twardszymi. Przy szlifowaniu zgrubnym i wymaganej niskiej chropowatości powierzchni obrobionej stosujemy ścierniwa o niskim numerze ziarna ściernego, natomiast przy wykończającym szlifowaniu powierzchni o żądanej niskiej chropowatości po obróbce stosujemy ścierniwa o wyższym numerze ziarna. Przy szlifowaniu

z grubym i przecinaniu najczęściej stosujemy spoiwa żywiczne, natomiast przy szlifowaniu wykończającym i precyzyjnym spoiwa ceramiczne i żywiczne. Standardowo ściernice o spoiwie ceramicznym przeznaczone są do szlifowania z prędkościami od 35 do 45 m/s, natomiast ściernice o spoiwie żywicznym (zwłaszcza wzmocnione mechanicznie) z prędkościami od 45 do 80 m/s. Dopuszczalną prędkość roboczą ściernicy wyznaczamy z zależności

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} \text{ [m/s]}$$

gdzie:

n – prędkość obrotowa [obr/min]

D – zewnętrzna średnica ściernicy [mm]

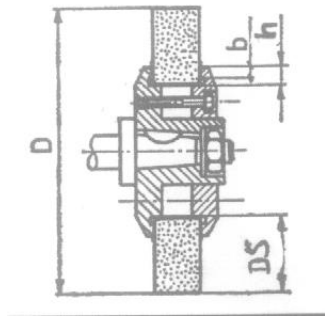
Z uwagi na niebezpieczeństwo rozerwania się ściernicy jej prędkość obwodowa nie powinna przekraczać dopuszczalnej prędkości roboczej ściernicy.

7.5. TOK PRZYGOTOWANIA ŚCIERNICY DO PRACY

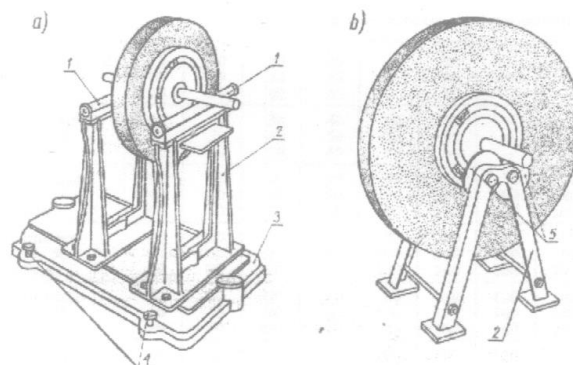
Kolejne kroki w toku przygotowania ściernicy do pracy muszą być wykonane z dużą starannością z uwagi na możliwość rozerwania się ściernicy, co często skutkuje uszkodzeniem szlifierki, zniszczeniem przedmiotu obrabianego, a nade wszystko ciężkim uszkodzeniem ciała szlifierza.

Podczas pobierania ściernicy z magazynu należy sprawdzić, czy ściernica odpowiada swoją charakterystyką charakterystyce wymaganej przez technologa oraz sprawdzić, czy ściernica była właściwie przechowywana i czy termin zdatności jej spoiwa nie został przekroczony. Ściernice o średnicy powyżej 150mm powinny być przechowywane w regałach w pozycji pionowej, natomiast ściernice poniżej 150 mm mogą być przechowywane w stosach nie więcej jednak niż 10 szt. w stosie. W pomieszczeniach magazynowych powinna panować stała temperatura w zakresie od 284 do 304K, przy wilgotności nieprzekraczającej 70%. Trwałość spoiw żywicznych, w zależności od gatunku, wynosi od 18 do 36 miesięcy. Po pobraniu należy dokonać oględzin wzrokowych ściernicy, sprawdzając czy nie ma wykruszeń i pęknięć. Szczególnie niebezpieczne są pęknięcia w rejonie otworu ściernicy, z uwagi na panujące tam spiętrzenia naprężeń zarówno obwodowych jak i stycznych. Po oględzinach należy ściernicę zbadać metodą dźwiękową, opukując ją niemetalowym narzędziem na różnych powierzchniach ściernicy. Jeżeli ton i barwa dźwięku przy opukiwaniu tej samej powierzchni ściernicy są takie same wówczas można przyjąć, że ściernica prawdopodobnie jest dobra i może być dopuszczona do dalszych czynności toku przygotowania do pracy. Kolejnym krokiem jest osadzenie ściernicy w oprawce. Ze względów bezpieczeństwa pomiędzy powierzchniami mocującymi oprawki a powierzchniami ściernicy zawsze powinny być umieszczone przekładki elastyczne (np. z preszpanu, fibry itp.). Zasadę mocowania ściernic w oprawce pokazano na rysunku 4.

