

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2024. С. 159–165.
Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2024. P. 159–165.

Научная статья
УДК 674, 678

К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ЛРДКМ

Антон Юрьевич Тесленко¹, Олег Федорович Шишлов²

^{1, 2} Публичное Акционерное Общество «Уралхимпласт»,
Нижний Тагил, Россия

¹ a.teslenko@ucp.ru

² o.shishlov@ucp.ru

Аннотация. На текущий момент не существует единой, общепринятой системы классификации композиционных материалов (КМ), которая могла бы отразить всю полноту существующих КМ. В работе авторами сформулированы основные признаки, используемые в настоящее время для классификации композиционных материалов, и в соответствии с выделенными признаками классифицированы такие материалы, как лущено-рубленный древесно-композиционный материал (ЛРДКМ) и комбинированный лущено-рубленный древесно-композиционный материал (кЛРДКМ). Так же в работе показано, что некоторые древесно-композиционные материалы (ДКМ) можно отнести к полиматричным КМ.

Ключевые слова: композиционный материал, древесно-композиционный материал, классификация, признаки, карданол, фенолкамин

Для цитирования: Тесленко А. Ю., Шишлов О. Ф. К вопросу о классификации ЛРДКМ // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Екатеринбург, 2024. С. 159–165.

Original article

ON THE ISSUE OF THE CLASSIFICATION OF SCWCM

Anton Yu. Teslenko¹, Oleg F. Shishlov²

^{1, 2} JSC Uralchimplast, Nizhny Tagil, Russia

¹ a.teslenko@ucp.ru

² o.shishlov@ucp.ru

Abstract. At the moment, there is no single, generally accepted classification system for composite materials (CM), which could reflect the entirety of the existing CM. In the work, the authors have formulated the main features

currently used for the classification of composite materials, and in accordance with the identified features, materials such as chopped wood composite material (SCWCM) are classified and combined shelled and chopped wood composite material (cSCWCM). The work also shows that some wood-composite materials (WCM) can be attributed to polymeric CM.

Keywords: composite material, wood-composite material, classification, signs, cardanol, phenalkamin

For citation: Teslenko A. Yu., Shishlov O. F. On the issue of the classification of SCWCM // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. Yekaterinburg, 2024. P. 159–165.

Возникновение композиционных материалов – естественный процесс, движущей силой которого являются все возрастающие потребности человека и человеческой цивилизации в целом.

Первые композиционные материалы, вероятнее всего, были получены человеком еще в очень глубокой древности. Одним из первых археологических упоминаний являются куффы – тростниковые лодки, обмазанные битумом, Убейдской культуры Месопотамии, относящиеся к 6–4 тысячелетию до н. э. [1]. Другим, не менее интересным примером КМ могут служить составные луки Синташтинской культуры Южного Урала, относящиеся к 3–2 тысячелетию до н. э. [2].

КМ оказались настолько эффективными, что их развитие никогда не останавливалось и получило мощнейший толчок на рубеже XIX–XX вв. вместе с открытием химиком Лео Хендриком Бакеландом (1863–1944 гг.) технологии получения бакелита – первого недорогого, промышленного пластика. Открытие Бакеланда показало новые пути и подходы к изготовлению КМ и открыло неограниченный простор для изобретателей и исследователей.

Цель работы: классифицировать в соответствии с выделенными признаками древесно-композиционные материалы – ЛРДКМ и кЛРДКМ.

Первый обсуждаемый материал – ЛРДКМ [3] представляет собой лущено-рубленую древесину березы с полимерным связующим, полученным в результате химической реакции отверждения эпоксидно-диановой смолы с карданолсодержащим основанием Манниха – фенолкамином [4]; второй обсуждаемый материал кЛРДКМ представляет собой комбинации материала ЛРДКМ с другими КМ и материалами (рисунок).

Для достижения поставленной цели был проведен литературный обзор [5–16], по результатам которого были определены признаки, используемые для классификации КМ.

Согласно источнику [5], под композиционным материалом (композитом) понимается сплошной продукт, состоящий из двух или более материалов, отличных друг от друга по форме и/или фазовому состоянию, и/или химическому составу, и/или свойствам, скрепленных, как правило,

физической связью и имеющих границу раздела между обязательным материалом (матрицей) и ее наполнителями, включая армирующие наполнители.

Исходя из данного определения, можно утверждать, что значительная часть материальных объектов окружающего мира являются композитами.

