



СЪСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕТО НА МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ

СОСТОЯНИЕ И ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ МЕТАЛЛРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

STATE AND TRENDS OF THE MACHINE TOOLS DEVELOPMENT

Доц. д.т.н. Гергов С.

Технически университет - София, България

e-mail: sguergov@tu-sofia.bg

Abstract: The article presents a historical review of machine tools from the point of view of the major development in the science, manufacturing technology and the market. A summary of the key events related to machine tools are given according to the three major epochs – pre CNC, CNC and knowledge.

Keywords: MACHINE TOOLS, RECONFIGURABLE MACHINE TOOLS, PARADIGM, TRENDS

1. Въведение

От производствените машини (в частност металорежещите машини), като основна производствена единица, до голяма степен зависи гъвкавостта, технологичните възможности и ефективността на индустрията като цяло. От тук се определя и голямото значение и роля на иновационната техника, която тя играе в съвременното производство.

Понастоящем в световен мащаб се произвеждат машини (около 62% металорежещи и около 38% металообработващи) за над \$45 милиарда (за 2004 г.), като годишния прираст в сравнение с 2003 г. е около 23% [14]. Най-големите производители на металообработващи машини са Япония, Германия, Италия и Китай [15] и те произвеждат около 62% от световната продукция в тази област.

През последните години на ХХ в. усилено се работи по създаването на нова генерация производствени машини с възможности за реконфигуриране на компоновъчната структура – реконфигуриращи се металорежещи машини и машини с паралелна кинематика.

2. Класификация на периодите на развитие на металорежещите машини и технологии

Прегледът на литературата показва, че съществуват различни гледни точки на класификация на периодите на развитие на производството [3,4]. Обаче, от гледна точка на техниката, производствените системи могат да се класифицират в три основни епохи [6,8]: 1) до създаването на цифровото управление (CNC); 2) след създаването на цифровото управление и 3) епоха на знанието.

Въз основа на тази класификация е направен и прегледа на развитие на металорежещите машини.

Епоха до създаването на цифровото управление

Доколкото Тази епоха обхваща периода от създаването на двигателя с вътрешно горене до началото до 60-те години на ХХ век (Таблица 1). Тя е свързана с ръчно и механично управление на машините и техниката. Това е дълъг и продължителен период на единично или масово производство, свързан с производството на еднотипна продукция без интеграция на различните производствени системи [8].

Таблица 1

Епоха до създаването на цифровото управление			
Годи на	Състояние на науката	Състояние на производството и технологията	Състояние на пазара
1	2	3	4
1819-	Научен подход към рязане на	Въвеждане на поточната линия от	Създаване на Ford

1940	металите, представен на Парижкото изложение (1900) Създаване на високоскоростни и инструменти от F.W.Taylor и M.White (1906) Разработване на нови металорежещи машини, инструменти, инструментални и задвижвания (1906-1930) Развитие на теорията на управлението и създаване на нови методи за анализ и системите за контрол (1930-1940)	Ford – начало на автоматичните линии (1909) Въвеждане на автоматични транспортни линии (1923) Въвеждане на автоматични системи за контрол с приложение във военната индустрия (1930-1940) Създаване на първия лабораторен модел на електронна цифрова изчислителна машина "Атанасов-Бери" (ABC), от J.Atanassoff и C.Berry в Iowa State University (1942)	Motor Company (1903) Силно развитие на научно-изследователската дейност извежда САЩ като световна индустриална сила (1918-1945) General Motors започва приложенията на технически анализ на множество материали за автомобилната индустрия (1921)
1946-1960	Изобретяване на интегралната схема и първия електронен цифров компютър (началото на 50-те години) Създаване на цифровото управление (NC) от MIT и Parsons Machine Tool Company	Започва приложението на автоматичен контрол на различни системи, машини и процеси (1949) Подобряване и разширяване приложението на линиите за монтаж и масовото производство Започва приложението на	Въвеждане на термина „автоматизация“ от D.S.Header, Ford Motor Co и създаване на първия отдел по автоматизация (1947) Развитие на икономиката,

(1952) – начало на съвременните металорежещи машини	NC езиците, напр. APT (средата на 50-те години)	базирана на технологи ята, електрони ката и автоматиза цията (края на 50-те г.)
Изобретяване на обработващите центри от Kenney и Trecker (1958)	Първо приложение на робот в индустрията, произведен от Unimate и внедрен в Ford (1960)	

