

JERZY BARUK

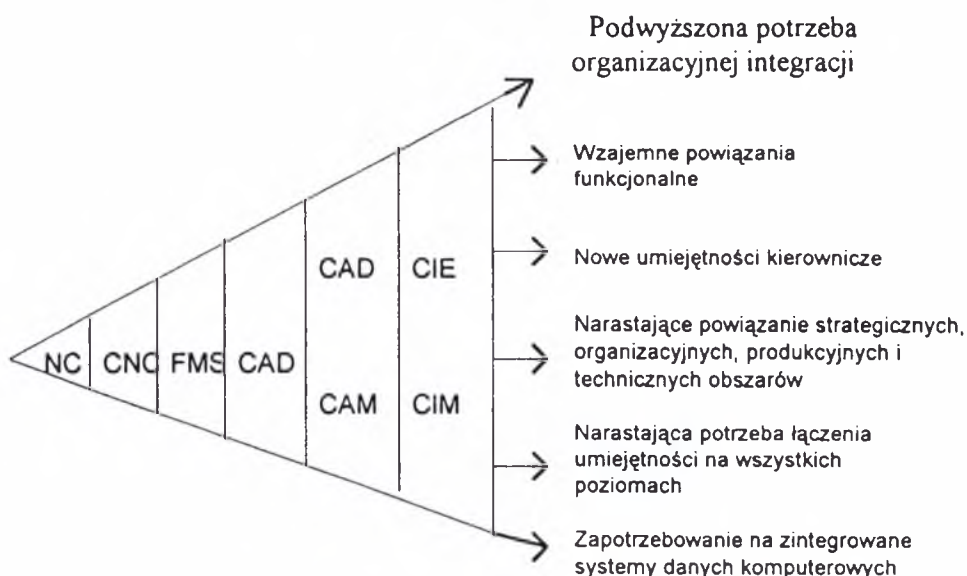
*Efektywność obróbki grupowej
w przemyśle maszynowym Chin*

Efficiency of group processing in machine industry of China

Podstawą rozwoju każdej gospodarki są innowacje rozumiane jako celowo zaprojektowane przez człowieka zmiany dotyczące produktów, metod wytwarzania lub organizacji pracy i produkcji, zastosowane po raz pierwszy w danej społeczności celem osiągnięcia określonych korzyści społeczno-gospodarczych, spełniające określone kryteria techniczne, ekonomiczne i społeczne¹. Jedną z takich innowacji o charakterze produkcyjnym jest Technologia Grupowa (Group Technology – GT) polegająca na grupowaniu zaprojektowanych części maszyn według podobieństwa konstrukcyjno-technologicznego celem umożliwienia wytwarzania nawet pojedynczych detali w warunkach produkcji seryjnej.

Technologia grupowa umożliwia stosowanie metod produkcji seryjnej w przedsiębiorstwach wytwarzających całą gamę różnorodnych produktów charakterystycznych dla jednostkowego i małoseryjnego typu organizacji produkcji. Jest to możliwe dzięki wyodrębnieniu jednakowych operacji technologicznych w procesach technologicznych różnych wyrobów. Wyroby te powinny mieć na tyle zbliżoną konstrukcję, aby było możliwe zastosowanie tych samych maszyn i urządzeń przy możliwie niewielkich zmianach nastawienia narzędzi roboczych. Wyodrębnione, podobne operacje technologiczne różnych wyrobów tworzą operacje grupowe, które są wykonywane na obrabiarce jednego typu z wykorzystaniem specjalnego oprzyrządowania, co zwiększa dokładność obróbki i powtarzalność własności wyrobu.

¹ J. Baruk, *Innowacje czynnikiem efektywnego rozwoju przedsiębiorstwa*, Wyd. UMCS, Lublin 1992, s. 37.



Źródło T. G. Whiston: Managerial and organizational integration needs arising out of technical change and U.K. commercial structures Part III: *Managerial and organizational integration within the organic enterprise*, „Technovation” 1990, nr 2.

