

J.B. Szczerbak, W.B. Trunin, Klaudiusz Lenik, Antoni Świć
Moskiewski Instytut Budowy Samochodów Politechnika Lubelska

PODSTAWY ORGANIZACJI ZINTEGROWANEJ PRODUKCJI PRZEMYSŁU MASZYNOWEGO
THE BASIS OF ORGANIZATION THE INTEGRATED PRODUCTION IN MACHINE INDUSTRY
ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕГРИРОВАННОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Streszczenie: Zaproponowana została struktura organizacji przemysłu maszynowego, umożliwiająca syntezywanie hierarchicznych sieci zintegrowanej produkcji jako samorozwijającego się systemu informatycznego. Przedstawiony sposób organizacji elastycznej zintegrowanej produkcji pozwala organizować strukturę jej funkcjonowania z uwzględnieniem specyfiki obiektu produkcji, narzędzi i wyposażenia technologicznego.

Summary: Structure organization of machine industry is proposed. It makes possible synthesis in the hierarchic networks of integrated production as self-developing systems of information. The way of organization for flexible integrated production is presented. It allows to organize the specific object of production, tools and technology equipments.

Резюме: Предложена новая структура организации машиностроительного производства позволяет синтезировать иерархические сети интегрированного производства как саморазвивающейся информационной системы. Предлагаемый способ организации гибкого интегрированного машиностроительного производства позволяет организовать структуру его функционирования с учетом специфики объекта труда, инструмента и технологического обеспечения.

Dla ukierunkowanego wyboru racjonalnej organizacji zintegrowanej produkcji przemysłu maszynowego niezbędne jest przeprowadzenie, w oparciu o najbardziej istotne cechy, analizy i klasyfikacji istniejących technologii, procesów technologicznych (PT) i środków wyposażenia technologicznego (SWT). Powyższym wymogom odpowiada klasyfikacja, zaproponowana przez L.N. Koszkiną [1]. Według tej klasyfikacji dowolny PT obróbki półfabrykatu zawiera, w najbardziej ogólnym przypadku, dwa podstawowe elementy: obiekt pracy (przedmiot obróbki, półfabrykat) i narzędzie. Na tej podstawie proponuje się rozdzielić procesy technologiczne umownie na cztery klasy (tab.1), co odpowiada podstawowym rodzajom współdziałania w przestrzeni: punktowemu, liniowemu, powierzchniowemu i objętościowemu.

W przypadku procesów technologicznych klasy pierwszej wynik jest rezultatem oddziaływania jednego, kolejno wchodzącego w kontakt ze wszystkimi punktami obrabianej powierzchni, technologicznie efektywnego punktu narzędzia. A więc narzędzie i obiekt pracy wstępują w kontakt tylko w jednym punkcie. Zbiór takich punktów wyznacza trajektorię ruchu roboczego, będącą przestrzenną krzywą, tworzącą powierzchnię $Z \in Z$. Ponieważ linia z jest określonym zbiorem tworzących ją punktów, to powierzchnia

$$z \in \bigcup_{i=1}^1 \wedge \bigcup_{i=1}^2 \wedge \bigcup_{i=1}^k \quad (1)$$

obrabiana także może być odwzorowana zbiorem tworzących ją punktów

$$Z \supseteq \langle Z_{11}, Z_{12}, \dots, Z_{1k} \rangle \text{ lub } Z \supseteq \langle Z_{1L} \dots \rangle. \quad (2)$$

Ponieważ zależność pomiędzy ruchem roboczym i formą powierzchni przedmiotu nie określa jednoznacznie jej trajektorii, to znaczy, że powierzchnię można otrzymać różnymi sposobami. We wszystkich jednak przypadkach linia ta leży na zadanej obrabianej powierzchni półfabrykatu i może być opisana wyrażeniem $F(x, y, z) = 0$.

A więc zależność między trajektorią ruchu roboczego i formą obrabianej powierzchni jest charakterystyką ogólną dla PT klasy pierwszej.

