

МОДЕЛИРАНЕ НА СТРУКТУРАТА НА МНОГООПЕРАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИЧНИ МАШИНИ, ИЗГРАЖДАНИ НА МОДУЛЕН ПРИНЦИП

Михаела Топалова
Технически университет – София
Инженерно-педагогически факултет – Сливен
Сливен, България
m_topalova@tu-sofia.bg

Мария Хаджиева
Технически университет – София
Инженерно-педагогически факултет – Сливен
Сливен, България
maria.hadjieva@hotmail.com

Резюме: В статията е представен подход за моделиране на многооперационни технологични машини, изградени на модулени принципи, на етапа на вариантното им структурно проектиране. Предложени са признаци за типизиране, модулна система и концептуални конструктивни решения на базови модули за структурното им проектиране в CAD среда. Развита е графов математичен модел за синтезиране на структурни варианти, удовлетворяващи конкретни технологични изисквания. Приложението на подхода за моделиране е илюстрирано чрез генериране на структурни варианти на многооперационни технологични машини за удовлетворяване на конкретни потребителски изисквания.

Ключови думи: модулен принцип, многооперационни технологични машини, обработващи центри, графов математичен модел

I. УВОД

В съвременното машиностроене една от водещите тенденции е изграждането на технологичните машини на модулен принцип. Този подход способства производителите по-лесно да се адаптират към изискванията на потребителите и по-бързо да реагират на пазарното търсене.

Прилагането на модулния принцип при изграждане на технологични машини е обвързано със създаване на модулни системи. Съставлящите ги модули обикновено се разработват в обосновани в технико-икономическо отношение параметрични редове, удовлетворяващи изискванията на различни по предназначение типови машини и обработки. Модулите се развиват и в размерни редове, обвързани с дължината на работните ходове, респективно с размерите на присъединителните им елементи.

Проведено проучване показва, че всички водещи фирми прилагат модулния принцип при проектиране и изграждане на многооперационни машини с различно технологично предназначение. Примери за това са модулната система за обработващи центри CORCOM [1] на тайванския конгломерат Fair Friend Group (FFG), приложена в SPECHT серията на фирма MAG [2] и в VDM серията на фирма HESSAPP [3], модулната система VDF Cx на BOEHRINGER [4] за стругови и стругово-фрезови машини, както и други модулни системи.

Важно значение за проектиране на многооперационните технологични машини (МТМ) на модулен принцип имат възможностите на съвременните CAD системи. Бо-

гатият им инструментариум за прилагане на готови, както и за генериране на нови 3D инженерни решения, ускорява процеса на проектиране и производство на технологични машини, удовлетворяващи конкретни потребителски потребности.

Ключов момент в процеса на проектиране на технологичните машини е структурното им изграждане. Обект на настоящата публикация са възможности за вариантното структурно проектиране на МТМ на модулен принцип в CAD среда.

II. ТИПОВИ СТРУКТУРИ НА МНОГООПЕРАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИЧНИ МАШИНИ

За рационализиране на процеса на структурно проектиране се възприе МТМ да се типизират по признаците ориентация на оста на вретеното, разположение на ротационните оси в кинематичната структура и размер на работната повърхнина на масата на машината.

A. Ориентация на оста на вретеното

МТМ се изграждат, както с хоризонтална, така и с вертикална ориентация на оста на вретеното.

При хоризонталните МТМ най-разпространена е Т-образната компоновка [5, 6, 7, 8, 9, 10]. Прилага се предимно при машините от среден типоразмер, като в отделни случаи се използва и при долния сегмент на големия типоразмер. Предпочита се от гледна точка на условията, които предлага за осъществяване на автоматичната смяна на инструмента и на заготовката.

При вертикалните МТМ най-често използвани са едноколонните компоновки с подвижна или неподвижна колона. Използват се за обработване на заготовки в много широк типоразмерен диапазон, заемат малка производствена площ и имат сравнително високи динамични показатели.

Характерно за вертикалните МТМ с неподвижна колона [11, 12] е, че работните органи, носещи заготовката, изпълняват подавателните и установъчните движения по осите X и Y в хоризонталната равнина, а вертикалното движение по ос Z се изпълнява от вретенната кутия. При вертикалните МТМ с подвижна колона трите транслационни движения се изпълняват от колоната [13, 14, 15].

В. Разположение на ротационните оси в кинематичната структура

МТМ се изграждат с до пет едновременно управлявани (три транслационни и две ротационни) оси. Прилагат се следните варианти на разполагане на ротационните оси в кинематичната структура машините:

- По едно ротационно движение в кинематичните вериги на инструмента и на заготовката, които се реализират обикновено чрез въртяща се вретенна глава и въртяща се маса.