Ryc. 1. Narastająca nowoczesność sytemów technicznych
Increasing modernity of technical systems

- NC – sterowanie numeryczne (numerical control)
- CNC – komputerowe sterowane numeryczne (computer numerical control)
- FMS – elastyczny system produkcyjny (flexible manufacturing system)
- CAD – projektowanie wspomagane komputerem (computer aided design)
- CAM – komputerowo wspomagane wytwarzanie (computer aided manufacturing)
- CIE – komputerowo zintegrowana technika (computer integrated engineering)
- CIM – komputerowo zintegrowana produkcja (computer integrated manufacturing)

Ponadto, stosowanie technologii grupowej powoduje:

- zmniejszenie udziału czasów przygotowawczo-zakończeniowych,
- zmniejszenie czasów pomocniczych przez wykorzystanie specjalnych pomocy warsztatowych,
- możliwość wykorzystania bardziej wydajnych maszyn i urządzeń, których w warunkach produkcji jednostkowej i małoseryjnej nie stosuje się,
- zmniejszenie zapasów produkcji w toku,
- uproszczenie planowania przebiegu produkcji,
- zmniejszenie ilości i rodzajów pomocy warsztatowych,
- wzrost wydajności obróbki o 40–50%,
- obniżenie kosztów produkcji,
- skrócenie okresu nastawiania obrabiarki o 50–60%.

Technologia grupowa wpływa też na strukturę procesu produkcyjnego, który charakteryzuje się²:

- a) zmiennym programem produkcyjnym,
- b) elastycznością wykorzystania maszyn i urządzeń,
- c) możliwością nawrotów obrabianych detali,
- d) podatnością na automatyzację wspomaganą komputerem,
- e) integracją operacji technologicznych z pozostałymi operacjami produkcyjnymi (kontroli, transportu, magazynowania).

Jednocześnie stanowi ona podstawę do projektowania i eksploataowania komputerowo wspomaganých procesów wytwórczych, zwłaszcza:

- 1) elastycznych systemów wytwarzania – FMS,
- 2) komputerowo wspomaganego projektowania – CAD,
- 3) komputerowo zintegrowanego wytwarzania – CIM.

Rozwiązania te stanowią jednostkowe innowacje składające się na innowację kompleksową, jaką jest komputerowa integracja wszystkich obszarów funkcjonalnych przedsiębiorstwa, zwłaszcza technicznych. Kierunki takiej integracji przedstawia ryc. 1.

Technologia grupowa, mimo powszechnej znajomości, jest innowacją nie- zbyt szeroko wykorzystywaną w organizowaniu procesów produkcyjnych. Jej zalety dostrzeżono w Chinach i postanowiono wdrożyć ją w przemyśle maszynowym.

TECHNOLOGIA GRUPOWA – DOŚWIADCZENIA CHIŃSKIE

W powszechnej opinii przemysł maszynowy należy do wiodących przemysłów, decydujących o poziomie rozwoju każdej gospodarki. Podobnie myślano w Chinach, gdzie w ostatnich czterech dekadach przemysł maszynowy stanowił jedno z głównych ognisk rozwoju. Przedsiębiorstwa należące do tego przemysłu, stosując konwencjonalne metody zarządzania, napotykały na wiele problemów, które charakteryzowały się³:

- wysokimi kosztami, niską wydajnością,
- wysokimi nakładami inwestycyjnymi, skromnymi efektami,
- wysokim kapitałem, nieznacznym wzrostem dobrobytu,
- niską konkurencyjnością i zdolnością eksploatacyjną.

W latach osiemdziesiątych wraz ze zmianami gospodarczymi i większą otwartością gospodarki na świat, ujawniły się dodatkowe słabości przemysłu maszynowego Chin, takie jak wytwarzanie jednej generacji produktów przez całe

² Por. I. Durlik, *Inżynieria zarządzania*, A. Matczewski Publisher, Katowice 1993, s. 84.