W kolejnym kroku przystępujemy do wyrównoważenia statycznego ściernicy. Wyrównoważenie to dokonuje się przy zastosowaniu przyrządów do wyrównoważania statycznego różnej konstrukcji. Przykładowe przyrządy tego typu pokazane zostały na rysunku 5.



Rys. 4. Przykładowe sposoby mocowania ściernicy w oprawce narzędziowej.



Rys.5. Przyrządy do wyrównoważenia statycznego;

a) pryzmowy, b) tarczowy; 1 – wałek, 2 – stojak, 3 – podstawa, 4 śruby regulacyjne, 5 – tarcze obrotowe

Jak widać ze szkicu istota wyrównoważenia statycznego ściernicy polega na sprowadzeniu środka ciężkości ściernicy do osi obrotu, poprzez zrównoważenie momentu działania siły ciężkości momentem pochodzącym od ciężaru kostek wyrównowujących umieszczonych przesuwnie w rowku oprawki ściernicy.

Niektóre ze ściernic po wyrównoważeniu statycznym muszą być poddane wyrównoważeniu dynamicznemu. Wyrównoważenie to przeprowadzane jest bądź to na specjalnej wyrównowazarce dynamicznej, umieszczonej poza szlifierką bądź

też na wyposażonej w odpowiednie urządzenie zamontowane w nowoczesnej szlifierce.

Istota wyrównoważenia dynamicznego polega na sprowadzeniu głównej, centralnej osi bezwładności ściernicy do jej osi obrotu.

Uwaga

Jakiegokolwiek wyrównoważanie ściernicy dokonywane przez nawiercanie jej powierzchni i zalewanie wykonanych otworów ołowiem lub cyną jest niedopuszczalne !!!

Wyrównoważaniu dynamicznemu należy poddać wszystkie ściernice, które eksploatowane będą z prędkością powyżej 45 m/s oraz te, w których stosunek wysokości ściernicy do jej średnicy zewnętrznej jest większy od 1/5. W następnym etapie toku przygotowania ściernicy do pracy osadzamy oprawioną ściernicę na wrzecionie szlifierki i poddajemy ją procesowi obciążania zgrubnego. Następnie zdejmujemy ściernicę z wrzeciona szlifierki i poddajemy ją sprawdzeniu w zakresie wyrównoważenia. O ile obciążanie zgrubne nie zmieniło wyrównoważenia ściernicy, wówczas ściernicę ponownie montujemy na wrzecionie szlifierki i obciążamy wykończająco. Wprowadzie Polskie Normy nie przewidują obecnie sprawdzania ściernicy na biegu luzem (co występuje w niektórych normach zagranicznych) to jednak wskazane jest przed rozpoczęciem szlifowania obserwować przez minimum 1 minutę bieg luzem ściernicy.

7.6. CZAS MASZYNOWY SZLIFOWANIA

Przy poosiowym, szlifowaniu wałków i otworów czas maszynowy szlifowania oblicza się ze wzoru

$$t_m = \frac{C \cdot B + l + l_d}{f \cdot n_p}$$

gdzie:

C – współczynnik (dla szlifowania przelotowego C + 1,1, dla nieprzelotowego C=)B – szerokość ściernicy,

l – długość szlifowanej powierzchni w mm,

l_d – dobieg (przy szlifowaniu przelotowym l_d = 2 – 10 mm)

f – posuw w mm/obr,

n_p – prędkość obrotowa przedmiotu szlifowanego w obr./min,

i – liczba przejść.

