

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки

**IV Міжнародна Конференція
ВИРОБНИЦТВО
&
МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2020**



**IV International Conference
MANUFACTURING
&
MECHATRONIC SYSTEMS 2020**

M&MS

2020

IV International Conference

22-23 October

Kharkiv

УДК: 005:004.896:62-65:338.3

Виробництво & Мехатронні Системи 2020: матеріали IV-ої Міжнародної конференції, Харків, 22-23 жовтня 2020 р.: тези доповідей / [редкол. І.Ш. Невлюдов (відповідальний редактор)].-Харків: [електронний друк], 2020. – 146с.

У збірник включені тези доповідей, які присвячені сучасним тенденціям розвитку технологій та засобів виробництва та мехатронних систем, передовому досвіду та впровадженню їх в галузях систем промислової автоматизації та керування виробництвом; системній інженерії; CAD/CAM/CAE системах; мехатроніці (електро-механічних системах, електронних інструментах систем керування, механічних САД системах); робототехніці та засобах інтелектуалізації; MEMS (сучасних матеріалів та технологіях виготовлення MEMS) та компонентах і технологіях автоматизації видобутку, переробки та транспортування нафти та газу.

Редакційна колегія: І.Ш. Невлюдов, О.І. Филипенко, О.М. Цимбал, В.В. Євсєєв, І.М. Бабак

Manufacturing & Mechatronic Systems 2020: Proceedings of IVth International Conference, Kharkiv, October 22-23, 2020: Theses of Reports / [Ed. I.Sh. Nevlyudov (chief editor).] .- Kharkiv .: [electronic version], 2020. - 146 p.

The collection includes the theses of reports on modern trends in the development of technologies and means of production and mechatronic systems, top experience and implementation of them in fields of: industrial automation and production management systems; systems engineering; CAD/CAM/CAE systems; mechatronics (electrical and mechanical systems, electronic control tools, mechanical CAD systems); robotics and intellectual tools; MEMS (modern materials and manufacturing technologies MEMS) and components and technologies for the automation of oil, gas and oil extraction, processing and transportation.

Editorial board: I.Sh. Nevlyudov, O.I. Filipenko, O.M. Tsybal, V.V. Yevsieiev, I.M. Babak.

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
Харківський національний університет радіоелектроніки (ХНУРЕ)
Варшавський університет сільського господарства (WULS - SGGW)
Азербайджанський державний університет нафти і промисловості
Національний університет «Львівська політехніка»
Festo Didactic Україна
Jabil Circuit Ukraine Limited
ТОВ «Науково-виробниче підприємство «УКРІНТЕХ»»
Факультет автоматики і комп'ютеризованих технологій (АКТ)
Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та мехатроніки (КІТАМ),
Державне підприємство «Харківський науково-дослідний інститут технології
машинобудування»
Державне підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та
науково-дослідний інститут авіаційної промисловості»

МАТЕРІАЛИ

IV-ої Міжнародної Конференції

ВИРОБНИЦТВО & МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ 2020

(22-23 жовтня 2020)

Харків, Україна

ОРГАНІЗАТОРИ



Міністерство
освіти і науки
України

Міністерство освіти і науки України (МОНУ)
The Ministry of Education and Science of Ukraine



NURE
Kharkiv National University
of Radioelectronics

Харківський національний університет
радіоелектроніки (ХНУРЕ)

Kharkiv National University of Radioelectronics



**WARSAW UNIVERSITY
OF LIFE SCIENCES
- SGGW**

Варшавський університет сільського
господарства (WULS - SGGW)

Warsaw University of Life Sciences WULS - SGGW



ADNSU
AZƏRBAYCAN DÖVLƏT NEFT
VƏ SƏNAYE UNIVERSITETİ

Азербайджанський державний університет
нафти і промисловості

Azerbaijan State Oil and Industry University



Festo Didactic Україна

Festo Didactic Ukraine



UKRAINIAN INNOVATIVE TECHNOLOGIES

ТОВ «Науково-виробниче підприємство
«УКРІНТЕХ»»

Research and Production Enterprise
"UKRINTECH" Ltd



Національний університет «Львівська
політехніка»

National University Lviv Polytechnic

Державне підприємство «Харківський науково-
дослідний інститут технології машинобудуван-
ня», м. Харків, Україна

