

## CAD/CAE АНАЛІЗ ЕЛЕМЕНТІВ ФРЕЗЕРНО-ГРАВІРУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА З ЧПК

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Досліджено вплив сили різання на фізико-механічні характеристики елементів фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК. Запропоновано рекомендації зменшення собівартості фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК.

**Ключові слова:** Autodesk Inventor, фізико-механічні характеристики, фрезерно-гравірувальний верстат.

### Abstract

The influence of the cutting force on the physical and mechanical characteristics of the elements of a CNC milling and engraving machine has been studied. Recommendations for reducing the cost of a CNC milling and engraving machine are proposed

**Keywords:** Autodesk Inventor, physical and mechanical characteristics, milling and engraving machine.

### Вступ

CAD/CAE аналіз дозволяє дослідити та покращити вже відомі та популярні рішення. Імітаційні дослідження дії сил різання під час обробки різних матеріалів на фрезерно-гравірувальний верстат з ЧПК дає можливість перевірити фізико-механічні характеристики його елементів. Для фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК одним із найважливіших фізико-механічних характеристик є його жорсткість, що напряму забезпечує точність обробки. Метою роботи є покращити фізико-механічні характеристики елементів фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК з можливістю здешевлення його конструкції.

Для дослідження обрано вже робочу модель CNC 3018-Plus фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК [1]. Тривимірну модель фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК розглянуто в CAD/CAE-системі Autodesk Inventor (див. рис. 1).

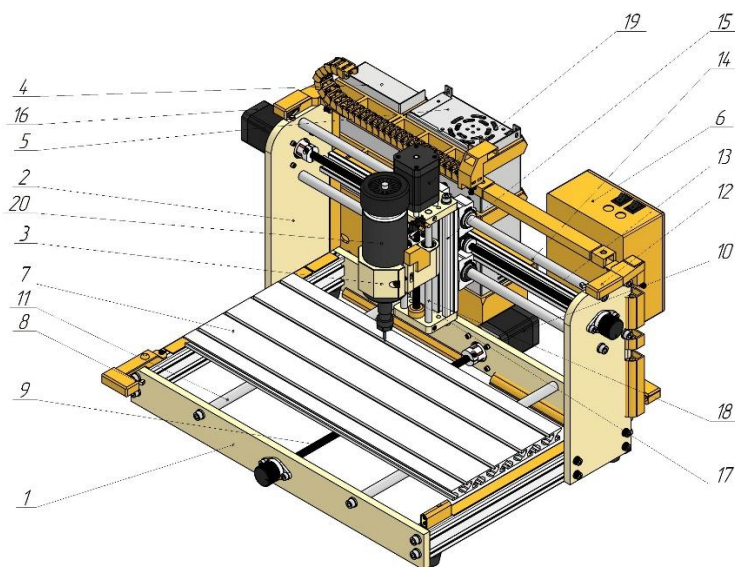


Рисунок 1 – Тривимірна модель фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК (CNC 3018-Plus)

## Результати дослідження

Проведено розрахунок режимів різання для заготовки з латуні та встановлено, що для фрези  $\varnothing 2$  мм з частотою обертання 15000 об/хв, глибиною різання 0,8 мм, кількістю зубів 1, маємо швидкість різання 94,25 м/хв, силу різання 61,88 Н, потужність 0,11 кВт, крутний момент 0,62 Нм [2]. Отримані режими різання накладені на 3D модель заготовки з основою верстату та створено сітку методом кінцевих елементів (див. рис. 2, а) [3, 4].

Процес імітаційного моделювання проводився в прикладній програмі Autodesk Inventor при різних позиціонуваннях столу вздовж основи верстата. Обрано три позиції: 1 – крайня позиція, які відповідає за найбільш віддалене розташування столу від крокового двигуна; 2 – середня позицію та 3 – максимально наближена до крокового двигуна позиція.

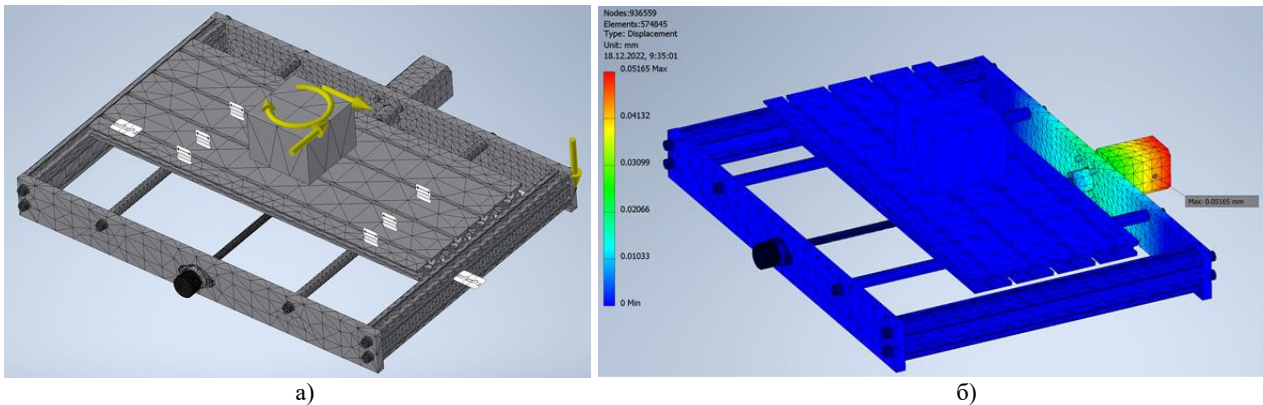


Рисунок 2 – Результати: а) розбиття основи верстата з деталлю методом кінцевих елементів та б) деформація від дії сил та моменту під час різання латунної заготовки

В результаті аналізу на міцність елементів основи верстата (див. рис. 2, б) отримано значення напруження по Мізесу та максимальне зміщення для трьох позицій столу. На рис. 3 побудовано залежності зміни напруження та жорсткості елементів основи верстата. Розрахунки проведено для перемичок (елементів конструкції основи верстата, на які встановлюється кроковий двигун з ходовим гвинтом і направляючими) з двох матеріалів: алюмінієвого сплаву 6061 та текстоліту (матеріал на основі фенол-формальдегідної смоли) [5]. Отримані дані будуть корисні для врахування деформації перемички під час роботи фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК, шляхом внесення поправочних коефіцієнтів в програму обробки [6, 7].

