

Zawód: Lakiernik samochodowy

Przedmiot: Techniki wytwarzania (24.01.2022 r.) – Marek Krukowski

Temat: Cel obróbki skrawaniem i jej znaczenie we współczesnej technice

Proszę o zapoznanie się z poniższą literaturą.

W razie pytań pozostaję do dyspozycji pod nr tel. 794 306 917; adres mail marek.ckz@interia.pl

1.1. Cel obróbki skrawaniem i jej znaczenie we współczesnej technice

Obróbka ubytkowa metali jest wykonywana w celu nadania częściom maszyn wymaganych kształtów i wymiarów oraz w celu uzyskania odpowiedniej jakości warstwy wierzchniej. Mianem obróbki ubytkowej obejmuje się mającą wielowiekową tradycję obróbkę skrawaniem oraz dziedzinę stosunkowo młodą — obróbkę erozyjną.

Skrawanie nadal pozostaje dominującym rodzajem obróbki w przemyśle maszynowym, ma więc duże znaczenie w produkcji wyrobów użytkowych i środków produkcji. Kształt obrabianej części oraz dokładność jej wykonania stanowią wynik współdziałania obrabiarki i narzędzia oraz uchwytu mocującego część w odpowiednim położeniu w stosunku do osi wrzeciona obrabiarki. Dlatego nieodzownym warunkiem racjonalnego projektowania środków produkcji (narzędzi, uchwytów i obrabiarek) oraz procesów technologicznych jest dokładna znajomość skrawania metali, poznanie każdego z czynników biorących udział w kształtowaniu części maszyn metodą obróbki skrawaniem. W podręczniku omówiono szczegółowo następujące zagadnienia:

- własności materiałów stosowanych na narzędzia skrawające oraz zasady racjonalnego ich doboru w zależności od rodzaju materiału obrabianego i warunków obróbki,
- metody i sposoby obróbki skrawaniem,
- geometrię ostrzy narzędzi,
- geometryczne i technologiczne parametry przekroju poprzecznego warstwy skrawanej,
- zjawiska towarzyszące procesowi skrawania,
- dobór ekonomicznych warunków skrawania w celu racjonalnego wykorzystania narzędzi oraz mocy obrabiarki do określonej operacji procesu technologicznego,
- obliczanie i konstruowanie narzędzi skrawających,
- dobór geometrii części roboczej narzędzia do określonych warunków obróbki,
- ocenę prawidłowego wykonania różnych narzędzi i ocenę ich stopienia.

Obróbka erozyjna, chociaż jest metodą opracowaną stosunkowo niedawno, jest coraz szerzej stosowana w przemyśle. Wynika to z wielu zalet, jakie ma ona w stosunku do innych metod obróbki: m.in. umożliwia obrabianie części hartowanych oraz wykonanych ze stopów trudno obrabialnych, których innymi metodami nie można obrobić. Bardzo dobre efekty uzyskuje się przy wykonywaniu tą metodą form wtryskowych do wyrobów z tworzyw sztucznych oraz form do odlewów ze stopów lekkich. Zaletą tej metody jest też uzyskiwanie bardzo dobrego stanu obrobionej powierzchni oraz znacznie krótszy czas wykonywania części w stosunku do tradycyjnych metod. W zależności od wielkości i stopnia skomplikowania części metoda ta skraca czas obróbki od 2 do 100 razy. Istotny jest również fakt, że obróbka erozyjna, w przeciwieństwie do obróbki skrawaniem, nie powoduje powstawania naprężeń rozciągających w warstwie wierzchniej.

Obróbka skrawaniem obecnie dominuje jeszcze w przemyśle maszynowym (stanowi około 70% wszystkich rodzajów obróbki), jednakże ze względów ekonomicznych należy dążyć do zmiany proporcji na korzyść innych rodzajów obróbki — mniej czaso- i energochłonnych. Nie znaczy to oczywiście, że obróbka skrawaniem zostanie wyeliminowana całkowicie. Kształt i wielkość części oraz wartości naddatków niejednokrotnie determinują wybór tej właśnie metody obróbki.

