

Techniki wytwarzania i procesy technologiczne 3/2019

MorekTECH
technologie dopasowane
fit technologies



(23) w.F.1

Bezpłatny.

Czytnik PDF

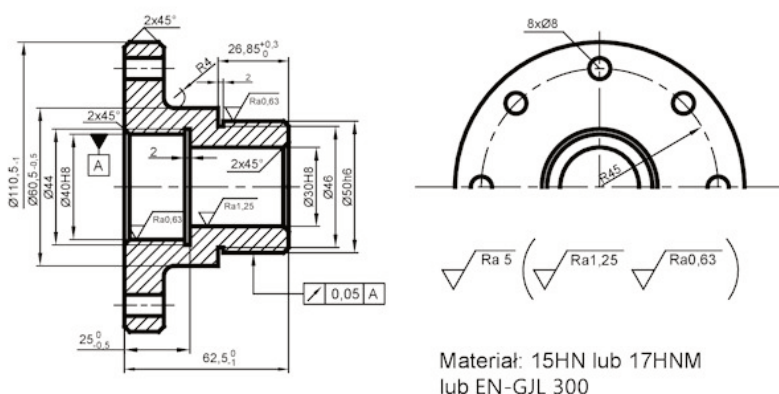
Druk niskiej jakości

Obróbka otworów. Wiercenie i rozwiercanie.

Wprowadzenie

Obróbka otworów niezależnie od klasy części, a szczególnie w przypadku tulei i tarcz, odgrywa istotną rolę. Kiedy zwrócimy uwagę na [ramowe procesy technologiczne części klasy tuleja i tarcza](#) to w przypadku klasycznych procesów technologicznych stosuje się ramowy proces technologiczny części klasy tuleja z bazowaniem na otworze. Poniżej przedstawiono wybrane zagadnienia z obróbki otworów – wiercenie i rozwiercanie. Wytaczanie i wgłębna obróbka EDM w obróbce otworów będą opisane w kolejnych artykułach.

Ilustracja 1. Przykładowy projekt części klasy tuleja.



Projekt tulei

Na ilustracji 1 przedstawiono przykładową konstrukcję tulei. Dobór środków produkcji, w tym technik wytwarzania i określonych metod obróbkowych zależy od postawionych wymagań użytkowych i jakościowych (dokładności wymiarów geometrycznych oraz chropowatość powierzchni, czy twardość warstwy wierzchniej). Z technologicznego punktu widzenia metody obróbki otworów (wiercenie, powiercanie, rozwiercanie, wytaczanie, szlifowanie, EDM) cechują się istotnie lepszymi efektami jakościowymi niż obróbka zewnętrznych powierzchni cylindrycznych. W tym artykule podjęto zagadnienia związane z wierceniem i rozwiercaniem.

Na ilustracji 1 widzimy, że otwór $\text{Ø}40\text{H}8$ stanowi bazę dla tolerancji bicia promieniowego powierzchni zewnętrznej o średnicy $\text{Ø}50\text{h}6$. Otwór ma być wykonany w 8 klasie dokładności, a powierzchnia zewnętrzne w 6.

Otworki

Otworki są niemal w każdej konstrukcji części maszyn i urządzeń bez względu na klasę części. Wyróżniamy następujące kryteria podziałów rodzajów otworów. Większość z nich podlega z reguły jednoczesnej klasyfikacji nawet do kilku rodzajów.

1) Kryterium jakościowe (dokładności wymiarów geometrycznych i chropowatości powierzchni): otworki niedokładne, dokładne i bardzo dokładne. Otworki pod śruby mocujące nie wymagają wysokiej dokładności i wykonuje się je w warsztatowej klasie dokładności (IT14-15).

