

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПЛЕКСНЫХ НИТЕЙ
ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ В НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ**

**THE USE OF COMPLEX FILAMENTS
FOR REINFORCEMENT OF FIBROUS COMPOSITE MATERIALS
USED IN THE OIL AND GAS INDUSTRY**

М.И. ПАНИН, В.М. КАПУСТИН, А.Е. ЦИМБАЛЮК, Р.В. ХАКИМОВ
M.I. PANIN, V.M. KAPUSTIN, A.YE. TSIMBALYUK, R.V. KHAKIMOV

**(ООО "Нефтегазовые технологии МИФИ",
Российский государственный университет нефти и газа
(научно-исследовательский университет) имени И.М. Губкина)**

**(LLC "Neftegazovye tekhnologii MIFI",
Gubkin Russian State University of Oil and Gas)**

E-mail: m.panin87@yandex.ru; vmkapustin@mail.ru; gip-ngp@mail.ru; hakimovroman@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы создания для нефтегазовой отрасли новых видов гибридных волокнистых композиционных материалов, формируемых на базе армирования их комплексными нитями различной природы, устойчивых к воздействию агрессивных сред.

Гибридные волокнистые композиционные фильтры могут широко использоваться для разделения различных фракций, осушки и очистки нефти и газов от различных примесей.

Таким образом, комплексные нити, применяемые в качестве армирующих компонентов ВПКМ, благодаря своим специфическим свойствам, и свойствам связующих элементов, позволяют создавать новые материалы с уникальными параметрами.

The article deals with the creation of new types of hybrid fibrous composite materials for the oil and gas industry, formed on the basis of their reinforcement with complex threads of various nature, resistant to the effects of aggressive media.

Hybrid fiber composite filters can be widely used for the separation of various fractions, drying and purification of oil and gases from various impurities.

Thus, complex yarns used as reinforcing components of VPCM, due to their specific properties and properties of binding elements, allow creating new materials with unique parameters.

Ключевые слова: нефть, нефтяной газ, волокно, нить, композит, экология, механические примеси.

Keywords: petroleum, petroleum gas, fiber, thread, composite, ecology, mechanical impurities.

Нефтегазовая отрасль страны остро нуждается в получении высокопрочных, устойчивых к воздействию агрессивных сред, термостойких материалов [1]. Данные

материалы могут использоваться для разделения, осушки и очистки нефти и газов от различных примесей, например, в процессе очистки попутного нефтяного газа (ПНГ)

от сероводорода [2], для отделения водных фракций и механических примесей. Существующие виды фильтровальных материалов не в полной мере позволяют решить эти сложные комплексные задачи эффективно, поэтому вопрос изыскания новых решений является актуальным.

Решение этой сложной задачи возможно за счет создания новых видов волокнистых полимерных композиционных материалов (ВПКМ) и их производных с текстильным армирующим компонентом на основе комплексных нитей [3]. Это открывает новые пути расширения ассортимента создаваемых изделий с наперед заданными свойствами. Именно специфичные свойства комплексных нитей позволяют получить заданные функциональные характеристики (разную прочность по разрывной нагрузке, различную плотность, пористость и проницаемость структур по объему материала, и т.д.) композиционных материалов и их производных требуемых в нефтедобывающей отрасли [4].

Существует большое многообразие комплексных нитей. Синтетические и искусственные комплексные нити могут формироваться кручением нескольких элементарных нитей различной природы (из различного сырья) текстурированием элементарных монопнитей, трощением, созданием бикомпонентных, фасонных или сложением моно пленочных нитей.

Известно [5], [6], что механические свойства синтетических и искусственных комплексных нитей, вырабатываемых из элементарных волокон различной линейной плотности, в значительной степени зависят от их укрутки. Поэтому в процессе армирования ВПКМ следует учитывать равновесность комплексных нитей, а также то, что сохранение их целостной структуры может достигаться термофиксацией или точечным проклеиванием элементарных волокон в нитях.

Следует отметить, что при создании композиционных материалов намоткой комплексных нитей на тела вращения (трубы, конуса) устойчивая форма "препрегам" (полуфабрикат) может придаваться с помощью полимерного связующего,

включая аппретуры (с заданными теплофизическими параметрами). В данных случаях их свойства определяются не только природой и соотношением основных компонентов [7], но также технологией армирования, структурой и количеством воздушных (газовых) включений, которые могут занимать значительную долю в конечных изделиях.