Praktyczna realizacja PT, klasy pierwszej na uniwersalnych automatycznych urządzeniach jest możliwa w związku z prostotą formalizowanego odwzorowania dowolnej powierzchni półfabrykatu w warunkach elastycznego systemu produkcyjnego (ESP) i jego systemowego otoczenia.

W procesach technologicznych klasy drugiej zadana forma półfabrykatu realizowana jest linią roboczą narzędzia. Linia ta jest geometryczną tworzącą powierzchni przedmiotu. Każdy punkt tej linii w procesie jej przemieszczania tworzy określony zbiór zamkniętych krzywych, przyporządkowanych do utworzonej nimi powierzchni (tab.1).

$$Z \supseteq \langle Z_{11}, Z_{12}, \dots, Z_{1k} \rangle \quad (3)$$

Ponieważ krzywe te przedstawiają sobą określony zbiór należących do nich punktów, to obrobiona powierzchnia Z także może być odwzorowana zbiorem (należących do niej) punktów:

$$\begin{aligned} Z \supseteq \langle Z_{11}, Z_{12}, \dots, Z_{1k} \rangle \wedge \langle Z_{12}, Z_{12}, \dots, Z_{12} \rangle \\ \wedge \dots \wedge \langle Z_{1b}, Z_{1b}, \dots, Z_{1b} \rangle \\ \text{lub } \langle Z_{1j} \dots \rangle. \end{aligned} \quad (4)$$

gdzie: Z - i -yj punkt i -ej linii powierzchni półfabrykatu, otrzymany 1 -vm rodzajem obróbki.

W PT klasy drugiej liniowe oddziaływanie narzędzia i trajektorii ruchu roboczego określane jest nie formą półfabrykatu, a geometryczną kierunkową. A więc zmiana formy obiektu pracy nie wpływa na charakter trajektorii ruchu roboczego i jest kinematycznie prostsza niż w PT klasy pierwszej. Trajektoriami są linie przestrzenne: płaskie lub proste.

W PT tej klasy możliwa jest obróbka półfabrykatów nie tylko jednej formy a nieskończonego zbioru powierzchni, mających wspólne lub równoodległe kierunkowe geometryczne. Wszystkie one mogą być, przy sformalizowanym przedstawieniu formy półfabrykatu, odwzorowane zbiorem

Tablica 1

Rodzaje sformalizowanego odzwierciedlenia powierzchni (dla różnych klas powierzchni technologicznych)

Klasa procesu technologicznego	Rodzaje sformalizowanego odzwierciedlenia powierzchni otrzymanych różnymi klasami powierzchni technologicznych	
	graficzny	analityczny
Klasa 1 (punktowa)		$Z \equiv Z;$ $Z = Z_1^i \wedge Z_2^i \wedge \dots \wedge Z_n^i;$ $Z \equiv \{Z_1^i, Z_2^i, \dots, Z_n^i\};$ $Z \equiv \{Z_i^i \dots\};$
Klasa 2 (liniowa)		$Z \equiv Z_1 \wedge Z_2 \wedge \dots \wedge Z_n;$ $Z \equiv \{Z_{11}^i, Z_{12}^i, \dots, Z_{1n}^i\} \wedge$ $\wedge \{Z_{21}^i, Z_{22}^i, \dots, Z_{2n}^i\} \wedge \dots \wedge$ $\wedge \{Z_{m1}^i, Z_{m2}^i, \dots, Z_{mn}^i\};$ $Z \equiv \{Z_{ij}^i \dots\};$
Klasa 3 (powierzchniowa)		$Z \equiv Z_1^i \wedge Z_2^i \wedge \dots \wedge Z_n^i;$ $Z \equiv \{Z_i^i \dots\};$
Klasa 4 (objętościowa)		$V \equiv Z_1 \wedge Z_2 \wedge \dots \wedge Z_m$ $V = \{Z_{11}^i \dots\} \wedge \{Z_{12}^i \dots\} \wedge \dots \wedge$ $\wedge \{Z_{m1}^i \dots\};$ $V = \sum_{m=1}^m Z_m^i; Z_m^i \equiv \{Z_{ik}^i \dots\}$

należących do nich punktów, a więc i dostatecznie prosto opisane analitycznie. Jest to ważne przy tworzeniu odpowiednich urządzeń technologicznych, mogących automatycznie wykonywać swoje podstawowe funkcje technologiczne w warunkach ESP i jego systemowego otoczenia.

