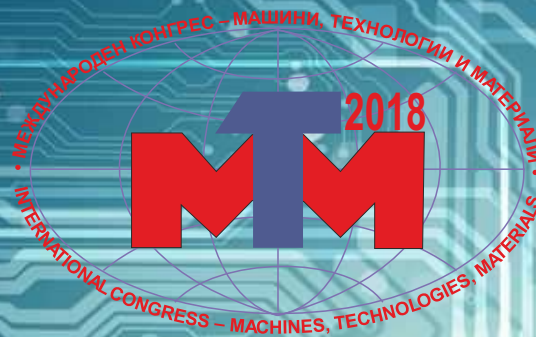


XV INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONGRESS

SUMMER SESSION

12 - 15.09.2018, VARNA, BULGARIA



**MACHINES
TECHNOLOGIES
MATERIALS 2018**

PROCEEDINGS

VOLUME II

MACHINES

INDUSTRIAL INFORMATICS &

MATHEMATICAL MODELING

MANAGEMENT

ISSN 2535-0021 (Print)

ISSN 2535-003X (Online)

**ORGANIZER
SCIENTIFIC-TECHNICAL UNION OF MECHANICAL ENGINEERING
BULGARIA**

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
MACHINES. TECHNOLOGIES. MATERIALS

12-15.09.2018, VARNA, BULGARIA

PROCEEDINGS

YEAR II, ISSUE 2 (9), SOFIA, BULGARIA 2018

VOLUME II
MACHINES
INDUSTRIAL INFORMATIC & MATHEMATICAL MODELING
MANAGEMENT

ISSN 2535-0021 (PRINT)
ISSN 2535-003X (ONLINE)

PUBLISHER:

**SCIENTIFIC TECHNICAL UNION OF MECHANICAL
ENGINEERING**

108, Rakovski Str., 1000 Sofia, Bulgaria
tel. (+359 2) 987 72 90,
tel./fax (+359 2) 986 22 40,
office@mtmcongress.com
www.mtmcongress.com

СЪГЛАСУВАНЕ НА ЗАДВИЖВАНИЯТА НА СТРУГОВИ МАШИНИ С ЦИФРОВО-ПРОГРАМНО УПРАВЛЕНИЕ

COORDINATION OF THE DRIVES IN TURNING MACHINES WITH DIGITAL PROGRAM CONTROL

СОГЛАСОВАНИЕ ПРИВОДОВ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ С ЦИФРОВЫМ-ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

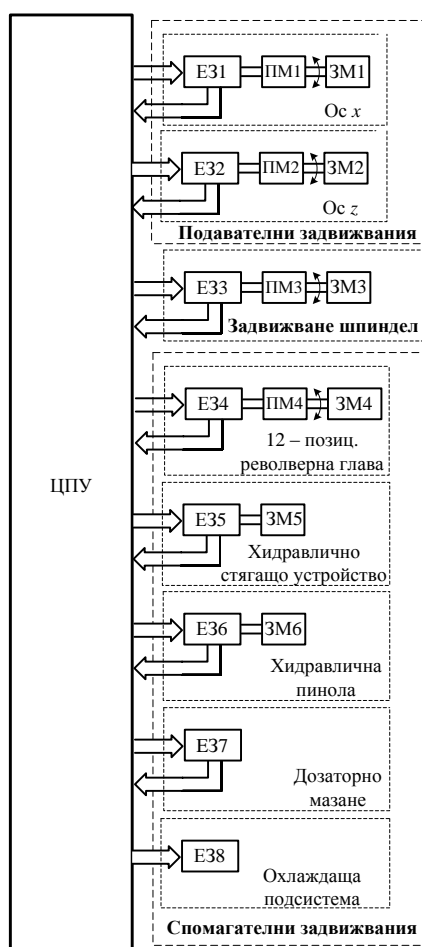
Гл. ас. д-р инж. Жилевски М., Проф. д-р инж. Михов М.
 Технически университет – София, България
 E-mail: mzhilevski@tu-sofia.bg, mikhov@tu-sofia.bg

Abstract: This paper describes the coordination of drives in turning machines with digital program control. Based on specialized software a geometrical model of a processed workpiece was developed and the respective trajectory of the used tool was generated. The necessary code for the machine was formed and the developed program was entered into the turning machine for execution. An example illustrating the practical implementation of the offered algorithm is presented. Studies carried out and the results obtained can be used in setting up of the considered class of machine tools.

