

**ПРАКТИЧЕСКИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА CAD/CAM СИСТЕМИТЕ В  
МЕТАЛОРЕЖЕЩИТЕ МАШИНИ****PRACTICAL APPLICATIONS OF THE CAD/CAM SYSTEMS IN  
THE MACHINE TOOLS**

**PhD Madlena Zhilevska**  
Technical College of Lovech

**PhD Marin Zhilevski**  
Technical University of Sofia

**Abstract**

*The architecture of the machine tools with digital program control is presented. The main stages in the design of the workpiece are formulated. Some practical possibilities of CAD / CAM systems in details with complex geometric form are presented. The research held as well as the results obtained can be used in the practical study of different classes of machine tools with digital program control.*

**Keywords:** CAD/CAM; geometric model, milling machine, turning machine.

**ВЪВЕДЕНИЕ**

Автоматизацията е един от основните пътища за повишаване на ефективността и качеството на машиностроителното производство при механичната обработка на детайлите. Тенденция в световен мащаб е към комплексна автоматизация на всички дейности, свързани с разработването, производството и експлоатацията на различни машиностроителни изделия. Наред с непрекъснатото увеличаване на степента на автоматизация на заетите в производството машини, все по-голямо внимание се отделя и на автоматизацията на инженерния труд [1, 2].

Основен елемент при автоматизацията на инженерния труд се явяват CAD/ CAM системите, използвани при етапа на проектирането и производство на детайлите. Производителността и възможностите на CAD системите непрекъснато се увеличават. Днес те предлагат силно развит интерактивен графичен диалог между системата и потребителя, разширена кинематична симулация и възможности за интегриране на актуални стандарти и добри индустриални практики. Проектантите се стремят към

постигането на по-интерактивно представяне на проектите с цел максимално доближаване на виртуалния продукт до реалните експлоатационни условия. Всички тези новости дават на потребителите най-краткия път до производството на конкурентни продукти с висока добавена стойност [3, 4, 5].

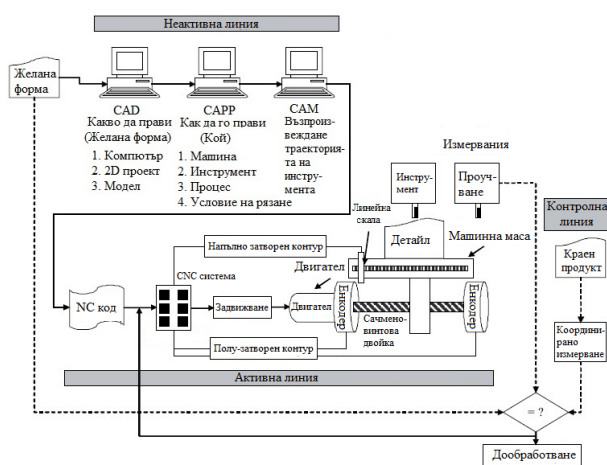
Геометричните модели, използвани в CAD системите могат да бъдат: двумерни – представляват проекциите на обекта в декартова координатна система; две и половина мерни - моделът се задава чрез равнинна фигура и нейната ротация или трансляция по третата координатна ос; тримерни - тези модели представляват обекта в тримерното пространство [6].

В настоящата статия е представена архитектурата на металорежещите машини с ЦПУ и са формулирани основните етапи, през които се преминава до достигане до процеса на реална обработка на детайла от металорежещата машина. Показани са някои практически възможности на CAD/CAM системите при разработката на детайли със сложна геометрична форма с използване на специализирани софтуери.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Основното изискване към металообработващите машини е да бъде обработен детайл със зададена точност и гладкост за максимално кратко време със зададени оптимални режими на рязане. За целта е необходимо да бъдат отчетени всички етапи, през които се преминава до получаването на готовия продукт.

На фиг. 1 е представена архитектурата на металообработваща машина с ЦПУ, като тя отчита процеса на протичане на операциите до получаване на обработения детайл [7, 8, 9].



Фиг. 1. Архитектура на металорежеща машина с ЦПУ.

До получаване на готовия продукт се преминава през следните три етапа:

1. Проектантска част - след уточняване на формата на детайла, се създава геометричен модел чрез 2D или 3D компютърни модели на проектиране (CAD). След завършване на геометричното моделиране, се извършва компютърното проектиране на технологични процеси (CAPP). Компютърното производство (CAM) е изпълнението на финалната фаза за генериране на частта от програмата, необходима да бъде въведена в машината.