W procesach technologicznych klasy trzeciej forma powierzchni półfabrykatu może być przedstawiona jako pewien zbiór należących do niej punktów (powierzchnia)

$$Z \supseteq z_1^1 \wedge z_1^2 \wedge \dots \wedge z_1^d \text{ lub } Z \supseteq \langle Z_{1j}^i, \dots \rangle. \quad (5)$$

Ponieważ PT klasy trzeciej określane są poprzez powierzchniowe oddziaływanie narzędzia, to charakter jego ruchu roboczego nie zależy od formy powierzchni półfabrykatu i jej geometrycznych kierunkowych. Trajektoria ruchu roboczego określana jest osią geometryczną obrabianej powierzchni przedmiotu i jest jednakowa dla wszystkich jej rodzajów; praktycznie jest prostoliniowa, a więc najprostsza kinematycznie i jednakowa dla wszystkich rodzajów powierzchni półfabrykatów. Procesy te realizowane są przy najprostszej kinematyce ruchu roboczego, nie posiadają jednak uniwersalności PT klasy drugiej.

Dla PT klasy trzeciej wymiary i forma obiektów pracy zależą tylko od narzędzia. Umożliwia to jego ostateczne sprawdzanie poza maszyną. Uniwersalność ruchów roboczych dla tej klasy PT praktycznie uwarunkowana jest tylko wymiarami i siłowymi charakterystykami ruchu roboczego. Możliwe jest więc automatyczne wykonywanie podstawowej funkcji technologicznej na uniwersalnych, kinematycznie jednolitych, urządzeniach różniących się tylko czysto ilościowymi znaczeniami swoich charakterystyk technicznych.

Procesy technologiczne klasy czwartej uwarunkowane są specyfiką objętościowego oddziaływania narzędzia (środowisk technologicznych) na powierzchnię obrabianych przedmiotów i mogą być przedstawione jako:

$$V \supseteq \langle Z_{11}^i, \dots \rangle \wedge \langle Z_{12}^i, \dots \rangle \wedge \dots \wedge \langle Z_{1k}^i, \dots \rangle \quad (6)$$

lub w ogólnej formie

$$V \supseteq \sum_{m=1}^M Z_m^i; \quad Z_m^i \supseteq \langle Z_{1j}^i, \dots \rangle. \quad (7)$$

Dla procesów technologicznych klasy czwartej nie jest wymagana określona trajektoria ruchu roboczego i orientacja obiektów pracy (tab.1). Dla tych procesów możliwe jest łączenie podstawowej funkcji technologicznej z procesem masowego transportowania dowolnie rozmieszczonych i maksymalnie upakowanych przedmiotów.

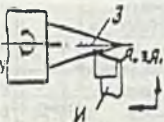
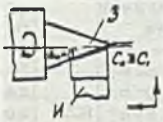
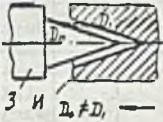
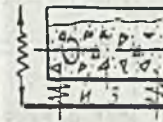
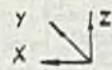



W odróżnieniu od trzech pierwszych klas dla PT klasy czwartej ruchy robocze mogą być dowolne; technologiczne oddziaływanie zachodzi przy dowolnym ruchu przedmiotów w strefie roboczej.

Analiza istniejących klas PT pokazuje (tab.2), że różnice w charakterze współpracy między narzędziem i przedmiotem obrabianym

uwarunkowane są jakościowymi różnicami pomiędzy ruchami roboczymi. Najbardziej złożonymi i różnorodnymi są one dla procesów klasy czwartej.

