

# Развитие продолжается. Слюда как прокладочный материал

С.Н. Катков, ЗАО «ВАТИ-ПРОМ»

С развитием промышленных технологий требования к эффективности и экономичности прокладочных материалов постоянно растут. При этом температура по-прежнему является ключевым критерием при выборе прокладочного материала.

Современные прокладочные материалы должны выдерживать все более высокую температуру. Например, в выхлопных системах и системах турбонаддува, там, где среда агрессивна, требуются прокладочные материалы, которые надёжно работают длительное время при температурах вплоть до 1000° С. Уже получившие большое распространение прокладки из терморасширенного графита по своим природным свойствам не могут выдерживать таких высоких температур.

Поэтому компания Frenzelit разработала для сверхвысоких температур новый прокладочный материал на основе природной слюды **novaMICA® THERMEX**. В настоящем обзоре рассказано о физических и химических характеристиках данного материала.

## Слюда как прокладочный материал

Слюда обладает следующими полезными качествами:

- Стойкость к высокой температуре (без окисления);
- Не горюча;
- Высокая химическая стойкость;
- Хорошие качества по термоизоляции.



Как и в случае с понятием «графит», между различными материалами, обозначаемыми термином «слюда», существуют значительные различия по качеству и работоспособности. Не каждая разновидность слюды обладает качествами высокотемпературного прокладочного материала.

## Правильный выбор слюды

Температура плавления у природной слюды находится в диапазоне от 1200 до 1350° С. Однако, этот факт вовсе не означает, что природная слюда пригодна в качестве термостойкого прокладочного материала. В состав слюды входят гидросиликаты с водой в связанном состоянии. В зависимости от химической структуры при определённых температурах происходит *кальцинация* — процесс, в ходе которого связанная структура воды разрывается, что ведет к ее вытеснению. При температуре кальцинации многие характеристики слюды существенно изменяются. Таким образом, решающим фактором с точки зрения устойчивости к высокой температуре является вовсе не температура плавления, а температура кальцинации. При этом кальцинация может изменять характеристики материала как в требуемом, так и в нежелательном направлении.

Как можно повлиять на температуру кальцинации материала? Значительное влияние на данное свойство оказывает химическая структура слюды, т.е. ее разновидность. Существует множество разновидностей слюды, которые различаются друг от друга только своей кристаллической структурой. Два самых известных вида слюды — это мусковит и флогопит. Мусковит легко поддаётся обработке, но его температура кальцинации довольно низкая: 600-700° С. Уже при 500° С наблюдается «потеря» связанной воды. Благодаря своей обрабатываемости и хорошим диэлектрическим свойствам мусковит применяется в основном для электрической изоляции. Флогопит, в свою очередь, имеет температуру кальцинации свыше 1000° С. Таким образом, флогопит действительно сохраняет необходимые нам свойства вплоть до 1000° С.

Несмотря на эти превосходные качества, флогопит распространён не так широко, как мусковит или вермикулит, что, в частности, вызвано трудностью его обработки и сложностью необходимой для этого технологии.

На графике (*рис. 1*) показаны результаты, полученные методом термогравиметрического измерения стандарт-

ного материала из слюды в сравнении со слюдой флогопит, т.е. материалом novaMICA® THERMEX.

При этом измеряется потеря массы проб обоих материалов (органические компоненты, а также связанная вода) в температурном диапазоне от комнатной температуры до 1000 °С.

Кривые на графике показывают чёткие различия характеристик материалов на различных стадиях процесса. Мы видим, что масса изменяется ступенчато. Чем больше высота соответствующей ступени, тем больше потеря массы материала из слюды при данной температуре.

1 ступень: испарение летучих соединений.

2 ступень: связующие.

3 ступень: кальцинация + другие органические компоненты.

4 ступень: пиролиз.

Для надежной работы прокладки требуется минимальная потеря массы во всём температурном диапазоне. И мы видим, что общая потеря массы прокладочного материала из флогопита novaMICA® THERMEX составляет лишь 3,1%. А в случае уплотняющих материалов из стандартной слюды более высокое содержание органических компонентов, а также эффекты, вызванные кальцинацией, ведут к высоким потерям общей массы – до 21,4%.

## Герметичность прокладочных материалов из природной слюды

Отраженные на графике (рис. 1) результаты анализа, проведённого термогравиметрическим методом, ясно показывают температурные характеристики слюдосодержащих материалов, т.е. связанную с ростом температуры потерю массы прокладочных материалов из слюды. В свою очередь, происходящие при высоких температу-

рах изменения в структуре материала влияют на его герметичность.

