

БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А. А. Ганеев, Е. Н. Шлыгин, А. В. Богачев

Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия

В связи с истощением используемых в настоящее время нефтегазовых месторождений возникает необходимость в проведении добычи данного сырья на больших глубинах. Это, в свою очередь, предопределяет бурение более твердых горных пород. Существующий буровой инструмент либо не справляется с абразивными горными породами и быстро изнашивается, либо имеет высокую стоимость (алмазные долота). Поэтому возникает необходимость в создании новых, более износостойких и доступных материалов для буровых долот, которые могли бы быть массово применены при геолого-разведочных и добывающих работах на больших глубинах.

Буровое долото работает в тяжелых условиях:

- удельная нагрузка на режущий элемент составляет от 0,8...1,2 кН;
- окружная скорость 0,7...1,2 м/с;
- температура на поверхности режущей кромки достигает 600 °С.
- применение агрессивных промывочных жидкостей, вызывающих коррозию и разрушение инструмента.
- высокие ударные нагрузки и быстрый износ инструмента.

На основе анализа условий работы инструмента определены следующие требования к материалам долот для сверхглубокого бурения:

- повышенная твердость (не ниже 90 HRC);
- высокая изгибная прочность $\sigma_{изг}$ (не ниже 1200 МПа);
- повышенная теплостойкость (не ниже 700 °С);
- высокая коррозионная стойкость.

Из проведенного анализа материалов для бурового инструмента следует, что наиболее перспективными для повышения износостойкости буровых долот являются композиционные материалы. Но существующие композиционные материалы обладают опре-

деленными недостатками: при использовании сплавов в качестве связки существует возможность изменения свойств материалов за счет изменения их химического состава, но невозможно достичь высокой структурной плотности в связи с образованием дендритной пористости; при использовании кобальта или другого чистого металла отсутствует возможность изменения свойств материала.

В то же время композиционные материалы, получаемые методом инфильтрации с использованием в качестве связки эвтектических сплавов, лишены указанных недостатков.

В то же время, композиционные материалы, пропитанные эвтектическим сплавом-инфильтрантом, обладают рядом преимуществ перед используемыми в настоящее время промышленными сплавами:

- обладают низкой пористостью;
- обладают направлено-ориентированной структурой;
- имеют более высокие механические свойства;
- лучше сопротивляются выкрашиванию твердых дисперсных частиц;
- их применение дешевле, чем использование алмазных долот.

Разработка новых композиционных материалов данного класса производится с применением методики синтеза, которая состоит из следующих основных этапов:

1. Определение условий работы бурового инструмента и формирование на их основе требований к материалу долот.
2. Определение взаимодействия фаз в композиционных материалах.
3. Разработка требований к материалам каркаса и инфильтранта.
4. Разработка базы данных материалов каркаса и инфильтранта.
5. Разработка критериев выбора материалов каркаса и инфильтранта из базы данных и определение наиболее перспективных компонентов нового сплава.

