

4. Kandhan, P.A., Prakash, N.B., & Bakruthen, M. (2023). Performance analysis of different fatty acid vegetable oil using ranking method. In 2023 5th international conference on smart systems and inventive technology (ICSSIT) (pp. 1381-1384). Tirunelveli: Institute of Electrical and Electronics Engineers. doi: 10.1109/ICSSIT55814.2023.10061136.

5. Sudhakar, A., Chakraborty, S.K., Mahanti, N.K., & Varghese, C. (2023). Advanced techniques in edible oil authentication: A systematic review and critical analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(7), 873-901. doi: 10.1080/10408398.2021.1956424.

Abstract. The paper presents the results of a structural, technological and kinematic study of an oil press with increased energy efficiency. An improved design of a screw press with a variable pitch of turns and an adjustable press unit has been developed, which includes press rollers and a steamer, which ensure uniform pressure distribution along the pressing zone. The kinematic analysis of the drive mechanism has substantiated the feasibility of using a worm-cylindrical gearbox with frequency regulation, which allows adapting the operating mode to the properties of the raw material. The optimal screw rotation frequency has been set at 120 rpm. According to the results of laboratory tests, a reduction in specific energy consumption by 28% (up to 13.4 kWh/t), an increase in oil yield by 2.3 percentage points and an increase in the resource of working elements by 35% have been achieved. The proposed technical solution contributes to reducing the cost of processing, improving product quality and ensuring energy efficiency of production in accordance with modern requirements for sustainable development of the agro-industrial complex.

Keywords: oil press, screw press, energy efficiency, kinematic analysis, design parameters, speed, gearbox, oil pressing, specific energy consumption, working parts resource.

УДК 621.81:678.067:631.3

Перспективи застосування сучасних вуглецевих наповнювачів у виготовленні високонавантажених елементів конструкцій АПК

Полянський П.М.

канд. екон. наук, доцент,

Іванов Г.О.

канд. техн. наук, доцент,

Миколаївський національний аграрний університет, Україна

Анотація: У роботі розглянуто актуальність використання вуглець-вуглецевих композиційних матеріалів (ВВКМ) у сучасному агропромисловому комплексі. Проведено інженерні розрахунки модулів пружності та межі міцності композиту при використанні високоміцного волокна марки Thornel T-800 та полімерної матриці. Результати дослідження показали, що при високому рівні армування (0,8) матеріал демонструє показники міцності понад 3900 МПа, що значно перевищує традиційні аналоги. Визначено критичний вміст волокон та доведено ефективність проєктування структури матеріалу для роботи під високими навантаженнями.

Ключові слова: вуглець-вуглецеві композиційні матеріали (ВВКМ), Торнел-800, модуль Юнга, межа міцності, армування, сільськогосподарська техніка, критичний вміст волокон.

Сучасні стан розвитку агропромислового комплексу ставить високі вимоги до фізико-механічних властивостей матеріалів деталей. Завдяки легкості, міцності, технологічності, малому коефіцієнту температурного розширення вуглець-вуглецеві композиційні матеріали (ВВКМ) видаються найбільш перспективними для виготовлення деталей машин, корпусів апаратів та елементів конструкцій

сільськогосподарської техніки. ВВКМ містить вуглецевий наповнювач у вигляді волокон, стрічок, тканин з плоским і об'ємним плетінням можна використовувати вуглецеві волокна низькомодульні, високомодульні і високоміцні, отримані з віскозних, поліакрилонітрильних волокон і кам'яновугільного пеку.

Механізм руйнування ВВКМ ще недостатньо вивчений, тому потрібні дослідження для конкретних умов роботи деталей з композитів.

Як матриця може бути піровуглець ПВ, коксівні полімери, які в процесі термодеструкції не розм'якшуються і дають більше 50 % коксу (фенольні смоли дають (54÷60) % коксу, поліаміди (63÷74) %, кремній органічні смоли (84÷87) %). Чим вищий вихід коксу та міцність його зчеплення з волокнами, тим вища якість ВВКМ.

Адгезія ПВ до вуглецевих матриць, отриманих з полімерів в основному забезпечується механічними зв'язками, що виникають при усадці під час карбонізації. При формуванні матриці нанесенням піровуглецю із газової фази визначальну роль відіграють хімічні зв'язки. Механічні характеристики ВВКМ визначаються кількістю ВВ та технологічними параметрами намотування та просочення.