³ W. B. Jiang, Z. B. Wang, H. F. Sun, *Group technology application in China*, „Technovation” 1992, nr 8.

dziesięciolecia, brak konkurencyjności wytwarzanych wyrobów, brak nowoczesnego planowania produkcji, brak doświadczenia i umiejętności w zakresie strategicznego zarządzania firmą.

Nowa sytuacja na rynkach światowych, szczególnie w zakresie projektowania produktów i metod wytwarzania, organizowania przebiegu produkcji, komputeryzacji procesów projektowania i wytwarzania, skłoniła chińskich przedsiębiorców do opracowywania własnych strategii produkcji. Przedmiotem szczególnego zainteresowania stała się technologia grupowa, którą uznano za ważną innowację technologiczną w chińskim przemyśle maszynowym. Technologia ta uważana jest za najbardziej wydajną i nowoczesną w warunkach produkcji jednostkowej i małoseryjnej. Rozwój technologii grupowej w Chinach obejmuje trzy okresy:

1) do r. 1965, to czas wprowadzania i prób. W okresie tym główny nacisk położono na wprowadzanie obróbki grupowej do programów działania, publikowanie materiałów informacyjnych, inicjowanie wymiany technologii,

2) od r. 1966 do 1978 to czas przestoju spowodowany Wielką Rewolucją Kulturalną,

3) od r. 1979 świeży impuls do rozwoju technologii grupowej dała zainicjowana reforma gospodarcza oraz dążenie do dywersyfikacji produkcji.

Na rozwiązania systemowe rozwoju obróbki grupowej składają się następujące działania: badania podstawowe, seminaria na uczelniach prowadzone przez nauczycieli akademickich, działania wyjaśniające i szkolenia, opracowanie różnorodnych procedur produkcyjnych i rozwojowych, tworzenie wielotematycznych towarzystw akademickich o regionalnym i ogólnokrajowym zasięgu, utworzenie sieci informacyjnej łączącej badania podstawowe, jednostki dydaktyczne i produkcję, dzięki czemu prowadzona jest regularna wymiana doświadczeń między organizacjami akademickimi i przemysłem. Utworzona sieć informacyjna oraz stowarzyszenia objęły swym zasięgiem 27 prowincji, autonomicznych regionów i zarządów miast. Ponad dwustu jednostkowych członków powstałych stowarzyszeń reprezentuje przemysł maszynowy, lotniczy, sprzętu zbrojeniowego, naftowy, wyrobów włókienniczych, kolejowy, budowy okrętów, przemysł lekki, gospodarstwa rolne i leśnictwo. Genralnie, 57% jednostkowych udziałowców to fabryki, 23% to uniwersytety i 20% to instytuty badawcze. Ważnym pociągnięciem w ramach rozwiązań systemowych rozwoju technologii grupowej było powołanie w pewnej części przedsiębiorstw zespołów realizujących technologię grupową. Skład osobowy tych zespołów obejmował pracowników o zróżnicowanym doświadczeniu zawodowym, kierowników i informatyków.

W rozwiązaniach systemowych duży nacisk położono na działalność wydawniczą. Początki były dość trudne, dlatego rozpoczęto od okresowego publikowania materiałów informacyjnych dotyczących technologii grupowej (był to rok 1980). W 1984 r. materiały informacyjne przekształcono w publikacje

kwartalnikowe ukazujące się pod tytułami „Group Technology” i „GT Communication”. Po upływie dwóch lat kwartalniki przekształcono w dwumiesięcznik zatytułowany „GT Production System”. W 1990 r. zmieniono tytuł na „Group Technology & Production Modernization”. Aktywność publicystyczna systematycznie wzrastała, wzbogacając dorobek naukowy na temat GT o publikacje krajowe i tłumaczenia publikacji zagranicznych. Do najważniejszych opracowań z tego okresu można zaliczyć: *The Domestic, Foreign GT Classification and Coding Systems*, *The Collection of Foreign CAPP Translations*, *The Special Issue of Domestic CAPP*, *Group Technology*, *GT Principle & Applications*.