State Enterprise «Kharkiv Scientific-Research
Institute of Mechanical Engineering Technology»,
Kharkiv, Ukraine



Державне підприємство «Південний державний
проектно-конструкторський та науково-
дослідний інститут авіаційної промисловості»,
м. Харків, Україна

State Enterprise «National Design & Research
Institute of Aerospace Industries», Kharkiv,
Ukraine



Jabil Circuit Ukraine Limited

ПЕРЕЧЕНЬ ССЫЛОК

- [1] Роменский В.И. Механизация и автоматизация станочных приспособлений за счет применения унифицированной технологической оснастки / В.И. Роменский, С.И. Теслюк // НТЖ «Технология приборостроения». – 2020. – № 1. – С. 44-49.
- [2] Роменский В.И. Перенастраиваемая технологическая оснастка для ускоренной технологической подготовки производства в приборостроении / В.И. Роменский, С.И. Теслюк // НТЖ «Технология приборостроения». – 2019. – № 1. – С. 43-48.
- [3] Модульная 3D система сварочных крепежных устройств [Электронный ресурс] /– Режим доступа до ресурсу: <http://www.npfets.ru>.
- [4] Welding in the Age of Industry 4.0 [Электронный ресурс] /– Режим доступа до ресурсу: <https://www.assemblymag.com/articles/95693-welding-in-the-age-of-industry-40>.

Перспективи розробки та використання штучних м'язів в робототехніці та біоміханіці

Анастасія Шевченко

Кафедра КІТАМ, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна,
Харків, пр. Науки 14, e-mail: anastasiia.shevchenko@nure.ua

Анотація: Проаналізовано основну конструкцію штучного м'язу. Представлення інформації щодо видів штучних м'язів та актуальність систем в яких вони використовуються. Проведено розробку та проектування штучного полімерного м'язу на основі полімерних волокон.

Ключові слова: робототехніка, біомеханіка, штучний м'яз, автоматизація, полімерні волокна.

I. ВСТУП

Створення ефективної м'язової системи для роботів завжди було однією з головних проблем сучасних інженерів. Штучні м'язи виходили недостатньо міцними і гнучкими або занадто дорогими для масового виробництва.

Штучні м'язи мають дуже широкий спектр використання. Вони можуть використовуватися як у біомеханіці в ролі альтернативи людським м'язам або в якості штучної м'язової системи промислового робота.

Для рухів роботів й досі найчастіше використовують електромотори або двигуни внутрішнього згорання, з'єднані зі складними механічними передачами. Вже існує чимало прототипів штучних м'язів, які можуть скорочуватися подібно справжнім м'язам, але майже всі вони виготовлені з дорогих матеріалів з використанням високотехнологічних процесів, при цьому ефективність багатьох з них все ще низька.

В роботі поставлено задачі провести аналіз основних видів штучних м'язів, конструкцію полімерних штучних м'язів, їх основний принцип роботи та сфери використання.

II. Види штучних м'язів та способи їх використання

Існує три основних типи штучних м'язів.

Перший тип – це штучні м'язи, що подібні за своєю

структурою до оригамі. Базова концепція такого пристрою включає в себе тільки каркас, зовнішню оболонку («шкіру») і наповнювач, яким може бути будь-який флюїдний матеріал, наприклад, повітря або вода. Тип таких м'язів представлено на рисунку 1.1., де – а) зображення м'язу до скорочення, б) зображення м'язу під час скорочення при тиску -80 кПа (м'яз скоротився на 3 см).

Приводи такого типу здатні стискатися до 10% своєї максимальної довжини, вони витримують навантаження до 600 кПа, а максимальна питома потужність перевищує 2 кіловати на кілограм. Це приблизно відповідає або навіть перевищує питому потужність людських м'язів.