KEYWORDS: TURNING MACHINES, GEOMETRICAL MODEL, COORDINATION OF DRIVES

1. Въведение

Струговите машини са предназначени за обработка чрез струговане на ротационни симетрични детайли, изградени от външни и вътрешни цилиндрични, конусни, профилни и челни повърхнини [1]. Те включват две подавателни оси, шпиндел, както и други спомагателни подсистеми, с които се осигурява правилната работа на съответната машина. Основните проблеми при модернизацията на такива машини са анализирани в [2].



Фиг. 1. Блокова схема на системата за електрозадвижване.

Блоковата схема на системата за електрозадвижване за разглеждания клас стругови машини е представена на фиг.1, където използваните означения са: ЦПУ – устройство за цифрово-

програмно управление; E31 – електрозадвижване на координатната ос x; E32 – електрозадвижване на координатната ос z; E33 – електрозадвижване на шпиндела; E34 – електрозадвижване на дванадесет позиционната револверна глава; E35 – електрозадвижване на хидравличното стягащо устройство; E36 – електрозадвижване на хидравличната пинола; E37 – електрозадвижване на подсистемата от дозаторно мазане; E38 – електрозадвижване на охлаждащата подсистема; PM1 ÷ PM4 – подавателни механизми; ZM1 ÷ ZM6 – задвижвани механизми за съответните електрозадвижвания.

С цел модернизация на клас стругови машини с цифрово-програмно управление е извършено следното: изчислени са и са избрани подходящи електрозадвижвания по координатните оси и шпиндела; предложени са алгоритми за управление, с които се осъществява подобряване на точността и бързодействието на машината; направени са редица подобрения на спомагателните задвижвания за повишаване на експлоатационния им живот; разработени са управляващи ладер-диаграми; повишена е надеждността и срока на работа на машините [3]-[6].

При практическото използване на струговите машини от съществено значение е да бъде осъществено прецизно съгласуване на използваните системи за електрозадвижване.

В настоящата статия е представен разработен алгоритъм за съгласуване на задвижванията при стругови машини с цифрово-програмно управление. Илюстрирано е практическото приложение на този алгоритъм с разработката на конкретен детайл. Направените изследвания може да бъдат използвани при настройката на такива системи за електрозадвижване при разглеждания клас стругови машини.

