

АНАЛІЗ ПРОХІДНОГО РІЗЦЯ НА МІЦНІСТЬ ЗА ДОПОМОГОЮ CAE-СИСТЕМИ SOLIDWORKS SIMULATION

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Виконано тривимірну модель прохідного різця із пластиною. Розраховано режими різання для механічної обробки. Проведено статичний аналіз на міцність прохідного різця під час зрізування чорнового припуску з деталі заготовки. Розраховано запас міцності і коефіцієнти запасу міцності при критично руйнівних та раціональних режимах різання.

Ключові слова: інструменти, токарна операція, різець, режими різання.

Abstract

A three-dimensional model of a straight turning tool with an insert has been created. The cutting parameters for machining were calculated. A static structural analysis of the turning tool was conducted during the removal of the roughing allowance from the workpiece. The safety margins and factors of safety were calculated under critically destructive and optimal cutting conditions.

Keywords: tools, turning operation, cutter, cutting parameters.

Вступ

Надійність різального інструменту, його стійкість до руйнування та здатність забезпечувати задану точність розмірів оброблюваної деталі значною мірою визначають ефективність токарної обробки на виробництві [1, 2, 3]. Одним із напрямків підвищення продуктивності та зниження собівартості виготовлення деталей [4, 5] є використання сучасних прохідних різців з механічним кріпленням змінних багатограних пластин, які працюють у важких умовах силових та теплових навантажень [6, 7]. Дослідження характеристик матеріалів, з яких виготовляються сучасні різальні інструменти, ґрунтується на використанні математичних моделей та методів, що входять до професійної компетенції сучасних інженерів [8, 9, 10]. Інструмент повинен витримувати значні складові сили різання без пластичних деформацій та критичних вібрацій [11, 12, 13], зберігаючи при цьому високу жорсткість системи ВПД (верстат-пристрій-інструмент-деталь) [14, 15]. Тому питання оцінки напружено-деформованого стану прохідного різця в залежності від режимів різання та геометрії інструменту є актуальними.

Результати дослідження

Серед методів дослідження міцності та жорсткості металорізального інструменту найбільш ефективним є використання систем автоматизованого проєктування та інженерного аналізу (CAD/CAE) [16, 17]. У даній роботі для моделювання використано програмний комплекс SOLIDWORKS Simulation [18, 19, 20]. Повний цикл аналізу включав наступні етапи: створення тривимірної моделі різця (державка та ріжуча пластина); задання фізико-механічних властивостей матеріалів (сталь 45 для державки, твердий сплав T15K6 для пластини); генерація сітки скінченних елементів; прикладання граничних умов (фіксація державки) та зовнішніх навантажень (складові сили різання P_z , P_y , P_x); валідація моделі та безпосередній розрахунок напружено-деформованого стану.

Результати моделювання напружено-деформованого стану прохідного різця при різних режимах навантаження наведені на рис. 1. Дослідження проводились для сил різання в діапазоні від 2655 до 710 Н. Критерієм оцінки міцності обрано еквівалентні напруження, розраховані за теорією енергії формозміни (критерій фон Мізеса), а також коефіцієнт запасу міцності.

Аналіз розподілу полів напружень у тілі різця показує, що максимальні еквівалентні напруження концентруються у небезпечних перерізах ріжучої кромки різця. Максимальне зафіксоване напруження при піковому навантаженні становить 3539 МПа (рисунок 1, а), що значно перевищує межу пластичності матеріалу ріжучої пластини (з урахуванням коефіцієнта запасу міцності 0,33). Отримані показники зафіксовані при глибині різання 3 мм, подачі 0,5 мм/об при чорновій обробці кругляка із сталі 20 по ДСТУ 7809:2015.