- 2) Kryterium obróbki w materiale pełnym lub otwory wykonane wstępnie w półfabrykacie (ilustracja 2). Wstępnie wykonane otwory w odlewach lub odkuwkach cechują się nierówną powierzchnią o dużej chropowatości co sprzyja szybszemu zużywaniu się wiertel krętych. Zaleca się by tego typu otwory na początku obrabiać wiertłami z płytkami skrawającymi albo wytaczać.
- 3) Kryterium otworów przelotowych i nieprzelotowych. Obróbka otworów przelotowych jest prostsza niż otworów nieprzelotowych. W przypadku tych ostatnich konieczne jest zapewnienie wydajnego odprowadzania wiórów. Konieczne jest stosowanie wiertel z wewnętrznymi kanałami doprowadzającymi chłodziwo. Zewnętrzne podawanie chłodziwa przy otworach powyżej 30mm głębokości zupełnie nie sprawdza się w zakresie obniżenia temperatury w strefie skrawania.
- 4) Kryterium długości otworu: otwory normalne i otwory długie.
- 5) Kryterium średnicy: otwory o bardzo małych i o bardzo dużych średnicach.



Ilustracja 2. Przykład wstępnie wykonanych otworów w półfabrykacie (odlewy).

Obróbka otworów współcześnie jest realizowana przy użyciu wiertel (pełnowęglkowych, z wymiennymi płytkami lub z wlutowanymi płytkami z węglików spiekanych – ilustracja 3a i b). Różne narzędzia oferują zróżnicowane dokładności obróbki. Narzędzia monolityczne z reguły zapewniają lepsze dokładności oraz mniejszą chropowatość obrobionej powierzchni otworu.



Ilustracja 3a. Przykład wiertel monolitycznego na górze i z wymienną płytką skrawającą na dole (fot. dzięki uprzejmości firmy SANDVIK Coromant).

Wiercenie

Obróbka otworów kojarzona jest w pierwszej kolejności najczęściej z wierceniem. Ten rodzaj obróbki traktowany jest przede wszystkim jako obróbka zgrubna. Pokazują to również możliwe do osiągnięcia dokładności (klasy dokładności IT11-12) i chropowatość powierzchni (Ra20-Ra5). Możliwe do osiągnięcia parametry jakościowe dla tej i innych metod obróbkowych przedstawiono w artykule pt. [Jakość w technikach wytwarzania](#). Trzeba jednak pamiętać, że tego typu zestawienia były opracowane wiele lat temu.



Ilustracja 3b. Przykład wiertła z wymiennymi płytkami skrawającymi (fot. dzięki uprzejmości firmy SANDVIK Coromant).

Współczesne wiertła takie jak CoroDrill firmy SANDVIK Coromant (ilustracja 4) umożliwiają przeprowadzenie pojedynczego zabiegu wiercenia bez konieczności nawiercania otworu prowadzącego (wiercenie i powiercanie).

Innym przykładem wiertła z wymiennymi płytkami jest CoroDrill firmy SANDVIK Coromant dedykowane są do obróbki otworów o średniej i dużej średnicy o średniej tolerancji, w otworów nieprzelotowych wymagających płaskiego dna. Odpowiednia konfiguracja CoroDrill z wykorzystaniem określonej płytki skrawającej umożliwia przeprowadzenie zabiegu wytaczania.

Wiertła CoroDrill są przeznaczone do obróbki szerokiej gamy materiałów i zapewniają uzyskanie dokładności w klasie IT12-13 i chropowatość powierzchni w zakresie od Ra1 do Ra5. Wynika o z faktu, iż są to narzędzia składane wykorzystujące płytki skrawające. Wiertła monolityczne pełnowęglkowe rodziny CoroDrill Delta-C umożliwiają obróbkę otworów z dokładnością w klasie IT5-10.

Wiertła CoroDrill Delta-C powinny pracować z niższymi prędkościami skrawania lecz większym posuwem roboczym niż wiertła CoroDrill.

Nawiercanie

Nawiercanie stosuje się w przypadku obróbki otworu w pełnym materiale przedmiotu obrabianego. Zabieg nawiercania polega na wykonaniu wgłębienia w osi planowanego do wykonania otworu. W przypadku realizacji tego zabiegu na tokarce nawiercanie wykonywane jest z reguły w osi przedmiotu obrabianego.