W podręczniku omówiono podstawowe pojęcia oraz cechy charakterystyczne różnych rodzajów obróbki metali. Przedstawiono również konstrukcje najczęściej stosowanych narzędzi oraz tendencje rozwojowe w tym zakresie.

1.2. Klasyfikacja obróbki ubytkowej

Kształtowanie obrabianej części za pomocą skrawania oraz erozji polega na usunięciu określonej objętości materiału. Warstwa materiału usuwana podczas procesu technologicznego jest nazywana **naddatkiem na obróbkę**. Naddatek na obróbkę najczęściej jest usuwany podczas kilku **operacji**, z których każda może się składać z wielu **zabiegów**, a te z kolei z kilku **przejsć**. Obróbka wykonywana podczas pierwszej lub kilku pierwszych operacji jest nazywana **o b r ó b k ą z g r u b n ą**, a w końcowych operacjach — **o b r ó b k ą w y k a ń c z a j ą c ą**.

Podział na obróbkę zgrubną i wykańczającą nie jest precyzyjny. Obróbka wykańczająca może być zakończona z dokładnością wykonania wymiarów w klasie 11 (wg ISO), jak również w klasie 6, z chropowatością R_a od 0,63 do 5 μm . Między dokładnością wykonania wymiaru a chropowatością obrobionej powierzchni nie ma ścisłego powiązania. Ogólnie można powiedzieć, że do obróbki wykańczającej zaliczamy te operacje, podczas których część obrabiana otrzymuje dokładność kształtu oraz chropowatość określoną rysunkiem technicznym.

Uzyskanie żądanych wymagań, określonych rysunkiem technicznym obrabianej części, jest realizowane różnymi rodzajami obróbki — w zależności od kształtu części i dopuszczalnej chropowatości jej poszczególnych powierzchni.

Obróbka skrawaniem jest dzielona na obróbkę wiórową i obróbkę ścierną. Podział tych metod obróbki na rodzaje jest podany w tabl. 1-1.

W poszczególnych rodzajach obróbki mogą występować ich odmiany, np. szlifowanie powierzchni walcowych wzdłużne, szlifowanie powierzchni walcowych wgłębne, szlifowanie płaszczyzn powierzchnią walcową ściernicy wykonywane na części leżącej na stole o ruchu postępowo-zwrotnym, szlifowanie płaszczyzn powierzchnią walcową ściernicy wykonywane na części leżącej na stole karuzelowym oraz analogiczny podział szlifowania płaszczyzn powierzchnią czołową.

Podział obróbki erozyjnej na odmiany przedstawiono w rozdz. 26.

1.3. Kierunki rozwoju obróbki za pomocą skrawania i erozji

Początki obróbki skrawaniem sięgają czasów prehistorycznych. Świadczą o tym znajdowane przez archeologów narzędzia z kamienia, kości i muszli do ręcznego obrabiania skór, skał i drewna. Najstarszym rodzajem obróbki było wygładzanie, odpowiednik dzisiejszego szlifowania. Z biegiem czasu zaczęto stosować obróbkę maszynową i wprowadzono narzędzia metalowe. Pierwszy pilnik z brązu znaleziono na Krete. Pochodził on z XX wieku p.n.e. Pierwsze pilniki żelazne znalezione w Egipcie pochodziły z VII wieku p.n.e. W czasach starożytnych, oprócz wygładzania, stosowano toczenie i wiercenie, przy czym noże tokarskie trzymano w ręku, a pierwsze wiertła przypominały nasze wiertło piórkowe. W wiekach średnich żelazo całkowicie wyparło inne materiały narzędziowe, nadal jednak dominowała obróbka ręczna, a istniejące obrabiarki miały ręczny napęd. Pomysł napędu pedałowego tokarki i wiele innych ulepszeń w konstrukcji obrabiarek zawdzięczamy wszechstronnemu geniuszowi Odrodzenia, jakim był *Leonardo da Vinci*.