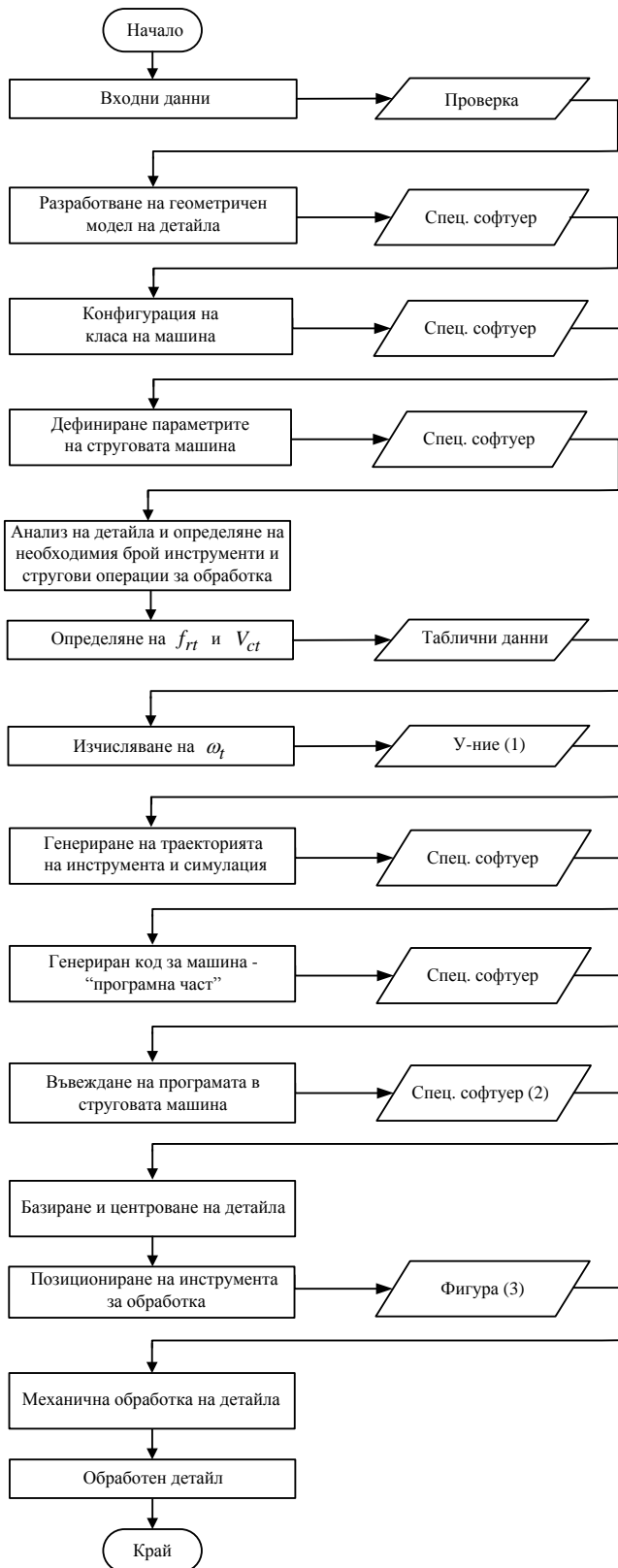
2. Особенности на алгоритъма за съгласуване

Основните изисквания, които трябва да бъдат отчетени при разработването на алгоритъма за съгласуване на задвижванията са следните: отчитане на обработвания материал; извършване проверка на използваната система за електрозадвижване за възможността за механична обработка на желанния детайл; осигуряване на максимално бързодействие с използване на подходящи движения и алгоритми; отчитане на работните ходове на машината; подходящ избор на инструменти, скорост на рязане и подаване.

Блокова схема на разработения алгоритъм с практическо приложение е представена на фиг. 2, където използваните означения са следните: ω_s – скорост на шпиндела при стругова обработка; f_{rt} – подаване за радиан; V_{ct} – скорост на рязане.

Като входни данни се въвеждат: типа на струговата обработка и съответния материал; размери на детайла; параметри на инструментите, с които ще се извършва механичната обработка.

След въвеждане на входните данни се осъществява проверка на параметрите в следната последователност: отчитат се работните ходове на машината спрямо размерите на обработвания детайл; сравняват се параметрите на внедрената система за електрозадвиждане с изчислената, получена на базата на методиките за главно и подавателни електрозадвижвания, представени в [3] и [4].



Фиг. 2. Алгоритъм за съгласуване на задвижванията.

Използваните в алгоритъма специализирани софтуерни продукти се отнасят до: разработване на геометричен модел на детайла, генериране на траекторията на инструмента и „прог-

рамната част“ на машината; въвеждане в металообработващата машина.

Параметрите f_{rt} и V_{ct} се определят от базата данни на фирмата производител на инструменти за стругови машини.

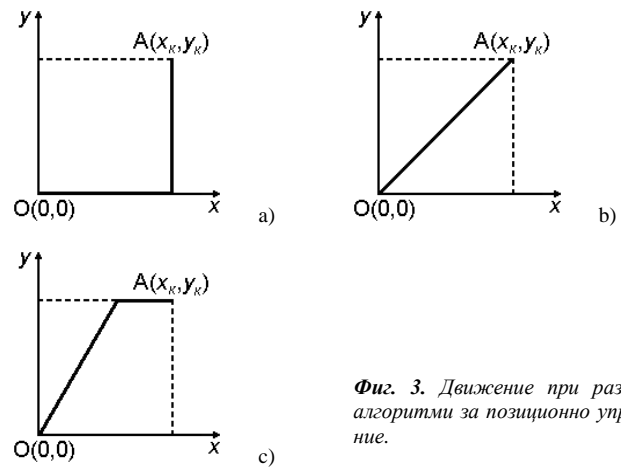
Скоростта на шпиндела се изчислява по следното уравнение [7]:

$$(1) \quad \omega_t = \frac{V_{ct} \times 2}{D_{mt}}$$

където D_{mt} е диаметърът на детайла, който ще бъде обработван от струговата машина.