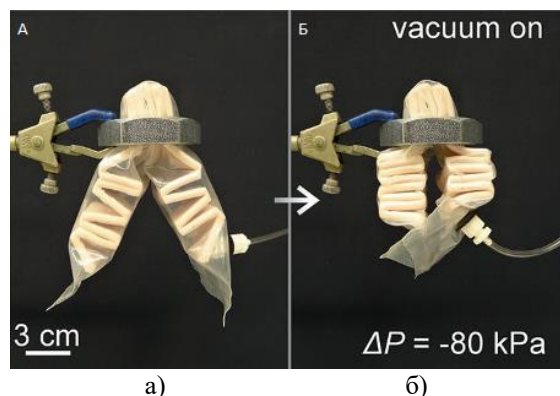


Рис. 1. Зображення штучної м'язи на основі каркаса що стискається та зовнішньої оболонки

Другий тип – штучні м'язові волокна (полімерні м'язи). Вони здатні багаторазово скорочуватися під дією зовнішнього фактору і здійснювати механічну роботу. В недалекому майбутньому можуть знайти застосування в різноманітних пристроях, від екзоскелетів і промислових

роботів до мікрофлюїдних технологій. Скорочення подібних м'язів відбувається за рахунок нагрівання матеріалу, наприклад нейлону. Зі зображенням даного виду штучних м'язів можна ознайомитись на рисунках 2-3.

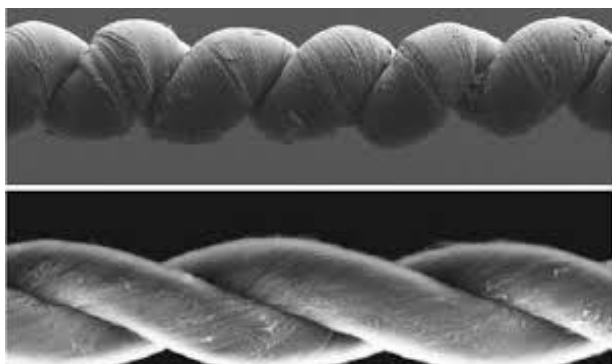


Рис.2. Мікро зображення штучних м'язових волокон

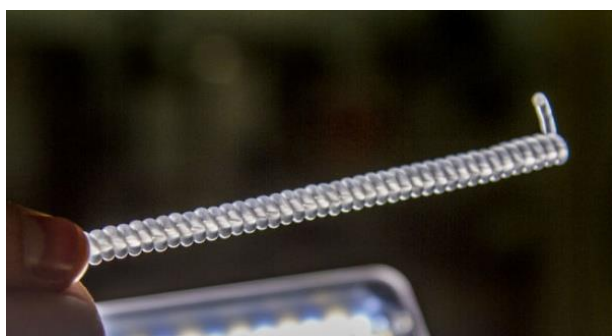


Рис.3. Макро зображення штучних м'язових волокон

Штучні м'язи у вигляді м'язових волокон мають широке застосування в біомеханіці. Завдяки своїй порівняно невеликій вартості, унікального застосування та простоти конструкції саме цей тип м'язів був обраний для подальшого розгляду і проектування в даній роботі.

Команда інженерів з Техаського університету в Далласі сконструювала потужні штучні м'язи. Вони набагато сильніше природних людських - здатні підняти в сто разів більше ваги і генерувати в сто разів більше механічної енергії. Насправді, по продуктивності вони більше нагадують реактивний двигун: 7,1 кіньської сили на кілограм. І все це виключно завдяки найпростішим складовим конструкції, в яку входять звичайні швейні нитки і рибальські волосіні.

М'язи "харчуються" за рахунок теплової енергії через перепад температур, який можна досягти при поглинанні світла або в ході хімічної реакції. Скручування полімерного волокна перетворює його в м'яз, здатний обертати важкий ротор зі швидкістю близько 10 тисяч обертів на хвилину.

Подальше додаткове скручування полімерного волокна конвертує її в м'яз, який різко стискається вздовж своєї довжини при нагріванні, але повертається в початковий стан при подальшому охолодженні (рисунок 2.1). Варто зауважити, що якщо скрутити волокно в зворотньому напрямку від початкового, то все буде

навпаки - воно стиснеться при охолодженні і розтягнеться при нагріванні.

У порівнянні з природними м'язами, які здатні скорочуватися лише на 20%, штучні вміють скорочуватися до 50% від початкової довжини. При цьому вони ще й дуже витривалі, тобто не втрачають своєї продуктивності навіть після декількох мільйонів сеансів механічного навантаження.

Волокна можуть мати товщину від декількох мікрометрів до декількох міліметрів, а довжина може досягати сотень метрів. В волокно можна також влітати інші елементи, такі як дроти, електроди або оптичні волокна.

