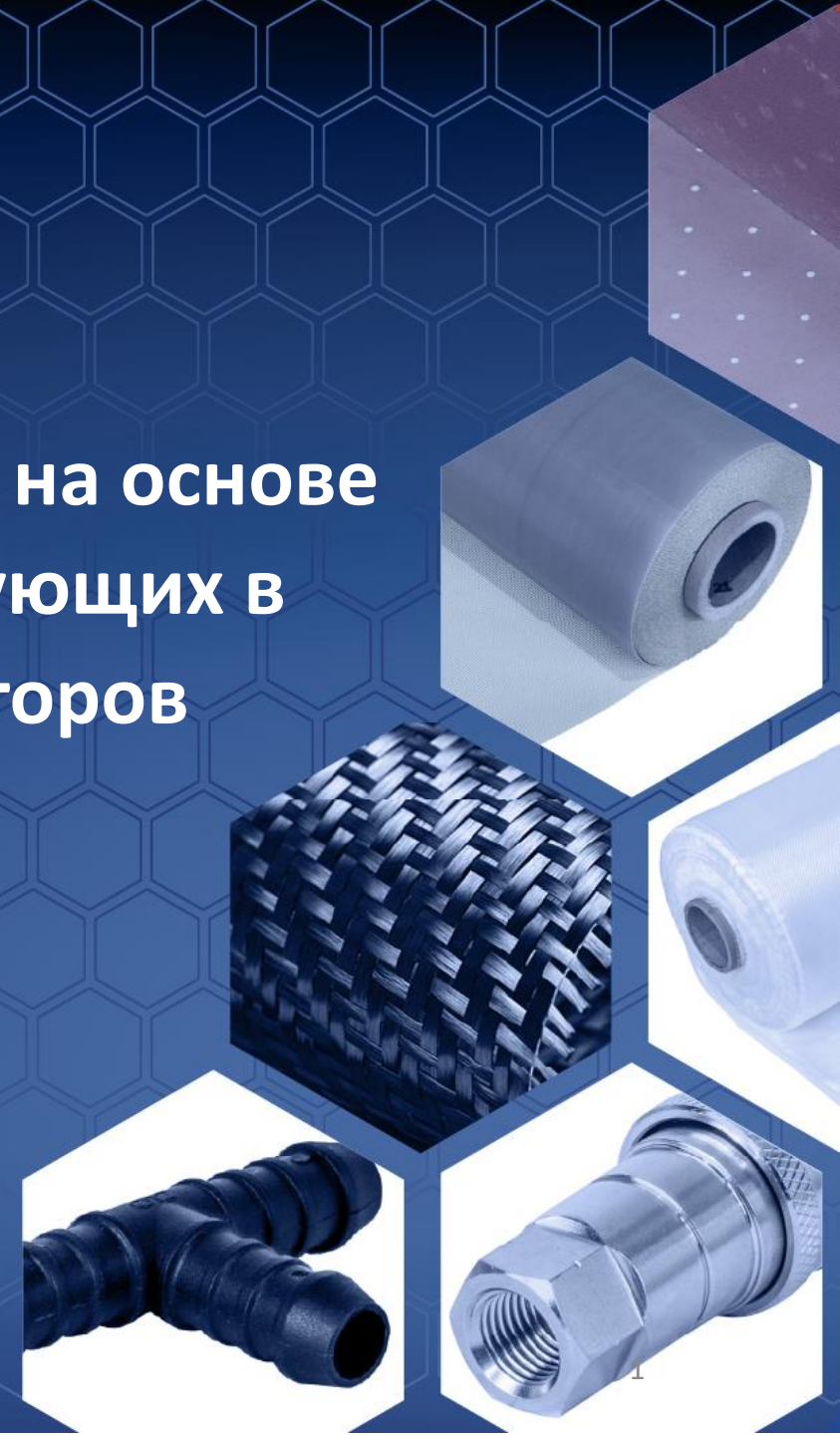




Применение препрегов и SMC-материалов на основе углеродного волокна и эпоксидных связующих в производстве литий-ионных аккумуляторов