Следващата стъпка от алгоритъма е базирането, центроването на обработвания детайл и съобразяване с координатите на машината.

Позиционирането на инструмента се осъществява посредством подходящи алгоритми за двукоординатно позиционно управление, представени на фиг. 3, с което се обезпечават показателите точност, бързодействие и производителност.



Фиг. 3. Движение при различни алгоритми за позиционно управление.

Последната стъпка от разработения алгоритъм е извършването на струговата операция и получаване на обработения детайл.

3. Практическо приложение на алгоритъма

Практическото приложение на алгоритъма, е илюстрирано посредством разработване на конкретен детайл от модернизиранията стругова машина.

Введените входни данни са следните: вид на обработвания материал – калибрована стомана; данни, свързани с детайла: габаритни размери – диаметър $\varnothing 0.025$ m; вид на механичната обработка – струговане, пробиване, нарязване на резба и отрязване на детайла; параметри на инструментите участващи в разработването на детайла – стругова пластина; свредло с диаметър $\varnothing 0.0085$ m; метчик за нарязване на вътрешна резба – M10; отрязан нож – ширина 0.003 m.



Фиг. 4. Двукоординатно електрозадвиждане x-z.

След извършена проверка на базата на разработените методики, използваните електрозадвижвания удовлетворяват необходимите изисквания за механична обработка и имат следните номинални параметри на двигателите [8]:

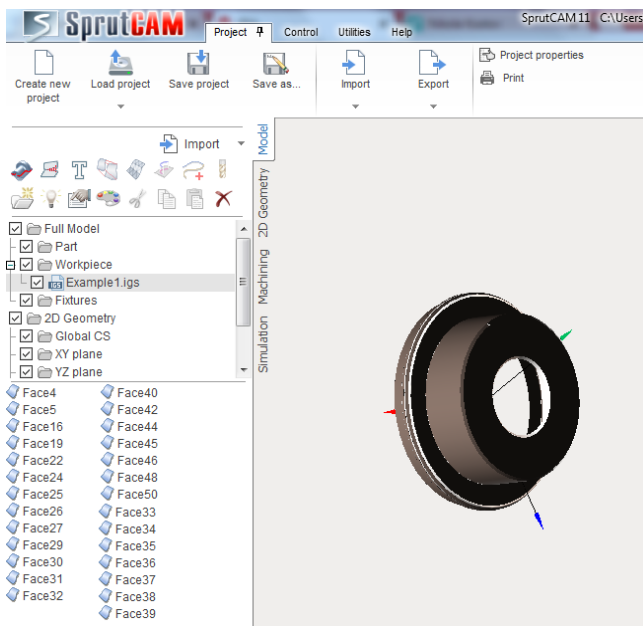
- координатна ос x: $M_{fx} = 5.4 \text{ Nm}$, $\omega_{fx} = 209.34 \text{ rad/s}$;

- координатна ос z: $M_{fz} = 17.6 \text{ Nm}$, $\omega_{fz} = 157 \text{ rad/s}$;

- главно движение: $P_{nom} = 11 \text{ kW}$, $\omega_{nom} = 104.67 \text{ rad/s}$.

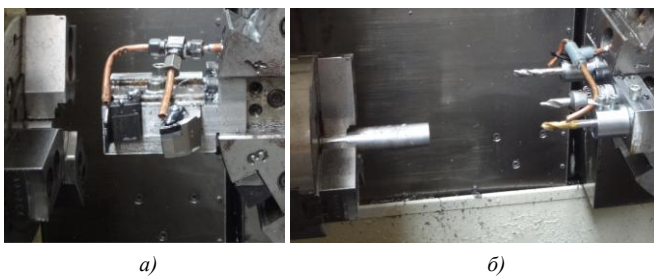
На фиг. 4 е представено реализираното двукоординатно електрозадвижване за машина от разглеждания клас машини.