Właściwy rozwój współczesnych form narzędzi przemysłowych i nowoczesnej obróbki skrawaniem rozpoczyna się od XVIII w. W 1729 r. Rosjanin *Nartow* buduje tokarkę z mechanicznie napędzanym suportem. Amerykanie wprowadzają nowy rodzaj obróbki — frezowanie. W 1863 r. Szwajcar *Martignoni* wynajduje wiertło kręte.

W latach 1868–1870 zostały opublikowane pierwsze prace rosyjskiego uczonego prof. *Time* o tworzeniu się wióra i oporach skrawania. Zagadnienia poruszone przez *Timego* zostały przepracowane w końcu XIX wieku przez *Hartiga* (1870–1872), *Fischera* (1900), *Zworykina* (1893). Nowy kierunek nauce o skrawaniu nadał *F. Taylor* (1880–1905), który obok zagadnień wysuniętych przez *Timego* (tworzenie się wióra i opory skrawania)

zajął się głównie zagadnieniem prędkości skrawania i trwałości narzędzi skrawających. Podał wzory na opory skrawania w obróbce stali i żeliwa oraz ustalił, że głębokość skrawania i posuw niejednakowo wpływają na opory skrawania, co zostało potwierdzone przez dalsze doświadczenia.

Nauka o skrawaniu rozwijała się dalej głównie w trzech kierunkach:

- 1) badania procesu tworzenia się wióra podczas obróbki toczeniem, wierceniem, frezowaniem i szlifowaniem,
- 2) badania oporów skrawania podczas wymienionych rodzajów obróbki,
- 3) badania zagadnienia trwałości narzędzi skrawających i najodpowiedniejszych prędkości skrawania.

W czasie od 1905 r. do drugiej wojny światowej nad zagadnieniami skrawania pracowano w dalszym ciągu. Prof. Ripper badał zagadnienia tępienia się noży oraz prędkości skrawania zależnie od rozmaitych czynników, Herbert — zjawiska cieplne, Herbert i Rosenhain — tworzenie się wióra, Boston — obrabialność różnych gatunków stali. Ponadto nad zagadnieniami skrawania pracowali uczeni niemieccy: Schlesinger, Kurrein, Klopstock, Patkay i inni.

W przedrewolucyjnej Rosji, oprócz wymienionych już badań Timego i Zworykina, w latach 1908–1915 zostały przeprowadzone przez Sawina i Usaczewa badania dotyczące oporów skrawania, temperatury skrawania i procesu tworzenia się wiórów.

W Polsce prace badawcze z zakresu obróbki skrawaniem prowadził twórca podstaw nauki polskiej w tej dziedzinie, prof. Henryk Mierzejewski z Politechniki Warszawskiej. Jego pogląd na proces skrawania był niezależny od wpływu prac zagranicznych. Większość zainteresowań prof. Mierzejewski skupiał nad zagadnieniem fizycznej strony obrabialności materiałów. Jest on autorem pierwszej polskiej pracy na ten temat, mającej naukowe podstawy („Zasady obróbki metali”), wydanej w 1917 roku w Warszawie. W 1925 roku po raz pierwszy w dziejach nauki o obróbce skrawaniem zastosowano aparat filmowy do badania procesu tworzenia się wióra. Pierwszy taki film był demonstrowany przez prof. Mierzejewskiego w 1927 r. w Hadze. Pomiary temperatury skrawania metodą jednonarzędziową prowadzono w latach 1927–1929.

Do końca wieku XIX na narzędzia skrawające stosowano stal **niestopową (węglową) narzędziową**. Stal ta — obok wielu zalet — ma tę jedną zasadniczą wadę, że jest mało odporna na wysoką temperaturę, bo już w temperaturze $200 \div 250^{\circ}\text{C}$ jej twardość znacznie zmniejsza się. W obróbce narzędziami ze stali niestopowej narzędziowej nie można więc było stosować zbyt dużych prędkości skrawania.