Багинская Анна Ираклиевна, к.х.н.
руководитель направления R&D компании
ООО «Композит Изделия»

Почему это важно:

- Растущий спрос на литий-ионные аккумуляторы (ЛИА) в электромобилях, портативной технике, системах накопления энергии.
- Необходимость:
 - повышения механической прочности корпусов;
 - снижения массы батарей;
 - улучшения термостойкости и огнестойкости;
 - обеспечения герметичности и защиты от внешних воздействий.
- **Решение:** композитные материалы на основе углеродного волокна и эпоксидных связующих (препреги, SMC).



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ

Основной понятия:

- **Препреги** — предварительно пропитанные эпоксидным связующим углеродные волокна/ткани:
- матрица: эпоксидные смолы (или бисфенольные, новолачные);
- наполнитель: углеродные волокна (прочность на растяжение до 5,5 ГПа, модуль упругости до 300 ГПа);
- степень пропитки: 30–40% по массе.
- **SMC (Sheet Molding Compound)** — листовый формованный компаунд с углеродным армированием:
- основа: эпоксидная смола + минеральные наполнители;
- армирующий компонент: рубленые углеродные волокна (12–25 мм)

Свойства композитов:

Ключевые характеристики:

1. Механические:

1. высокая удельная прочность ($\sigma_{\text{раст}}=1,8-2,5$ ГПа);
2. жёсткость (модуль Юнга $E=150-220$ ГПа);
3. усталостная прочность (выдерживают $>10^6$ циклов нагрузки).

2. Термические:

1. рабочая температура: до $150-180$ °С; кратковременно до 200 °С
2. низкий коэффициент теплового расширения ($\alpha=0,5-1,2 \cdot 10^{-6}$ °С $^{-1}$).

3. Электрические:

1. удельное объёмное сопротивление $>10^{12}$ Ом·см;
2. диэлектрическая прочность >20 кВ/мм.

4. Химические:

1. стойкость к электролитам (LiPF_6 , органические растворители);
2. коррозионная стойкость.



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ

Преимущества препегов в ЛИА:

Области применения:

- силовые каркасы батарейных модулей;
- перегородки между ячейками;
- кронштейны крепления;
- защитные экраны.

Преимущества:

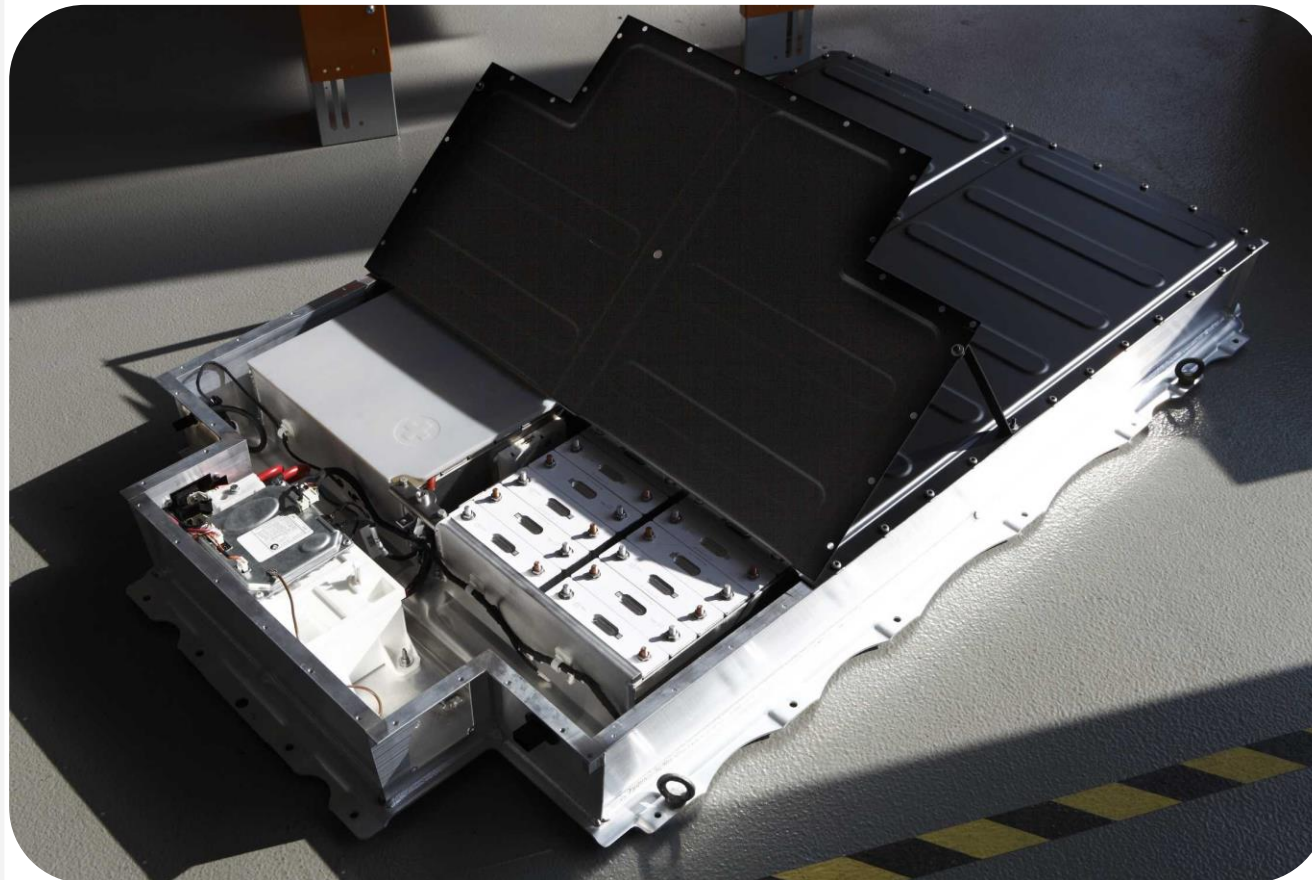
- снижение массы на 40–60% vs металлы;
- точность геометрии (допуск $\pm 0,1$ мм);
- возможность создания интегральных конструкций;
- демпфирование вибраций;
- совместимость с системами охлаждения.



**КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ**

Пример:

Углепластиковые корпуса для высоковольтных батарей Tesla, BMW.



Преимущества SMC в ЛИА:

Области применения:

- внешние кожухи батарей;
- крышки и панели доступа;
- монтажные платформы;
- защитные кожухи электроники.

Преимущества:

- производительность: цикл формования 3–8 мин;
- стабильность размеров (усадка $<0,3\%$);
- огнестойкость (класс V-0 по UL94);
- устойчивость к ударным нагрузкам;
- экономичность при тиражах $>10\,000$ шт./год.



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ

Пример:

SMC-кожухи для стационарных накопителей Fluence, Tesla Megapack.



Корпус батареи из формованного материала SMC с высокой огнестойкостью



Корпус высоковольтной батареи из SMC материала для Tesla Model Y2021

Технологические процессы:

- **Производство изделий из углеродно-эпоксидных препрегов:**

1. Раскрой препрега (лазерная/водоструйная резка).
2. Послойная укладка с ориентацией волокон ($0^\circ/90^\circ/\pm 45^\circ$).
3. Вакуумное пакетирование.
4. Отверждение: $T=120-160\text{ }^\circ\text{C}$, $P=0,1-0,3\text{ МПа}$, $t=1-3\text{ ч}$.
5. Механическая обработка.

- **Производство изделий из углеродно-наполненного SMC:**

1. Вырезка заготовки.
2. Укладка в пресс-форму.
3. Прессование: $P=5-10\text{ МПа}$, $T=140-170\text{ }^\circ\text{C}$, $t=3-8\text{ мин}$.
4. Обрезка облоя, контроль геометрии.