Тогда первым признаком для классификации КМ будет источник их происхождения, то есть КМ можно разделить на две большие группы: композиционные материалы природного происхождения (например, древесина, кости животных, минералы и т. д.) и антропогенного происхождения. Так же перечислим и другие признаки, по которым можно классифицировать антропогенные КМ, а в частности:

1. Материал матриц/ы (полимерная, металлическая, керамическая и др.) И их количество (моно- и полиматричные).

2. Материал армирующего/их элемента/ов (полимерный, металлический, керамический и др.). И его количество (моно- и полиармированные).

3. Геометрия/морфология армирующего элемента (волоконный, слоистый, дисперсно-упрочненный; нульмерный, одномерный, двумерный, смешанный).

4. Расположение/ориентация армирующего элемента в пространстве км (хаотическое, одноосное, двуосное, трехосное, смешанное).

5. Симметрия (изотропные, анизотропные, трансверсально изотропные, ортотропные и др.).

6. Метод получения (жидкофазный, твердофазный, напыление, комбинированные).

7. Назначение (общеконструкционные, конструкционные, инженерные, жаропрочные, термостойкие, фрикционные, антифрикционные, дзайнерские, тепло-радио-защитные и др.).

8. Область применения (авиационно-космическая, ракетная, автомобильная и др. Специальные отрасли техники; бытовая техника; горнорудная, металлургическая, текстильная, строительная, машиностроительная промышленность и др.).

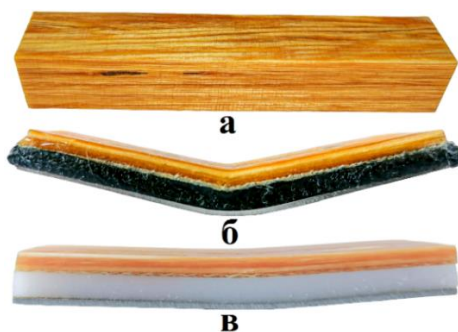
Отдельно стоит отметить, что в случае, когда КМ является одновременно полиматричным и полиармированным, то такой композиционный материал принято называть гибридным [7–9, 12, 13].

Так, является очевидным и подтверждается рядом источников [17–20] тот факт, что химический состав древесины зависит от породы и места произрастания и в основном состоит из холоцеллюлозы ~ 70–80 % (углеводородная часть, представленная целлюлозой ~ 40–50 % и гемицеллюлозой ~ 20–30 % и лигнина ~ 20–30 % (ароматической части), которые выполняют функцию армирующего элемента (АЭ) и функцию матрицы (М), соответственно).

Основываясь на данном факте, можно утверждать, что древесно-композиционные материалы, полученные жидкофазными методами,

с использованием любого типа связующего можно отнести к полиматричным КМ.

В рамках второй цели, поставленной в данной работе, подробно остановимся на классификации композиционных материалов антропогенного происхождения и добавим, что для лучшего понимания физико-химических свойств КМ удобнее классифицировать по признакам 1–4.



Внешний вид образцов обсуждаемых материалов:

а – ЛРДКМ; *б* – кЛРДКМ после испытания на трехточечный изгиб состава: ЛРДКМ/кевлар/резина/титан; *в* – кЛРДКМ после испытания на трехточечный изгиб состава: ЛРДКМ/стеклоткань/высокомолекулярный полиэтилен/титан

При классификации КМ, согласно признакам 1–4, предлагается использовать следующий алгоритм: на первом месте указывается тип М, преобладающий по объемному содержанию в КМ, затем указывается количество М, если их больше, чем одна. На втором месте указывается тип АЭ, преобладающий по объемному содержанию в КМ, затем указывается количество АЭ, если их больше, чем один. На третьем месте указывается геометрия/морфология АЭ. На четвертом месте указывается расположение/ориентация АЭ в пространстве КМ.

Примеры обозначения КМ в соответствии с предложенными признаками и алгоритмом:

- *алюминиевый / базальтово / волокнистый-одномерно / хаотический композиционный материал;*
- *алюминиево-полиматричный / стеклянно / волокнистый-одномерно / одноосный композиционный материал;*
- *алюминиевый / базальтово-гибридный / волокнистый-одномерно / двухосный композиционный материал.*

Выводы

Согласно выделенным признакам и алгоритму, предложенному для классификации композиционных материалов, материал ЛРДКМ можно классифицировать как *полимерный-полиматричный / древесно / волокнистый-одномерно-одноосный композиционный материал*; материал к ЛРДКМ можно классифицировать как *полимерный / древесно-гибридный-смешанный композиционный материал*.

