

dr inż. Radosław Cechowicz, dr inż. Piotr Wolszczak, prof. dr hab. inż. Stanisław Płaska
Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Katedra Automatykacji

Potrzeby kształcenia operatorów CNC

Streszczenie

Rozpowszechnienie zastosowań obrabiarek numerycznych w Polsce oraz zwiększenie zapotrzebowania na operatorów tych maszyn skutkuje wzrostem liczby specjalistycznych szkoleń. Na podstawie kilkuletniego doświadczenia, zdobytego podczas organizacji i prowadzenia szkoleń operatorów CNC, autorzy próbują określić zagadnienia techniczne, których niezajomość wśród personelu obsługującego maszyny CNC okazuje się szczególnie niekorzystna w opinii kadry zarządzającej. Występowanie luk w wykształceniu technicznym, szczególnie w przypadku wiadomości podstawowych, obniża ogólną przydatność pracownika, nierzadko legitymującego się ukończeniem kursów specjalistycznych. W ocenie wykorzystano również wyniki analiz testów kwalifikacyjnych pracowników. Dzięki analizie określono zagadnienia, które zdaniem autorów powinny znaleźć się w programie szkolenia operatorów maszyn CNC.

1. Wprowadzenie

Postęp dokonujący się w gospodarce wymusza na przedsiębiorstwach działania prowadzące do ciągłego zwiększania jakości wyrobów z równoczesnym zwiększaniem wydajności i ograniczaniem kosztów. Coraz większym wyzwaniem dla firm jest zapewnienie sobie ilości zamówień pozwalającej na utrzymanie potencjału produkcyjnego na poziomie gwarantującym ekonomiczną stabilność przedsiębiorstwa. Konieczność poszukiwania nowych klientów, kooperantów oraz dostawców wymusza na przedsiębiorstwach transformację w stronę uelastycznienia całego systemu wytwórczego (technologii, organizacji produkcji, metod zarządzania i nadzorowania jakości). Oznacza to konieczność przygotowania pracowników do realizacji różnych zadań i odejścia od wąskiej specjalizacji charakterystycznej dla systemów produkcyjnych XX wieku [1]. Wskazują na to również wnioski z badań europejskiego rynku pracy [2].

Prowadzone w przedsiębiorstwach procesy restrukturyzacyjne i zmiany organizacyjne wymuszają konieczność dostosowania kwalifikacji zawodowych pracowników do nowych warunków w środowisku pracy. Jedną z takich zmian, która ma coraz większe znaczenie dla gospodarki regionu, jest wprowadzanie do przedsiębiorstw maszyn sterowanych numerycznie (maszyn CNC) w miejsce maszyn ręcznych lub stanowisk ślusarskich. Konieczność modernizacji stanowisk pracy ślusarzy, frezerów i szlifierzy (oraz podobnych lub powiązanych z nimi) jest najczęściej wymuszona przez fakt istnienia konkurencji na rynku i warunki stawiane przez kooperantów. Zmiany wymuszane są również przez konieczność dotrzymania nowych, ostrzejszych wymagań jakościowych stawianych wyrobom (np.: tolerancja wymiarowa, powtarzalność wymiarów, jakość wykończenia powierzchni, itp.) oraz konieczność utrzymania lub podniesienia wydajności procesów.

2. Kwalifikacje pracowników

Na podstawie wyników badań przeprowadzonych przez pracowników Katedry Automatykacji w przemyśle maszynowym (około 8 dużych zakładów województwa lubelskiego) i audytów technologicznych zrealizowanych w czasie realizacji projektów w ramach sieci IRC (Innovation Relay Centres Network) i EEN (Enterprise Europe Network) [3], stwierdzono, że szczególne znaczenie dla końcowej jakości wyrobu ma doświadczenie technologiczne operatorów maszyn. Pracownik bez doświadczenia, na przykład absolwent szkoły zawodowej lub uczelni wyższej, pomimo posiadania większej wiedzy teoretycznej, zwykle nie potrafi poprowadzić poprawnie procesu obróbki. Wykorzystanie doświadczenia zawodowego pracowników z dużym stażem ma więc istotne znaczenie dla powodzenia całego procesu modernizacji procesu technologicznego. Odejście pracownika z dużym stażem zawodowym poważnie zmniejsza szanse rynkowe przedsiębiorstwa i stawia pod znakiem zapytania sensowność inwestycji w modernizację parku maszynowego.