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ

Примеры применения:

1. Электромобили:

1. препреговые силовые рамы (масса < 5 кг на модуль);
2. SMC-кожухи с вентиляционными решётками.

2. Стационарные системы:

1. углепластиковые перегородки с огнезащитой;
2. SMC-панели с интегрированными крепёжами.

3. Портативная техника:

1. тонкие препреговые крышки (толщина = 0,8–1,2 мм);
2. облегчённые каркасы.



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ

Эффект:

- снижение массы батареи на 25–45%;
- увеличение срока службы на 20–30%;
- повышение безопасности при авариях.



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ

Материалы:

Сравнение препрегов и SMC материалов производства ООО «Композит Изделия»

Параметр	Препреги	SMC
Прочность на растяжение	1,8–2,5 ГПа	0,8–1,2 ГПа
Модуль упругости	150–220 ГПа	40–60 ГПа
Сложность форм	Высокая (криволинейные поверхности)	Средняя (простые геометрии)
Цикл производства	1–4 ч	3–8 мин
Стоимость материала	Высокая	Средняя
Серийность	Малая/средняя (<10 000 шт.)	Крупная (>10 000 шт.)
Усадка	<0,1%	0,2–0,4%

Вывод: препреги — для высоконагруженных элементов; SMC — для массового производства корпусов.

Ключевые преимущества:

1. Повышение прочности и долговечности корпуса:

- **Углепластики:** Обладают высокой прочностью и жесткостью, что позволяет создавать легкие, но стойкие корпуса аккумуляторов. Это особенно важно для портативных устройств и электротранспорта, где снижение веса и повышение механической устойчивости критичны.
- **SMC:** Также предлагает хорошую прочность и стойкость к деформации, превосходя традиционные пластики. Это способствует увеличению срока службы аккумулятора, защищая его компоненты от внешних воздействий.

2. Улучшение теплоотвода:

- **Углепластики:** Благодаря своей проводимости углепластики могут способствовать лучшему рассеиванию тепла, образующегося в процессе работы аккумулятора. Это снижает риск перегрева, повышает безопасность и продлевает срок службы.
- **SMC:** Существуют модификации SMC с улучшенными теплопроводящими свойствами, которые также могут быть использованы для создания корпусов с лучшим теплоотводом.

Ключевые преимущества:

3. Повышение безопасности:

Негорючесть: SMC и углепластики обладают негорючими свойствами, что значительно снижает риск возгорания в случае внутренних неисправностей или внешних повреждений аккумулятора. Это критически важно для безопасности пользователей и предотвращения аварий.

Электрическая изоляция: являются хорошими электроизоляторами, что предотвращает короткое замыкание и обеспечивает безопасность при эксплуатации.

4. Облегчение конструкции и снижение веса:

Высокое соотношение прочности к весу: Углепластики и SMC позволяют создавать легкие корпуса, что напрямую влияет на снижение общего веса батарейного блока. Это имеет огромное значение для электротранспорта (увеличение запаса хода), беспилотных летательных аппаратов и портативной электроники.

Выводы:

В целом, развитие данного рынка приводит к развитию области применения SMC материалов и углепластиков в производстве Li-ion аккумуляторов и является перспективным направлением, которое способствует созданию более безопасных, легких, долговечных и энергоэффективных решений – новых и инновационных для рынка РФ.

Это открывает новые возможности для развития электромобилей, портативной электроники и других областей, где аккумуляторы играют ключевую роль, а также позволяет



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ

Контакты:

ООО «Композит-Изделия»
119435, г. Москва,
Большой Саввинский пер, д.12 с.8.
Т.: +7 499 281 66 37 Ф.: +7 495 783 7331
Email: info@cp-vm.ru <https://cp-vm.ru>



КОМПОЗИТ
ИЗДЕЛИЯ

Мы делаем мир легче!



КОМПОЗИТ ИЗДЕЛИЯ