Тази компоновка се среща най-често при вертикалните МТМ, предназначени за обработване на заготовки с по-голяма маса. Тъй като четири от подавателните движения се осъществяват над заготовката, режещият инструмент може да бъде с по-малка дължина. По-дълги режещи инструменти се използват само, когато въртящата се маса трябва да се накланя на по-голям ъгъл.

- Две ротационни движения в кинематичната верига на инструмента, които се осъществяват от вретенната глава.

МТМ с такава компоновка се прилагат за обработване на детайли с големи габаритни размери и сложна форма. При тях в конструктивно отношение се усложнява задвижването на вретенната глава.

- Две ротационни движения в кинематичната верига на заготовката, изпълнявани от въртяща се и накланяща се маса.

При такъв тип структура размерът на заготовката се ограничава от размерите на работната повърхнина на масата. Затова тези МТМ се използват предимно за обработване на заготовки с по-малка маса. Тъй като ъглите на завъртане на двете маси са по-големи, отколкото на въртяща се вретенна глава, такава компоновка осигурява по-добър достъп на режещия инструмент до подлежащите на обработване повърхнини.

С. Размер на работната повърхнина на масата

Работната повърхнина на масата на машините е обвързана с размерите и масата на обработваните заготовки. За заготовки с малки габаритни размери и маса са предпочитани компоновките с въртяща се и накланяща се маса, като по-често използвани са вертикалните МТМ. Обработването на заготовки от среден типоразмер най-често се

осъществява на хоризонтални МТМ с въртяща вретенна глава и въртяща се маса. Докато за голямогабаритни заготовки се използват портален тип компоновки с неподвижна маса.

III. МОДУЛНА СИСТЕМА ЗА ИЗГРАЖДАНЕ НА МНОГООПЕРАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИЧНИ МАШИНИ

За структурното изграждане на МТМ е предложена модулна система с йерархична структура (Фиг. 1), включваща четири йерархични нива. Модулите от по-ниските нива са част от по-високите или участват непосредствено в структурата на най-високото йерархично ниво – многооперационната технологична машина. Модулната система е с отворена структура, позволяваща нейното разширяване и развитие по брой и съдържание на йерархичните нива.



Фиг. 1. Структура на модулна система за изграждане на многооперационни технологични машини

Базовите модули от 1-во йерархично ниво са определени по функционален признак [16, 17, 18, 19]. Те могат да се съчетават в двойки модули за изпълнение на транслационни или ротационни движения (2-ро йерархично ниво) или да участват непосредствено в 3-то йерархично ниво. В това ниво модулите се причисляват към силовата или установъчната подсистема, според мястото им в кинематичната структура на МТМ. Силовата подсистема е свързана с режещия инструмент, а установъчната – със заготовката. Спомагателните модули са свързващи модули, необходими за цялостното изграждане на компоновката на една МТМ. Чрез подходящо съчетаване на модули от трите йерархични нива е възможно да се изградят МТМ с различна структура (4-то йерархично ниво).

На Фиг. 2 да представени част от разработени концептуални конструктивни решения на базови модули.

Подсистема	СИЛОВА															
Наименование	Вретенни глави				Шейни				Колони				Направляващи			
Код	01_01	01_02	01_03	01_04	02_01	02_02	02_03	02_04	03_01	03_02	03_03	03_...	04_01	04_02	04_...	
Обозначение на модула																
Подсистема	УСТАНОВЪЧНА												СПОМАГАТЕЛНИ МОДУЛИ			
Наименование	Тсла				Лолки				Маси							
Код	20_01	20_02	20_...	20_...	21_01	21_02	21_03	21_...	22_01	22_02	22_...	22_...	30_01	30_02	31_01	31_02
Обозначение на модула																

Фиг. 2. 3D модели на базови модули за изграждане на многооперационни технологични машини

IV. ГРАФОВ МОДЕЛ ЗА СИНТЕЗИРАНЕ НА СТРУКТУРИ НА МНОГООПЕРАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИЧНИ МАШИНИ

За формализирано описание на множеството структурни варианти на МТМ, които могат да се синтезират от предложените по-горе базови модули, е построен графов математичен модел (Фиг. 3). Възлите в графа съответстват на отделните модули от модулната система, а дъгите изразяват възможните връзки между тях. Наличието на повече от две връзки между част от модулите се дължи на възможността някои модули да се използват повече пъти в една компоновка.

Графовият модел изразява възможността за съчетаване на отделните модули помежду им, като се отчитат структурните и функционалните ограничения при свързването им. Това способства за отхвърляне на неуспешни и технически безсмислени структурни варианти.