За изработката на геометричния модел на детайла, конфигуриране на класа и дефиниране параметрите на струговата машина, е използван специализиран софтуер – SprutCAM 11 [9]. На фиг. 5 е показана получената геометрична форма на детайла.



Фиг. 5. Геометрична форма на детайла.

Следваща стъпка е свързана с определяне на необходимия брой инструменти за обработка и въвеждането им в специализирания софтуер. В случая са необходими 5 инструмента за пълната реализация на детайла. С цел намаляване на машинното време са разработени две специални приспособления, на които са разположени съответно три и два инструмента (фиг. 6а и 6б).



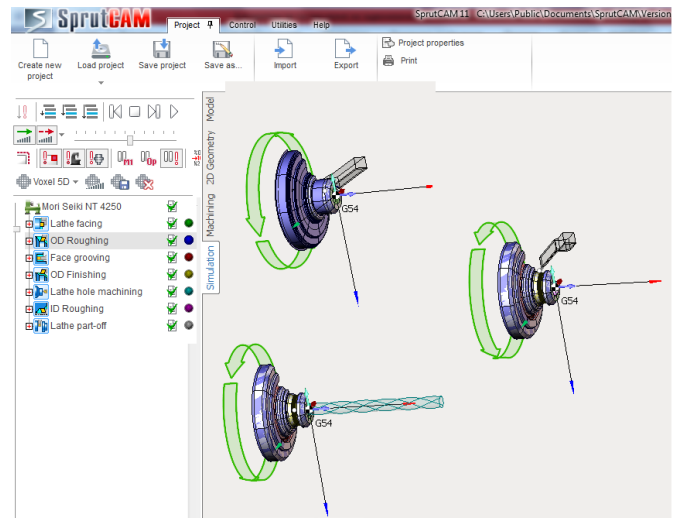
Фиг. 6. Използвани инструменти за механичната обработка.

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

Генерирането на коректна „програмна част“ за машината изисква:

- определяне на подаването за радиан от каталожните данни, посочени от производителя на инструменти за всяка от операциите. Като пример за една от операциите е определено, че: $f_{r1} \approx 1.6 \times 10^{-5} \text{ m/rad}$;

- определяне на скоростта на подаване от каталожните данни, представени от производителя на инструменти. Като пример за една от операциите: $V_{ct} = 1.5 \text{ m/s}$;
- изчисляване на скоростта на шпиндела. Като пример за една от операциите: $\omega_t = \frac{V_{ct} \times 2}{D_{mt \text{ max}}} = 120 \text{ rad/s}$.

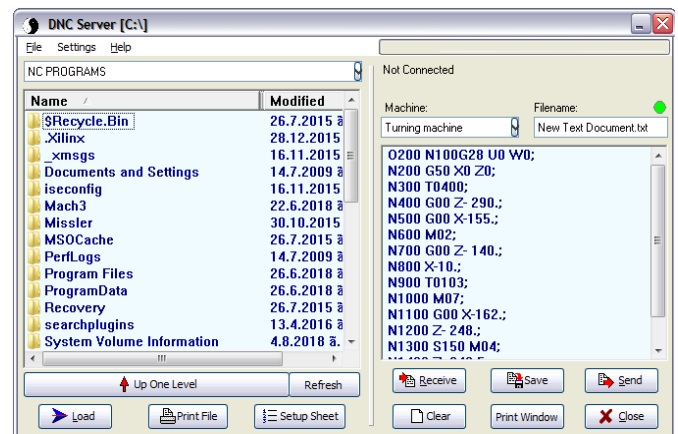


Фиг. 7. Симулационни резултати при механичната обработка.