2.2. Епоха след създаването на цифровото управление

Въвеждането на цифровото управление (NC) и последващото негово развитие (NC, DNC и др.), повлиява изключително революционно на производството. Редица производства, Гъвкавите производствени системи, Японските производствени технологии, като Kaizen Just-In-Time (JIT), Lean-производството и Тоталното управление на качеството (TQM) води до повишаване на производителността, намаляване на себестойността на продукцията, подобряване на качеството и точността, управлението на машините (software/hardware), както и възможности за лесна интеграция. Този етап е сравнително по-кратък от първия (Таблица 2).

Таблица 2

Епоха след създаването на цифровото управление (1960-1990 г.)			
1	2	3	4
1960-	Създаване и комерсиално въвеждане на цифровото програмно управление (CNC,DNC) до появата на микрокомпютрите (1967) Засилване на изследванията и практически приложения на цифровото серво-управление, както и управлението на технологичните процеси нависоко ниво с използванена възможно най-новите компютърни мононости (началото на 70-те години) Разработване на концепцията на компютърно интегрираното производство (CIM) от J.Harrington (1973) Създаване на първата CAD	Приложение на производствена линия с компютърно управление в IBM и GM (1965-66) Внедряване на първата гъвкава производствена система (FMS) в САЩ, предназначена за обработване на фамилия детайли от металорежещи машини с NC управление (1967) Първият логически програмируем контролер (PLC), проектиран и използван в GM (1968) Първите приложения на идеологията на компютърно интегрираното производство (CIM) в индустрията (средата на 70-те години) Комерсиализиране	Поява (предимно в Япония) на производствените поточни линии, осигуряващи високо качество на произвежданата продукция с ниска цена (1960-1980) Криза в автомобилната индустрия и производството на металорежещи машини (средата на 70-те до средата на 80-те години)

	програма (PADL) от H.Volcke (средата на 70-те години)	на микрокомпютърното управление на роботите от Cincinnati Milacron (1974)	Динамични промени в технологията при производство на машини по отношение на размер, олекотеността, теглото, задвижване и др. (80-те години)
	Създаване на системи за геометрично моделиране и CAD пакети (края на 70-те и началото на 80-те години)	Създаване и произвеждане на JIT от Toyota Motor Corporation (средата на 70те години)	
	Разработване на теорията на гъвкавите производствени системи (FMS) (началото на 80-те години)	FMS нарастват до 25 в САЩ, 40 в Япония и 50 в Европа (1981). До началото на 1985 броят им в световен мащаб достига до 300	
-1990			

2.3. Епоха на знанието

Този период се характеризира с интензивна глобална конкуренция и бърз прогрес на компютърните и информационни технологии (Таблица 3). По този начин, те стават двигател за бързите промени в развитието на производството. Всички усилия са насочени към бърза реакция по отношение на пазара чрез предлагане на продукция с високо качество, ниски цени и високо разнообразие при това с ограничено количество.

Концепцията за бързата реакция и приспособимост на производството (agile manufacturing) се въвежда през 1991 г., като нейният фокус е насочен към клиента. Следователно, това е по-скоро производствена, организационна философия, отколкото насочена към производствените системи дейности, т.е. тя не набляга върху специфичните инженерни или операционни технологии. От тази гледна точка виртуалните предприятия и виртуалното производство се създават за подпомагане и развитие на партньорството, те са необходим инструмент за търсене на бърза пренастройваемост и гъвкавост [10], а компютрите и информационните технологии са идеалния интерфейс между двата основни елемента – човека и машината.

