Obrabiarki
do skrawania metali
cz. 1

Obrabiarki przeżywają wielki ogólnoświatowy rozwój. Trwa on od połowy dziewiętnastego wieku i nic nie wskazuje na jego zatrzymanie.

Niniejszym artykułem rozpoczynamy cykl publikacji, w których omówimy rodzaje obrabiarek oraz wybrane aspekty projektowania i budowy istotnych zespołów obrabiarek, zwłaszcza specjalnych (m.in. łożyskowanie wrzecion różnych obrabiarek, niektóre przekładnie zębate używane w obrabiarkach, sprzęgła itd.).

Aleksander Łukomski

Według definicji zawartej w Encyklopedii PWN: obrabiarka jest to maszyna do obrabiania metalu, drewna i innych materiałów w celu nadania im określonych kształtów i wymiarów.

Klasyfikacja obrabiarek i ich oznakowanie zawarte jest w nieobowiązującej już normie PN/M-02780. W związku z tym oficjalnie należy posługiwać się klasyfikacją obrabiarek zamieszczoną w systematycznym wykazie wyrobów SWW Głównego Urzędu Statystycznego. Sklasyfikowano tam dziewięć grup obrabiarek i szereg podgrup, oraz nadano im odpowiednie oznaczenia. Klasyfikacja ta nie rozróżnia odmian i wielkości obrabiarek, a także stopnia ich automatyzacji i rodzaju sterowania, co jest jej poważną wadą.

W Polsce w powszechnym użyciu do oznaczania obrabiarek używane są symbole literowo-cyfrowe (z nieobowiązujących już polskich norm), identyfikujące maszyny według sposobu obróbki, podgrupy, głównych wymiarów obrabianych lub podstawowej wielkości obrabiarki i in. Przykładowo symbol TUB 32, którym oznaczano podstawową tokarkę produkowaną kiedyś w zakładach Wiepofamy, oznacza tokarkę kłową – T, uniwersalną – U, wykonanie – B, o maksymalnej średnicy toczenia nad łożem 320 mm, a symbol LKP 86 oznacza obrabiarkę zespołową – L, typ karuzelowy (ze stołem obrotowym) – K, wykonaną w poznańskiej Wiepofamie – P, gdzie 86 to numer kolejny obrabiarki zespołowej karuzelowej z tych zakładów.

Według sposobu obróbki rozróżnia się: tokarki, wiertarki, strugarki, frezarki, szlifierki i inne. Inna klasyfikacja obrabiarek obejmuje ich charakterystyczne przeznaczenie produkcyjne. Występują tu:

- **Obrabiarki ogólnego przeznaczenia**, używane do wykonywania różnych prac na różnych przedmiotach, jednak o charakterystycznym ruchu przedmiotu obrabianego i ruchu narzędzia (np. tokarki, gdzie przedmiot obrabiany wykonuje ruch

obrotowy lub gdy przedmiot obrabiany jest nieruchomy, a ruchome jest za to narzędzie). Można tu rozróżnić jeszcze obrabiarki uniwersalne i produkcyjne. Przeważnie obrabiarki te wykonywane są seryjnie, oferowane przez producentów jako katalogowe. Są one na ogół prostszej budowy, bez skomplikowanego sterowania. Używane do produkcji jednostkowej, jak i mało- i średnioseryjnej.

Fot. 1 Tokarka uniwersalna/konwencjonalna, powszechnego użytku – TOP 560 produkcji zakładów TOP Poręba

• **Obrabiarki specjalizowane**, budowane na bazie typowych konstrukcji obrabiarek ogólnego przeznaczenia, lecz przystosowane fabrycznie do wykonania określonej operacji, ale na różnych, różnej wielkości, a nawet różnego kształtu przygotówkach, detalach (np. frezarki i szlifierki do gwintów czy obrabiarki do frezowania i szlifowania kół zębatych itp.). W celu obróbki uzbraja się te obrabiarki w narzędzie odpowiedniej wielkości i odpowiedniego kształtu dla detalu. Obrabiarki te przeznaczone są do programu produkcji podobnego do obrabiarek ogólnego przeznaczenia, tj. produkcji mało- i średnioseryjnej.