Проведемо дослідження механічні характеристики ВВКМ з проєктованими початковими умовами: $\phi_b = 0,8$; $(\sigma_b)_m = 70$ МПа; $E_m = 1,5$ ГПа при використанні волокон марки Торнел-800.

На першому етапі перевіримо на адекватність для інженерних розрахунків:

- Марка волокна «Торнел-800» (Thornel T-800) це реально існуюча марка високомоцного вуглецевого волокна виробництва компанії Toray, є еталоном високої міцності за рахунок якої можна отримати надзвичайно міцний матеріал.

- $\phi_b = 0,8$ - об'ємна частка волокон, це «стеля» для наповнення яка вказана як умова розрахунку. У реальних композитах 80% армування - це дуже високий показник (зазвичай він коливається в межах 50-70%). Велика кількість ВВ (вуглецевих волокон) визначає високі характеристики ВВКМ.

- $(\sigma_b)_m = 70$ МПа напруження в матриці в момент розриву волокон. Воно взяте як вихідна умова.

- $E_m = 1,5$ ГПа - модуль Юнга матриці, що дорівнює $1,5 \cdot 10^9$ Па, це типове значення для полімерних матриць, фенольних смол або матриць на основі вуглецевого коксу.

- Для розрахунку міцності знадобляться наступні коефіцієнти: $k_b - \eta$ (0,8-0,95) та $k_m - \beta$ (0,7-0,9). Вони враховують технологічні дефекти та неодноразність руйнування волокон.

- Оскільки волокно Торнел-800 (Т-800) належить до високоміцних, візьмемо його стандартні характеристики: межу міцності $(\sigma_b)_b = 5460$ МПа та модуль пружності $E_b = 273$ ГПа.

У механіці композитів значення (гранична міцність чистої матриці) завжди має бути вищим за напруження в матриці в момент розриву волокон, оскільки матриця зазвичай досягає своєї межі міцності пізніше, ніж руйнуються тендітні високоміцні волокна.

Припустимо, що межа міцності матриці становить $\sigma_b \approx 80-90$ МПа (що характерно для високоміцних епоксидних сполук).

На другому етапі проведемо визначимо основні властивості ВВКМ:

1. Розрахунок модуля Юнга композиту (E_k):

За формулою (8) $E_{k||} = E_b \cdot \varphi_b + E_m \cdot (1 - \varphi_b)$ знайдемо модуль Юнга композиції вздовж волокон.

Використаємо вихідні дані:

- Об'ємна частка волокон: $\varphi_b = 0,8$.
- Модуль Юнга матриці: $E_m = 1,5$ ГПа.
- Напряга в матриці: $(\sigma_b)_m = 70$ МПа.

$$E_{k||} = 273 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot (1 - 0,8) = 218,7 \text{ ГПа.}$$

Отриманий модуль пружності дуже високий (майже як у сталі), що характерно для високомодульних ВВКМ.

2. Розрахунок границі міцності ВВКМ при розтягуванні $(\sigma_b)_k$:

$$\text{За формулою (18): } (\sigma_b)_k = k_b \cdot (\sigma_b)_b \cdot \varphi_b + k_m \cdot \sigma'_m \cdot (1 - \varphi_b),$$

де σ'_m - напряга у матриці в момент розриву волокон = 70 МПа;

$(\sigma_b)_b$ - границя міцності волокон при розтягуванні = 5460 МПа,

k_b - коефіцієнт що враховує технологічні дефекти волокон = 0,9;

k_m - коефіцієнт що враховує неодноразність руйнування волокон = 0,8;

φ_b - об'ємна частка волокон = 0,8

$$(\sigma_b)_k = 5460 \cdot 0,8 \cdot 0,9 + 70 \cdot (1 - 0,8) \cdot 0,8 = 3942,4 \text{ МПа.}$$

Отриманий результат у 3942,4 МПа є дуже високим. Для порівняння з волокном «Урал-15» міцність склала 1600 МПа. Це пояснюється тим, що «Торнел-800» - це сучасне авіаційне волокно, яке значно міцніше за попередні аналоги серії «Урал».

