

из таблицы в уравнения (3) и (4). Отсутствие коэффициента λ_2 в выражениях ω и i объясняется тем, что независимым фактором является пройденный путь, который уже учитывается в $L(\theta)$.

Аналогично можно определить оптимальные траектории ω и i при любой другой заданной нагрузке. Как видно из таблицы, выражения ω и i для случая $M_c = \text{const}$ можно представить, как частный случай для $M_c = M_0 + k\omega$ или $M_c = M_0 + k\omega^2$, если k приравнять к нулю. Выражения, приведенные в таблице, представляют наиболее общий случай, из них можно получить решения других оптимизационных задач без учета ограничений на время или потери, если λ приравнять нулю. В частности, оптимизационная задача определения кривых ω и i , обеспечивающих минимум потерь в обмотках при заданном перемещении, без ограничения на время для случая $M_c = \text{const}$ имеет следующее решение:

$$\omega = \sqrt{\frac{M_c L'}{I L^2}}; \quad i = \sqrt{M_c \left(\frac{3}{L'} - \frac{L''}{L'^2} \right)}, \quad (10)$$

которое получено из верхней строки таблицы подстановкой $\lambda = 0$.

Таким образом, применение методов классического вариационного исчисления позволяет аналитически описать оптимальные траектории ω и i в функции θ для обеспечения требуемой динамики электропривода с ДПМС.

ЕрПИ им. К. Маркса

27. III. 1985

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Расчетное и экспериментальное определение статических угловых характеристик ДПМС // Э. М. Агабабян, С. А. Казарян, А. С. Овакимян и др. // Эл. транспорт: Сб. науч. тр. ЕрПИ. — 1982. — С. 4—10.
- 2 Овакимян А. С., Авакян М. В. Определение оптимальных законов частотно-токового управления для синхронных двигателей специальной конструкции // Эл. машины. Вопросы теории и расчета: Сб. науч. тр. ЕрПИ — 1985. — С. 72—77.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XL, № 5, 1987

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

Э. С. АБОВЯН, В. Е. АДАМЯН, А. Г. КАРАГЕЗЯН, А. С. ПОГОСЯН

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ДИСИЛИЦИДА МОЛИБДЕНА

С целью улучшения эксплуатационных свойств нагревательных элементов на основе дисилицида молибдена проведены работы по изучению влияния различных пластифицирующих материалов [1], а также по выяснению роли основных сырьевых компонентов при синтезе $MoSi_2$ [2].

В настоящей работе проведено комплексное исследование микроструктуры этих нагревательных элементов, полученных методом самовоспламеняющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [3]. Целью работы было определение параметров, характеризующих микроструктуру материала высокотемпературных нагревателей СМ-1 отечественного производства и выявление факторов, отрицательно влияющих на некоторые их эксплуатационные характеристики.

Для металлографических и рентгенографических исследований готовились шлифы в виде таблеток, вырезанных поперек нагревательных элементов. Из сравнительного анализа различных металлографических снимков (рис. 1) и визуального наблюдения микроструктуры всей поверхности шлифов следует, что основная поликристаллическая масса ($MoSi_2$) нагревателя, поры и включения различного происхождения в образце СМ-1 распределены



Рис. 1. Микроснимок от поверхности нагревательного элемента СМ-1 ($\times 135$).

неравномерно по поверхности среза. Максимальные размеры этих дефектных областей достигают 100 мкм и более, а средний размер зерен дефектных областей (60—70 мкм) почти на порядок превосходит размеры зерен однородных областей основной массы дисилицида молибдена. Поверхностная плотность таких включений достаточно высока (порядка 6—7%), так что кристаллические зерна дисилицида молибдена в образце СМ-1 не образуют единого матричного каркаса. Эти результаты свидетельствуют о низкой степени однородности материала нагревателя СМ-1.

Характер распределения интенсивности на различных дифракционных кольцах свидетельствует о том, что в использованном для СВС реакции порошке кристаллиты молибдена имеют примерно одинаковые размеры (~ 20 мкм). Дебаеграмма порошка кремния характерна тем, что на фоне сплошных дифракционных колец четко выделяются отдельные яркие пятна, имеющие макроскопические размеры. Появление подобных рефлексов на сплошных дебаевских кольцах свидетельствует о присутствии как очень мелких (порядка 1 мкм), так и достаточно крупных кристаллов (~ 100 мкм) в исходной массе порошка кремния [4]. Эти данные показывают, что наличие дисперсности в размерах кристаллитов исходных компонент, вступающих в реакцию СВС, может стать основной причиной, приводящей к негомогенному синтезу дисилицида молибдена, который связан с различием реакционной поверхности кристаллитов исходных веществ. Таким образом, непрореагированные компоненты в синтезируемом продукте СВС могут при-

вести к снижению окалиностойкости изделия и ухудшению эксплуатационных свойств нагревательного элемента.