• **Obrabiarki specjalne**, przeznaczone do obróbki takich samych przedmiotów w kilku różnych operacjach technologicznych, lub wykonania jednej określonej operacji. Typowym przykładem mogą tu być obrabiarki zespołowe i linie obróbcze, specjalnie zaprojektowane i wykonane do obróbki np. konkretnego korpusu zaworu, korpusu silnika elektrycznego, lub innych detali o innym przeznaczeniu. Typowymi operacjami technologicznymi wykonywanymi na obrabiarkach zespołowych i liniach są: wiercenie, powiercanie i rozwiercania otworów, gwintowanie, obróbka frezarska powierzchni i kształtowa frezem kształtowym, wytaczanie i planowanie. Raczej nie wykonuje się na nich operacji tokarskich i szlifierskich. Często stosuje się tu składane i dość skomplikowane narzędzia. Niektóre obrabiarki umożliwiają obróbkę tego samego detalu, w kilku wielkościach, co można uzyskać poprzez przezbrajanie obrabiarki, polegające na użyciu większych narzędzi, niekiedy rozsunięciu rozstawu wrzecion i zmianę na pulpicie parametrów technologicznych obróbki poprzez odpowiedni wybór cyklu pracy.

Do obrabiarek specjalnych poza wymienionymi zaliczyć można też obrabiarki, które powstały z modyfikacji obrabiarek ogólnego stosowania dla obróbki jednego detalu lub jednej operacji technologicznej. Np. frezarkę FYA 40 zmodyfikowano poprzez przekonstruowanie wrzeciona tak, że obrabiała na gotowo korpus maźnicy wózka wagonowego dwoma frezami jednocześnie, po obu stronach wrzeciona. W innym przypadku frezarkę poziomą przystosowano do szlifowania konkretnej zębatki produkowanej seryjnie poprzez zastosowanie kształtowej ściernicy. Wygniatak do kalibrowania tej ściernicy zamontowano na końcu stołu frezarki i wprowadzono zmiany w systemie sterowania. Jest też niekiedy możliwość zamówienia takiej specjalnej obrabiarki u producenta obrabiarek uniwersalnych. Obrabiarkę zalicza się do specjalnych, jeżeli po modyfikacji nie można w prosty sposób przywrócić jej oryginalnej postaci.

Obrabiarki takie nazywa się często obrabiarkami zadaniowymi. Obrabiarki specjalne służą do produkcji wielkoseryjnej.

Obrabiarki rozwinęły się w kierunku mechanizacji i automatyzacji, czyli odpowiednio do sterowania NC – *Numerical Control* oraz CNC – *Computer Numerical Control*.