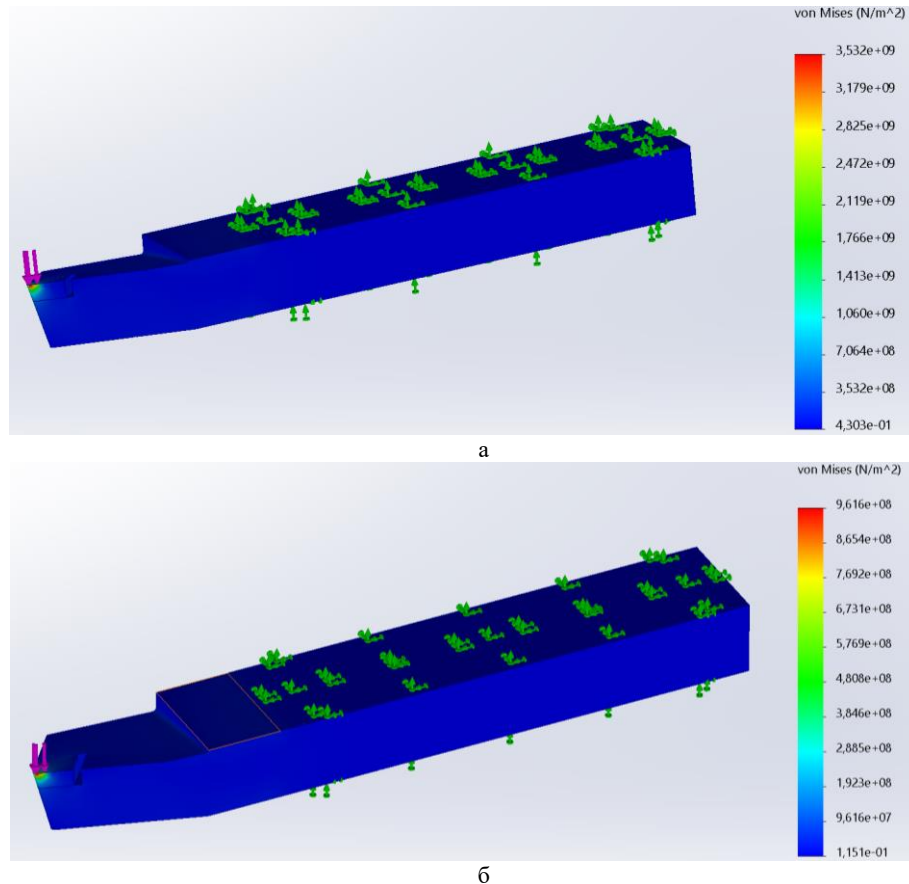


Рис. 1 – Еквівалентні напруження по Мізесу для критично руйнівних режимів різання (а) та раціональних режимах різання (б)

Зі зменшенням сили різання до 710 Н за рахунок зменшення глибини різання до 1,5 мм, максимальні напруження зменшуються до 961 МПа (рисунок 1, б). При цьому досягається коефіцієнт запасу міцності 1,2, що відповідає нормативним показникам надійності різального інструменту.

Висновок

Сучасне інструментальне забезпечення для токарних операцій включає забезпечення показників продуктивності, точності та надійності обробки. Для досягнення продуктивних режимів різання із забезпеченням необхідного коефіцієнту запасу міцності можна використовувати сучасні прикладні програми для дослідження напружено-деформованого стану матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vishtak I. V., Petrov O. V., Savulyak V. I., Sukhorukov S. I. Influence of the profile of longitudinal grooves of various depths on increasing static characteristics of radial gas bearings. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Vol. 1060, No. 1, 2021. P. 012011
2. Піонткевич О.В. Про лазерний технологічний комплекс на машинобудівному підприємстві / О. В. Піонткевич, С. І. Сухоруков, О. В. Сердюк, В. М. Домославський // Вісник машинобудування та транспорту, 2022. № 16(2). С. 96-100. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2022-16-2-96-100>
3. Kumar P. J., Tarun A. S. S., Gowtham M., Rao P. T., Yashwanth G. Design and fabrication of portable laser cutting and engraving machine. International Journal of Engineering & Technology, 7(1.1), 2018. P. 570-573.