Tablica 2

Podstawowe właściwości różnych klas powierzchni technologicznych

Podstawowe właściwości	Klasa procesu			
	1	2	3	4
Charakter oddziaływania pomiędzy narzędziem (H) i półfabrykatem (3)				
	punktowy	liniowy	powierzchniowy	objętościowy
Sposób realizacji ruchu roboczego (H)	$R = f(H \wedge 3)$	$R = f(H \wedge 3);$ $R = f(H \vee 3)$	$R = f(H \vee 3)$	$R = f(H \wedge 3);$ $R = f(H \vee 3)$
Niezbędne przeszczenie narzędzia i obrabianego przedmiotu				 dla każdego elementu obciążenia objętościowego

Jak pokazuje analiza zależności (1-7), niezależnie od klasy PT, dowolne powierzchnie obrabianych przedmiotów mogą być przedstawione zbiorem należących do nich punktów. Z fizycznego punktu widzenia powierzchnia realnego przedmiotu jest zbiorem mikropowierzchni o konkretnym składzie, właściwościach chemicznych i fizyko-mechanicznych parametrach. Dla realnych PT właśnie tutaj formułują się znaczenia jakościowych charakterystyk powierzchniowej warstwy przedmiotu, które zatem będą określać te lub inne charakterystyki przyszłych części maszyn i przyrządów.

Z przedstawionego wyniku, iż wybór tej lub innej klasy PT zależy od konkretnego zbioru mechanicznych i fizyko-chemicznych oddziaływań na każdy punkt powierzchni (mikropowierzchni) przedmiotu, którym należy poddać przedmiot dla otrzymania żądanych eksploatacyjnych charakterystyk części. A wybór konkretnego PT uwarunkowany jest jego techniczno - ekonomicznymi charakterystykami.

W tabl. 3 przedstawiono podstawowe komponenty elastycznego zintegrowanego systemu produkcyjnego, a w tabl. 4 hierarchię struktury organizacji takiego systemu. Analiza pokazała, że mikropowierzchnia jest podstawowym ogniwem wiążącym obiekt pracy i narzędzie. Dlatego zgodnie z

Tablica 3

Struktura organizacji zintegrowanej produkcji i jej systemowego otoczenia

Obiekt pracy		Właściwości wyposażenia technologicznego				Technologiczne zabezpieczenie	
		Narzędzie		Urządzenia			
Kod	Nazwa	Kod	Nazwa	Kod	Nazwa	Kod	Nazwa
PRD	Produkcja	GGN	Branżowa gospodarka narzędziowa	EZP	Elastyczna zintegrowana produkcja	ZPP	Zintegrowany proces produkcyjny
WYR	Wyrób	CSN	Centralny zintegrowany system narzędziowy	EZZ	Elastyczny zautomatyzowany zakład	PPD	Proces produkcyjny
KMP	Komplet	ZSN	Zautomatyzowany system narzędziowy	EZW	Elastyczny zautomatyzowany wydział	TCH	Technologia
CZC	Część	EMN	Elastyczny moduł narzędziowy	EMP	Elastyczny moduł produkcyjny	PTH	Proces technologiczny
PLT	Półfabrykat	MND	Moduł narzędziowy	MOT	Moduł technologiczny	OPT	Operacja technologiczna
TPP	Technologiczna powierzchnia przedmiotu	TPN	Technologiczna powierzchnia narzędzia	MOD	Moduł	THP	Technologiczne i pomocnicze przejścia
EPP	Elementarna powierzchnia przedmiotu	EPN	Elementarna powierzchnia narzędzia	ELM	Elementarny moduł	EPR	Elementarne przejście
MPP	Mikropowierzchnia przedmiotu	MPN	Mikropowierzchnia narzędzia	MOD	Mikromoduł	MPR	Mikroprzejście

koncepcją, przedstawioną w pracach [2,3], właśnie mikropowierzchnie przyjęto jako podstawę sformalizowanego odwzorowania przy realizacji odpowiedniej struktury hierarchicznej.