Do szerokiego popularyzowania technologii grupowej wykorzystywano różne formy i poziomy szkolenia, konferencje, kursy itp. Rosło zainteresowanie tą innowacją urzędów centralnych, regionalnych i ich kierownictwa, na przykład, Państwowy Komitet Gospodarczy (The National Economic Commission) uznał GT za jedną z 18 nowych technologii o podstawowym znaczeniu dla rozwoju przemysłu. Tematyka technologii grupowej weszła do planów badawczych każdego zawodu i obszaru działania. Projekty badawcze GT uznano za podstawowy składnik szerszych innowacji technologicznych, będących w centrum zainteresowania władz centralnych, takich jak Elastyczne Systemy Produkcyjne (FMS) i Komputerowo Zintegrowane Systemy produkcyjne (CIMS) itp.

Tematyka związana z technologią grupową stała się przedmiotem projektów badawczych opracowywanych w wielu instytutach badawczych i uniwersytetach, była też inspiracją powoływania nowych jednostek organizacyjnych w postaci grup projektowych GT, biur badawczych GT, a nawet instytutów badawczych GT. Rozwiązania systemowe zapewniały ścisłą współpracę przedsiębiorstw z instytutami badawczymi i z uniwersytetami, która to współpraca zaowocowała powiązaniem wyników badań podstawowych z pracami rozwojowymi i produkcją. Opracowano wiele systemów klasyfikacyjnych i kodujących, dostosowanych do nowej technologii wytwarzania oraz dokumentacji w językach komputerowych. Rozwinięto wiele systemów projektowania wspomaganego komputerem (CAPP), prezentując niewątpliwe osiągnięcia na międzynarodowych konferencjach tematycznie związanych z przygotowaniem produkcji. Jest to znaczące osiągnięcie, ponieważ wcześniej w Chinach nie istniał żaden system kodowania. Pewne systemy klasyfikacyjne, takie jak JCBM-1, JLBM-1, BLBM-1 objęto państwowymi normami.

Wyniki prac badawczych i rozwojowych prowadzonych na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle, głównie w postaci: zarządzania produkcją, systemów klasyfikacyjnych, projektów grupowych, planowania produkcji wspomaganego komputerem, komputerowo wspomaganym systemów projektowania, przygotowania produkcji grupowej, tworzenia komórek GT różnych stopni itp. Najpowszechniejszą formą było tworzenie komórek GT wyposażonych w obrabiarki sterowane

numerycznie (NC), które wraz z wyposażeniem dla obrabiarek uniwersalnych przynosiły największe korzyści gospodarcze, co potwierdzają następujące przykłady:

1. W fabryce ciężkich obrabiarek wprowadzono przekształcenia strukturalne, wyodrębniając wydział produkcyjny GT wytwarzający małe detale. Wydział składał się z 5 komórek GT niższego stopnia. Każda z nich zajmowała się produkcją wyrobów podobnych pod względem konstrukcyjno-technologicznym (tulejka 1, tulejka 2, tarcza 1, tarcza 2 i wał). Struktura tych komórek była przedmiotowa. Przekształceniom strukturalnym towarzyszyły dalsze innowacje w postaci komputerowego wspomaganie zarządzania produkcją, planownia wspomaganego komputerem, 15-cyfrowego systemu klasyfikacyjnego i bazy danych (DBASE 3) dla 54 rodzajów produktów. Powyższe innowacje przysporzyły efektów ilościowych i jakościowych w trzech obszarach:

a) zarządzanie komórką produkcyjną: wykonywanie stałego zakresu zadań, optymalne koordynowanie siły roboczej i warunków produkcji,

b) technologia pracy: ujednoczenie przetwarzania dokumentów, zmniejszenie o 2/3 ilości przetwarzanych dokumentów, wzrost wydajności planowania procesów od 3 do 5 razy, skrócenie o ponad 1/3 czasu technicznego przygotowania produkcji,

c) produkcja: skrócenie długości drogi transportowej przedmiotu obrabianego z 80–100 m do 15 m, redukcja zapasów półfabrykatów, zwiększenie o 25% dostaw części „na czas”, skrócenie cyklu produkcyjnego z 25 do 16 dni, redukcja o 30% personelu zarządzającego, zmniejszenie o 80% wskaźnika braków, wzrost o 30% wydajności pracy.