Эти включения обеспечивают, наряду с отрицательными (образование трещин, пор, раковин), приобретение и специфичных положительных качественных характеристик, а именно:

- заданную (на участках использования композита) прочность;
- диэлектрические и теплофизические свойства;
- переменную плотность и проницаемость для жидких и газообразных фаз [8].

Исследование данных материалов приводит к тому, что распространенные общепринятые методики не работают, и требуется решение специфичных, порою многостадийных сложных аналитических задач. Тем не менее, известные методы, такие как классический метод микроструктурного анализа и бесконтактная (неразрушающий контроль) электронная микроскопия, широко используемые в промышленности при производстве армированных пластиков, вполне применимы и для изучения свойств данных материалов.

Большой интерес для производства ВПКМ с заданными параметрами пористости и проницаемости (армированных комплексными нитями) [9] имеют методики исследования их свойств, не требующие специального оборудования, которые позволяют оперативно, с достаточной степенью точности, получить данные о соотношении наполнителя, связующего и пористости материала, что в свою очередь позволяет прогнозировать свойства конечного продукта.

Так, плотность и пористость композитов, сформированных, например, намоткой комплексных нитей и связующими термоактивными смолами, обладающими высокой пластичностью, можно определять методом гидростатического взвешивания. Для этого сухой образец материала сначала

взвешивают на воздухе, а затем в жидкости, хорошо смачивающей образец (без образования воздушных пузырей на его поверхности, например, в керосине).

Объем открытых пор в образцах компонентов:

$$V_0 = \frac{G_2 - G_1}{G - G_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где G – вес образца на воздухе; G_1 – вес образца в жидкости до насыщения; G_2 – вес образца в жидкости после насыщения.

Процесс насыщения образцов смачиваемой жидкостью можно проводить в вакуумной упаковке.

Изменение температурных режимов таких материалов приводит к изменению их структуры и свойств, в частности, пористости и газопроницаемости. Для определения объема пор в армирующем компоненте таких материалов, до и после изменения температурного воздействия при известном содержании связующего, может использоваться метод выжигания связующего в керамических тиглях.

Умение оценивать и управлять пористостью, а также газопроницаемостью композиционных материалов, формируемых на базе комплексных нитей, открывает возможности создания новых "управляемых" фильтровальных перегородок, которые с успехом могут применяться для очистки жидких и газообразных сред. Причем использование комплексных нитей в армировании структур ВПКМ с заданной пористостью и проницаемостью [10] позволяет обеспечивать требуемую производительность процессов фильтрации, а применение комплексных нитей различной природы – селективность взаимодействия с фильтруемыми средами.

Таким образом, комплексные нити, применяемые в качестве армирующих компонентов ВПКМ, благодаря своим специфическим свойствам и свойствам связующих элементов, позволяют создавать новые материалы с уникальными параметрами.

На рис. 1 представлен фрагмент композиционного фильтра, сформированного из

комплексных нитей (углеродных и полипропиленовых), применяемый для очистки от механических примесей и осушки (от водяных паров) попутного нефтяного газа. В данном случае на профильной перфорированной трубе формируется фильтровальный слой из комплексных нитей (полученный на основе углеродных и полипропиленовых нитей).



Рис. 1

При нанесении связующего компонента только на углеродные нити они образуют упрочняющий каркас ВПКМ, а полипропиленовые мультифиламентные нити обеспечивают заданные фильтровальные свойства. При этом производительность композиционного фильтра может задаваться его типоразмерами и толщиной намотки комплексных нитей на профильный каркас.

ВЫВОДЫ

1. Использование комплексных нитей в качестве армирующих компонентов волокнистых полимерных композитов обуславливает, за счет большого разнообразия свойств волокон, составляющих комплексную нить, возможности создания материалов (конечных продуктов) с новыми структурами и с заданными свойствами.

2. В нефтегазовой отрасли наиболее перспективными направлениями использования композиционных материалов, армированных комплексными нитями, являются процессы тонкой фильтрации различных нефтегазовых сред.