Fot. 2 Frezarka z pulpitem sterowania NC produkcji JAFO Jarocin

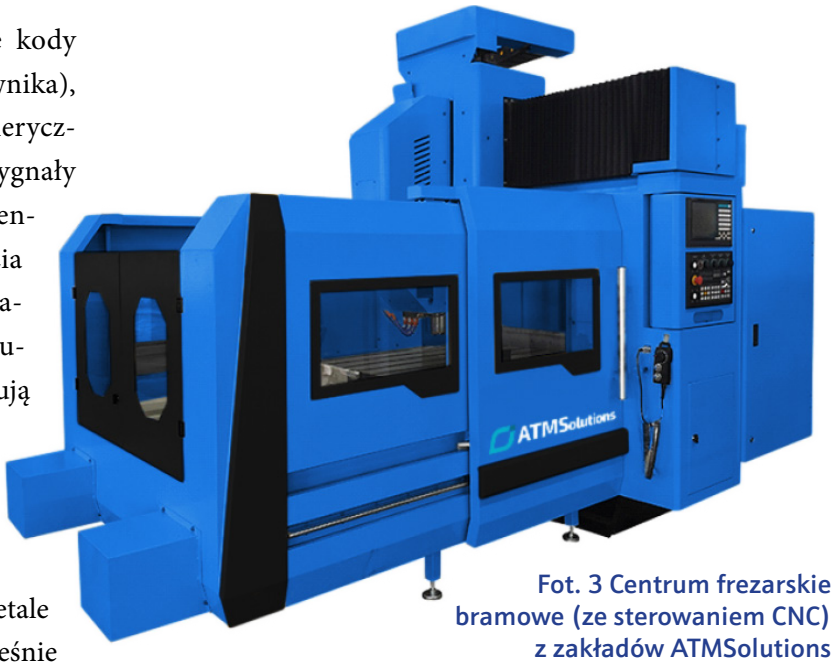
Mechanizacja obrabiarek – NC, polega na zastąpieniu ustawiania obrabiarki ręcznie przez operatora tej obrabiarki, wg wymagań dokumentacji konstrukcyjnej i technologicznej (warsztatowej), za pomocą pokręteł i dźwigni mechanicznych, ustawianiem zmechanizowanym, najczęściej w wykonaniu elektromechanicznym, przy pomocy głównie przycisków. W NC wydaje się polecenia dla obrabiarki i otrzymuje sprzężenie zwrotne – informację o tym, jak dany rozkaz został wykonany. Zdarza się tu też sterowanie elektrohydrauliczne lub hydrauliczne. Obrabiarki NC zbudowane są inaczej niż obrabiarki powszechnego użytku. Zamieniono układ kinematyczny obrabiarki konwencjonalnej, niekiedy niezwykle skomplikowany z napędem jednym silnikiem elektrycznym głównym, poprzez wprowadzenie w obrabiarce napędów dla każdego zespołu oddzielnie lub wprowadzenie sprzęgieł, np. elektromagnetycznych (hydraulicznych), umożliwiających załączanie i wyłączanie napędu konkretnego zespołu, wg założonej sekwencji pracy obrabiarki. Ustawiania wymiarów i ruchów zespołów obrabiarki dokonuje operator na pulpicie obrabiarki odpowiednimi przyciskami. Obrabiarki te nie są wyposażone w sterownik (komputer przemysłowy), a tylko w system liniałów elektronicznych, za pomocą których na ekranie pulpitu sterującego widoczne są położenia zespołu obróbczego w osiach XYZ, z dużą dokładnością. NC nie ma komputera (mikroprocesora) i żadnego programu sterującego pracą maszyny. Jest tu system sztywno połączonych bloków funkcjonalnych – jedno wejście prowadzi do jednego wyjścia. Obrabiarki ze sterowaniem NC mają natomiast pulpit z wyświetlaczem elektronicznym, na którym widoczne są odpowiednie nastawy parametrów obróbczych oraz wymiarów. Elementy obrotowe pomiaru przesunięć realizowane są za pomocą enkoderów, czyli przetworników impulsowych i kodowych. W sterowaniu NC stosuje się dodatkowo interpolatory, które umożliwiają obróbkę po trochę bardziej skomplikowanych trajektoriach np. toczenie stożków.

Automatyzacja CNC obrabiarki odbywa się za pomocą komputera, czyli zastąpienia roli sterowania obrabiarką przez operatora komputerem. Obrabiarka wyposażona jest dodatkowo w urządzenia, zespoły lub aparaty do kontroli położenia zespołów oraz pełnej kontroli ruchu dla wszystkich sterowanych zespołów. Stosuje się tu zespoły takie jak śruby toczne, silnik elektryczny krokowy czy serwomechanizmy. Maszyna ma sterownik – komputer z procesorem i realizuje pracę wg napisanego przez technologa programu, przesłanego do obrabiarki np. przez sieć LAN lub inną ETHERNET. Spotyka się obrabiarki CNC, w ktorych można wgrać program bezpośrednio do sterownika z poziomu operatora. Obrabiarki te różnią się znacznie w budowie od obrabiarek konwencjonalnych, a także częściowo od sterowanych numerycznie NC. W systemie CNC, po stworzeniu dokumentacji detalu do obróbki, następuje przetworzenie dokumentacji CAD na instrukcje zrozumiałe dla obrabiarki. Odbywa się to za pomocą programu CAM. Na podstawie dokumentacji oraz parametrów technologicznych obróbki tworzy się ścieżkę, po której porusza się narzędzie skrawające. Następnie ścieżki te zostają zamienione na wektory składowe i uzupełnione o dodatkowe instrukcje, a na końcu zapisane w specjalnym języku skryptowym (tzw. G-kody), który jest zrozumiały dla maszyn