След извършване на необходимите стъпки, програмата SprutCAM 11 генерира необходимия код за механична обработка на подходящ машинен език, наречен „програмна част“, който описва траекторията на инструмента. Част от този код има следния вид:

```
O200 N100G28 U0 W0;
N200 G50 X0 Z0;
N300 T0400;
N400 G00 Z- 290.;
N500 G00 X-155.;
N600 M02;
N700 G00 Z- 140.;
N800 X-10.;
N900 T0103;
N1000 M07;
N1100 G00 X-162.;
N1200 Z- 248.;
N1300 S150 M04;
N1400 Z- 240.5;
N1500 G32 Z- 247.5 F1.25; ...
```

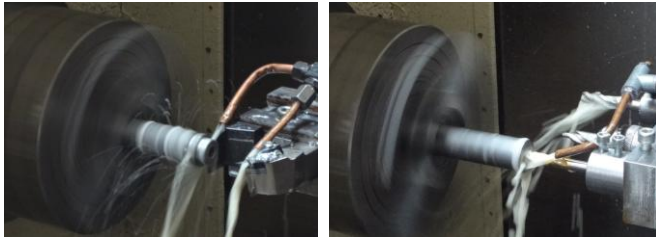
На базата на представения на фиг. 8 специализиран софтуер, генерираната програмна част се въвежда в паметта на металообработващата машина.



Фиг. 8. Софтуер за въвеждане на „програмната част“.

След въвеждане на програмата в машината, се извършва базиране, центроване на детайла и последвалата механична обработка до получаване на желания контур.

На фиг. 9а и 9б са показани процесите на механична обработка, съответно при отрязване и пробиването на детайла от модернизирания стругова машина.



а) б)
Фиг. 9. Процеси на механична обработка.

След осъществяване на механичната обработка се получава обработен детайл, показан на фиг. 10.



Фиг. 10. Обработен детайл.

4. Заключение

Формулирани са изискванията, които трябва да бъдат отчетени при съгласуване на задвижванията на стругови машини с цифрово-програмно управление.

Предложен е алгоритъм за координиране на съответните движения, при който се отчитат специфичните особености на технологичния процес, вида на обработвания материал, параметрите на използвания инструмент, механичната предавка и други фактори. На базата на специализирани софтуери се раз-

работва геометричен модел на обработвания детайл, генерира се траекторията на инструмента, формира се необходимия код за машината и получената програма се въвежда в паметта на струговата машина за реално изпълнение.

Представен е конкретен пример с преминаването през всички последователни стъпки на алгоритъма до цялостната изработка на конкретен детайл.

Благодарности

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Научноизследователски проект „Перспективни ръководители“ на ТУ – София № 181ПР0003-08/2018.

Литература

- [1] Попов Г., *Металорежещи машини, част I: Приложимост, устройство и управление, Книга втора*, Технически университет – София, София, 2010, ISBN 978-954-438-766-2.
- [2] Жилевски М., Основни проблеми при струговите машини с ЦПУ, *Технически колеж - Ловеч*, 132-136, 2017, ISSN 2535-079X.
- [3] Zhilevski M., M. Mikhov, Methodology for Selection of Spindle Drives for Turning Machines, *International Journal Of Engineering Research And Development*, Vol. 14, Issue 5, Version 2, pp. 42-48, 2018, e- ISSN:2278-067X; p- ISSN:2278-800X.
- [4] Жилевски М., М. Михов, Методика за избор на подавателни задвижвания за стругови машини, *Техника. Технологии. Образование. Сигурност.*, т. 2 (5), № 2, 166-169, 2018, ISSN 2535-0315.
- [5] Жилевски М., Повишаване на експлоатационния живот на клас стругови машини, *Техника. Технологии. Образование. Сигурност.*, т. 2 (5), № 2, 170-173, 2018, ISSN 2535-0315.
- [6] Zhilevski M., M. Mikhov, Study of Two-Coordinate Electric Drives of Turning Machines, *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 5, Issue 6, pp. 29-34, 2018, ISSN: 2394-3661.
- [7] Sandvik Coromant, *Metalcutting Technical Guide: Turning, Milling, Drilling, Boring, Toolholding*, Sandvik, 2005.
- [8] Servomotors, *Gama Motors Catalogue*, 2014.
- [9] http://www.aertia.com/docs/sprut/SprutCAM40_Eng_Pdf.pdf.