Как известно, слюда – «многослойный» материал, для которого характерно легкое расщепление вдоль слоёв с образованием очень тонких прозрачных пластин. То есть, в своей изначальной форме, до первой фазы обработки, слюда существует вот именно в виде тонких пластин (так называемые «слюдяные пластинки»). И только благодаря использованию подходящей связующей системе при дальнейшей обработке получается конечный продукт. Связующей системой может быть как классический каучук, так и более химически и термически стойкие связующие. Кроме соединения пластин существует еще один положительный аспект – закрытие промежуточных пространств: связующие действуют как диффузионный барьер для уплотняемой среды. И только тогда можно говорить о слюде как о прокладочном материале. То, какие используются связующие, а также их количество, являются решающими факторами с точки зрения термостойкости и химической инертности прокладочного материала. Применение обычных связующих – таких, как, например, каучук – неизбежно ведёт к ограниченной работоспособности материала. Для достижения высокой работоспособности прокладочного материала следует сводить количество связующих (т.е. органических компонентов) к минимуму. Так же работоспособность особо высоко удаётся повысить посредством армирования просечно-вытяжной сталью.

Уникальный армирующий слой из просечно-вытяжной стали является отличительной чертой материалов фирмы Frenzelit на протяжении нескольких десятилетий. Особо широкую известность такой армирующий слой получил благодаря уникальной линейке прокладочных материалов из терморасширенного графита novaphit® (рис. 2).

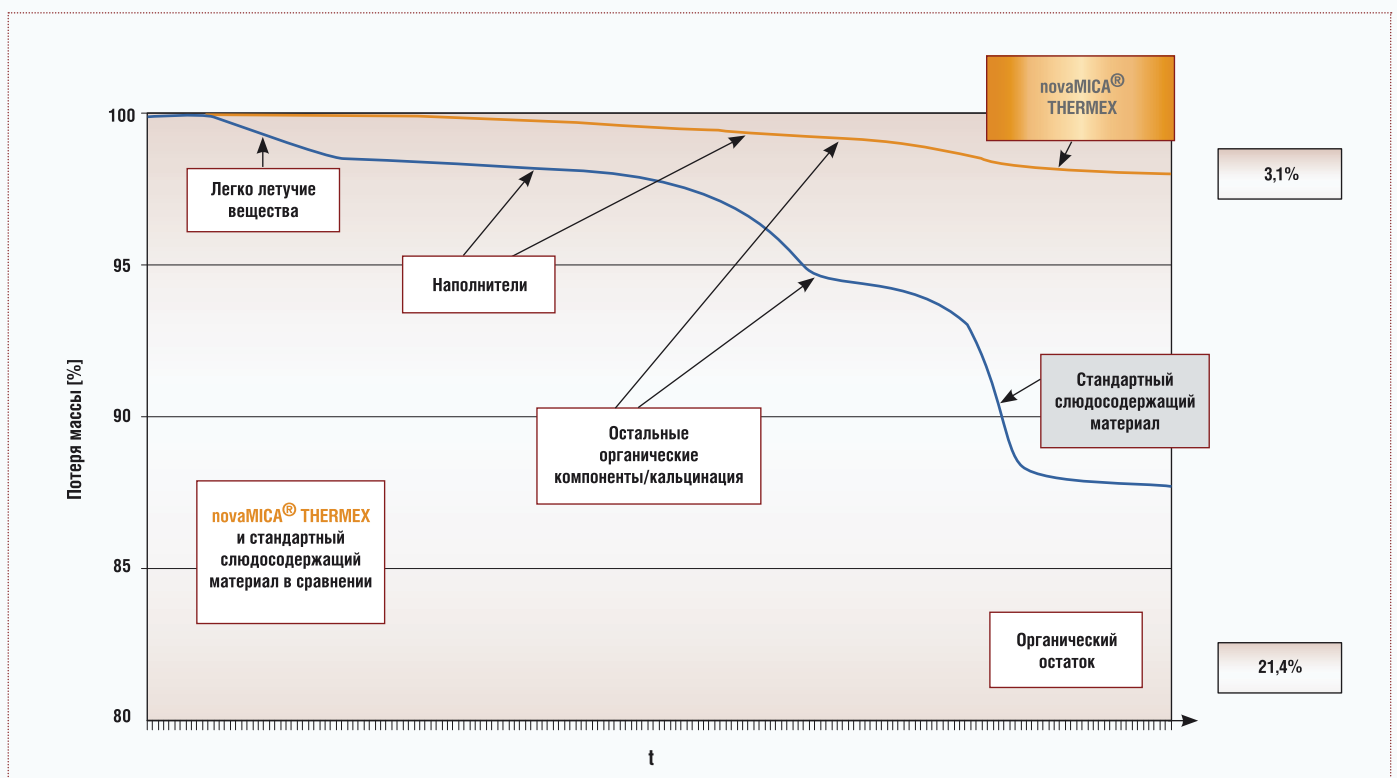


Рис. 1. Термостойкость слюдосодержащих материалов



Рис. 2. Просечно-вытяжная сталь

Дополнительное металлическое армирование вносит значительный вклад в прочность прокладочного материала из слюды, и, кроме того, существенно улучшает герметичность материала благодаря образованию ячейками замкнутых контуров.

На графике измерения газонепроницаемости при 500° С (рис. 3) показано, сколь сильное негативное влияние на характеристику газонепроницаемости стандартного слюдосодержащего прокладочного материала оказывает потеря массы под воздействием температуры из-за высокого содержания органических компонентов и кальцинации.

В то же время, novaMICA® THERMEX благодаря армирующему слою из просечно-вытяжной стали и слюде флогопит показывает очень стабильную газонепроницаемость на всем промежутке времени длительного теста.