Ilustracja 4. Narzędzie CoroDrill 880 firmy SANDVIK Coromant umożliwiające wiercenie lub wytaczanie (fot. dzięki uprzejmości firmy SANDVIK Coromant).

Współczesne obrabiarki sterowane numeryczne CNC cechujące się dużą sztywnością, zapewniające określoną dokładność pozycjonowanie umożliwiają rezygnację z zabiegu nawiercania.

Dodatkowo wiertło do nawiercania powinno cechować się kątem stożka w zakresie $90^{\circ} \div 100^{\circ}$ co poprawia pozycję wiertła przy wchodzeniu w materiał. Zaletą z zastosowania zabiegu nawiercania jest możliwość rezygnacji z operacji toczenia powierzchni czołowej części.

Dokładność obróbki

W klasycznym podejściu w celu uzyskania dokładnego otworu (klasa dokładności IT6÷8) należy przeprowadzić operację składającą się z minimum 4 zabiegów: nawiercanie, wiercenie, rozwiercanie zgrubne oraz rozwiercanie wykańczające. W przypadku otworów o średnicach do $\varnothing 8$ z reguły stosuje się wiertło i rozwiertak wykańczak. Z kolei w przypadku otworów o średnicach w zakresie od $\varnothing 16$ do $\varnothing 50$ w klasach IT11 i IT 12 z odchyłkami w zakresie od 0,11 do 0,25 zamiast rozwiercania zgrubnego przeprowadza się wytaczanie kształtujące. Dzięki temu uzyskuje się poprawę osiowości otworu. W przypadku wymagania małej chropowatości zaleca się wykorzystanie rozwiertaka wykańczającego wstępnego. Tego typu narzędzia wykonuje się na zamówienie, czyli ich ekonomiczne zastosowanie ogranicza się do produkcji seryjnej. W produkcji jednostkowej oraz małoseryjnej należy wykorzystywać narzędzia i osprzęt technologiczny handlowo dostępne

Nadal w wielu przypadkach stosuje się tego typu konfiguracje operacji technologicznych. Współczesne narzędzia zarówno monolityczne i z wymiennymi płytkami skrawającymi oraz konstrukcje obrabiarek o dużej sztywności znacząco wpływają na zdolności obróbki otworów dokładnych. Dzięki temu zmniejszeniu ulega liczba koniecznych zabiegów do osiągnięcia wymaganych wskaźników jakościowych.

Parametry obróbkowe

Na dokładność obróbki wpływa ma nie tylko konstrukcja narzędzia ale także parametry obróbkowe:

- Prędkość skrawania vc [m/min] ma kluczowe znaczenia dla trwałości narzędzia. Wraz ze wzrostem prędkości skrawania rośnie temperatura i tempo ścierania powierzchni przyłożenia. W przypadku materiałów miękkich, których obróbka cechuje się z reguły wiórem wstęgowym większa prędkość skrawania przyczynia się do korzystniejszego formowania się wiórów.
- Posuw f_n [mm/obr] oddziałuje na wykończenie powierzchni, tolerancję wykonania otworu oraz jego prostoliniowość. Wartość posuwu wpływa również na kształtowanie się wióra. Wysoki posuw roboczy podczas wiercenia oznacza skrócenie czasu głównego, ale także mniejsze zużycie na każdy metr obrobionego otworu ale jednocześnie wzrasta prawdopodobieństwo KSO (katastroficznego stępienia ostrza) poprzez złamanie płytki lub wiertła (ilustracja 4).

Na ilustracji 5 pokazano wiertło ze stali narzędziowej HSS wykorzystane do wykonania otworów w stali konstrukcyjnej. Niewłaściwe parametry obróbkowe, w tym zbyt duży posuw doprowadziły do złamania wiertła w kilku miejscach.



Ilustracja 5. Przykład złamanego wiertła ze stali szybko tnącej. Do jego złamania doszło podczas wykonywania otworu w stali konstrukcyjnej.