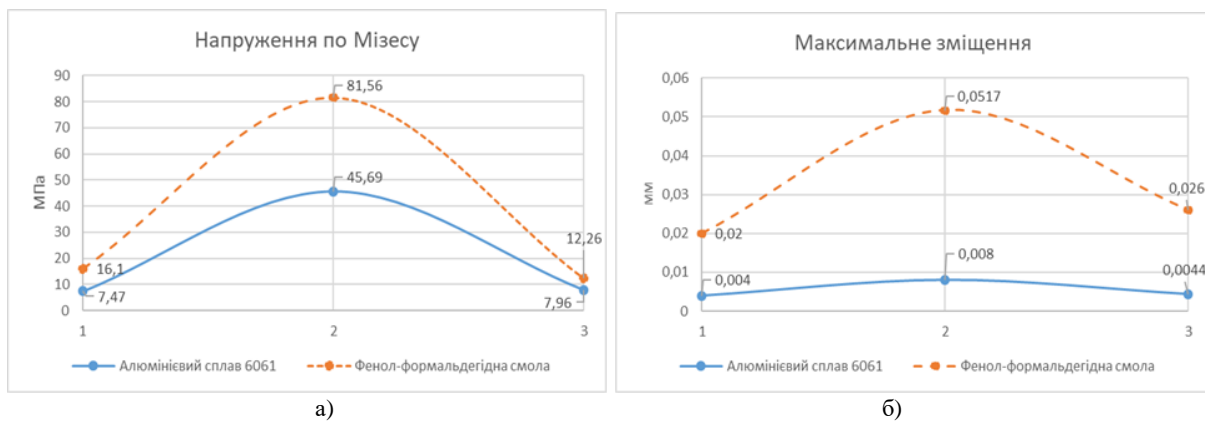


Рисунок 3 – Залежності напруження по Мізесу та максимального зміщення елементів основи верстата під час фрезерування латуні

## Висновки

В результаті імітаційного дослідження 3D моделей основи верстата (CNC 3018-Plus) встановлено дію режимів різання латунної заготовки на параметри жорсткості їх елементів. Максимальне зміщення для перемички основи верстата з матеріалу текстоліт становить 0,0517 мм, а для цієї ж деталі із алюмінієвого сплаву 6061 – 0,008 мм. Також отримано залежність зміни жорсткості перемички від

позиціонування стола основи верстата. Для здешевлення конструкції фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК, за умови достатності жорсткості системи основи верстата до сотих долі міліметра, рекомендовано використовувати перемички із текстоліта.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Каталог: «Гравірувальні верстати» Інтернет ресурс: <https://rozetka.com.ua/355724802/p355724802/>
2. Металорізальні інструменти [Текст] : навч. посіб. / С.В. Швець. - Суми: СумДУ, 2019. - 272 с.
3. Kozlov L., Burenniko Yu., Piontkevych O., Paslavskaya O., Optimization of design parameters of the counterbalance valve for the front-end loader hydraulic drive, Proceedings of 22nd International Scientific Conference «МЕХАНІКА 2017», Kaunas University of Technology, Lithuania, (2017), 195-200
4. Petrov, O., Kozlov, L., Lozinskiy, D., Piontkevych, O.: Improvement of the hydraulic units design based on CFD modeling. In: Lecture Notes in Mechanical Engineering XXII, pp. 653–660 (2019). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6\\_65](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_65)
5. Удосконалення конструкції фрезерного верстата з ЧПК [Електронний ресурс] : [презентація] / викон. А. Д. Барановський; Вінницький національний технічний університет ; Факультет машинобудування та транспорту ; Кафедра технологій та автоматизації машинобудування. - Вінниця, 2022. - Назва з екрана.
6. Піонткевич О. В. Математична модель гідроприводу фронтального навантажувача з гальмівним клапаном / О. В. Піонткевич. – Вінниця : Вісник машинобудування та транспорту, 2015. – №2. – С. 83 – 90.
7. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни «САП верстатів з ЧПК» / Уклад. Д. О. Лозінський, О. В. Петров, О. М. Мироненко. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 42 с.

**Буткалюк Іван Вікторович** — студент групи ІПМ–22м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

**Гуцалюк Андрій Миколайович** — студент групи ІПМ–21б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: [guczalyuk2003@ukr.net](mailto:guczalyuk2003@ukr.net);

**Василишен Богдан Вікторович** — студент групи ІПМ–21б, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;

**Піонткевич Олег Володимирович** — к-т техн. наук, старший викладач кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [piontkevych@vntu.edu.ua](mailto:piontkevych@vntu.edu.ua).

**Butkaliuk Ivan V.** – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

**Hutsaliuk Andriy M.** — student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [guczalyuk2003@ukr.net](mailto:guczalyuk2003@ukr.net);

**Vasylyshen Bohdan V.** — student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

**Piontkevych Oleh V.** — Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: [piontkevych@vntu.edu.ua](mailto:piontkevych@vntu.edu.ua).