Таблица 3

Епоха на знанието (след 1990 г.)			
1	2	3	4
1990-	Еволюция на основните концепции на производствените системи от централизирани и изолирани системи към децентрализирани; модулност при изграждането на металорежещите машини; отворена архитектура на управлението; многоинструментална обработка; висока степен на автоматизация и др. (началото на 90-те години)	Високо скоростно проектиране и приложение на компютрите за управление на процеси, компютърни интегрирани производствени системи, производствени клетки и информационно-управляващи системи. Големите гъвкави производствени системи (ГАПС) губят своята актуалност за	Наличност на голямо разнообразие от стоки /изделия. Промени на пазара според нивото на търсене на стоки и услуги. Търсене на висококачествени

- 1994	Създаване на нови методи за конструиране на сензори, системи за управление и др.	сметка на производствени клетки, острови и модули. Проектиране и приложение на съвременни системи за управление на машини и процеси. Приложение на линейни двигатели .	и разнообразни стоки.
1995-	Възникване на парадигмата на реконфигуриращите се производствени системи, насочена към нуждите за отговор в измененията на пазара и технологията. Създаване на методи за проектиране на реконфигуриращи се производствени машини и системи с паралелна кинематика.	Широко разпространение на РС-базиран за металорежещи машини контролер с PLC и CNC функции. Създаване на първите прототипи на машините с паралелна кинематика и реконфигурираща се структура в ERC.	Създаване на Инженерен изследователски център (ERC) към Мичиганския университет за реконфигуриращи се производствени системи (1996)

Основните тенденции на развитие за различните сектори в индустрията през този период могат да се обобщат в следните четири насоки:

- 1) Преструктуриране на организацията на всички нива в отговор на глобализацията на икономиката и новите пазарни изисквания.
- 2) Системите за управление се придвижват от йерархична към хоризонтална форма на организация и редуциране на ролята на средните нива на управление.
- 3) Преминване от централизирано към децентрализирано управление дейността на различните работни групи с цел повишаване гъвкавостта, интеграционните възможности и бързо решаване на новите задачи.
- 4) Към човешките ресурси се появява необходимостта от придобиване на мултиумения и знания с цел създаване на предпоставки за участие в различни групи за адекватно и бързо решаване на сложни задачи.

Както се вижда всички тези усилия са насочени към създаване на модулност, автономия и самодостатъчност на възможно най-ниско ниво. Бързото реагиране на изискванията на пазара е икономически оправдано само ако се използва доказан производствен процес при съкратени срокове на планиране и производство [8].

От друга страна, късият жизнен цикъл на изделията и бързото технологично развитие налагат необходимостта от създаване на концепции за модулно изграждане с възможности за реконфигуриране на машините от икономически съображения и гъвкавост на оборудването.

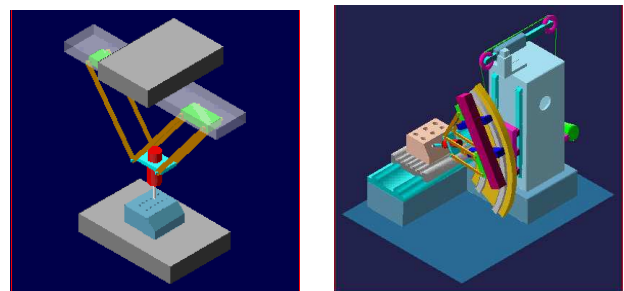
Изхождайки от нуждите за поддържане на по-ефективно и ефикасно производствено управление с минимално време за производство в условията на честа промяна на производствена програма налага необходимостта от пренастройване на машините, концепцията за „интелигентност“ става все по-

важна. Следователно производствените системи от следващата генерация трябва да съчетават повече гъвкавост и интелигентност.

Както се вижда от Таблица 3, през последните 10-15 години усилено се работи по създаването на нова генерация производствени машини – машини с паралелна кинематика и реконфигуриращи се машини. Въпреки че тези машини се базират на различни концепции и не могат да се съпоставят и конфронтират по възможности.

Прегледът на литературата показва, че на основата на отдавна известната манипулационна структура с паралелна кинематика [5,12] се разработват металорежещи машини с паралелна структура HEXAPOD, както и такива с хибридна кинематика. Тези концепции предизвикват създаването на редица новости, свързани с начина на задвижване, 6-степенната свобода на движение, балансирането и динамиката на движение на крайното звено и др.