1. *Carlos Rafael, Silvade Oliveira, Afonso Henrique, da Silva Júnior, Jéssica Mulinari, Ana Paula, Serafini Immich.* Textile Re-Engineering: Eco-responsible solutions for a more sustainable industry // Sustainable Production and Consumption. – V. 28, 2021, October. P. 1232...1248.

2. *Визель Я.М., Игумнов В.С., Чижиков Ю.В.* Безотходная сероочистка отходящих газов с помощью активных щелочных сорбентов: технология и экономика // Экология и промышленность России. – 2010.

3. *Панин М.И.* Разработка композиционных материалов на базе мотальных паковок специального назначения: Дис... канд. техн. наук. – М.: МГТА им. А.Н. Косыгина, 2012.

4. *Панин М.И.* Разработка композиционных материалов на базе мотальных паковок // Актуальные проблемы проектирования и технологии изготовления текстильных материалов специального назначения // Сб. мат. Всерос. научн.-технич. конф. с международным участием (ТЕКСТИЛЬ – 2010). – Дмитровград: ДИТУД, 2010 (414). С.48.

5. *Белицин М.Н.* Синтетические и искусственные нити. – М.: Легкая индустрия, 1976.

6. *Белицин М.Н., Дмитриев С.А.* Влияние различных факторов на структуру синтетических комплексных нитей // Текстильная промышленность. – 1969, № 10. С.71...74.

7. *Райтлингер С.А.* Успехи химии. – 1951. Т.20.

8. *Шленский О.Ф., Хованская Н.Н., Лаврентьев В.В.* // Пластические массы. – 1966, № 5.

9. *Tao Jia, Shiping Zhanga, Yan Heb, Xiaoying Zhangc, Xiong Zhangd, Weihua Lie.* Enhanced thermoelectric property of cement-based materials with the synthesized MnO₂/carbon fiber composite // Journal of Building Engineering. – Vol. 43, November 2021, 103190

10. *Николаев С.Д., Зайцев В.П., Панин И.Н.* О тонкости очистки фильтрата и производстве трубчатых текстильных фильтров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2005, № 6.

1. *Carlos Rafael, Silvade Oliveira, Afonso Henrique, da Silva Júnior, Jéssica Mulinari, Ana Paula, Serafini Immich.* Textile Re-Engineering: Eco-responsible solutions for a more sustainable industry // Sustainable Production and Consumption. – V. 28, 2021, October. P. 1232...1248.

2. *Wiesel Ya.M., Igumnov V.S., Chizhikov Yu.V.* Waste-free desulphurization of waste gases with the power of active alkaline sorbents: technolo-geography and economics // Ecology and industry of Russia. – 2010.

3. *Panin M.I.* Development of composite materials based on winding packs of special purpose: Dis.... Candidate of Technical Sciences. - M.: Kosygin Moscow State Technical University, 2012.

4. *Panin M.I.* Development of composite materials based on winding packs // Actual problems of design and technologies for the manufacture of textile materials for special purposes // Sb. mat. Vseros. nauchn.-technich. conf. with international participation (TEXTILE – 2010). – Dimitrovgrad: DITUD, 2010 (414). p.48.

5. *Belitsin M.N.* Synthetic and artificial threads. – M.: Light Industry, 1976.

6. *Belitsin M.N., Dmitriev S.A.* Influence of various factors on the structure of synthetic complex filaments // Textile industry. – 1969, No. 10. p. 71...74.

7. *Reitlinger S.A.* Successes of chemistry. – 1951. Vol.20.

8. *Shlensky O.F., Khovanskaya N.N., Lavrentiev V.V.* // Plastic masses. – 1966, № 5.

9. *Tao Jia, Shiping Zhanga, Yan Heb, Xiaoying Zhangc, Xiong Zhangd, Weihua Lie.* Enhanced thermoelectric property of cement-based materials with the synthesized MnO₂/carbon fiber composite // Journal of Building Engineering. – Vol. 43, November 2021, 103190

10. *Nikolaev S.D., Zaitsev V.P., Panin I.N.* On the fineness of filtrate purification and production of tubular textile filters // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2005, № 6.

Рекомендована заседанием научно-технического совета ООО "Нефтегазовые технологии МИФИ". Поступила 11.10.21.