Liczba przejść wynosi:

$$i = \frac{q}{g} + i_0$$

gdzie:

q – naddatek na obróbkę,

g – głębokość szlifowania (grubość warstwy usuwanej za jednym przejściem)

w mm,

i_0 – liczba przejść wyiskrzających; przeważnie $i_0 = (0,2 - 0,5)$.

7.7. DOBÓR ŚCIERNIC I WARUNKÓW SZLIFOWANIA

Charakterystykę techniczną ściernicy dobieramy w zależności od składu chemicznego, twardości i struktury metalograficznej materiału obrabianego, od rodzaju i odmiany operacji szlifierskiej, od wymaganej jakości warstwy wierzchniej powierzchni obrobionej i zakładanej prędkości obrotowej ściernicy. Do szlifowania stali i żeliwa ciągliwego stosujemy ściernice ze ścierniw elektrokorundowych oraz regularnego azotku boru. Natomiast do szlifowania węglików spiekanych, ceramiki, metali kolorowych żeliwa szarego, ściernice z węgla krzemu a niekiedy także diamentowe. Do obróbki materiałów twardych i kruchych oraz do szlifowania wykończającego stosujemy ściernice drobnoziarniste, a do szlifowania miękkich i ciągliwych i szlifowania zgrubnego ściernice gruboziarniste. Do szlifowania materiałów twardych stosujemy ściernice miękkie, natomiast do szlifowania materiałów miękkich ściernice twarde. W trakcie eksploatacji nie wolno przekraczać dopuszczalnej przez producenta prędkości obrotowej ściernicy. Podwyższenie prędkości obrotowej powoduje wzrost jej tzw. „twardości dynamicznej”, co oznacza, że ściernica zachowuje się jak by była ściernicą twardszą. Przy szlifowaniu małych i wąskich powierzchni dobieramy ściernice twardsze. Przy szlifowaniu w warunkach użycia cieczy chłodząco – smarującej stosujemy niekiedy ściernice o stopień twardsze niż przy szlifowaniu na sucho. W warunkach szlifowania wysokowydajnego stosujemy ściernice z elektrokorundu cyrkonowego lub korundu spiekanego. Na szlifierkach o wyższej mocy stosuje się z reguły ściernice o wyższej twardości. W klasycznych warunkach szlifowania przyjmuje się naddatki obróbkowe w granicach od 0,15 do 0,20 mm na stronę (dla wałków i otworów o średnicach do 20 mm, natomiast dla wałków o średnicach od 200 do 400 mm pozostawia się naddatek od 0,4 do 0,6 mm na stronę. Jeżeli szlifowany przedmiot był poprzednio hartowany naddatek na szlifowanie zwiększa się o 0,05 do 0,15 mm. Na szlifowanie zgrubne pozostawia się około 70% całego naddatku, pozostałą część na szlifowanie wykończające. Przy wzdłużnym, zgrubnym szlifowaniu wałków dosuw ściernicy do materiału obrabianego wynosi od 0,02 do 0,08 mm. Natomiast dla szlifowania wykończającego od 0,002 do 0,015 mm. Posuw wzdłużny f_0 w mm/obr przy zgrubnym szlifowaniu wałków zwykle równy jest połowie wysokości ściernicy, a przy szlifowaniu wykończającym zwykle wynosi 0,2 do 0,3 wysokości ściernicy. Prędkość posuwu obwodowego (prędkości obwodowej wałka) przy szlifowaniu wałków przyjmuje się w zakresie od 10 do 40 m/min, w zależności od wielkości dosuwu ściernicy. Przy mniejszych dosuwach ściernicy stosujemy wyższe prędkości posuwu wzdłużnego. Prędkości szlifowania przyjmuje się możliwie najwyższe ze względu na wydajność i własności warstwy wierzchniej powierzchni obrobionej. W zależności od spoiwa ściernicy i jej struktury prędkości szlifowania

ściernicami o spoiwie ceramicznym z reguły wynoszą od 35 do 60 m/s, a przy stosowaniu spoiwa żywicznego od 45 do 80 m/s.