CNC. Potem trzeba wprowadzić uzyskane kody do komputera sterującego maszyną (sterownika), na którym działa system sterowania numerycznego. Polecenia skryptu zamieniane są na sygnały sterujące dla silników, które poruszają elementami maszyny i powodują ruchy narzędzia i detalu obrabianego, a więc obrabianie detalu. W obrabiarkach tych zainstalowano regulatory, które w automatyczny sposób korygują ruchy obrabiarki.

Specyficzną odmianą obrabiarek CNC są centra obróbcze, zwłaszcza tokarsko-frezarskie, wielowrzecionowe i wieloosiowe. Pozwalają wykonywać kompletne detale w kilku operacjach realizowanych jednocześnie w tym samym czasie, albo bliskiej kolejności. Pełna synchronizacja, kontrola priorytetów wrzecion i możliwości symulacyjne skutecznie eliminacją ryzyko wystąpienia kolizji. Centra obróbcze oferują następujące udogodnienia:

- Zintegrowane polecenia do ustawień kinematyki i przestrzeni roboczej obrabiarki.
- Wybór wrzeciona jednym poleceniem. W oknie przeglądarki instrukcje obróbki przypisywane są w przejrzysty sposób do konkretnego wrzeciona.
- Synchronizacja głowic, kontrola kolizji i priorytety wrzecion. Obróbka lustrzana i synchronizacja pracy głowic. Definiowanie obróbki na tzw. linii czasu usprawnia weryfikację ścieżek.
- Programowane w prosty i elastyczny sposób – przechwyt przeciw- wrzeciona, synchronizacja prędkości obrotowych i powrót do pozycji.
- Praca wrzecion poprzecznych do osi detalu obrabianego z wykorzystaniem indeksowania przedmiotu obrabianego, tzn. precyzyjnym zatrzymywaniem kątowym.
- Jednoczesna symulacja pracy wrzeciona oraz przeciw-wrzeciona. Ciągła symulacja obróbki z możliwością animacji przechwytu obrabianego detalu i wysunięcia kolejnego półfabrykatu detalu do zderzaka. Symulację można powtarzać wielokrotnie, odzwierciedlając w ten sposób ruchy podajnika pręta.



Fot. 3 Centrum frezarskie bramowe (ze sterowaniem CNC) z zakładów ATMSolutions

Wieloosiowy moduł tokarski czy moduł frezarski współpracujący z automatycznym magazynem narzędzi, pozwala odpowiednio optymalizować czas trwania poszczególnych cykli oraz integrować polecenia. Dzięki temu cały proces obróbki jest efektywny i odpowiednio zoptymalizowany.