Список источников

1. A comparative geochemical study of bituminous boat remains from H3, As-Sabiyah (Kuwait), and RJ-2, Ra's al-Jinz (Oman) / Ja. Connan, R. Carter, M. Tobey, H. Crawford // *Arabian Archaeology and Epigraphy*. 2005. № 16. С. 21–66.
2. Бакас С., Семьян И. А. Реконструкция составного лука Синташтинской культуры: обзор археологического эксперимента // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Социально-гуманитарные науки»*. 2022. Т. 22, № 1. С. 34–42.
3. Тесленко А. Ю., Шишлов О. Ф., Глухих В. В. Исследование влияния технологических факторов на свойства лущено-рубленого древесно-композиционного материала (ЛРДКМ) с карданолсодержащей эпоксидной матрицей // *Системы. Методы. Технологии*. 2024. № 1 (61). С. 138–146.
4. Шишлов О. Ф. *Химия анакардоидов : монография*. Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2022. 484 с.
5. ГОСТ 32794–2014. Композиты полимерные. Термины и определения. Введен 1.09.2015. М., 2015. 94 с.
6. Рогов В. А., Шкарупа М. И., Велис А. К. / Классификация композиционных материалов и их роль в современном машиностроении // *Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования»*. 2012. № 2. С. 41–49.
7. Брытков Е. В., Санников В. А. *Механика композиционных материалов : учебное пособие*. СПб., 2012. 74 с.
8. Леонов В. В., Артемьева О. А., Кравцова Е. Д. *Материаловедение и технология композиционных материалов : курс лекций*. Красноярск, 2007. 241 с.
9. Наумова О. А. *Теоретические основы получения полимерных композиционных материалов : учебное пособие*. Красноярск, 2023. 80 с.
10. *Основы материаловедения (металлообработка) : учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования / В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов [и др.] ; под ред. В. Н. Заплатина*. 8-е изд., стер. М. : Издательский центр «Академия», 2017. 272 с.
11. Мельникова Л. В. *Технология композиционных материалов из древесины : учебник*. 3-е изд. М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. 235 с.
12. Соловьева Т. В., Ревяко М. М., Хмызов И. А. *Технология древесных композиционных материалов изделий : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1–48 01 05 «Химическая технология переработки древесины» специализации 1–48 01 05 02 «Технология древесных плит и пластиков»*. Минск : Белорусский государственный технологический университет, 2008. 180 с.
13. *Композиционные материалы в строительстве : учебно-методическое пособие / В. Г. Соловьев, В. Ф. Коровяков, О. А. Ларсен, Н. А. Гальцева*. М. : МИСИ – МГСУ, 2020. 85 с.
14. Чижова М. А., Чижов А. П., Криворотова А. И. *Технология композиционных материалов и изделий. Часть 1 Технология композиционных*

материалов из древесных частиц и минеральных вяжущих : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 250403.65 «Технология деревообработки». Красноярск : СибГТУ, 2012. 59 с.

15. Специальные главы технологии деревопереработки : учебное пособие / Р. Г. Сафин, Д. Ф. Зиатдинова, Н. Ф. Тимербаев, Х. Г. Мусин. Казань : КНИТУ, 2016. 460 с.

16. Криворотова А. И., Баяндин М. А. Процессы и технологии производства древесных композиционных материалов : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1. Красноярск, 2020. 86 с.

17. Усова К. А., Захаров П. С., Шкуро А. Е. Перспективные направления применения лигнина в производстве полимерных и композиционных материалов // Молодой ученый. 2023. № 8 (455). С. 11–16.

18. Азаров В. И., Буров А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимеров : учебник для вузов. 3-е изд., стер. СПб. : Лань, 2021. 620 с.

19. Фенгел Д., Вегенер Г. Древесина (химия, ультраструктура, реакции) ; пер. с англ. А. В. Оболенской, З. П. Ельницкой. М. : Лесная промышленность, 1988. 512 с.

20. Гемицеллюлозы / М. С. Дудкин, В. С. Громов, Н. А. Ведерников [и др.]. Рига : Зинатне, 1991. 488 с.