W końcu XIX w. pojawiły się tzw. **stale samohartujące się**. Stale te udoskonalano, zmieniając ich skład chemiczny.

W 1906 r. wytworzono tzw. **stal szybko tnącą**, która zachowywała twardość i odporność na ścieranie w temperaturze do 600°C . Umożliwiało to

stosowanie znacznie większych prędkości skrawania, co z kolei wywołało przewrót w budowie obrabiarek. Zaczęto budować obrabiarki bardziej sztywne, o większej mocy oraz większej prędkości obrotowej wrzeciona.

Dalszymi etapami ulepszania materiałów na narzędzia skrawające było wynalezienie w 1908 r. stopów narzędziowych, tzw. **stellitów**, które wprowadzono do przemysłu w latach 1910–1925, oraz wynalezienie w 1925 r. tzw. **węglików spiekanych**.

Węglik spiekany odznacza się bardzo dużą twardością i odpornością na ścieranie, większymi niż stal szybko tnąca. Zachowują one twardość i odporność na ścieranie w temperaturze do 900°C. Zastosowanie węglików spiekanych jako materiału na narzędzia umożliwiło jeszcze wydatniejsze zwiększenie prędkości skrawania, wywołujące z kolei tendencję do budowy obrabiarek jeszcze sztywniejszych, mocniejszych i o większych prędkościach obrotowych. Trzeba tu jednak powiedzieć, że obok wymienionych zalet węgliki spiekane mają zasadniczą wadę: są kruche, nie znoszą więc dużych obciążeń, a tym bardziej pracy z uderzeniami.

Kruchość węglików spiekanych była powodem ograniczonego ich zastosowania w okresie początkowym. Dopiero w latach trzydziestych opracowano technologię wytwarzania **płytek z węglików spiekanych**, które zostały powszechnie zastosowane w przemyśle maszynowym.

W 1936 roku na Wiosennych Targach w Lipsku przedstawiciele przemysłu niemieckiego po raz pierwszy zademonstrowali **płytki skrawające z tlenku glinu**. Jednakże i one w początkowym okresie, podobnie jak to było z płytkami z węglików spiekanych, odznaczały się bardzo dużą kruchością.

Próby otrzymania płytek ceramicznych przeprowadzono również w Instytucie Obróbki Skrawaniem w Krakowie pod koniec lat pięćdziesiątych. Dopiero jednak pod koniec lat siedemdziesiątych wytworzono w krajach wysoko uprzemysłowionych płytki ceramiczne odpowiadające wymaganiom przemysłowym.

Płytki z węglików spiekanych, chociaż stosowane już na szeroką skalę w przemyśle przed II wojną światową, ciągle jeszcze wymagały udoskonaleń. Prace zakrojone na szeroką skalę podjęła szwedzka firma **S a n d v i k C o r o m a n t**. W latach sześćdziesiątych, w wyniku tych prac, wprowadzono zasadnicze zmiany w konstrukcji narzędzi. Płytką z węglików spiekanych była mocowana mechanicznie do trzonka noża lub korpusu narzędzia. Dalszym udoskonaleniem było podwyższenie trwałości płytek poprzez pokrycie ich warstwą węglików tytanu TiC. W latach osiemdziesiątych firma Sandvik Coromant wprowadziła trójwarstwowe powlekanie płytek z węglików spiekanych w celu podwyższenia ich właściwości skrawających. Oprócz wcześniej już stosowanej warstwy węglików tytanu TiC zastosowano jeszcze powłokę z tlenku glinu Al_2O_3 i z azotku tytanu TiN.

W tym czasie osiągnięto również znaczny postęp w dokładności wykonania płytek do trzonków. Uzyskano w ten sposób wysoką powtarzalność ustawienia części skrawającej płytki.