## Обработка слюдосодержащих материалов

Помимо высоких функциональных требований к прокладочным материалам, растут требования к лёгкости их обработки и практическому удобству в использовании. До сих пор приходилось мириться с большими сложностями, возникающими при работе с материалами на основе слю-

ды. Теперь, наряду с легким обращением и отсутствием каких-либо проблем при резке, novaMICA® THERMEX показывает и более высокую «внутреннюю прочность» по сравнению с классически построенными структурами прокладочных материалов.

Фундамент улучшения механической прочности закладывается уже на первом шаге технологического процесса, при изготовлении пластин флогопита – и далее выбором высококачественной связующей системы, а также армированием просечно-вытяжной сталью. Благодаря этому материал novaMICA® THERMEX фирмы Frenzelit достигает отличных характеристик по обрабатываемости.

Преимущества для обработчика очевидны. Материал можно легко и безопасно нарезать традиционными методами (плоттер, штамповочный пресс, ножи и т. д.).

## Использование природной слюды флогопит в качестве прокладочного материала — инновация

С применением слюды флогопит в материале novaMICA® THERMEX удалось сделать большой шаг в достижении высокой газонепроницаемости, а также неограниченной работоспособности прокладочного материала при высоких температурах вплоть до 1000° С.

Благодаря применению высококачественных компонентов, разработанной комбинации из природной слюды флогопит и высококачественной связующей системы, был сделан большой шаг в развитии прокладочных материалов нового поколения.

Применяемый в материале армирующий слой из просечно-вытяжной стали существенно способствует высокой газонепроницаемости на длительном протяжении времени и делает возможным до сих пор непревзойденную для материалов на основе слюды лёгкость в обработке и изготовлении готовых прокладок.

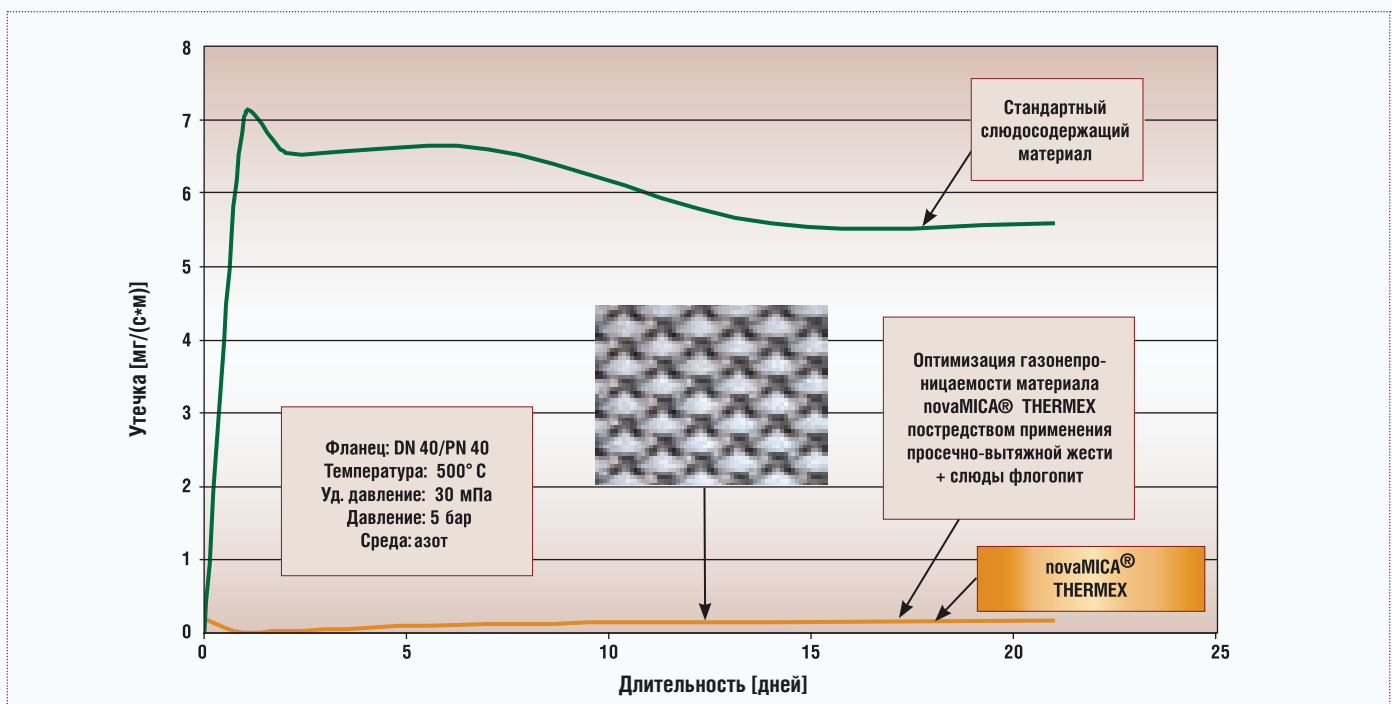


Рис. 3. Газонепроницаемость прокладочных материалов из слюды при 500° С