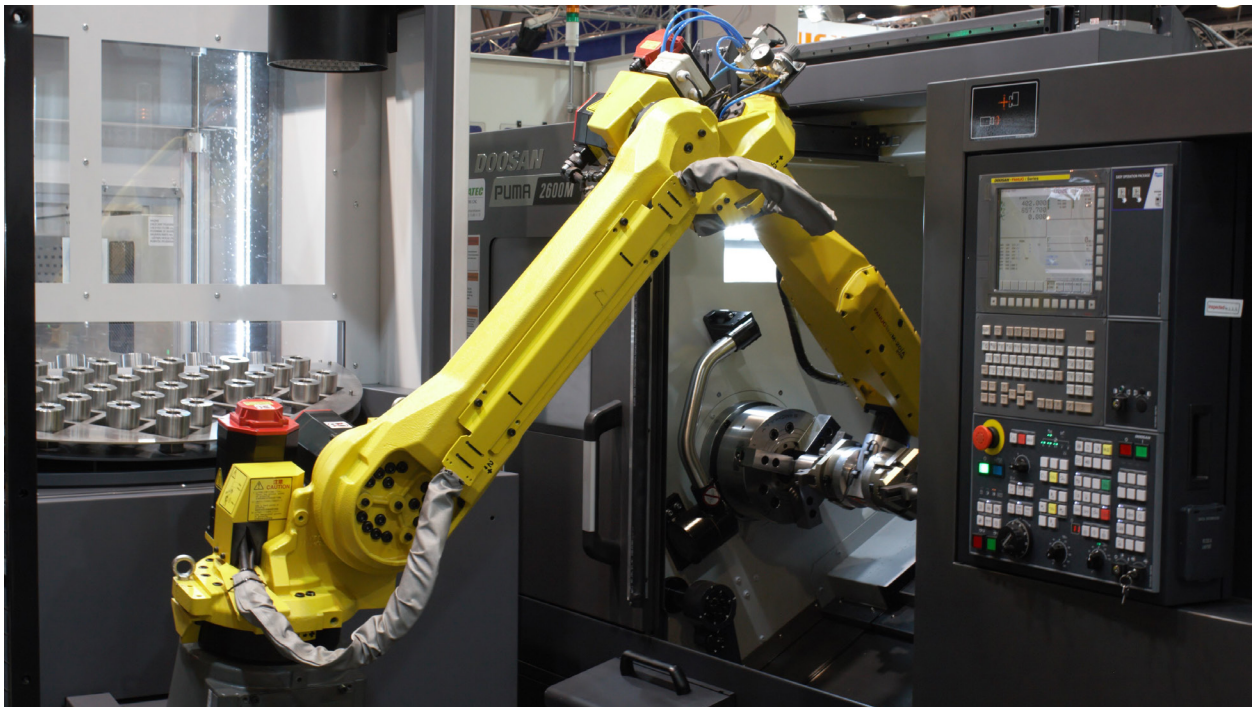
Obrabiarki zespołowe to obrabiarki specjalne zbudowane z zespołów znormalizowanych i – w zależności od przeznaczenia – uzupełnione zespołami specjalnymi. W normie PN-67/M-56200 podano podstawowe określenia i definicje tych obrabiarek. Istnieją też obszerne katalogi zespołów znormalizowanych. Są one przeznaczone przede wszystkim do obróbki określonych przedmiotów o tych samych wymiarach lub bardzo podobnych. Z mojego wieloletniego doświadczenia w budowie tych obrabiarek mogę powiedzieć, że najczęściej stosowanymi przez konstruktorów tych obrabiarek zespołami znormalizowanymi są podstawy, kolumny i stoły obrotowe oraz wzdłużne. Rzadko stosuje się znormalizowane wrzecienniki jednowrzecionowe wiertarskie. Sporadycznie – wytaczarskie i frezarskie, które stosowane są raczej w wykonaniu specjalnym, każdorazowo specjalnie konstruowane. Przykładowo do wykonania w obrabianym detalu jest dużo otworów i są one ułożone w różnych skomplikowanych konfiguracjach, wymagających specjalnych rozwiązań

konstrukcyjnych wrzecienników i wiertników, oraz przyrządów. Podobnie z obróbką frezarską, która wymaga najczęściej wielu przejść freza, a więc standardowa jednostka frezarska tego nie wykona. Tak samo rozwiązania zespołów narzędziowych, gdyż często występuje potrzeba planowania czół i toczenia stożków, co również wymaga specjalnych rozwiązań zespołów wykonujących te zabiegi. W publikacjach i literaturze technicznej można znaleźć informację, że obrabiarki zespołowe umożliwiają obróbkę detali z pięciu stron jednocześnie. Dotyczy to jednak tylko obrabiarek zespołowych stacjonarnych (oznaczenie LS), ze stałym stołem. Tego typu obrabiarek buduje się mało, szacunkowo może to być około 10-15% wszystkich obrabiarek zespołowych. Zdecydowana większość to są obrabiarki tzw. karuzelowe (LK), zbudowane w oparciu o stół obrotowy wielopozycyjny, w którym w zasadzie obróbka dokonywana jest przede wszystkim z dwóch stron (niekiedy trzech – trzecia strona pod kątem od góry).

