

И. С. ДЕЛИЦИН, Н. А. МАЙОРОВ, Л. Н. ЛЕВУШКИН, И. В. ЗВЕРЕВ

ОРИЕНТИРОВАННОЕ СТРОЕНИЕ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР КВАРЦИТА (ПО ДАННЫМ ЭКСПЕРИМЕНТА)

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 2 XI 1972)

Изучение метаморфических горных пород показывает, что в последних четко выраженные деформационные структуры весьма редки. Несмотря на то, что текстурные признаки породы могут быть четко деформационными, ее внутреннее строение почти всегда характеризуется рекристаллизационной структурой. Процесс рекристаллизации широко изучался и изучается в металлах и сплавах, однако механизм образования рекристаллизационных структур и особенности их ориентированного строения до сих пор выяснены недостаточно ((¹¹) и др.). Что касается горных пород, то процесс рекристаллизации их освещен в еще меньшей степени ((²) и др.)

В настоящей работе предпринята попытка экспериментально, на природном деформированном кварците, получить рекристаллизационные структуры и уточнить общие тенденции развития их ориентированного строения.

Для исследования были взяты кварциты из кварцито-мраморных толщ Юго-Западного Прибайкалья, в отдельных образцах обладающие макро- и микроскопически четко выраженными признаками пластической деформации (³). Здесь были встречены зоны «интенсивного течения» кварцита (мощностью 5 мм) с однозначной и весьма совершенной ориентировкой слагающих кварцит зерен кварца (⁷).

Из кварцита данной зоны были выпилены образцы кубической формы, размером 4×4×4 мм, ориентированные относительно микроструктурных осей *a*, *b*, *c* (⁹) и др.). Степень совершенства ориентировки кварца этих образцов несколько варьировала, поэтому для каждого опыта исходная ориентировка зерен кварца в кубических образцах приводится (рис. 1, I, рис. 2, I).

Опыты проводились в одноступенчатом варианте аппарата типа цилиндр — поршень с внутренним нагревателем (¹⁰).

Условия опытов: квазигидростатическое давление 8 кбар, температура 1000°, экспозиция 5 час., опыты велись в атмосфере паров NaHCO₃. В аппаратуре примененного типа всегда существует компонента осевого сжатия, не поддающаяся (по величине) точному учету, но, согласно данным Мао и Ингланд (¹²), эта величина может достигать 25% от всестороннего давления.

Основная особенность проводившихся опытов заключалась в том, что относительно направления компоненты осевого сжатия устанавливались сечения образцов с преобладающим развитием различных кристаллографических плоскостей слагающих их зерен кварца: (1010), (1120), (1014) — (1015).

Изучение ориентированного строения рекристаллизационных структур было проведено при помощи дифрактометрического метода (метод «обратных» полюсных фигур (⁸, ⁷) и др.) *. Поверхности исходных образцов

* В связи с малым размером зерна оптический микроструктурный метод нельзя было использовать.

перед съемкой пришлифовывались; для снятия возможного влияния зон контакта с футеровкой камеры высокого давления поверхности образцов после опыта еще сошлифовывались примерно на 0,5 мм.

Микроскопическое исследование образцов после обработки в камере высокого давления показало, что при экспозиции 5 час. (как и в ⁽⁵⁾) более 80% исходных пластически деформированных зерен кварца заместились агрегатом равновеликих, свободных от напряжения зерен значительно меньшего размера — первые тысячные доли миллиметра.

Результаты изучения ориентированного строения показали следующее.

1-я группа опытов. Компонента осевого сжатия ориентирована перпендикулярно сечению образцов, с преобладающей ориентировкой призм первого рода — (10 $\bar{1}$ 0).

Как можно видеть на рис. 1, I, четкая ориентировка кристаллографических элементов зерен кварца исходного кварцита на трех взаимноперпендикулярных сечениях позволяет представить положение зерен в исходной породе в виде модели идеализированного кристалла кварца (принимая во внимание максимумы «обратных» полюсных фигур с относительной плотностью выше 1,5 и допуская точность отклонения граней модели от идеального положения граней кристалла на 20°), а также ориентировать эту модель относительно микроструктурных осей *a*, *b*, *c* (рис. 1, I, Г).

После опыта ориентировка новообразованных зерен кварца ухудшилась.