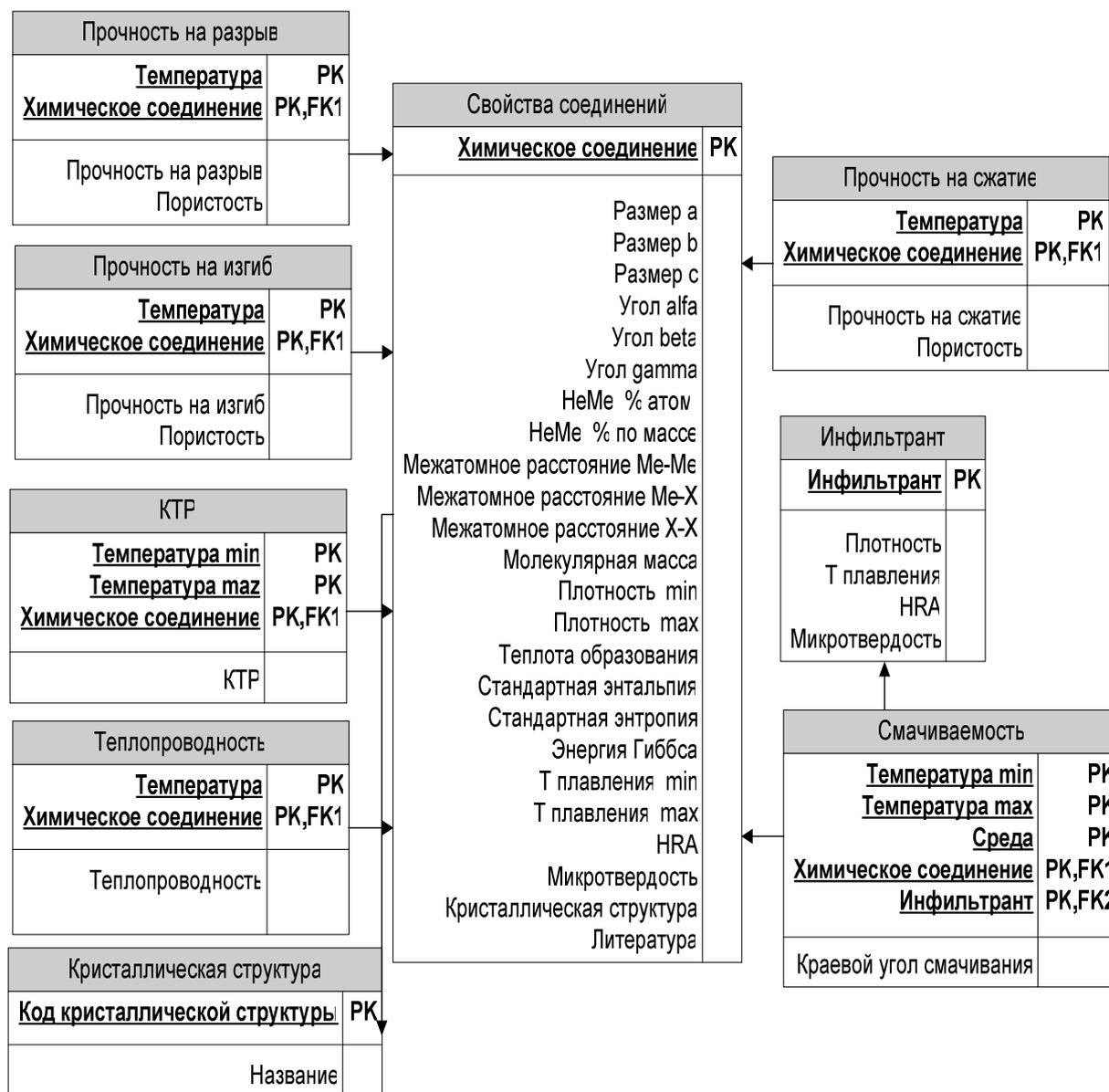


Рисунок 1 – Концептуальная структура Базы данных

На основе требований к материалу долот и анализа данных о межфазном взаимодействии в композиционных сплавах разработаны следующие требования к материалу каркаса:

- Высокие механические свойствами (предел прочности на изгиб не менее 1862 МПа, твердость HRC не менее 85–90 единиц, высокая износостойкость).

- Температура плавления должна быть выше температуры плавления инфильтранта.

- Высокая теплопроводность, не ниже 30 Вт/(м·К) для эффективного отвода тепла от рабочей поверхности инструмента.

- Также важным показателем, характеризующим термодинамическую устойчивость, является теплота образования армирующей фазы.

Инфильтрант должен отвечать следующим требованиям:

- Температура плавления сплава-инфильтранта должна быть не ниже 600 °С.

- Для получения плотной структуры состав сплава должен быть эвтектическим или близким к нему.

- Сплав должен обладать хорошей жидкотекучестью.

БАЗА ДАННЫХ ДЛЯ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

- Инфильтрант должен иметь меньшее сродство к кислороду, углероду, азоту, сере или кремнию в случае применения каркаса из оксидов, карбидов, нитридов, сульфидов или силицидов соответственно.

Кроме того материалы каркаса и инфильтранта должны быть подобраны таким образом, чтобы:

- Обеспечить хорошую смачиваемостью каркаса инфильтрантом. Краевой угол смачивания должен быть меньше 90° , чтобы обеспечить плотную пропитку порошковой формовки.

- Межфазное взаимодействие определялось термодинамически равновесной адгезией между фазами.

- Обеспечить высокую прочность связи на границе раздела тугоплавкий компонент-инфильтрант.

- Коэффициенты термического расширения каркаса и инфильтранта должны соответствовать друг другу.

Для выбора материалов каркаса и инфильтранта необходимо проанализировать большое количество информации об их свойствах, т. е. исследовать множество однотипных объектов с одинаковым набором атрибутов, но различными значениями этих атрибутов. Подобные операции рациональнее проводить с использованием баз данных.

Поэтому обязательным этапом разработки нового композиционного сплава является создание базы данных. Для этого необходимо разработать структуру базы данных, то есть определить какие свойства тугоплавких соединений и сплавов-инфильтрантов будут в нее включены, а также как эта информация будет структурирована.

Одни свойства соединений, такие как, например, плотность, достаточно знать при комнатной температуре. Другие, например, коэффициент линейного расширения или прочность на изгиб, необходимо знать при различных температурах. Естественно, что рациональнее расположить такие данные в разных таблицах, но при этом они должны быть связаны между собой. При попытке сохранить все данные в одной таблице будет возрастать объем хранимой информации, и ухудшаться удобство работы с ней.

На основе представленных выше положений, разработана концептуальная структура базы данных, представленная на рисунке 1.

Такой метод позволяет в автоматизированном режиме выбрать материалы, обладающие оптимальным набором свойств. При этом проводится анализ совместимости инфильтранта с материалом каркаса. После этого принимается решение о возможности применения одного или нескольких из них для достижения поставленной цели.