Изучение изображений микроструктуры отработанных образцов СМ-1 показывает, что в процессе работы нагревателя происходит объединение соседних дефектных участков в большие области, что приводит к резкому нарушению локальной однородности микроструктуры. При прерывистом режиме работы этому способствует также «вытеснение» дефектных участков со стороны основной массы нагревателя. На рис. 2 видны «очищенные» от микропор и включений большие области основной массы и четко локализованные островки дефектной структуры на поверхности среза. На различных фрагментах снимка хорошо просматриваются разные стадии роста и эволюции микротрещин, в результате чего происходит слияние соседних дефектных участков. Это приводит к возрастанию размеров структурных неоднородностей и при прерывистом режиме работы нагревателя может стать причиной разрушения элемента за счет появления сильной анизотропии термических искажений.



Рис. 2. Микроснимок от поверхности отработанного нагревательного элемента ($\times 850$).

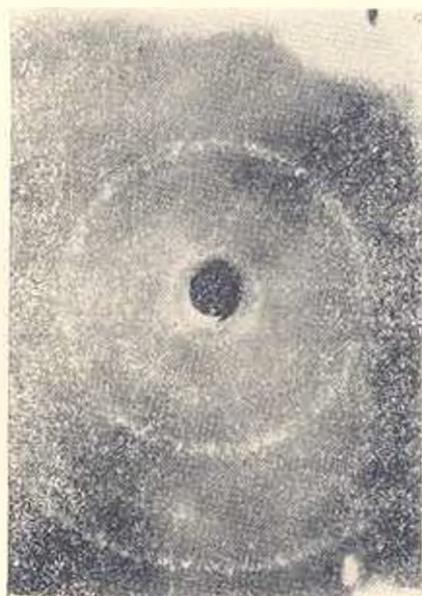


Рис. 3. Рентгенограмма отработанного образца, полученная методом обратной съемки (Cu-излучение).

Рентгенограммы, полученные методом обратной съемки от отработанных образцов СМ-1 (рис. 3), подтверждают выше сделанные выводы. В результате периодического нагрева и охлаждения нагревателя СМ-1 происходит интенсивный процесс собирательной рекристаллизации — укрупнение кристаллов диоксида молибдена за счет присоединения соседних зерен. Действительно, прерывистый и пятнистый характер распределения интенсивности дифракционных колец указывает на то, что в отработанном образце максимальные размеры кристаллитов достигают порядка 100 мкм и более.

Ухудшение эксплуатационных характеристик нагревательных элементов СМ-1 при работе в циклических режимах, по-видимому, связано не только с неомогенностью продукта реакции СВС вследствие полидисперсности зерен исходных компонент, но и с возможным несовершенством последующего процесса спекания. Поэтому для стабилизации микроструктурных параметров нагревательного элемента СМ-1 необходимо также изучение и выявление оптимального режима процесса спекания этих изделий.

На основе полученных экспериментальных данных показано, что отсутствие монодисперсности размеров кристаллов исходных компонент реакции СВС, приводящее к неомогенности материала нагревателя, а также увеличение размеров зерен диоксида молибдена за счет процесса собирательной рекристаллизации при прерывистом режиме работы являются факторами, приводящими к относительно быстрому разрушению нагревательного элемента СМ-1.

ЕГУ

25 VII 1984

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Влияние жаростойких добавок на эксплуатационные свойства электронагревателей / Л. А. Даниелян, М. Б. Гутман, А. С. Погосян и др. // Промышленность Армении.— 1983 — № 3.— С. 46—48.
2. Тугоплавкие бориды и силициды / Сб. ст. под ред. Г. В. Самсонова.— Киев: Наука ва думка, 1977 — 163 с.
3. А. с. 428856 СССР. Способ изготовления высокотемпературных нагревателей из диоксида молибдена / А. С. Погосян, А. Х. Балян, Г. К. Геворкян и др. (СССР).— Опубл. в Б. И., 1974, № 19.— 2 с.
4. Русаков А. А. Рентгенография металлов.— М.: Атомиздат, 1977 — 479 с.

Изв. АН АрмССР (сер. III), т. XI, № 5, 1987

НАУЧНЫЕ ЗАМЕТКИ

А. А. АРУТЮНЯН, В. И. СААКОВ, А. М. АРАКЕЛЯН

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Для оценки существующего состояния в электрических сетях 110 кВ и выше энергосистем (ЭС) выполнено обследование использования трансформаторов (Т) с устройствами регулирования напряжения (РПН), а также источников реактивной мощности (ИРМ). Согласно полученным данным (табл. 1), только 39% Т с РПН работают с использованием автоматических регуляторов коэффициентов трансформации (АРКТ), а остальные 61% Т — без АРКТ. Более половины (53,5%) ЭС используют АРКТ меньше, чем на одной трети от общего числа Т с РПН.