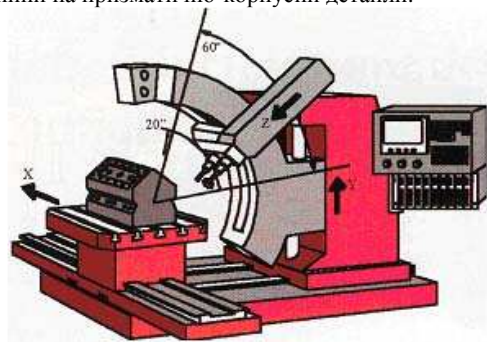
На фиг.1 са показани два варианта (с вертикална и хоризонтална структура) на високоскоростна пробивна машина с паралелна кинематика и реконфигурираща се структура, разработена от Мичиганския университет [11].



Фиг.1 Конфигурации на високоскоростна пробивна машина

Другата основна насока за развитие на металорежещите машини се основава на концепцията за реконфигуриране на структурата на машината с цел увеличаване както на производителността, така и на гъвкавостта на системата [9,13]. Базирайки се на модулно изграждане с възможности за реконфигуриране на структурата, една система създава голяма гъвкавост не само при конструирането, но е ефективна както от икономически, така и от технологични съображения.

На фиг.2 е показана реконфигурираща се металорежеща машина – Arch-type machine [6] с три едновременно координатни оси за свредловане и фрезование на повърхнини на призматично-корпусни детайли.

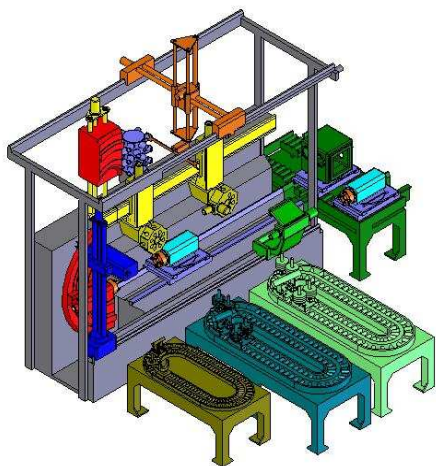


Фиг.2 Arch-type machine

На фиг.3 е даден 3D компютърен модел на реконфигурираща се многооперационна металорежеща машина, разработен в Техническия университет – София, базиращ се на концепцията, разработена през 1989 г. [1].

Почти всички водещи специалисти в областта на реконфигуриращите се машини [4,6,13] смятат, че те са следващата стъпка в развитие на производствената технология. Изследванията в тази област определят реконфигуриращото се производство с най-висок приоритет за бъдещи изследвания в областта на машиностроенето, а реконфигуриращите се

машини като основно ключово предизвикателство до 2020 година. Реконфигурирането може да бъде разглеждано по отношение на технологичния процес, управлението, софтуера, машината или системата като цяло.



Фиг.3 3D модел на реконфигурираща се многооперационна металорежеща машина

На системно ниво съществуват няколко конфигурации на системата за производство на една и съща фамилия детайли (линейно, паралелно или хибридно разположение на обобудването). Изборът на конфигурацията за производство на детайлите се извършва в зависимост от цикъла за производство, качеството, надеждността на системата или според предпочитанията на технолога [8].

Реконфигуриращите се производствени системи изискват нов подход на проектиране както на системно, така и на ниво машина. Основните ключови моменти при създаването на тези подходи са свързани с: разработването на основни принципи и методи за проектиране и анализ на реконфигуриращи се машини и системи; проектирането и създаването на модели на РММ, отговарящи на шестте ключови характеристики за реконфигурируемост.

Доколкото се отнася до софтуерната и хардуерната архитектура на една система, тя е необходимо да отговаря на шестте ключови характеристики на реконфигурируемост (модулност, производствена гъвкавост, интегрируемост, конвертируемост/функционалност, пренастройваемост и диагностируемост).

3. Бъдещи тенденции

Трудно е да се начертаят в дългосрочен план тенденциите на развитие на производството и техническите системи. Но все пак, изхождайки от анализа на настоящата ситуация и ключовите двигатели на промените, може да се извърши определена екстраполация, която да ни насочи към бъдещите промени.

От гледна точка на настъпващата глобализация и интензивно развитие на информационните и комуникационни технологии, една тенденция, свързана с развитие и стандартизация на различните компоненти, като интерфейс, протоколи, комуникационни системи и др. с цел бързо и лесно предаване и обработване на данни между голямото разнообразие на техника и системи е наложителна и неизбежна. От организационна гледна точка това ще доведе до значителен ефект върху бъдещите производствени системи, а на високо ниво – създаването на предпоставки за тяхната интеграция в различни фирми на сътрудничество в големи предприятия. От своя страна, тази интеграция ще наложи и изисквания към човешките ресурси по отношение на тяхното образование – въвеждане на мултидисциплинарни програми, продължаващо обучение с цел получаване на необходимите знания и умения за отговаряне на непрекъснато променящите се пазарни условия.