References

1. A comparative geochemical study of bituminous boat remains from H3, As-Sabiyah (Kuwait), and RJ-2, Ra's al-Jinz (Oman) / Ja. Connan, R. Carter, M. Tobey, H. Crawford // *Arabian Archaeology and Epigraphy*. 2005. No. 16. P. 21–66.

2. Bakas S., Semyan I. A. Reconstruction of the composite bow of the Sintashta culture: an overview of the archaeological experiment // *Bulletin of SUSU. The series "Social and Humanitarian Sciences"*. 2022. Vol. 22, No. 1. P. 34–42.

3. Teslenko A. Yu., Shishlov O. F., Glukhikh V. V. / Investigation of the influence of technological factors on the properties of a peeled-chopped wood composite material (LDCM) with a cardanol-containing epoxy matrix // *The system. Methods. Technologies*. 2024. No. 1 (61). P. 138–146.

4. Shishlov O. F. *Chemistry of anacardoids : a monograph*. Yekaterinburg : Ural University Publishing House, 2022. 484 p.

5. GOST 32794–2014. *Polymer composites. Terms and definitions*. Introduced on 1.09.2015. M., 2015. 94 p.

6. Rogov V. A., Shkarupa M. I., Velis A. K. / Classification of composite materials and their role in modern mechanical engineering // *Bulletin of the RUDN. The series "Engineering Research"*. 2012. No. 2. P. 41–49.

7. Brytkov E. V., Sannikov V. A. Mechanics of composite materials : textbook. St. Petersburg, 2012. 74 p.
8. Leonov V. V., Artemyeva O. A., Kravtsova E. D. Materials science and technology of composite materials : a course of lectures. Krasnoyarsk, 2007. 241 p.
9. Naumova O. A. Theoretical foundations for the production of polymer composite materials : a textbook. Krasnoyarsk, 2023. 80 p.
10. Fundamentals of materials science (metalworking) : textbook for students of secondary vocational education institutions / V. N. Platin, Yu. I. Sapozhnikov, A. V. Dubov [and others] ; edited by V. N. Platin. 8th ed., ster. M. : Publishing center "Academy", 2017. 272 p.
11. Melnikova L. V. Technology of composite materials made of wood : textbook. 3rd ed. M. : Bauman Moscow State Technical University, 2007. 235 p.
12. Solovyova T. V., Revyako M. M., Khmyzov I. A. Technology of wood composite materials of products : an educational and methodological guide for students of specialty 1–48 01 05 "Chemical technology of wood processing" specialization 1–48 01 05 02 "Technology of wood slabs and plastics". Minsk : Belarusian State Technological University, 2008. 180 p.
13. Composite materials in construction : an educational and methodical manual / V. G. Solovyov, V. F. Korovyakov, O. A. Larsen, N. A. Galtseva. M. : MISI – MGSU, 2020. 85 p.
14. Chizhova M. A., Chizhov A. P., Krivorotova A. I. Technology of composite materials and products. Part 1 Technology of composite materials made of wood particles and mineral binders : a textbook for students of higher educational institutions studying in the specialty 250403.65 "Woodworking technology". Krasnoyarsk : SibSTU, 2012. 59 p.
15. Special chapters of wood processing technology : a textbook / R. G. Saffin, D. F. Ziatdinova, N. F. Timerbayev, H. G. Musin. Kazan : KNITU, 2016. 460 p.
16. Krivorotova A. I., Bayandin M. A. Processes and technologies of production of wood composite materials : a textbook. In 2 parts. Part 1. Krasnoyarsk, 2020. 86 p.
17. Usova K. A., Zakharov P. S., Shkuro A. E. Promising directions of lignin application in the production of polymer and composite materials // Young Scientist. 2023. No. 8 (455). P. 11–16.
18. Azarov V. I., Burov A.V., Obolenskaya A.V. Chemistry of wood and synthetic polymers : textbook for universities. 3rd ed., St. Petersburg : Lan, 2021. 620 p.
19. Fengel D., Wegener G. Wood (chemistry, ultrastructure, reactions) ; translated from English by A. V. Obolenskaya, Z. P. Yelnitskaya. M. : Forest industry, 1988. 512 p.
20. Hemicelluloses / M. S. Dudkin, V. S. Gromov, N. A. Vedernikov [and others]. Riga : Zinatne, 1991. 488 p.