2. Реална машинна обработка – чрез системата за ЦПУ се осъществява позиционно управление на системата за електрозадвижване. Въртеливото движение на двигателя се преобразува в линейно чрез механични предавки - сачмено-винтови двойки, загтовката или инструмента се позиционира

на желаното място и се оформя желания контур [10, 11].

3. Контролен орган – извършване на „Компютърна инспекция“, тоест проверка на крайната част. В този етап „Блока за координирано измерване“ извършва сравнение между резултата и геометричния модел, за да се извърши необходимата компенсация.

Чрез тези три етапа, металообработващите машини с цифрово- програмно управление могат да осигурят изискванията за висока точност и производителност при обработката на детайлите.

В практиката съществуват различни софтуери, които се използват за реализацията на CAD/ CAM системите при метало-режещите машини, като например ESPIRE VECTRIC, AUTOCAD, SprutCAM, SolidWorks и други. Общото при тях е, че до процеса на реална обработка на детайла от машината се преминава през следните етапи:

- създаване на геометрична форма на детайла;
- конфигурация на класа машина и дефиниране на съответните параметри;
- анализ на детайла и определяне на необходимите инструменти за обработка;
- изчисляване на съответните параметри, като скорост на рязане, скорост на подаване, подаване за радиан, скорост на вретеното;
- генериране траекторията на инструмента;
- симулация на процеса при обработка;
- генериране на програмната част, необходима за машината;
- въвеждане в машината.

Като практически примери са разгледани механични обработки при фрезови и стругови машини.

### 2D машинна обработка

Представените примери се отнасят за 2D механична обработка на детайли с фрезова и стругова машина.

Разработването на геометричен модел на детайла, представен на фиг. 2 чрез използване на специализиран софтуер – в случая AUTOCAD. Генерирането на коректна „програмна част“ за машината изисква изчисляването на:

- скоростта на вретеното:

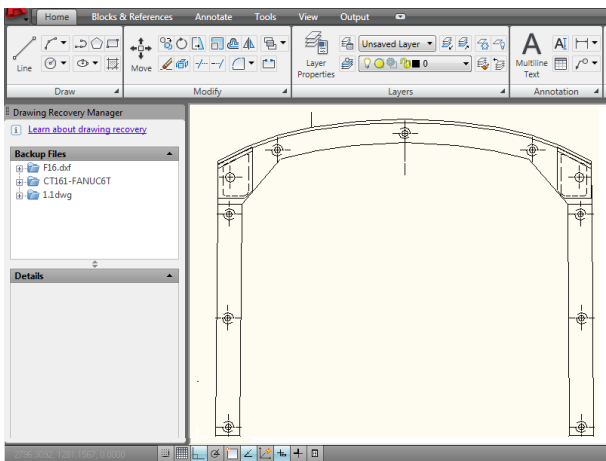
$$(1) \quad \omega = \frac{V_c \times 2}{D_c} \approx 102.05 \text{ rad/s} \approx 975 \text{ rev/min},$$

където  $V_c$  е скорост на рязане,  $D_c$  – диаметър на инструмента;

- скоростта на подаване:

$$(2) \quad V_f = \frac{f_z \times \omega \times z}{2 \times \pi} \approx 0.015 \text{ m/s} \approx 900 \text{ mm/min}$$

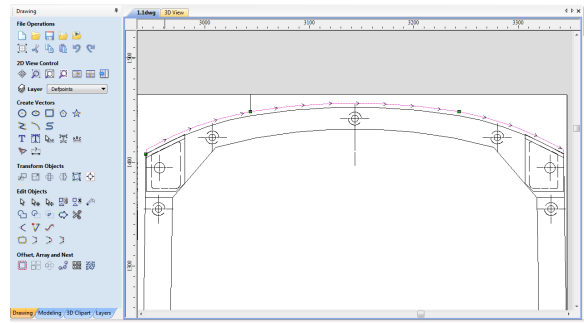
където  $f_z$  е подаване за зъб на инструмента,  $z$  - брой зъби на инструмента.



Фиг. 2. Геометричен модел на детайла за обработка с фрезова машина.

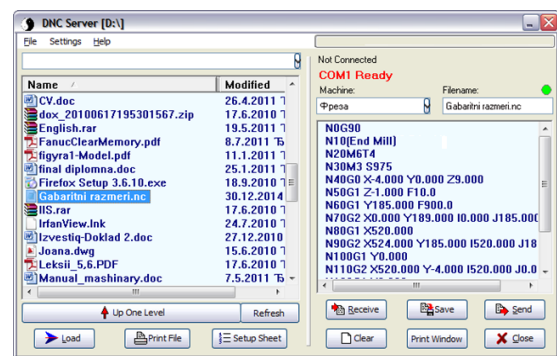
Разработения в AUTOCAD модел се въвежда в специализиран софтуер, като в случая това е ASPIRE VECTRIC. За генериране траекторията на инструмента се преминава през няколко последователни етапа, които се изискват от използваната програма:

- задават се вида на обработвания материал и габаритните му размери;
- задават се вида на операцията и параметрите на инструмента;
- избира се желания контур, който ще се обработва;
- задава се команда за генериране на траектория на инструмента;
- генериране на траектория на инструмента, показана на фиг. 3 с червена линия.