Wióry i chłodziwo

Odprowadzanie wiórów odgrywa istotną rolę i należy zapewnić jego prawidłowy przebieg. Blokowanie się wiórów i ich powolne usuwanie wpływa na jakość otworu oraz trwałość narzędzia. Prawidłowe formowanie się wiórów polega przede wszystkim na ich usuwaniu bez komplikacji. Według [2] dobrym sposobem weryfikacji prawidłowości odprowadzania wiórów jest metoda na słuch. Stały dźwięk oznacza, że proces usuwania wiórów odbywa się prawidłowo. Dźwięk przerywany oznacza zaś blokowanie się wiórów w rowkach wiórowych narzędzia.

Na ilustracji 6 przedstawiono narzędzie wiertło pełnowęglikowe CoroDrill® 460 firmy SANDVIK i efekt nieprawidłowo dobranych parametry obróbkowe, które doprowadziły do zarysowania powierzchni obrabianego otworu w jego początkowej części (w połowie długości otworu przelotowego). Mogło do tego przyczynić się niewłaściwe podawanie chłodziwa z zewnątrz. Usuwanie wiórów uznane było za prawidłowe, choć powierzchnia obrobionego otworu sugeruje jednak problemy z właściwym odprowadzaniem wiórów podczas obróbki. Przedmiotem obrabianym była kostka aluminium PA6. W przypadku tego rodzaju materiału występują trudności w odprowadzaniu wiórów.

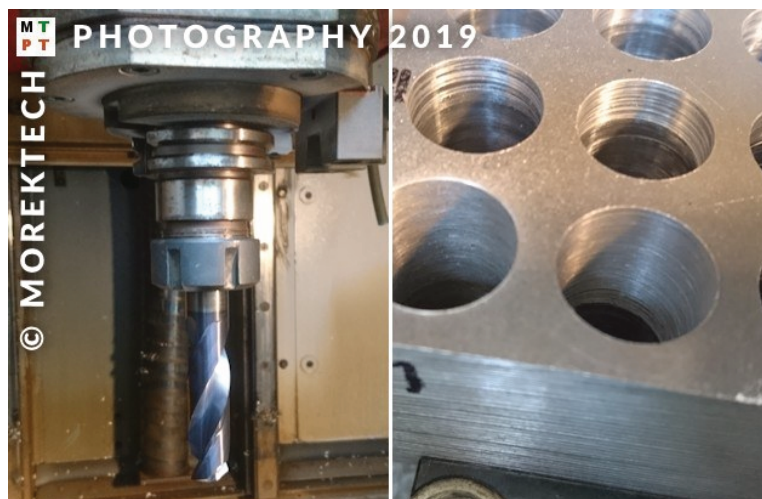
Uszkodzenia powierzchni wykonanych otworów (ilustracja 6) mogą wskazywać na brak zapewnionej stabilności w początkowej fazie obróbki. Warunkiem prawidłowego wykonania otworu jest:

- zastosowanie oprawki narzędziowej o minimalnym biciu promieniowym;
- właściwy montaż narzędzia w oprawce;
- właściwie (stabilnie) zamocować przedmiot obrabiany.

Rozwiercanie

Rozwiercanie bardzo dobrze sprawdza się w produkcji jednostkowej, małoseryjnej i seryjnej przy wykonywaniu otworów dokładnych. W przypadku produkcji seryjnej w uzasadnionych przypadkach nadal stosuje się przeciąganie jako obróbkę wykańczającą otworu. Jeżeli konstrukcja otworu nie zawiera rowków stosowanie rozwiercania jest pierwszym wyborem względem przeciągania. W przypadku obróbki przeciągania konieczne jest zaprojektowanie i wykonanie przeciągacza.