При такому високому вмісті волокон ($\varphi_b = 0,8$) матеріал стає дуже крихким. У реальному виробництві важко досягти ідеального просочення такої кількості волокон без дефектів, але якщо використовувати методи просочення (вакуумні чи під тиском) то можна досягти такої щільності без дефектів.

$$\text{Визначимо критичний вміст - } \varphi_{bkr} = \frac{[(\sigma_b)_m - \sigma'_m]}{[(\sigma_b)_b - \sigma'_m]}$$

$$\varphi_{bkr} = (90 - 70) / (5460 - 70) = 0,37\%.$$

Таким чином, якщо напряга в матриці в момент розриву волокон дорівнює 70 МПа, то міцність самої матриці за логікою має бути в межах 75-100 МПа.

Оскільки міцність волокон (5460 МПа) значно вища за міцність матриці, кожен відсоток доданих волокон суттєво підвищує загальну міцність виробу. «Великий запас» свідчить про те, що структура матеріалу спроектована правильно: волокна домінують у механічній поведінці композиту, роблячи його придатним для високих навантажень. Умова $\varphi_b > \varphi_{bkr}$ виконується з великим запасом, отже, армування є надзвичайно ефективним, тобто додано набагато більше волокон, ніж той мінімум, який потрібен для зміцнення як результат система працює ефективно, бо міцні волокна повністю компенсують слабкість матриці, а їх кількість значно перевищує критичну межу, необхідну для якісного підсилення.

Список використаних джерел:

1. Kernytskyy, I., Hlinenko, L., Yakovenko, Y., Horbay, O., Koda, E., Rusakov, K., Szlachetka, O. (2022). Problem-oriented modelling for biomedical engineering systems. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(15).
2. Structural materials modification during plasmochemical synthesis enriched with nanoparticles / V.I. Bolshakov, A.V. Kalinin, D.B. Hlushkova, A.I. Voronkov, I.N. Nikitchenko // *Вопросы атомной науки и техники*. - 2018. - № 5. - С. 97-102.
3. Study of nanomodification of nickel alloy GS3 with titanium carbide / D.B. Hlushkova, A.V. Kalinin, N.E. Kalinina, V.M. Volchuk, V.A. Saenko, A.A. Efimenko // *Problems of Atomic Science and Technology*. - 2023. - № 2. - С. 126-129.
4. Селезньо Ю. Можливості застосування углекомполітичних підшипників ковзання в насосах та інших машинах сільськогосподарської техніки / Ю. Селезньов, Г. Іванов, П. Полянський // *Motrol motoryzacja i enrgetyka rolnictwa*. – Lublin, 2008. – Т. 10.В. - С. 117-123.
5. Технологія проектування виробів із волокнистих композиційних матеріалів / Ю. В. Селезньов, Д. В. Бабенко, Г. О. Іванов, П. М. Полянський // *Motrol motoryzacja i enrgetyka rolnictwa*. – Lublin, 2007. - Т. 9А. - С. 222-231.
6. Шумляковський В. П., Перегуда М. Н. "Потенціал використання композитних матеріалів із натурального волокна в автомобільній промисловості". *Технічна інженерія*. - 2023. - № 2 (92). - С. 22-30.

Abstract: The paper considers the relevance of using carbon-carbon composite materials (CCCM) in the modern agro-industrial complex. Engineering calculations of the elastic moduli and tensile strength of the composite were carried out using high-strength Thornel T-800 fiber and a polymer matrix. The results of the study showed that with a high level of reinforcement (0.8), the material demonstrates strength indicators of more than 3900 MPa, which significantly exceeds traditional analogues. The critical fiber content was determined and the effectiveness of designing the material structure for operation under high loads was proven.

Keywords: carbon-carbon composite materials (CCCM), Thornel-800, Young's modulus, tensile strength, reinforcement, agricultural machinery, critical fiber content.

УДК 744:621.9.08

Вибір параметрів шорсткості поверхонь та їх позначення на креслениках

Іванов Г.О.

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін

Полянський П.М.

канд. екон. наук, доцент, в.о. завідувача кафедри загальнотехнічних дисциплін
Миколаївський національний аграрний університет, Україна

Анотація. У роботі показано, що вибір параметрів для оцінювання шорсткості, а також вимоги до шорсткості, мають бути обґрунтовані і встановлюватися з огляду на функціональне призначення поверхонь деталей конкретних виробів та їх конструктивних особливостей. Вимоги до шорсткості поверхні встановлюють без врахування дефектів поверхонь (подряпини, раковини тощо). Якщо у цьому виникає необхідність, їх вказують окремо. Значення усіх параметрів шорсткості записують з наведенням відповідного символу і його значення.