Сопоставление ориентировки кристаллитов этих трех сечений не позволяет, исходя из принятых для рис. 1, I, Г допущений, представить ориентировку зерен новообразованной рекристаллизационной структуры кварцита в форме модели идеализированного кристалла кварца.

2-я группа опытов. Компонента осевого сжатия прилагалась перпендикулярно сечению образца с преобладающей ориентировкой плоскостей призм второго рода — (11 $\bar{2}$ 0).

Кристаллографическая ориентировка исходного образца, как и в первой группе опытов, была весьма совершенна, но после опыта, как и в рассмотренном ранее случае, исходная ориентировка ухудшилась.

3-я группа опытов. Компонента осевого сжатия прилагалась перпендикулярно сечению образцов с преобладающей ориентировкой плоскостей ромбоэдров (10 $\bar{1}$ 4) — (10 $\bar{1}$ 5), т. е. субпараллельно оптическим осям зерен кварца поликристалла*.

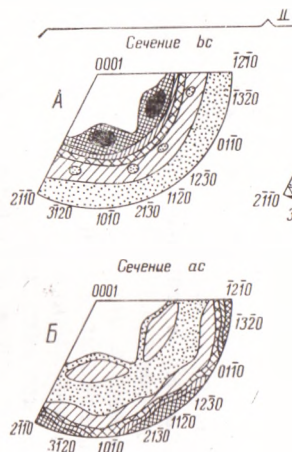
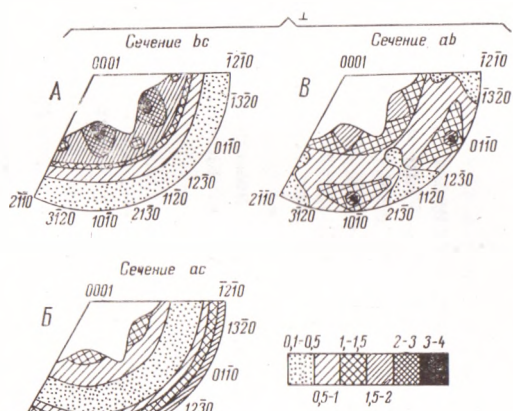
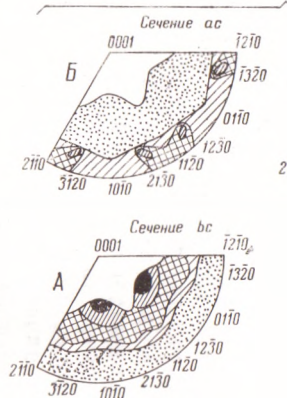
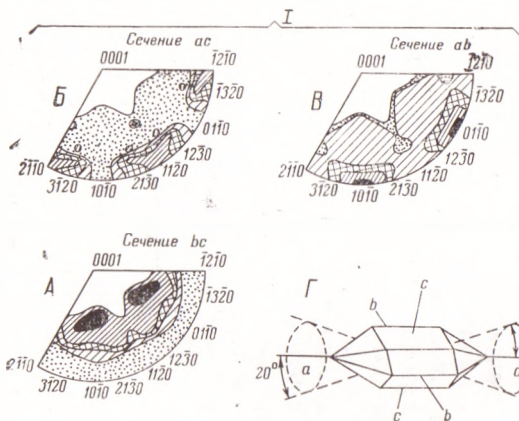
В этих опытах пространственная ориентировка кристаллографических элементов, новообразованных в процессе рекристаллизации зерен кварца, по сравнению с ориентировкой зерен исходного деформированного кварцита совершеннее. Более наглядно это видно в том случае, если ориентировка кристаллитов исходного образца менее отчетлива, чем в рассмотренных ранее примерах. Результаты такого опыта приведены на рис. 2.

При условии принятых для рис. 1, I, Г допущений ориентированное строение новообразованной структуры может быть представлено в форме модели идеализированного кристалла (рис. 2, II, Г).

Таким образом, в ходе проведенных опытов в образцах кварцита агрегат исходных пластически деформированных зерен кварца (деформационная структура) замещался агрегатом значительно более мелких, свободных от напряжения равновеликих зерен кварца (рекристаллизационная структура). Опыты показали, что ориентированное строение рекристаллизованной породы в значительной степени зависит от соотношения ориентировки зерен кварца по внутреннему строению исходной деформационной структуры и направления приложенного ориентированного давления.