Rozwiercanie to obróbka wykańczająca realizowana narzędziami wieloostrzowymi. Przykładem współczesnego rozwiertaka z wymiennymi płytkami skrawającymi jest narzędzie firmy SANDVIK CoroReamer 830 (ilustracja 7.a i 7.b). Jak widać na ilustracji 7.a rozwiertak Cororeamer 830 to narzędzie modułowe z wymienną głowicą. Wymiana głowicy w tym rozwiertaku może być przeprowadzona na obrabiarce bez konieczności wyjmowania tego narzędzia. Wymienna głowica ustalana jest w trzpieniu powierzchnią stożkową co zapewnia wymaganą powtarzalność współosiowości z biciem do 3 μm . W rowkach głowicy widzimy kanaliki doprowadzające chłodziwo bezpośrednio



Ilustracja 6. Przykład niewłaściwie dobranych parametrów obróbkowych i podawania chłodziwa.

do strefy skrawania (obniżanie temperatury w strefie skrawania oraz odprowadzanie wiórów).



Ilustracja 7.a. Rozwiertak CoroReamer 830 firmy SANDVIK Coromant (fot. dzięki uprzejmości firmy SANDVIK Coromant).



Ilustracja 7.b. Rozwiertak CoroReamer 830 podczas pracy. Widoczne podawanie chłodziwa. (fot. dzięki uprzejmości firmy SANDVIK Coromant).

SANDVIK CoroReamer 830 pokazany na ilustracji 7 umożliwia uzyskanie otworów z tolerancją H7. Podstawowe przeznaczenie tego rozwiertaka to obróbka stali oraz żeliwa. Ograniczeniem tego narzędzia jest zdolność do obróbki wyłącznie otworów przelotowych. W ofercie firmy SANDVIK Coromant znajdują się także rozwiertaki monolityczne (ilustracja 8). CoroReamer 435 i 835, które również zapewniają uzyskanie otworów z dokładnością w IT7. Rozwiertaki z rowkami prostymi są przeznaczone do obróbki otworów nieprzelotowych, a z rowkami śrubowymi do otworów przelotowych.

Podsumowanie

Wracając do projektu tulei na ilustracji 1 określmy jak możemy wykonać otwory w tej tulei. Mamy do czynienia z otworami przelotowymi wykonanymi w 8 klasie dokładności (H8). Otwory zostały wykonane wstępnie w odlewie lub odkuwce, w zależności od zastosowanego materiału. Pamiętajmy, że w przypadku tulei w pierwszej operacji procesu technologicznego otwór możemy wykonać na gotowo o ile nie ma uzasadnionych przeciwwskazań (duża gładkość powierzchni, rowki wpustowe, otwory poprzeczne). Mamy do wyboru kilka opcji. Pierwsza z nich to obróbka otworu pod wymiar $\varnothing 40H8$ z wykorzystaniem wytaczania oraz wykonanie rowka technologicznego. W kolejnym zabiegu obróbka otworu na gotowo poprzez również wytaczanie (w przygotowaniu osobny artykuł).



Ilustracja 8. Rozwiertaki CoroReamer 435 i 835 (fot. dzięki uprzejmości firmy SANDVIK Coromant)

Druga opcja ze względu na średnicę to zastosowanie o wstępnej obróbki wiertła z wymiennymi płytkami skrawającymi, a następnie przeprowadzenie zabiegu lub zabiegów rozwiercania lub wytaczania. Ostateczny dobór środków produkcji zależy od ich aktualnej dostępności, a celem jest osiągnięcie wymaganych parametrów jakościowych (dokładności wymiarów geometrycznych oraz chropowatość powierzchni). Wymagane chropowatość powierzchni może wymagać obróbki wytaczania wykańczającego lub szlifowania. W przypadku analizowanej tulei wytaczanie wykańczające powinno zapewnić wymaganą chropowatość powierzchni Ra0,63.

Źródła

1. Feld M., Podstawy projektowania procesów technologicznych typowych części maszyn, WNT 2000
2. [SANDVIK Coromant](#), Poradnik obróbki skrawaniem, SANDVIK 2010
3. Materiały informacyjne firmy Systemy i Technologie Mechaniczne Sp. z o.o.