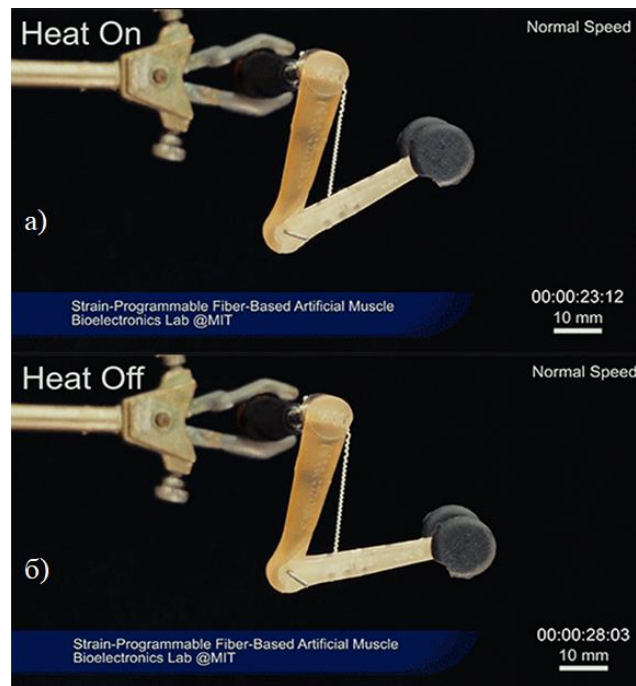


Рис.4. а) скорочення штучного м'язу при нагрівання; б) повернення м'язу у первинний стан при охолодженні

Також Японські інженери представили робоскелет з механічними м'язами з пневмоволокна, здатними імітувати роботу людських м'язів. Співробітники лабораторії Suzumori Endo Lab в Токійському Технологічному університеті розробили роботизовану систему руху з мускулатурою, що імітує людську [8].

III. АНАЛІЗ РОЗРОБКИ ПОЛІМЕРНОГО ШТУЧНОГО М'ЯЗУ

Розглянемо полімерний штучний м'яз. Технологічний процес виготовлення такого м'язу (у порівнянні з графеновим) більш простий та економічно вигідніший. Це зумовлено тим, що полімерні сполуки не вимагають наноточності. Так, наприклад, актуатором працюючим за рахунок теплової енергії є звичайна поліамідна нитка, наприклад, одножильна рибальська волосінь.

Для створення реального прототипу штучного м'язу на основі поліамідної нитки, розглянемо принцип роботи таких актуаторів. Він неймовірно простий: 1) при

IV. ВИСНОВКИ

нагріванні волосінь скорочується в довжину довжину і збільшується в ширину, 2) при охолодженні збільшується в довжину і скорочується в ширину. Це скорочення пов'язане з анізотропією матеріалу, з якого виготовлена волосінь. Коли розплавлений нейлон пропускається через фільтр, довгі полімерні молекули орієнтуються уздовж волосіні. Навантажені полімерні волокна при нагріванні поведуться так само, як і нитки розтягнутої гуми – скорочуються, збільшуючи ентропію системи. Якщо не розгладити методи скручування волосіні, а описувати процес в цілому, то на рисунку 3.1 показано яким чином відбувається завивка нитки.

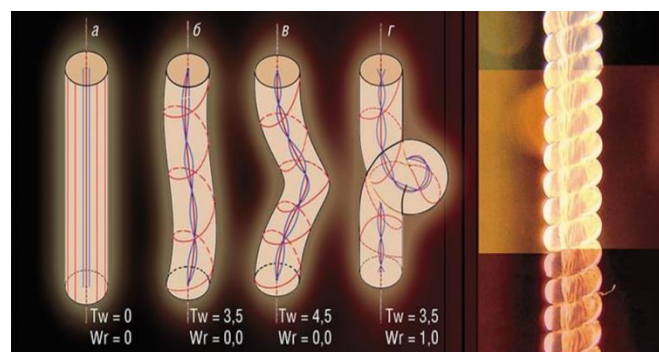


Рис.5. Схема освіти вторинної закрутки

Зафіксувавши один кінець витягнутої волосіні (а), обертаємо інший кінець навколо поздовжньої осі. При цьому волокна біля поверхні натягуються сильніше, ніж в серцевині волосіні, викликаючи механічне напруження (б), (в). Якщо зменшити подовжню розтягувальну силу, то під цим напруженням волокна будуть розкрутитися. Але так як кінці волосіні фіксовані, ця розкрутка (зменшення параметра T_w (параметр первинного скручування)) призводить до утворення петлі (г) вторинної закрутки (збільшення параметра W_r (параметр вторинного скручування)).