Stosunkowo rzadko buduje się obrabiarki zespołowe ze stołem wzdłużnym (LW). Tutaj problemem jest sumowanie czasów obróbki na kolejnych stanowiskach obróbczych, a więc o długim takcie

Fot. 4 Współczesna obrabiarka zespołowa typu LW ze stołem wzdłużnym

obróbki detalu, ale na ostatnim stanowisku, możliwe jest zbudowanie dodatkowej jednostki obróbczej i obróbka detalu z trzeciej strony. Dla zwiększenia możliwości obróbczych stosuje się różne rozwiązania nietypowe, jak np. bardziej skomplikowane przyrządy umożliwiające obrót detalu obrabianego, czy przełożenie detalu na stanowisku operatorskim o 180° w drugą z pozycji przyrządu mocującego i obróbkę detalu z drugiej strony. Bardzo często takt wyznacza odmocowanie obrobionego i mocowanie nowego detalu. Czasy obróbki są na ogół krótkie 0,1-0,5 min, a czas mocowania wynosi często 1-2 min i to on decyduje o takcie obrabiarki. Można



Fot. 5 Obrabiarka ze stanowiskiem obsługi wyposażonym w robot handligowy

Fot. 6 Jedna z największych na świecie tokarek, niedawno zbudowana. Tokarka-kolos powstała w fabryce FAT – Fabryka Automatów Tokarskich we Wrocławiu dla klienta z USA. Długość obrabiarki 35 m, szerokość 10,5 m (fot. Mariusz Krysiak)

próbować to zmienić dokładając dodatkowe stanowisko obsługi i wyposażając obrabiarkę w dwa roboty handlingowe. Jeden wyjmuje detal z przyrządu na jednym stanowisku obsługi, a drugi na następnym stanowisku wkłada nowy detal do obróbki, co mocno skraca czasy odmocowania i mocowania detalu. W wielu wypadkach może wystarczyć jeden robot. Planowanie procesu produkcyjnego obrabiarki specjalnej lub zespołowej dokonuje się przy pomocy programów komputerowych, dzięki którym można wykonywać różne analizy i ustalić najbardziej optymalną technologię. Można też zbudować urządzenie rozładunkowo-załadunkowe specjalnej konstrukcji, którego czas działania mieści się w najdłuższym takcie obróbki skrawaniem.

Dodatkowym ważnym problemem przy planowaniu technologii produkcji dla obrabiarki zespołowej są narzędzia, a właściwie rzeczywista trwałość ostrza narzędzia. Należy tak je dobierać (łącznie z doborem parametrów skrawania), żeby mniej więcej ostrza zużywały się w tym samym czasie. Najkorzystniej jest, jak wszystkie narzędzia w obrabiarce wytrzymują do wymiany czas pracy 8 godzin lub ewentualnie 4 godziny. Mimo znacznego rozwoju narzędzi, ich oprawek i rozwiązań współpracy z narzędziownią, czas wymiany narzędzi może zająć kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt minut, co zaburza rytm pracy obrabiarki i w związku z tym korzystniej jest wykonywać wymianę narzędzi albo na końcu zmiany, albo w czasie przerwy.