2. W przedsiębiorstwie budowlano-remontowym środków transportu utworzono komórkę produkcyjną GT składającą się z 13 obrabiarek zdolnych obrabiać 19 różnych części w postaci pierścieni uszczelniających. Komórkę obsługuje zaledwie 7 pracowników. W porównaniu z tradycyjną organizacją, utworzenie komórki produkcyjnej GT spowodowało:

- skrócenie drogi transportowej przedmiotu obrabianego o 77%,
- skrócenie cyklu produkcyjnego o 67%,
- obniżenie wskaźnika braków o 56%,
- redukcję robocizny,
- zwiększenie kompetencji zespołu sterowania jakością,
- planowe prowadzenie prac konserwacyjno-remontowych eksploatowanego sprzętu,
- pobudzenie pracowników do troski o produkcję,
- zadowolenie pracowników i kierowników z osiągniętych wyników i warunków pracy.

3. W przedsiębiorstwie taboru kolejowego utworzono wydział produkcyjny GT składający się z 23 komórek produkcyjnych GT niższego stopnia. W wydziale tym wytwarza się 2654 wyroby rodzajowe zgrupowane w 234 rodziny

Tab. 1. Efekty wynikające z wdrożenia komórki produkcyjnej GT
Effects resulting from introduction of a production unit GT

Wyszczególnienie	Komórka produkcyjna		Uzyskane efekty
	konwencjonalna	GT	
Liczba obrabiarek uniwersalnych	270	244	26 zmniejszenie
Całkowite wyposażenie	370	328	42 zmniejszenie
Zagospodarowanie powierzchni (m ²)	13 212	11 340	1872 zmniejszenie
Liczba zatrudnionych	611	530	81 zmniejszenie
Pobór mocy (kW)	3 429,9	2 900,0	529,9 zmniejszenie
Powierzchnia produkcyjna zajęta przez obrabiarkę (m ²)	39,84	33,82	6,02 zmniejszenie
Liczba obrabiarek sterowanych numerycznie	0	10	10 wzrost
Liczba centrów obróbkowych	0	1	1 wzrost
Projektowana wydajność pracy (wyróbów/rok)	150	200	50 wzrost

Źródło: W. B. Jiang, Z. B. Wang, H. F. Sun: *Group technology application in China*, „Technovation” 1992, nr 8, s. 512.

przedmiotowe i 578 grup części. Z 328 zainstalowanych maszyn 10 to obrabiarki sterowane numerycznie, jedna to centrum obróbkowe. W projektowaniu produkcji wykorzystuje się 15-cyfrowy system klasyfikacyjny TLBM-1, a zarządzanie wspomagane jest komputerem. Korzyści wynikające z zastosowanej innowacji przedstawiono w tabeli 1.

Przedstawione przykłady obrazują korzyści osiągnięte przez pojedyncze podmioty gospodarcze, które zastosowały technologię grupową. W skali całej gospodarki, po wdrożeniu omawianej innowacji, osiągnięto następujące korzyści⁴:

- zwiększenie poziomu standaryzacji, specyfikacji i typizacji o 30-70%,
- zmniejszenie liczby części rodzajowych o 10-30%,
- zmniejszenie liczby prac projektowych o 20-50%,
- skrócenie okresu projektowania o 20-40%,
- skrócenie czasu planowania procesu o 60-70%,
- zmniejszenie kosztów przygotowania produkcji o 50%,
- zmniejszenie kosztów planowania procesów o 50%,
- skrócenie cyklu produkcyjnego o 50%,
- skrócenie długości dróg transportu przedmiotu obrabianego o 70,8%,
- zmniejszenie wskaźnika braków o 61,5%,
- zmniejszenie zapasów półfabrykatów o 28%,
- uproszczenie procesu zarządzania komórkami produkcyjnymi,
- zmniejszenie ilości personelu kierowniczego,

⁴ *Ibid.*, tab. 2 i 3, s. 513.