Коли поздовжні волокна на поверхні волосіні завиваються приблизно на кут 45° по відношенню до поздовжньої осі, волосінь починає скручуватися в щільну спіраль. Вихідний відрізок волосіні завдовжки 1 м при скручуванні перетворюється в ~ 17 см такої спіралі. При цьому нейлон зазнає настільки сильну пластичну деформацію, що після зняття крутного зусилля спіраль не повертається до первинного стану. При необхідності цей новий стан волокон можна закріпити, повільно нагріваючи волосінь, а потім охолодивши її. Нагрівання проводиться до температури, значення якої близьке до температури плавлення нейлону, в залежності від виду нейлону дана температура коливається від 178°C (Нейлон 12 - PA 12) до 260°C (Нейлон 6.6 - PA 6.6).

Робоча температура такого м'язу істотно нижче температури плавлення і становить близько $58-100^\circ\text{C}$ залежно від використаного типу нейлону. Безумовно більш привабливим є нейлон з меншою робочою температурою.

Було представлено основу конструкцію штучного м'язу на основі полімерних волокон, основні види штучних м'язів та їх галузь використання (робототехніка, біомеханіка та ін.).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Haines C. S., Lima M. D., Na Li et al. Artificial muscles from fishing line and sewing thread // Science. 2014. V. 343. P. 868–872.
- [2] Fuller F. B. The writhing number of a space curve // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1971. V. 68. P. 815–819.
- [3] Treloar L. R. G. The physics of rubber elasticity. Oxford university press, 1975.
- [4] Офіційний сайт Токійського технологічного університету – Режим доступу: <https://www.titech.ac.jp/> (дата звернення 10.03.2020).
- [5] Офіційний сайт компанії Open Bionics – Режим доступу: <https://www.augmentedfuture.com/us/> (дата звернення 10.03.2020).
- [6] Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Пономарьова Г.В., Функенлорф А.О. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації. Збірник задач: Навч. посібник. – Кривий Ріг; Криворізький коледж НАУ, 2018 р. – 332 с.
- [7] Невлюдов І.Ш., Палагін В.А., Чалає Е.А. «Технологии микросистемной техники», НТЖ «Технология приборостроения». – Х., 2014. – № 3.
- [8] Семенець, В. Введення в мікросистемну техніку та нанотехнології [Текст] / В. В. Семенець, І. Ш. Невлюдов, В. А. Палагін / Харків «Комп. СМІТ», 2011. – 416 с.
- [9] Невлюдов І. Ш. Трансфер технологій у сучасній науці, освіті та виробництві в умовах четвертої промислової революції «ІНДУСТРІЯ 4.0» / І. Ш. Невлюдов, О. О. Чала, Ю. М. Олександров // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 3-4 жовтня 2019 р. – Дніпро, 2019. – Т.2 С.: 604-608
- [10] Nevliudov, S. Maksymova, A. Funkendorf, O. Chala and K. Khrustalev, "Using MEMS to adapt ultrasonic welding processes control in the implementation of modular robots assembly processes", IEEE XIV-th International Conference Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), pp. 223- 226, 2018
- [11] Невлюдов І. Ш., Палагін В. А., Чалає Е. А. Технологии микросистемной техники (часть II) // Технология приборостроения. – 2015. – №. 2. – С. 5-1
- [12] Основи наукових досліджень: Навч. посібник / І.Ш. Невлюдов, Ю.М. Олександров, А.О. Андрусевич, О.О. Чала. – Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2019. – 396 с.
- [13] Уманська А. О., Мельничук Д. О., Калачнюк Л. Г. Зміни макро-і мікроелементного складу серця щурів за штучного гіпобіозу // ScienceRise. Biological science. – 2018. – №. 1. – С. 45.