Podstawowymi cechami wyróżniającymi obrabiarki zespołowe są:

- bardzo duża wydajność, dzięki obróbce wielostronnej, wielowrzecionowej i kolejno równoległej;
- skrócenie czasów pomocniczych przez wprowadzenie szybkich przesuwów (dosuwu i szybkiego wycofania narzędzia) z prędkościami rzędu 4-10 m/min;
- automatyczna zmiana pozycji obróbkowej detali obrabianych na stole obrotowym wielopodziałowym, wzdłużnym lub w układzie liniowym obrabiarki;
- wymiana detali obrabianych na stanowisku załadowczo-rozładowczym, podczas obróbki innych detali na innych stanowiskach obrabiarki;
- scentralizowanie elementów obsługi i automatyzacja cyklu pracy.

W odlewniach fabryk samochodów, ale też w innych zakładach czy działach przedsiębiorstw, gdzie występuje seryjna produkcja, istnieje często potrzeba zastosowania obrabiarki zespołowej lub zadaniowej do obróbki odlewów. Takimi detalami do obrabiania są korpusy głowic, kolektory

czy cylindry lub tuleje cylindrowe. Tworzy się tam wówczas wydziały obróbki mechanicznej, a pracujące tam obrabiarki zespołowe i zadaniowe mają specjalną budowę.

Na rynku dostępne są obrabiarki konwencjonalne, ze sterowaniem NC oraz ze sterowaniem CNC, oraz maszyny na specjalne zamówienie, np. obrabiarki zadaniowe, zespołowe i linie obróbcze, a także linie obrabiarek, np. centrów obróbczych. Różnią się one stopniem skomplikowania konstrukcji i ilością jednostek obróbczych, a także wyposażeniem dodatkowym, np. w magazyny narzędzi, systemy sterowania, podajniki i przenośniki, systemy odwiórowania, chłodzenia i wielu innymi zespołami. Wpływa to oczywiście na cenę obrabiarki. Różnica w cenie pomiędzy konwencjonalną tokarką a skomplikowanym centrum obróbczym tokarskim CNC jest znaczna, a przy porównaniu obrabiarki konwencjonalnej do np. centrum obróbczego frezarskiego czy obrabiarki zespołowej jest jeszcze wyższa. Wpływa to na sumę kosztów maszynowych, a co za tym idzie – na godzinowy koszt maszynowy. Różnice tych kosztów dla poszczególnych obrabiarek są bardzo duże. Decyzja o zastosowaniu obrabiarki konwencjonalnej, NC, CNC czy obrabiarki zespołowej poprzedzona musi być analizą i drobiazgowymi obliczeniami kosztu wykonania detalu. Jednym z decydujących parametrów jest też roczny program produkcji i współczynnik wykorzystania obrabiarki. W dużych zakładach, posiadających różne obrabiarki, można stosować obróbkę kombinowaną. Przykładowo duży korpus z dużą liczbą otworów pod łożyska najpierw obrabia się na obrabiarce NC lub CNC, gdzie ustala się położenie osi tych otworów (co zapobiega dużej liczbie pomyłek i późniejszej naprawie drogiego korpusu), a następnie przenosi się korpus na konwencjonalną wytaczarkę – tańszą, ale też bardzo dokładną, gdzie prowadzi się obróbkę wykańczającą otworów, już o ustalonym położeniu, przy sterowaniu ręcznym.

W ostatnim czasie sektor obrabiarek NC przeżywa znaczący rozwój umożliwiając operatorowi obrabiarki wpisanie – poprzez pulpit – znacznie większej liczby wymiarów i parametrów niż kiedyś. Jednocześnie należy pamiętać, że w odróżnieniu od sterowania NC, sterowanie CNC wymaga najczęściej stworzenia nowego stanowiska technologicznego i zatrudnienia wysokokwalifikowanego technologa, który zna się na technologii

Fot. 7 Największa w Europie frezarka bramowa Waldrich Coburg zainstalowana w Fabryce Silników Okrętowych H. Cegielski w Poznaniu, do obróbki korpusów silników okrętowych (fot. Jacek Mańczak)

operacyjnej i programowaniu obrabiarek. Zakup obrabiarki CNC wpływa też często na zmiany na innych stanowiskach pracy, gdyż obrabiarka CNC ma krótkie takty, a więc większą wydajność i niektóre inne stanowiska wymagają dostosowania do niej rytmu produkcji, co często związane jest z zakupem następnych nowych obrabiarek konwencjonalnych lub NC, albo zmianami w transporcie technologicznym.