Z powyższych badań wynika, że w zakładach produkcyjnych istnieją przynajmniej dwie grupy pracowników:

- a) doświadczeni, zwykle pracujący przynajmniej kilkanaście lat, posiadający duże doświadczenie na zajmowanym stanowisku pracy,
- b) pracownicy młodzi, o małym stażu pracy, często posiadający wykształcenie ogólne, nie związane bezpośrednio z wykonywaną pracą (na przykład absolwenci techników lub uczelni technicznych).

Przedstawiony podział nie jest kompletny i jest uproszczeniem sytuacji występującej w przedsiębiorstwach. Został przedstawiony, aby pokazać i podsumować zjawiska zaobserwowane w czasie badań.

Każda z wyodrębnionych grup pracowników charakteryzuje się innymi potrzebami, jeżeli chodzi o przygotowanie do pracy na stanowisku wyposażonym w maszynę CNC. Pracownicy starsi, z dużym stażem zwykle znają przynajmniej podstawy technologii obróbki i prawidłowo dobierają narzędzia, kolejność operacji, prędkości skrawania, itp. Problemem dla nich jest przede wszystkim obsługa interfejsu maszyny – szczególnie zainstalowanego w nim komputera oraz opanowanie komunikacji z maszyną (komend i komunikatów) w języku obcym (w zależności od posiadanej maszyny – angielskim lub niemieckim). Po opanowaniu podstawowych umiejętności technicznej obsługi nowej maszyny (nowego środowiska pracy) piszą programy krótkie, dobrze ułożone pod względem technologicznym i wydajne. Niektórzy z nich są mało otwarci na nowości pojawiające się w technice obróbki, nowe narzędzia, inne podejście do planowania operacji, itp. ale wynika to raczej z niechęci do podejmowania ryzyka niż niechęci do nauki. Pewną barierą psychologiczną może być w tej grupie pracowników konieczność „oddania” sterownikowi maszyny kontroli nad procesem obróbki (a więc swego „zaufania” maszynie) i przyjęcia roli obserwatora.

Pracownicy młodszy, dla których techniczna obsługa komputera zwykle nie stanowi problemu, mają braki w wiedzy technologicznej oraz nierzadko nie znają języków obcych. Stąd programy pisane przez nich w czasie ćwiczeń na symulatorach maszyn CNC charakteryzują się przede wszystkim brakiem planu technologicznego obróbki, niewłaściwą kolejnością operacji skrawania zgrubnego i kształtującego, pominięciem niektórych

operacji, przypadkowym doбором parametrów skrawania i brakiem dbałości o zachowanie właściwych tolerancji wymiarowych. Bardzo często programy pisane przez tę grupę osób są mało wydajne (zawierają niepotrzebne przejścia) i bardzo mało czytelne ze względu na brak jakichkolwiek komentarzy oraz dbałości o kolejność komend czy formatowanie tekstu. W obu grupach pracowników daje się wyraźnie zauważyć problemy wynikające z nieznajomości języka obcego. Problemy te zanikają dopiero wtedy, gdy pracodawca zakupi nowe maszyny z obsługą w języku polskim lub zmieni wersję językową interfejsów posiadanych maszyn.

Badanie, przeprowadzone wspólnie z działem zatrudnienia jednego z zakładów pracy, na grupie 30 studentów, słuchaczy kursu programowania maszyn CNC, wykazało, że ponad 40% osób popełniło przynajmniej jeden błąd odczytując dokumentację techniczną prostego wyrobu. Najczęściej popełnianymi błędami były: nieumiejętność interpretacji dokumentacji części przedstawionej w formie dwóch lub trzech rzutów i nieprawidłowa interpretacja rysunku złożeniowego. W rezultacie 30% badanych osób nie potrafiło napisać programu obróbki części. Na to zjawisko zwracają również uwagę pracodawcy. Zdaniem autorów, w niedalekiej przyszłości, może to być jeden z głównych problemów hamujących efektywność wykorzystania maszyn CNC w zakładach wytwórczych. Typowe błędy popełniane przez studentów – słuchaczy kursów programowania maszyn CNC to: nieuwzględnianie w programach wymiarów geometrycznych narzędzi (np. średnicy freza, promienia zaokrąglenia noża), ignorowanie problematyki zamocowania części na maszynie (plan mocowania, wielkość elementów mocujących, dostępność i łatwość wyznaczenia punktu referencyjnego), ignorowanie maksymalnej obciążalności narzędzi (zbyt duże głębokości skrawania) czy błędy w wartościach współrzędnych (nieumiejętność prawidłowego odczytania rysunku technicznego, błędy w obliczeniach geometrycznych oraz mylenie absolutnego i inkrementalnego sposobu wymiarowania). Wielu słuchaczy kursów ma problem ze zrozumieniem różnic pomiędzy absolutnym i inkrementalnym sposobem zapisu współrzędnych.