В зависимости от соотношения этих двух факторов в новообразованной рекристаллизационной структуре кварцита, при прочих равных условиях,

* Отражения от (0001) для кварца запрещены; закон погасания для $D_3^4 = C3,2$ (000 \bar{l}) $l=3n$ (⁽⁴⁾ и др.).



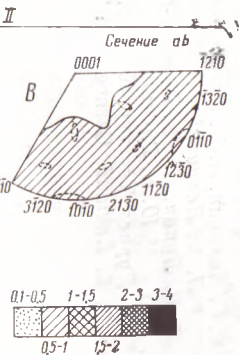


Рис. 1. Рекристаллизация кварцита в условиях опыта («обратные» полюсные фигуры). Пример ухудшения (по сравнению с исходным) ориентированного строения кварцита в процессе рекристаллизации. *I* – ориентировка зерен кварца в образце исходного пластически деформированного кварцита; *II* – ориентировка новообразованных зерен кварца в том же образце после опыта. *A, B, B* – сечения образца, перпендикулярные соответствующим трем микроструктурным осям – *a, b, c*; *Г* – идеализированная модель ориентировки зерен кварца кварцита, построенная на основании результатов дифрактометрического изучения, и ее положение относительно микроструктурных осей *a, b, c*. Пунктирный круг – возможное отклонение оптической оси модели от направления *a-a* (по данным «обратной» полюсной фигуры сечения *A*). Направление компоненты осевого сжатия (*P*) параллельно оси *c*. Справа внизу – шкала плотности нормалей (по сравнению с изотропным образцом)

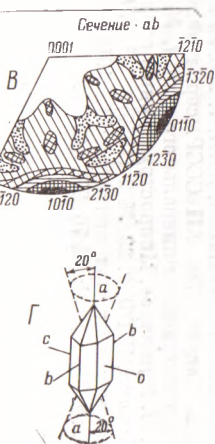


Рис. 2. Рекристаллизация кварцита в условиях опыта («обратные» полюсные фигуры). Пример улучшения (по сравнению с исходным) ориентированного строения кварцита в процессе рекристаллизации. *I* – ориентировка зерен кварца в образце исходного пластически деформированного кварцита; *II* – ориентировка новообразованных в процессе рекристаллизации зерен кварца в том же образце после опыта. Обозначения те же, что на рис. 1. Направление компоненты осевого сжатия (*P*) параллельно оси *a*

возможно появление ориентированного строения различных типов: от слабо выраженного, сходного с наблюдаемым в осадочных породах (⁴), до типичного для S-тектонитов (³).

Полученные данные, по мнению авторов, достаточно четко показывают основные тенденции развития ориентированного строения в рекристаллизованных метаморфических горных породах.

Авторы приносят благодарность В. П. Петрову за чтение работы в рукописи и обсуждение полученных результатов, а также Л. Д. Лившицу за помощь в проведении экспериментальной части работы.

Институт геологии рудных месторождений,
петрографии, минералогии и геохимии
Академии наук СССР

Поступило
3 XI 1972

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Г. Б. Бокый, М. А. Порай-Кошиц, Рентгеноструктурный анализ, 1964. ² Д. П. Григорьев, Онтогенез минералов, 1961. ³ И. С. Делицин, ДАН, т. 122, № 4 (1968). ⁴ И. С. Делицин, В сборн. Физ.-мех. свойства горных пород верхней части земн. коры, «Наука», 1968. ⁵ И. С. Делицин, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1 (1973). ⁶ И. С. Делицин, Л. Н. Левушкин, ДАН, т. 208, № 2 (1973). ⁷ И. С. Делицин, Л. Н. Левушкин, И. В. Зверев, Изв. АН СССР, сер. геол., № 6 (1973). ⁸ Л. Н. Левушкин, В сборн. Рентгенография минерального сырья, № 7, 1970. ⁹ Л. И. Лукин, В. Ф. Чернышев, И. П. Кушнарев, Микроструктурный анализ, «Наука», 1965. ¹⁰ Ю. Н. Рябинин, Д. Д. Лившиц, ЖТФ, т. 29, № 9 (1959). ¹¹ В. С. Смирнов, В. Д. Дурнев, Текстурирование металлов при прокатке, М., 1971. ¹² Н. К. Мао, J. Z. England, Carnegie Inst. Wash. Year Book, № 70, 278 (1971).