За генериране от верижния мултиграф на множеството от възможни компоновки на МТМ е необходимо да се проследят всички ориентиранни пътища, водещи от корена „РИ“ (режещ инструмент) до листото „ЗАГ“ (заготовка). Изборът на най-удачна компоновка за решаване на конкретна технологична задача се осъществява като полученото множество се подложи на многокритериален анализ.

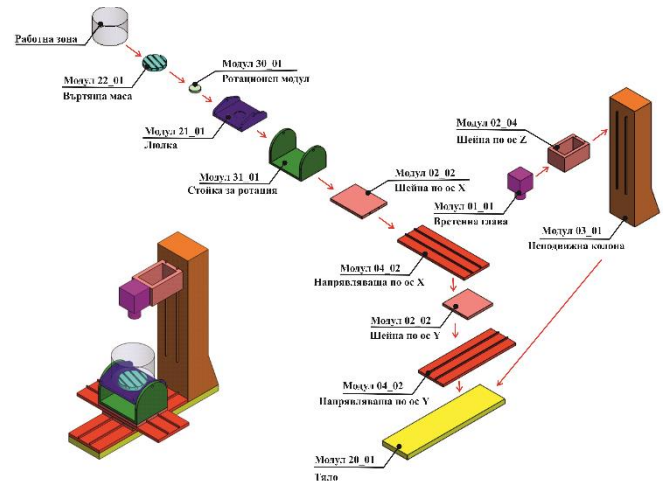
IV. ГЕНЕРИРАНЕ НА КОМПОНОВКИ НА МНОГООПЕРАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИЧНИ МАШИНИ В CAD СРЕДА

Модулният принцип и предлаганият от CAD системите богат проектантски инструментариум, способстват за рационализиране на процедурите при генериране на нови и модифицирани компоновки на МТМ.

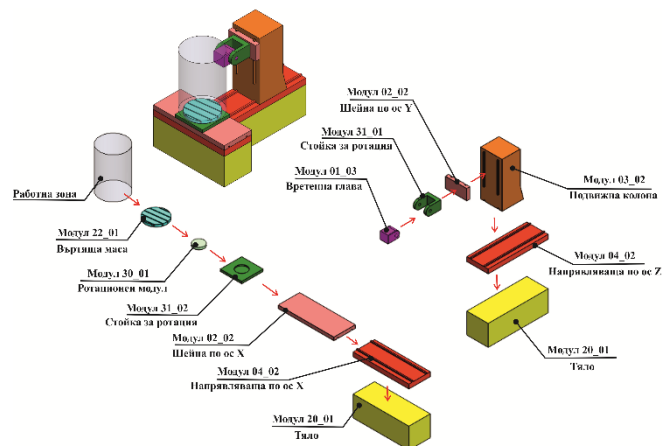
В този аспект са разработени концептуални 3D модели на базовите модули (Фиг. 2), като е приложена конструктивна параметризация.

Генерирането на конкретни компоновки на МТМ в CAD среда е илюстрирано като са ползвани данни от фирмени каталози [20, 21, 22]. На Фиг. 4 е представена компоновка с вертикална ориентация на оста на вретеното и неподвижна колона, като двете ротационни движе-

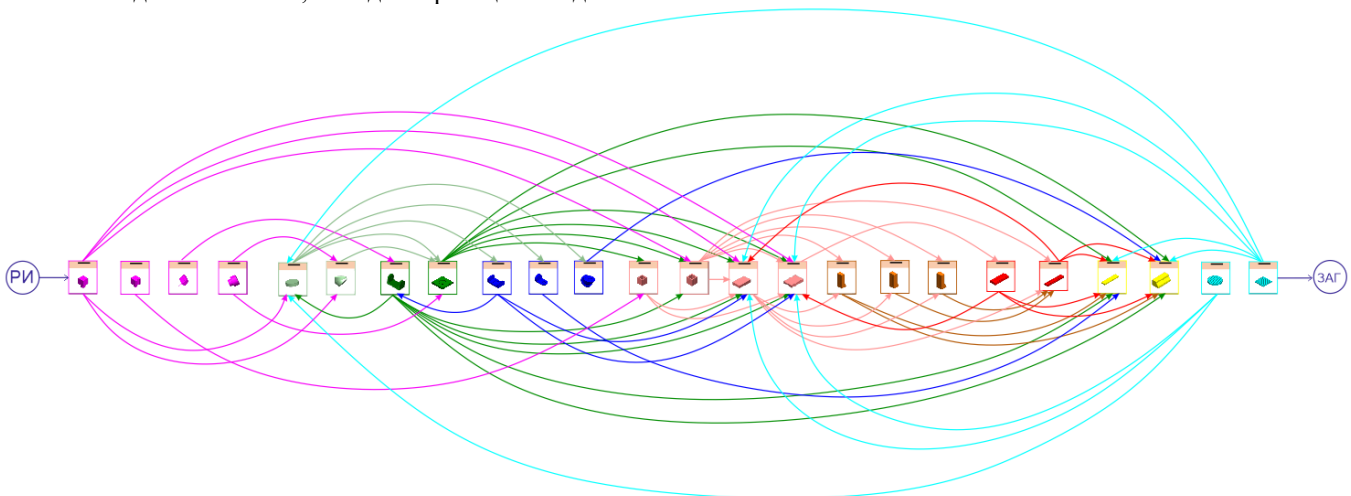
ния се изпълняват от заготовката. За аналог на тази компоновка е използван обработващ център на фирма DOOSAN – DNM200/5AX. Показаната на Фиг. 5 компоновка е аналог на хоризонталния обработващ център HU-100TS на фирма MITSUI SEIKI. Тази МТМ е с подвижна колона, а ротационните движения са разпределени в кинематичните вериги на заготовката и инструмента.