Фиг. 3. Софтуер за генериране траекторията на инструмента.

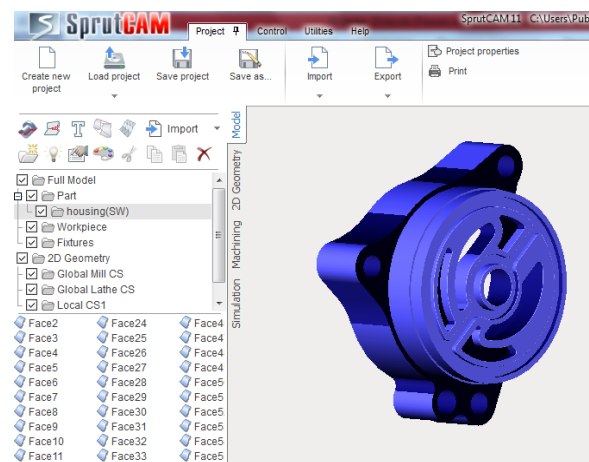
Следващата стъпка е да се въведе програмната част в машината, като това става чрез софтуера, показан на фиг. 4.



Фиг. 4. Софтуер за въвеждане на „програмната част“

След въвеждането в машината може да бъде извършена и реалната обработка.

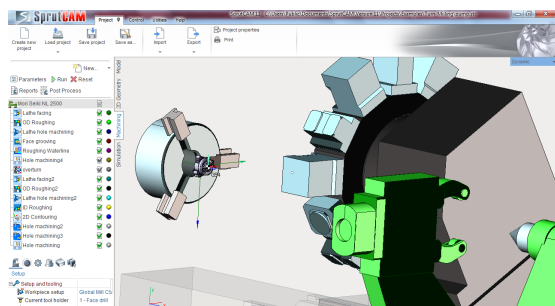
Вторият пример с 2D обработка се отнася за комбинирана фрезно-стругова машина с използване на специализирания софтуер SprutCam 11.



Фиг. 5. Геометрична форма на детайла за обработка със струго-фрезова машина.

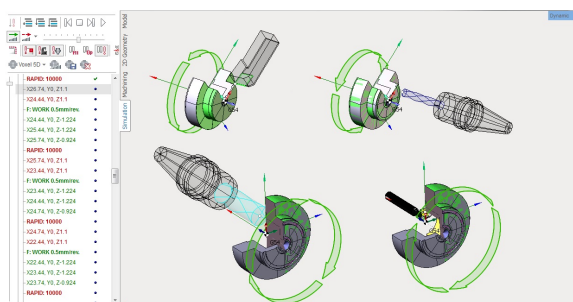
На фиг. 5 е представен геометрична форма на детайла за обработка със струго- фрезова машина.

На фиг. 6 е дадена подготовката за обработка, като е избран класа машина, инструменти, уточнени са необходимите операции, изчислени са скоростите на рязане и подаване.



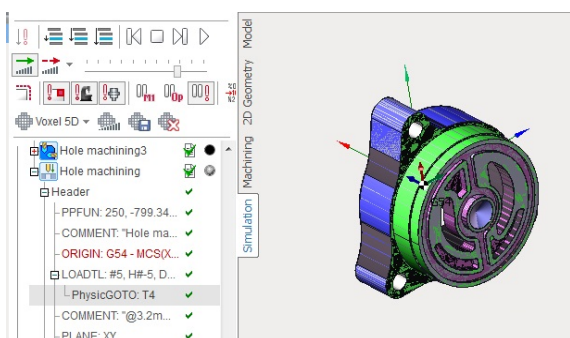
Фиг. 6. Подготовка за симулация на обработка със специализиран софтуер.

След разработването на геометричната форма на детайла, дефиниране параметрите на инструментите и режимите на рязане, се извършва симулация на процеса на обработка със специализирания софтуер. Част от симулационните резултати при процеса на механична обработка са показани на фиг. 7.



Фиг. 7. Симулационни резултати.

На фиг. 8 е даден получения симулационно обработения детайл.