4. Березюк О.В. Розробка та дослідження нової структури екологічної машини для очистки населених пунктів від твердих відходів // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. 2008. № 1. С. 92-98.
5. Березюк О.В. Аналітичне дослідження математичної моделі гідроприводу повороту важеля маніпулятора на операції завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2010. № 3. С. 93-98.
6. Сухоруков С.І. Сучасні перспективи розвитку систем автоматизованого проектування технологічної оснастки / С.І. Сухоруков, О.В. Петров, Д.С. Осіпов // Вісник Хмельницького національного університету, 2011. - №6. – С. 156-159.
7. Побережець В. Я., Яшук Д. А., Рижих О. В., Піонткевич О. В. Розробка прикладних програм мовою програмування C# для автоматизованого проєктування металорізного інструменту. Матеріали ІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20531>.
8. Хом'юк І. В., Хом'юк В. В. Математичне моделювання в контексті здійснення між предметних зв'язків курсу вищої математики у ВНЗ. Збірник наукових праць «Актуальні питання природничо-математичної освіти». Вип. 2, 2017. С. 43–50.
9. Хом'юк В. В., Хом'юк І. В. Компетентностно-орієнтовані завдання як важливий чинник формування когнітивної складової математичної компетентності майбутніх інженерів. Збірник наукових праць "Актуальні питання природничо-математичної освіти". Вип. 1, 2017. С. 107–114
10. Хомич С. М., Цизь І. Є., Сацюк В. В. Прогнозування терміну працездатності відремонтованої поверхні деталі. Сільськогосподарські машини, №49, 2023. С. 105-110.
11. Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні : навчальний посібник / В. О. Залога, В. Д. Гончаров, О. О. Залога; за заг. ред. В. О. Залоги. Суми : Сумський державний університет, 2013. 371 с.
12. Лозінський Д.О. Ротаційна витяжка осесиметричних деталей з використанням пропорційного електрогідравлічного приводу / Д.О. Лозінський, І.О. Сивак, Є.І. Шевчук, В.Г. Пилявець // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2015. №4. С. 21-24.
13. Горбачов А. С., Піонткевич О. В. Аналіз конструктивних рішень для орієнтації сонячних панелей. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Вінниця : ВНТУ, 2025. Вип. 3. С. 1–8. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-3-198-205>
14. Березюк О.В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів // Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця: ВНТУ, 2015. № 1. С. 3-8.
15. Березюк О.В. Науково-технічні основи проєктування приводів робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів: автореф. дис. д-ра техн. наук. Хмельницький, 2021. 46 с.
16. Піонткевич О. В., Сухоруков С. І., Петров О. В., Сердюк О. В. «Комп'ютеризовані системи проєктування» для здобувачів вищої освіти зі спеціальності «Прикладна механіка»: електронний лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2025. 142 с.
17. Петров О. В., Піонткевич О. В., Буда А. Г., Коломієць В. С. Застосування CAD/CAE-системи Solidworks у задачах аналізу міцності деталей верстатних пристосувань. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2024. Вип. 19. № 1. С. 95–102.
18. Піонткевич О. В. Проєкція результатів вивчення CAD/CAE систем на виконання випускних робіт спеціальності «Прикладна механіка». Матеріали XVI Міжнародної науково-методичної конференції «Сучасна освіта – доступність, якість, визнання», 13–14 листопада 2024 р. Краматорськ-Вінниця-Тернопіль, Краматорськ : ДДМА, 2024. С. 242-246.
19. Піонткевич О. В., Козлов Л. Г., Березюк О. В., Сердюк О. В. Розрахунок гідродинамічної сили на золотнику врівноважувального клапана на основі імітаційного моделювання течії робочої рідини в його каналах. Вісник Вінницького політехнічного інституту, Вінниця: ВНТУ, 2024. Вип. 5. С. 77–83. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2024-176-5-77-83>
20. Піонткевич О. В., Березюк О. В., Лозінський Д. О., Кавецький О. І. Застосування CAD/CAE-системи Autodesk Inventor для удосконалення фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Вінниця : ВНТУ, 2025. Вип. 1. С. 1–9. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-1-178-186>

Троханов Олександр Романович – студент групи 2ПМ–246, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Троханов Денис Романович – студент групи 2ПМ–246, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Кудрін Ігор Вікторович – студент групи 2ПМ–246, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Науковий керівник: **Хом'юк Віктор Вікторович** – к-т техн. наук, доцент, доцент кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: khomyuk@vntu.edu.ua.

Trohanov Oleksandr R. – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Trohanov Denys R. – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Kudrin Ihor V. – student of the Department of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Scientific supervisor: **Khomyuk Viktor V** – Candidate of Technical Sciences, Associate professor of the Department of Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email: khomyuk@vntu.edu.ua.