- opracowanie i wdrożenie racjonalnych kryteriów oceny pracowników,
- wprowadzenie ekonomicznych zasad odpowiedzialności za pracę, sterowanie jakością itp.,
- rozszerzenie udziału pracowników w procesach pracy, w procesach decyzyjnych, nasilenie związków interpersonalnych, wzrost odpowiedzialności za pracę i podejmowane decyzje,
- zwiększenie zainteresowania rozwojem przedsiębiorstw przejawiające się wdrażaniem komputeryzacji i obrabiarek sterowanych numerycznie,
- zwiększenie zdolności konkurencyjnej przedsiębiorstw.

Organizowaniu komórek produkcyjnych GT towarzyszyło zwiększone wykorzystanie sprzętu (uchwytów) zespołowego. Z badań przeprowadzonych w 13 chińskich przedsiębiorstwach wynika, że zastosowanie uchwytów zespołowych przyniosło następujące korzyści:

- a) oszczędność czasu projektowania – średnio o 75,5%,
- b) oszczędność czasu wytwarzania – średnio o 76,5%,
- c) oszczędność materiałów – średnio o 79,5%,
- d) oszczędność powierzchni magazynowej – średnio o 83,2%,
- e) oszczędność kosztów całkowitych – średnio o 78,3%.

Wymierną korzyścią było też zmniejszenie liczby uchwytów stosowanych w poszczególnych przedsiębiorstwach do wykonywania operacji technologicznych.

Cechą charakterystyczną polityki rozwojowej Chin jest doskonalenie warunków prowadzenia badań, prac rozwojowych i wykorzystania wyników tych badań w przemyśle, zwłaszcza w przemyśle maszynowym. Zebrane doświadczenia starano się transferować do innych gałęzi przemysłu. Przykładem takiego transferu jest technologia grupowa – innowacja wyzwalamąca inne innowacje o charakterze technicznym i organizacyjnym, obejmujące metody zarządzania, systemy planowania i projektowania, komputeryzację funkcjonalnych obszarów przedsiębiorstwa, aż do pełnej ich integracji.

Szeroko zakrojone prace badawcze i rozwojowe nad omawianą innowacją nadały jej charakter systemowy. Obecnie innowacja ta nosi nazwę „Group Production System” (GPS). Została ona włączona do jednej z najnowszych form organizacji produkcji, którą jest komputerowo zintegrowany system produkcyjny (CIMS). Głównymi elementami składowymi takiego systemu są obrabiarki sterowane numerycznie i komputery. W konsekwencji stosowania tej innowacji uzyskano znaczne korzyści przejawiające się skróceniem czasu przygotowania produkcji, szybkim postępem technicznym w samej produkcji, znacznym jej zdywersyfikowaniem, niższymi kosztami produkcji i większym jej dostosowaniem do potrzeb rynku.

SUMMARY

The article presents group technology treated as an important innovation in development of the productive systems in the industrial enterprises. Characteristics of group technology and its advantages are discussed in the first part of this paper. Chinese experiences in the creation and implementation of group technology in the machine-building industry are the subject of the second part of this article. Particular stress is laid on advantages attained from application of this innovation.

Generally, group technology makes it possible to use the serial production methods in enterprises with piece and small lot type of the organization of production. It lets flexible accommodation of the production to the changing needs of the market, maintaining the high quality and repeatability of production.

Group technology is an innovation, which releases other technical and organizational innovations comprising management methods, planning and projecting systems, computerization of the functional areas of an enterprise, to their full integration. That is why, this innovation has become an element of one of the latest forms of the organization of production, which is computer integrated manufacturing system (CIMS).