Анализът на литературните източници показва, че основните насоки за развитие на технологичните машини /системи са свързани със завишени изисквания както от техническо, икономическо, така и социално естество [6,7,13]:

Проследявайки пътя на автоматизация на технологичните процеси и машини (от технологичния цикъл, контрол, концентрация на операциите към реконфигуриране) може да се каже, че една от следващите стъпки може да бъде концентрация на типовете детайли (ротационни и призматични), обработвани върху една машина [2], както и създаването на технологични системи със самоорганизираща се структура и организация на работа.

Самоорганизацията може да се разглежда като: 1) процес на въвеждане на синхрон в работата на многобройни и различни елементи на една система; 2) процес за решаване на задачи с априорна информационна неопределеност; 3) процес на целенасочено изменение на структурата и организацията на системата; 4) система, която е в състояние да взема последователно решение за управление, планиране или разпознаване на образи.

Движейки се към глобализация на пазара неизбежно ще се появят и проблеми, свързани със създаването на производствени рискове, комерсиализация на технологиите, както и с обучението на кадри от нов тип, с нова компетентност и манталитет.

Литература

1. Гергов, С. Авторско свидетелство № 87571/1990 "Многооперационна машина за механична обработка", 1990
2. Гергов, С. Методология за изграждане на реконфигуриращи се многооперационни системи за механично обработване, Дисертация за присъждане на научната степен „д.т.н.“, ТУ – София, 2007, стр. 263
3. Buzacott, J. A. A Perspective on New Paradigm in Manufacturing, J. of Manufacturing Systems, Vol. 4, No. 2, p. 118-125, 1995
4. Garro, O. and P. Martin, 1993, Towards New Architecture of Machine Tools, Int. J. Prod. Res., Vol. 31, No. 10, p. 2403-2414
5. Gopalakrishnan, V., D. Fedewa, M. G. Mehrabi, S. Kota, and N. Orlandea. Parallel Structures and Their Applications in Reconfigurable Machining Systems, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2002, Vol. 124, p. 483-485
6. Koren, Y., Hu, J., and Weber, T. Impact of Manufacturing System Configuration on Performance, Annals of the CIRP, 1998, Vol. 47/1, p. 689-698
7. Michalek, J.J., F.M. Feinberg, P.Y. Papalambros. An optimal marketing and engineering design model for product development using analytical target cascading, Proceedings of the TMCE 2004, Lausanne, Switzerland, April 12-16, 2004
8. Mehrabi, M.G., Ulsoy, A.G., Koren, Y. Reconfigurable Manufacturing Systems: Key to Future Manufacturing, Japan/USA Symposium on Flexible Automation, 1998, p 677-682
9. Moon, Y.M., S. Kota. Generalized Kinematic Modelling of Reconfigurable Machine Tools, Journal of Manufacturing Science and Engineering, 2002, Vol. 124, p. 47-51
10. Noaker, P. M. The Search for Agile Manufacturing. Manufacturing Engineering, Vol. 13, 1994, p. 40-43
11. Reuven Katz, L. Zhe. Conceptual Design of a High Speed Drilling Machine (HSDM) Based on PKM Module, University of Michigan, USA, Francois Pierrot, University of Montpellier, LIRMM, FRANCE, ERC/RMS Report # 37, March 27, 2002
12. Steward, D. A platform with six degrees of freedom, Proc. Inst. Mech. Engineering, 1965-66, V. 180, pt. 1, p.371-386
13. Teresko, J. Making Machine Tools Reconfigurable, Industry week-leadership in Manufacturing, 7.1.2002
14. Vicq, A. 21st Century Machinery, AMTRI Co., UK, 2002, http://www.amtri.co.uk/amtri_non_asp/articles/21century/Century.pdf
15. World Machine Tool Output & Consumption Survey, Producers, 2005, <http://www.gardnerweb.com/consump/produce.html>