Pracodawcy często zgłaszają problem braku na rynku pracy osób z kwalifikacjami odpowiadającymi dawnemu zawodowi ślusarza – osób, które posiadałyby całościowe spojrzenie na wyrób i potrafiły odpowiednio dobrać materiał, technologię obróbki i procesy na maszynach tak, aby otrzymany wyrób spełniał postawione przed nim wymagania i nadawał się do montażu. Problem ten występuje zarówno w małych warsztatach nie posiadających narzędzi typu CAD/CAM, jak i w większych zakładach, posiadających własne biuro projektowe.

3. Organizacja pracy

Jednym z historycznych celów wprowadzenia maszyn CNC do systemów wytwórczych było podniesienie ich produktywności poprzez stworzenie możliwości nienadzorowanej pracy maszyn w czasie, który był wcześniej niewykorzystany (na przykład podczas trzeciej zmiany). Sposobem na osiągnięcie tego celu może też być skierowanie pracownika do wykonywania innych czynności (przygotowanie palet, uruchomienie obróbki na innej maszynie, pisanie programu na nową część) w czasie, gdy maszyna CNC wykonuje obróbkę.

Wśród pracowników zakładów mechanicznych panuje powszechne przekonanie, że

jedna osoba powinna stale obsługiwać jedną maszynę, nawet jeżeli to oznacza, że większość czasu będzie spędzać na oczekiwaniu na zakończenie cyklu. Podobny sposób myślenia prezentują również pracodawcy, którzy tworzą specjalne etaty do obsługi maszyn CNC, w szczególności fabrycznie nowych maszyn. W konsekwencji koszty utrzymania maszyn CNC w zakładzie są bardzo wysokie i zakład przestaje być konkurencyjny w stosunku do tradycyjnych, które zatrudniają podobną ilość pracowników, nie są dodatkowo obciążone kosztem amortyzacji drogich maszyn. Pojawia się wtedy przekonanie, że inwestycja w maszyny CNC była nieopłacalna a pracownicy zaczynają postrzegać maszyny CNC jako niepotrzebny „kaprys” właściciela, który może stać się przyczyną likwidacji ich stanowiska pracy.

Uzasadnione wydaje się włączenie do programu szkoleń zagadnień związanych z organizacją pracy na maszynach CNC i w środowisku wytwórczym, gdzie wykorzystywane są maszyny CNC. Operatorzy maszyn oraz kadra zarządzająca powinni wiedzieć jak można zorganizować pracę, aby była ona wydajna i bezpieczna, jak powinny być pisane programy aby zapewnić maksymalną elastyczność procesu i ułatwiać obsługę maszyn w sytuacjach awaryjnych. Operatorzy powinni też wiedzieć, jakie operacje (i części) nie powinny być wykonywane na maszynach CNC.

Autorzy publikacji [4] identyfikują sześć głównych obszarów zastosowań maszyn CNC (w nawiasach ujęto główne zalety wynikające z zastosowania maszyn):

- a) produkcja krótkich i średnich serii wyrobów (redukcja kosztów i czasu wytwarzania),
- b) powtarzające się losowo zamówienia (skrócenie czasu przygotowania produkcji),
- c) części o złożonej geometrii (poprawa jakości wykonania, skrócenie czasu obróbki),
- d) duża ilość materiału zamieniana na wiór (wyższa wydajność obróbki),
- e) części wymagające wielu operacji (większa wydajność, redukcja czasu przygotowania, zmniejszenie liczby zamocowań),
- f) duża wartość części (mniejsze ryzyko powstania braku).