Niektóre zagadnienia związane z obrabiarkami specjalnymi zostały omówione we wcześniejszych numerach naszego czasopisma. Pisaliśmy o hydraulice obrabiarkowej, łożyskowaniu wrzecion, wiertnikach, planach technologicznych obrabiarek zespołowych, opisywaliśmy też niektóre mechanizmy specjalne, automaty tokarskie, efektywność i rentowność inwestowania w maszyny, a także zapomniane już dobre rozwiązania polskich obrabiarek.

Polska była kiedyś – jeszcze nie tak dawno – potentatem w produkcji obrabiarek i to na co najmniej średnim światowym poziomie jakości. Budowano wówczas u nas ponad kilkaset skomplikowanych obrabiarek (zwłaszcza obrabiarek specjalnych i niekonwencjonalnych) rocznie i 55 tys. rocznie obrabiarek ogółem, z czego wiele było eksportowanych do trzydziestu pięciu krajów świata. Trzeba pamiętać, że po 1989 roku główny potencjał do budowy polskich obrabiarek został odgórnie zlikwidowany[1]. W wielu fabrykach zniszczono drewniane modele odlewnicze podstaw, kolumn, ale też stołów obrotowych i wzdłużnych, a nawet nie wiadomo, czy zachowały się (w archiwach fabryk budujących kiedyś te skomplikowane obrabiarki) dokumentacje konstrukcyjne i technologiczne, nie mówiąc o specjalnych rozwiązaniach konstrukcyjnych. Przykładowo w fabryce Wiepofama dokumentację i modele odlewnicze zniszczono.

Ciągle jednak istnieje przestrzeń do budowy takich obrabiarek i warto podjąć trud odbudowy tego potencjału, nawet korzystając z zespołów obrabiarek kupowanych za granicą. Potrzebny jest do tego pewien porządek organizacyjny w tej branży, wynikający z porządku gospodarczego krajowego. Wydaje się, że lepszym dla nas wzorem może być tzw. ład amerykański niż niemiecki. Niemiecki preferuje rozwiązania techniczne bardziej skomplikowane, wymagające wielkiej precyzji wykonania i stosowania skomplikowanych procedur technicznych, wypracowywanych w Niemczech od początku rewolucji przemysłowej. Z kolei amerykański nie jest tak restrykcyjny i zostawia twórcom techniki duży margines swobody w stosowaniu rozwiązań technicznych. Nie są one tak precyzyjne, na korzyść większej sztywności, dodatkowych zabezpieczeń i stosowania dobrych sprawdzonych metod. Duże fabryki produkujące wyroby finalne otaczają się małymi firmami, często kilkuosobowymi, wykonującymi poszczególne detale lub wręcz pojedyncze operacje technologiczne detali obrabiarek. System zależności finansowych i biznesowych pomiędzy tymi firmami jest wypracowany i oparty o partnerskie układy. Funkcjonuje to wzorcowo. Osiągnięcia techniczne i przemysłowe w Azji Południowo-Wschodniej, która przejęła ten system od Amerykanów pokazują, że jest to dobra i stosunkowo szybka droga rozwoju, i może być użyteczna dla nas, zwłaszcza w sytuacji, gdy w Polsce jakieś podstawy branży, chociaż szczątkowe, ale zostały jeszcze zachowane.

Polska była kiedyś – jeszcze nie tak dawno – potentatem w produkcji obrabiarek. (...) Po 1989 roku główny potencjał do budowy polskich obrabiarek został odgórnie zlikwidowany

Aleksander Łukomski

1 Częściowo obrabiarki uniwersalne, a nawet specjalne budowane są u nas i dzisiaj na znacznie mniejszą skalę. Jednak produkcja obrabiarek specjalnych na większą skalę albo nie istnieje, albo pojedyncze obrabiarki budują „hobbyści".