Фиг. 4. 5-осна вертикална многооперационна технологична машина



Фиг. 5. 5-осна хоризонтална многооперационна технологична машина



Фиг. 3. Врежнен мултиграф на възможните връзки между базовите модули

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен е подход за моделиране на многооперационни технологични машини, изградени на модулен принцип, който се основава на структурната им типизация по кинематични и конструктивно-технологични признаци. Създадени са структура на модулна система и концептуални базови модули за синтезиране на алтернативни варианти на МТМ. Развита е инструментариум за формализирано описание на възможността за съчетаване на базовите модули, който позволява дигитализация на процеса на генериране на структурни варианти, удовлетворяващи конкретни потребителски изисквания, и определяне на оптималния от тях. За рационализиране на проектните процедури в САД среда са разработени параметрични 3D модели на концептуалните базови модули

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://ffg-ea.com/en/companies/corcom>
- [2] MAG, SPECHT® MACHINE SERIES, Brochure.
- [3] Hessap VDM Series, Brochure.
- [4] Boehringer VDF 221/226 Cx Series, Brochure.
- [5] <https://www.starrag.com/en-us/machine/heckert-athletic-series/63>
- [6] Okuma, 5-Axis Horizontal Machining Center, Universal center MU-10000H, Brochure.
- [7] https://www.youtube.com/watch?v=ekT0_u8XFoM
- [8] Doosan DHF 8000, Brochure.
- [9] Hyundai HS II 6300/8000, Horizontal Machining Center, Brochure.
- [10] FPT Castel Terus 250, Brochure.
- [11] Hurco 5-axis machining-centers, Highpower-series/Moving coloumns-series/ Highspeed-series, Brochure.
- [12] https://www.pinnacle-mc.com/en/products_overview.html
- [13] Eumach TVMC Series, Brochure.
- [14] YCM, TCV Series, Brochure.
- [15] Hyundai Hi-Mold Series, Brochure.
- [16] O. I. Averyanov, Modular Approach for CNC Machine Tools Design, Mashinostroenie, 1987, pp. 229.
- [17] I. Yoshimi, Modular Design for Machine Tools, McGraw-Hill Companies Inc., 2008, pp. 504.
- [18] H. Shinno and Y. Ito, "Computer Aided Concept Design for Structural Configuration of Machine Tools. Variant Design Using Directed Graph," Journal of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design, vol. 109, Issue 3, pp. 372-376, 1987.
- [19] M. Topalova M. and I. Stanev, "Modular system in the design of mobile machines for mechanical processing of large-sized workpieces," Proceedings of Int. Sc. Conf. "70 years FIT", pp. 427-431, September 2015, Bulgaria.
- [20] Doosan DNM 200/5AX, Brochure.
- [21] Mitsui Seiki, 5 Axis Simultaneous Control Machining Center Series, Catalog.
- [22] <https://www.mitsuisseiki.com/products/hu100-ts.asp>

STRUCTURED MODELING OF MULTI-OPERATION TECHNOLOGICAL MACHINES BUILT ON THE MODULAR APPROACH

Mihaela Topalova

*Faculty of Engineering and Pedagogy – Sliven
Technical University – Sofia
Sliven, Bulgaria
m_topalova@tu-sofia.bg*

Maria Hadjieva

*Faculty of Engineering and Pedagogy – Sliven
Technical University – Sofia
Sliven, Bulgaria
maria.hadjieva@hotmail.com*

Abstract: This paper presents an approach to modeling multi-operation machine tools structured on a modular principle at the stage of their variant design. Signs for typification, a modular system and conceptual solutions of base modules for their design with CAD systems are proposed. Furthermore, a graph mathematical model is developed to generate structural variants that fulfill specific technological requirements. To demonstrate the application of this modeling approach, a structural variants of a multi-operation machine tools are generated to satisfy specific user requirements.