Przekazanie takiej wiedzy wszystkim osobom zaangażowanym we wdrożenie maszyn CNC do procesu wytwórczego zwiększa prawdopodobieństwo sukcesu i pozwala na uniknięcie wielu nieporozumień.

Niektórzy pracodawcy nie zdają sobie sprawy z faktu, że do codziennej obsługi maszyn CNC wystarczą pracownicy o dużo niższych kwalifikacjach niż do pracy na podobnym stanowisku obrabiarki konwencjonalnej. W efekcie, pracownicy o dużym doświadczeniu pracujący na maszynach ręcznych są opłacani gorzej niż operatorzy maszyn CNC co w konsekwencji może powodować odpływ wykwalifikowanego personelu z firmy. Fakt ten jest wykorzystywany przez osoby, które po zakończeniu podstawowego kursu znajdują zatrudnienie w krajach Unii Europejskiej, gdzie operatorom nie stawia się tak wysokich wymagań, a po zdobyciu praktyki zawodowej znajdują zatrudnienie w Polsce. Oczywiście, w małych zakładach operator maszyny CNC często również programuje i ustawia maszynę do czego potrzebne są odpowiednie kwalifikacje. Wydaje się jednak, że pracodawcy większym zaufaniem darzą osoby, które opanowały obsługę interfejsu maszyny niż osoby posiadające wiedzę z zakresu technologii a nie radzące sobie z obsługą sterownika.

4. Rozwój zawodowy

Praca przy maszynie CNC daje potencjalnie duże możliwości rozwoju. Operator

maszyny, który pisze własne programy lub osoba pracująca na stanowisku programisty czy technologa, powinna posiadać nawyk ciągłego uzupełniania swojej wiedzy poprzez czytanie literatury fachowej, konsultacje z innymi osobami pracującymi na podobnych stanowiskach, okresowy udział w szkoleniach czy studia. Pracownik, który dobrze zna możliwości maszyny lepiej poradzi sobie z nowym zadaniem niż osoba, której zakres wiedzy pozwala na wykonanie kilku podstawowych czynności.

Autorom opracowania znany jest przypadek zakładu, w którym pomimo faktu posiadania nowoczesnych maszyn, osiągnięta była wydajność na poziomie maszyn konwencjonalnych. W wyniku przeprowadzenia audytu technologicznego stwierdzono, że programy używane w firmie przenosiły w sposób bezpośredni doświadczenia z maszyn ręcznych na maszynę CNC (głębokości skrawania, prędkości posuwów, itd.) pomimo iż ta posiadała dużo większe możliwości technologiczne niż obrabiarki ręczne. Operatorzy maszyn oraz osoby z działu projektowego nie zdawali sobie jednak sprawy z możliwości maszyny – górę wzięła źle pojęta ostrożność. Po zweryfikowaniu programów przez naszego specjalistę wydajność maszyn wzrosła kilkukrotnie.

Zjawiska podobne do opisanego powyżej można zaobserwować w wielu zakładach produkcyjnych. Pracownicy, którzy nie mają motywacji do własnego rozwoju często poprzestają na minimalnej wiedzy, która zapewnia im egzystencję w firmie. W przypadku maszyn CNC oznacza to zazwyczaj niepełne wykorzystanie ich możliwości i co za tym idzie, wysokie koszty eksploatacji. Sytuację można zmienić stosując odpowiedni system premiowania pracowników oraz stwarzając dogodne warunki do wymiany wiedzy i doświadczeń między pracownikami tak, aby wszystkie osoby zaangażowane w obsługę maszyn CNC mogły się wypowiedzieć i być wysłuchane.

Osoby pracujące na maszynach CNC (posiadające kilkuletni stażem), które uczestniczyły w organizowanych przez Katedrę Automatyzacji kursach, często wskazywały w ankietach wypełnianych po ich ukończeniu, że ich wiedza została uporządkowana oraz nabyły nowych umiejętności. Oznacza to, że operatorzy i osoby piszące programy na maszyny CNC powinny regularnie uczestniczyć w szkoleniach lub w inny sposób uzupełniać swoją wiedzę. Szkolenia mogą mieć formę jednodniowych prezentacji lub seminariów na których zaprezentowany będzie sposób rozwiązania konkretnego problemu technologicznego lub kilkudniowych ćwiczeń pozwalających na zweryfikowanie i rozwój swoich umiejętności.

