

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВЫХ И СТРУКТУРНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В МЕТЕОРИТАХ

В. И. Гроховский

*Уральский государственный технический университет – УПИ имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, grokh47@mail.ru*

В последние годы исследованию вещества внеземного происхождения (метеориты, грунт Луны, Марса, астероидов) уделяется особое внимание как из-за активизации программ по изучению тел Солнечной системы, так и вследствие значительного поступления новых образцов метеоритов из холодных и горячих пустынь. Состав и структура минеральных составляющих этих веществ содержат информацию о различных превращениях за время их эволюции. Это информация о температурных изменениях, ударных трансформациях, радиационных и химических воздействиях и др. Изучение структур, возникающих при таких превращениях, свойств этих структур и выяснение причин, из-за которых они образовались, помогает понять многие процессы, происходившие при формировании Солнечной системы, дает новые знания о свойствах минералов и их ансамблей.

Принято делить метеориты на каменные (хондриты и ахондриты), железные и железо–каменные. Недифференцированное вещество хондритов может содержать досолнечные минеральные зерна, минералы высокотемпературных конденсатов, микроскопические зерна металла и силикатов. Металлические минералы системы Fe–Ni–Co составляют не только основу железных и железо–каменных метеоритов, но и присутствуют во всех хондритах в виде трех разновидностей: крупные изолированные зерна, металл в тонкодисперсной матричной составляющей (смесь силикатных кристаллов с небольшой долей мелких металлических и сульфидных частиц) и металл в хондрах (сферических силикатных объектах).

Железо является главной составной частью большинства метеоритов. Ввиду наличия у Fe двух полиморфных точек, в соединении с другими элементами наблюдается значительное разнообразие минералов на базе железа. Воздействие неординарных космических условий на метеоритное вещество приводит к формированию необычных структур в системе Fe–Ni–Co, которые до сих пор не перестают удивлять исследователей. После затвердевания размеры монокристаллов тэнита достигали метровых размеров. Классическим признаком железных метеоритов является Видманштеттовая структура, впервые обнаруженная два века назад. Эта структура используется для оценки скорости охлаждения каждого метеорита.

Трудности исследования низкотемпературной области фазовой диаграммы Fe–Ni связаны с экстремально низкой диффузионной подвижностью атомов Ni. Равновесная диаграмма состояния Fe–Ni постоянно обновляется в основном за счет исследования метеоритного металла. Несмотря на то, что в этой системе установлено лишь три основных минерала: камасит ОЦК фаза α -Fe(Ni), тэнит ГЦК фаза γ -Fe(Ni) и тетратэнит FeNi, диаграмма состояния Fe–Ni в низкотемпературной части имеет достаточно сложный вид. Например, в диффузионной зоне вокруг избыточного камасита в палласите Омолон наблюдается 7 структурных зон, обусловленных разными механизмами фазовых превращений.

Присутствие P, S, N и C в метеоритном металле приводит к образованию разнообразных структур с выделениями шрейберзита или рабдита $(\text{Fe,Ni})_3\text{P}$, перриита $(\text{Fe,Ni})_5(\text{Si,P})_2$, троилита FeS, роалдита Fe_4N , графита C, когэнита $(\text{Fe,Ni})_3\text{C}$, гексанита $(\text{Fe,Ni})_{23}\text{C}_6$. В обзорном докладе демонстрируются результаты проявления в метеоритах разнообразных фазовых и структурных превращений при формировании минеральных фаз:

- ориентированный и неориентированный диффузионный рост;
- формирование M-профиля по Ni;
- бездиффузионные превращения;
- распад пересыщенных твердых растворов;
- упорядочение и спинодальный распад;
- прерывистый распад камасита и тэнита;
- коррозионно-индуцированная рекристаллизация;
- формирование плесситных структур;
- превращения при ударе и др.

Информация о структуре минералов вещества внеземного происхождения получена современными методами, основанными на использовании электронных, ионных, ядерных и механических зондов. Рассмотрены структурные аспекты разрушения метеоритов при динамическом нагружении.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 10-05-96047-р_урал_a.