Analiza tabl. 3 i 4 pokazuje, że przy formalizacji struktury ESP, oprócz ogólnie przyjętych określeń, które w pełni odpowiadają GOST 3.1109-82: "Terminy i określenia podstawowych pojęć", wprowadzono i takie

Tablica 4

Hierarchiczna struktura organizacji
elastycznej zintegrowanej produkcji

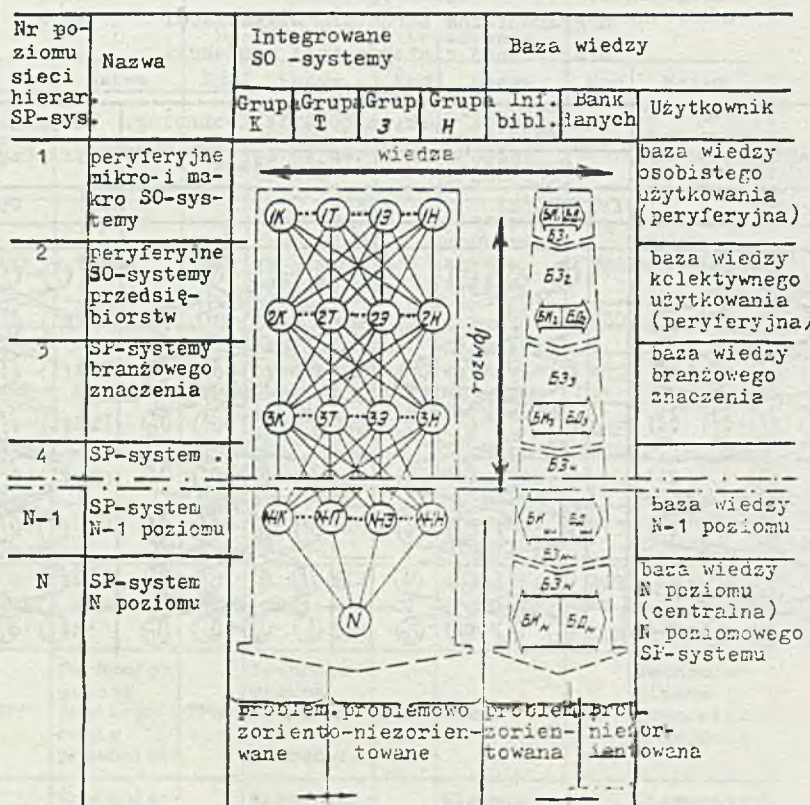
Obiekt pracy		Właściwości oprzyrządowania technolog.				Technologiczne oprzyrządowanie	
		Narzędzia		Urządzenia			
Kod	Graf	Kod	Graf	Kod	Graf	Kod	Graf
	2	3	4	5	6	7	8
FAD		GGM		EZ1		PP	
FR		OSN		EZ2		PPD	
MP		ZSN		EZ3		TCR	
MC		EMN		EM		PTM	
MT		MNI		MD1		OP	
MP		TPN		MD2		OPT	
EP		EPN		ELN		EPK	
MP		MPN		MO		U	

pojęcia, jak: "elementarne przejście" (EPR) i "mikroprzejście" (MPR), a także odpowiadające im określenia "elementarny moduł" (ELMD) i "mikromoduł" (MODD). Niektóre z proponowanych określeń są szeroko stosowane w specjalnej literaturze technicznej.

W pracy [4] proponuje się dla oznaczenia części przejścia, charakteryzującego się niezmiennymi parametrami pracy obrabiarki sterowanej numerycznie lub adaptacyjnie (moduł technologiczny - MDT), określenie "elementarne przejście". Taka dekompozycja jest bardzo wygodna, ponieważ przedstawia sobą "portret" statyczny procesu technologicznego w tym lub innym momencie jego realizacji.

Nieokreśloność czasowa EPR powoduje konieczność wprowadzenia jeszcze

jednego poziomu dekompozycji, którego elementy charakteryzują się jednakową długotrwałością. Dla oznaczenia takiego elementu PT proponuje się termin "mikroprzeście".