Duże możliwości zastosowania w budowie maszyn ma stosunkowo nowy rodzaj obróbki ubytkowej, jakim jest **obróbka erozyjna**. Pierwsze obserwacje erozyjnych skutków wyładowań elektrycznych zostały dokonane przez angielskiego uczonego **P r i e s t l e y a**. Wyniki swoich obserwacji i doświadczeń opublikował on w 1870 r. W późniejszym okresie, w trakcie badań nad eliminacją niszczących skutków wyładowań na styki elektryczne, rosyjscy naukowcy **B.R. i N.I. L a z a r e n k o** doszli do wniosku, że zjawisko to można wykorzystać do obróbki metali. Prace nad procesem obróbki wykorzystującej wyładowania elektryczne rozpoczęto w 1943 r.

W 1952 roku przedsiębiorstwo szwajcarskie **C h a r m i l l e s**, szczególnie zainteresowane dużymi możliwościami nowego rodzaju obróbki, rozpoczęło szerokie badania nad pomiarami i sterowaniem wyładowaniami elektrycznymi. Wynikiem tych prac było skonstruowanie w 1955 r. obrabiarki do obróbki metodą elektroerozyjną. Postęp techniczny w innych dziedzinach umożliwił sterowanie zjawiskami związanymi z obróbką elektroerozyjną z coraz większą dokładnością.

Wykorzystanie sterowania numerycznego umożliwiło nadążne sterowanie zespolonymi ruchami obrabiarki w układzie współrzędnych. Dalszym osiągnięciem było opracowanie w 1975 r. obrabiarki służącej do cięcia metali za pomocą elektrody drutowej wzdłuż toru wyznaczonego geometrycznie i zaprogramowanego uprzednio w pamięci komputera. Na podstawie doświadczeń zdobytych w ciągu następnych lat opracowano obrabiarkę do cięcia metali o symbolu **CH ROBOFIL**, będącą szczytowym osiągnięciem w dziedzinie automatyzacji przemysłowej.

Znaczące zalety tej nowej metody obróbki, polegające przede wszystkim na otrzymywaniu znakomitego stanu powierzchni po obróbce, jak i znacznie krótszego czasu potrzebnego na obróbkę, powodują szybki rozwój erozyjnych metod obróbki. Obróbka erozyjna obejmuje metody: elektroerozyjną, elektrochemiczną i strumieniową, jednakże najszersze zastosowanie w przemyśle znalazła obróbka elektroerozyjna w produkcji wszelkiego rodzaju form, matryc i tłoczników. Zastępuje ona znakomicie żmudną pracę wysoko wykwalifikowanych wzorcarzy, umożliwiając wykonywanie części nieporównanie szybciej i precyzyjniej.

Wraz z rozwojem techniki komputerowej, a w szczególności komputerów osobistych, specjalistycznego oprogramowania, sieci komputerowych, poczty elektronicznej itp., technika ta została upowszechniona w dziedzinie zastosowań obróbki ubytkowej. W ostatnim dwudziestoleciu nastąpił znaczny rozwój w dziedzinie obrabiarek sterowanych numerycznie z układami sterowania komputerowego CNC, a mianowicie coraz powszechniej spotyka się tokarki ze sterowaną osią obrotu, wieloosiowe (cztero-, pięcioosiowe) frezarki, centra obróbkowe z automatycznymi magazynami narzędzi i układami pomiarowymi, zautomatyzowane linie obróbcze, systemy elastyczne itp. Natomiast w zakresie obrabiarek erozyjnych wprowadzono do produkcji całkowicie zautoma-

tyzowane elektrodrażarki drutowe z automatycznym układem nawlekania drutu, wizualizacją drogi narzędzia, wyświetlaniem aktualnych parametrów obróbki, możliwością wykorzystania elektrody drutowej jako sondy pomiarowej, sygnalizacją nieprawidłowości stanu urządzeń na ekranie monitora itp., oraz elektrodrażarki wgłębne z podobnymi możliwościami, lecz ze znacznie bardziej rozwiniętym układem pomiarowym zawierającym kilka różnych sond pomiarowych. W zakresie kontroli wymiarowo kształtowej coraz częściej znajdują zastosowanie współrzędnościowe maszyny pomiarowe ze sterowaniem CNC wyposażone w elektrostykowe głowice pomiarowe. Współrzędnościowe maszyny pomiarowe o wysokim poziomie technicznym mogą wykonywać pomiary w cyklu automatycznym wg zadanego programu i dokonywać oceny poprawności mierzonych przedmiotów wg określonych wymagań zawartych w normach.