Niestety w niektórych zakładach pracy można zaobserwować tendencję do utrudniania pracownikom dostępu do wiedzy. Klasycznym przykładem są tu przypadki zamykania dokumentacji technicznej maszyn w miejscach niedostępnych dla pracowników. Innymi przykładami działania szkodzącego rozwojowi firmy jest sztuczne oddzielanie działu konstrukcyjnego od działu produkcji (a co za tym idzie, brak komunikacji pomiędzy projektantami, technologiem i operatorami maszyn) czy tolerowanie osób, które z różnych przyczyn nie chcą się dzielić swoją wiedzą z innymi (na poziomie operatorów maszyn, służb utrzymania ruchu, technologów czy projektantów).

Uczestnicy organizowanych przez nas szkoleń są zachęceni do dzielenia się swoimi spostrzeżeniami z innymi. Służy też temu specjalna skrzynka e-mail, gdzie można zgłaszać problemy napotkane w czasie pracy. Fakt istnienia tej skrzynki i gotowość uczestników szkoleń do dzielenia się swoją wiedzą z innymi zostały docenione przez wielu pracodawców, co zaowocowało dużą ilością chętnych na kolejne edycje szkoleń.

5. Podsumowanie

Operatorów maszyn CNC (i inne osoby zaangażowane w obsługę maszyn) podzielić można na dwie grupy: pracowników, którzy znają technologię obróbki skrawaniem a nie radzą sobie z obsługą maszyny oraz pracowników, którzy opanowali obsługę interfejsu maszyny ale mają braki w wiedzy z zakresu technologii. Ze względu na te różnice najlepiej byłoby organizować kursy dla każdej z grup oddzielnie. Często jest to jednak niemożliwe do zrealizowania w praktyce. Dla każdej z grup najważniejsze są zajęcia praktyczne na symulatorach maszyn, gdzie każdy z uczestników zajęć ma szansę uświadomić sobie jaki zakres wiedzy powinien uzupełnić. Ilościowo liczniej reprezentowana jest grupa osób, które nie mają wiedzy z zakresu technologii obróbki. Znaczny odsetek tych osób ma bardzo poważne braki w podstawowej wiedzy technicznej (brak umiejętności czytania rysunków technicznych). Wielu osobom z obu grup trudności sprawia obsługa maszyn posiadających opisy i oprogramowanie w języku obcym. Operatorzy maszyn CNC często traktują je jak tradycyjne obrabiarki nie zdając sobie sprawy z ich możliwości oraz nie rozumiejąc potrzeby zmiany organizacji pracy. W wielu zakładach pracy pracownicy nie są zachęceni do ciągłego podnoszenia swoich kwalifikacji co w przypadku maszyn CNC może prowadzić do wysokich kosztów ich utrzymania.

Literatura

1. Pylak K.: *Współczesne odniesienia i aktualność przedwojennego modelu kształcenia inżynierów*. Przegląd Mechaniczny 12S/2006, Warszawa 2006
2. Komisja Wspólnot Europejskich, *Nowe umiejętności w nowych miejscach pracy Przewidywanie wymogów rynku pracy i potrzeb w zakresie umiejętności oraz ich wzajemne dopasowywanie* SEK(2008) 3058, COM/2008/0868
3. Sieć EEN: *Projekt Enterprise Europe Network jest częścią programu rozwoju konkurencyjności i innowacji CIP 2007-20013*, http://www.enterprise-europe-network.ec.europa.eu/index_en.htm
4. Groover P.M.: *Automation, Production Systems and Computer-Integrated Manufacturing*. Prentice Hall, USA, 2001

Profile of a CNC operation and programming courses

Summary

Increasing number of CNC machine tools in Poland and increasing demands on operators of these machines result in an increase in the number of specialized training. Based on experience gained from the CNC operation and programming courses organized by the authors, the most important technical issues that are particularly disadvantageous in the opinion of the floor management are identified. The existence of gaps, particularly in the basic technological knowledge of the CNC operators, reduces the overall performance of CNC machines. The article summarizes the results of the analysis of technical qualification tests, technical audits in the companies and experiences from the CNC courses.