Oznaczenia

— elastyczne granice; S_H - biblioteka informacyjna
 S_A - bank danych $K = (1, 2, \dots, \infty)$
 S_B - bank wiedzy $T = (1, 2, \dots, \infty)$
 $Z = (1, 2, \dots, \infty)$
 $H = (1, 2, \dots, \infty)$

Kys. 1. Hierarchiczna sieć SP-systemu ogólnego użytkownika

Fig. 1. The hierarchic network-SP universal system for users

Mikroprzeście jest najprostszą i dalej nie dzieloną częścią PT, której charakterystyczną cechą jest nie tylko stałość sterowanych parametrów procesu, ale i jednakowa długotrwałość wszystkich mikroprześci, realizujących dany cykl procesu. To znaczy długotrwałość mikroprześcia

jest miarą dokładności planowania kalendarzowego cyklu technologicznego w MOD. Dla konkretnego MOD mamy zawsze do czynienia ze skończoną liczbą różnorodnych mikroprzebiegów (bank MPR), z których projektuje się całą gamę różnorodnych wariantów wieloperacyjnego procesu technologicznego.

Analiza tabl. 3 i 4 pokazuje, że liczba wariantów elementów struktury organizacyjnej elastycznego zintegrowanego systemu wyraźnie rośnie przy przejściu z poziomu MPR na wyższe według hierarchii. Nawet dla porównywalnie nieskomplikowanych (według składu i struktury) MOD liczba technologicznie możliwych wariantów MPR (tabl.3) jest bardzo wielka. Wskazuje to na konieczność wyposażenia MOD w mikroprocesor o dostatecznie dużej pamięci i szybkości działania, i na to, że elastyczny zintegrowany system może być zrealizowany tylko jako samorozwijający się informacyjny system (SP-system) wysokiego poziomu (rys.1).

Wnioski

1. Proponowana struktura organizacji produkcji maszynowej pozwala syntetyzować hierarchiczną sieć zintegrowanej produkcji jako SP - system.

2. Proponowany sposób organizacji elastycznej zintegrowanej produkcji maszynowej, na podstawie uniwersalnego modułu informacyjnego, umożliwia organizację struktury jego funkcjonowania z uwzględnieniem specyfiki obiektu pracy, narzędzi i wyposażenia technologicznego.

3. Niezależnie od klasy PT dowolne powierzchnie obrabianych przedmiotów mogą być przedstawione zbiorem należących do nich punktów.

LITERATURA

- [1]. Koszkin L.N.: Rotornyje i rotorno-konwiejnyje linii. 2 izd. stereotip.: Maszynostrojenie, Moskwa 1986.
- [2]. Trunin W.B., Mieszko W.E., Marczuk W.I., Krawczuk W.G., Szczerbak E.G.: Primenenie uniwersalnogo informacionnogo modulia dla sintieza samorozwijauszczijejsja sistem informacionnogo prostranstwa objekta //Konstruirirowanie, technologia, ekonomiczieskije issledowanija w awtomobiliestrojenii /Meżwuz. sb. naucz. trudow. -M.: Zawod-WTUZ pri ZILe, Moskwa 1987.
- [3]. Mieszko B.E., Trunin W.W., Marczuk W.I., Krawczuk W.G., Szczerbak E.G. Organizacija ierarchiczieskoj struktury samorozwijauszcziesja informacionnoj struktury "cziełowiek-maszina-srieda" //Konstruirirowanie, technologia, ekonomiczieskije issledowanija w awtomobiliestrojenii /Meżwuz. sb. naucz. trudow. -M.: Zawod-WTUZ pri ZILe, 1987, s.154-162.
- [4]. Matalin A.A. Technologia mechaniczieskoj obrabotki. Maszynostrojenije, Moskwa 1977.

Recenzent: Prof. dr inż. Henryk Kowalowski

Wpłynęło do Redakcji do 30.04.1992 r.

Abstract:

Structure organization of machine industry is proposed. It makes possible synthesis in the hierarchic networks of integrated production as self-developing system of information. The way of organization for flexible integrated production is presented. It allows to organize the specific object of production, tools and technology equipments.

Technological processes are divided into four class, it answers the basic kinds of cooperation in the space: points, lines, surface and volume.

The analysis at technological process classes shows the differences in the character of collaboration between tool and workpiece, there are conditional on qualitative differences between work motions. They are most complex and various for the fourth class process.

The choice of this class or another one is dependent on the set of mechanical and physical-chemical reactions for each point of surface (microsurface) of the object which are necessary to receive a required operating characteristics for parts. Selection of the concrete technological process is dependent on their technical-economical characteristics.