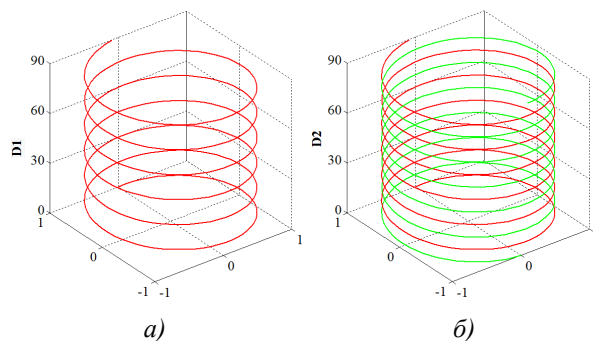


Фиг. 8. Обработен детайл.

### 3D Машинна обработка

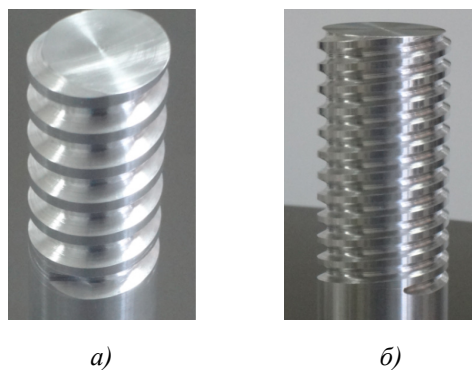
Представени са два конкретни примери за 3D фрезова обработка на детайли с фрезови машини. Тяхното предназначение е като валове с едноходова и двуходова резба със стъпка 15 mm.

На фиг. 9а с червена линия е представена описваната траектория на движение от инструмента при разработването на едноходовата резба, където D1 – обработваемата част от първия детайл. На фиг. 9б е представена описваната траектория на движение от инструмента при разработването на двуходовата резба, където D2 – обработваемата част от втория детайл. С червена линия е представена единия ход от резбата, а със зелена – втория ход, като неговото начало е дефазирано на 180° от първата част.



Фиг. 9. Траектории на движение на инструмента при 3D обработка.

На фиг. 10 са представени обработените детайли след извършване на механична обработка с фрезовите машини. На фиг. 10а е представен обработения детайл с едноходова резба, а на фиг. 10б е представен детайл с двуходова резба, като двата хода са дефазирани на 180°.



Фиг. 10. Обработени детайли с фрезови машини.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представена е архитектурата на метало-режещата машина с цифрово- програмно управление.

Формулирани основните етапи, през които се преминава до достигане до процеса на реална обработка на детайла от метало-режещата машина.

Проектирани са детайли със сложна геометрична форма на базата на използвани специализирани софтуери и са практически обработени на фрезови и стругови машини.

## REFERENCE

- [1] <http://www.engineering-review.bg/bg/cad-cam-tehnologii-v-razvitie/2/3247/>
- [2] Atanasov, I., Overview of the technological features and new trends in CAM systems development, XXIV МНТК „АДП-2015”, 519-525, ISSN-1310-3946.
- [3] Lazov, L., *Application of CAD in machine building*, Technical University of Sofia, 2004, ISBN 954-438-421-9.
- [4] Radhakrishnan, P., S. Subramannyan, V. Raju, *CAD/ CAM/ CIM, Third edition*, New Age International, ISBN 978-81-224-2711-0.
- [5] Krar, S., A. Gill, P. Smid, P. Wanner, *Machine Tool Technology Basics*, ISBN 978-0831-131340.
- [6] Sarfraz, M., *Geometric Modeling: Techniques, Applications, Systems and Tools*, 2004, ISBN 978-90-481-6518-6.
- [7] Joshi, P. H., *Machine Tools Handbook*, Tata McGraw-Hill Education, ISBN 9780071331500.
- [8] Smid, P., *CNC Programming Handbook*, Industrial Press, 2007, ISBN 9780831192372.
- [9] Suh, S., S. - K. Kang, D. – H. Chung, I. Stroud, *Theory and Design of CNC Systems*, 2008, ISBN 978-1-84800-335-4.
- [10] Zhilevski., M. M. Mihov, Methodology for selection of feed drives for turning machines, *Technics. Technologies. Education. Safety.*, vol. 2 (5), № 2, 166-169, 2018, ISSN 2535-0315.
- [11] Mihov M., **M. Zhilevski**, Performance Improvement of a Type of Milling Machines, *Proceedings of the International Conference “Research and Development in Mechanical Industry”*, Vol. 1, pp. 218-227, Kopaonik, Serbia, 2013, ISBN 978-86-6075-042-8.