Nastąpił również znaczny postęp w rozwoju technologii materiałów narzędziowych, a szczególnie w zakresie spiekanych stali szybko tnących, węglików spiekanych pokrywanych twardymi warstwami powierzchniowymi, spieków ceramicznych i ceramiczno węglkowych oraz supertwardych materiałów narzędziowych. Rozwój materiałów narzędziowych został spowodowany między innymi koniecznością obróbki nowych materiałów konstrukcyjnych (stopy trudno obrabialne, żarowytrzymałe, kompozyty, ceramika itp.). W związku z tym światowe firmy specjalizujące się w wytwarzaniu narzędzi opracowały i wyprodukowały cały szereg różnych typów narzędzi o udoskonalonych oraz nowych rozwiązaniach konstrukcyjnych i technologicznych charakteryzujących się bardzo dobrymi parametrami użytkowymi. Dotyczy to w głównej mierze noży tokarskich, głowic frezarskich, wiertel i rozwiertaków, a w szczególności narzędzi z wymiennymi wkładkami. Do realizacji tych osiągnięć zostały wykorzystane ciągle rozwijające się systemy CAD/CAE/CAM, tj. systemy komputerowego wspomagania konstruowania, analizy wytrzymałościowej i wytwarzania, oparte na najnowszych osiągnięciach nauki i techniki komputerowej. W zakresie narzędzi skrawających opracowano wiele nowych rozwiązań odnośnie: różnych odmian wkładek wymiennych o dużej dokładności wykonania i odporności na ścieranie, wielowarstwowych pokryw powierzchniowych elementów skrawających, sposobów szybkiego mocowania wkładek wymiennych, narzędzi (modułowych) zespołowych umożliwiających jednoczesną obróbkę wielu powierzchni, głowic i frezów z wewnętrznym doprowadzeniem chłodziwa do obróbki z dużymi prędkościami, jednolitych wiertel z wewnętrznym doprowadzeniem chłodziwa, frezów trzpieniowych o niejednakowych kątach pochylenia linii śrubowych zębów ($35 \div 38^\circ$), co powoduje znaczne zmniejszenie drgań i polepszenie chropowatości powierzchni.

Renomowane firmy narzędziowe (Seco-Tools, ISCAR, Walter, Gühring, VIS (Polska)) prezentują swoje wyroby w katalogach, a ostatnio katalogi są zawarte na dyskietkach 3,5" lub CD ROM-ach, jak również są dostępne w światowym systemie sieci komputerowych INTERNET. Szczególnie bogate

informacje zawierają skomputeryzowane katalogi dostępne w sieci INTERNET. Główne informacje w nich zawarte najczęściej dotyczą: asortymentu produkcji, zastosowania narzędzi, przykłady obróbki, doboru warunków skrawania, budowy narzędzi i sposobu mocowania wkładek wymiennych, literatury fachowej, sposobu zamawiania i terminów dostaw, informacje o wystawach, adresy przedstawicielstw w różnych państwach świata.

Należy wspomnieć, że w dziedzinie obróbki ubytkowej technika komputerowa znalazła zastosowanie do wspomagania projektowania narzędzi, tworzenia procesów technologicznych, badań własności skrawnych narzędzi i skrawalności materiałów, modelowania i symulacji przebiegów obróbki, optymalizacji doboru parametrów obróbki, tworzenia baz danych, obliczeń kalkulacyjnych i innych zagadnień.