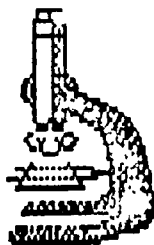


Государственный комитет РФ по высшему образованию
Сибирское отделение Академии наук Высшей школы
Томский государственный университет

**ДИНАМОМЕТАМОРФИЗМ И
ПЕТРОСТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ
ПОРОД МАФИТ-УЛЬТРАМАФИТОВОЙ
АССОЦИАЦИИ**

Материалы научного семинара 6-8 февраля 1996 г.



Томск 1996

щих из пород, переносящих и осаждающих с концентрацией в локальных благоприятных зонах местные полезные компоненты для руд, а также приносящих медь и серу; б) как следует из сказанного выше, механизм формирования промышленных руд норильского типа не является дикарионным. Они имеют сульфуризационно-метасоматическую природу (Золотухин, 1988).

Работа выполнена при поддержке ФЭИ (проект 95-0515584).

К МЕТОДИКЕ ПРЕДЕЛЕНИЯ СИСТЕМ СКОЛЬЖЕНИЯ В ДЕФОРМИРУЕМЫХ ОЛИВИНАХ

Родигин А.И.

Томский государственный университет

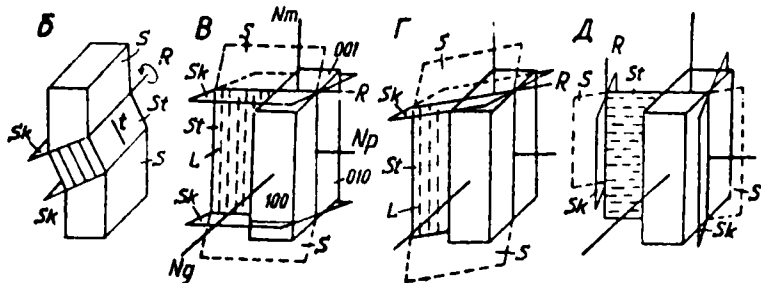
Внутри-рновые деформации оливина выражаются в виде волнистого погасания, деформационных лакедей и полос пластического излома - кинкбендов, формирующихся при пластических деформациях в интервале умеренных и высоких температур.

Геометрия кинкбендов оливина используется для выявления систем скольжения, определяющих температурные условия деформации (Raleigh, 1963; Черсаков, 1981; Гончаренко, 1969; Добрынецкая, 1989), однако она может служить также и целям стрейн-анализа, т.е. определять положение осей эллипсоида конечной деформации.

В шлиф-х кинкбенды, иногда совершенно неудачно называемые "сбросами" (Классен-Немцова, 1960 и др.) - этот термин в данном смысле необходимо отбросить - видны как более или менее резко ограниченные удлиненные олоски, расположенные в гдетелах одного зерна (рис. 1, а). Схема строения кинкбенда показана на рис. 1 б.

Рис. 1. Соотношения между кристаллографическими элементами и кинкбендами оливина.

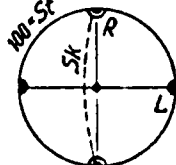
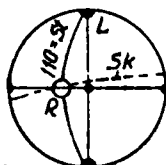
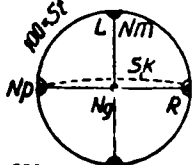
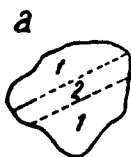
а - структура кинкбенда, наблюдаемая в шлифе; 1 и 2 - полосы разного погасания; б - схема кинкбенда, Sz - плоскость скольжения, $z = L$ - линия скольжения, SA - границы кинкбенда, R - ось внешнего вращения; в-и - соотношения кинкбендов и элементов кристалла оливина для семи известных систем скольжения, расположенных примерно в порядке повышения температуры и понижения скорости деформации от "в" к "и" (см. табл.).



$(100)[001]$

$(110)[001]$

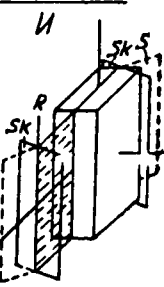
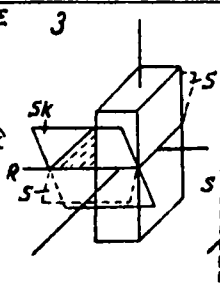
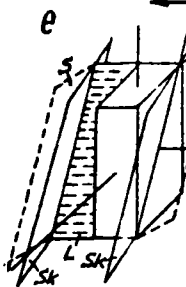
$(110)[010]$



600

$t^{\circ}C$

e

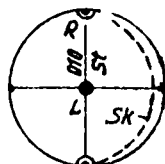
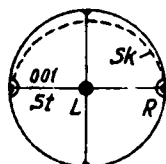
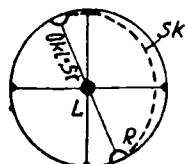
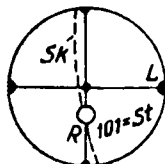


$(101)[010]$

$(0kl)[100]$

$(001)[110]$

$(010)[100]$



$t^{\circ}C$

1600

Рис. 1 $t^{\circ}C$

Каждый кинкбенд есть коленчатый излом кристаллической решетки, заключенный между плоскими границами (SA), расположенными в общем случае биссекторно относительно ориентировки решетки внутри и вне кинкбенда. Трансляционное скольжение при образовании кинкбенда осуществляется только внутри полосы излома по плоскости скольжения (SL). Линия пересечения SA и SL есть ось внешнего вращения (R), представляющая собой ось В эллипсоида деформации. Направление скольжения (L), лежащее в плоскости скольжения, располагается перпендикулярно к оси внешнего вращения.

Исходными данными для определения системы скольжения являются, во-первых, координаты осей оптической индикатрисы, замеренные в соседних участках кристалла, расположенных по обе стороны от границы кинкбенда, во-вторых, направление следа границы кинкбенда, наблюдаемого в шлифе.

На эти же замеры выносятся на стереосетку, по ним определяются ориентировка и кристаллографический характер: 1) границы кинкбенда, 2) линии скольжения, 3) оси внешнего вращения и 4) плоскости трансляционного скольжения.

Определение границы полосы излома SA выполняется следующим способом. Замеренный в шлифе след этой границы не дает представления об ориентировке плоскости SA , являясь лишь линией пересечения границы с поверхностью шлифа. Чтобы определить положение SA , надо провести биссекторную плоскость между двумя парами осей оптической индикатрисы, которые ближе всего располагаются к следу границы кинкбенда. Эта биссекторная плоскость отвечает искомой границе кинкбенда, а полус ее, располагающаяся вблизи третьей пары осей индикатрисы, примерно соответствует линии скольжения ($L = L$), отличаясь от точного положения последней не более чем на 5° . Надо иметь в виду, что линия скольжения перпендикулярна к оси вращения, но не перпендикулярна к границе кинкбенда. Однако, в связи с тем, что угол внешнего вращения обычно не превышает 10° , указанной неточностью определения линии скольжения можно пренебречь, поскольку иного способа решения этой задачи нет.

Определение оси внешнего вращения R является более сложной задачей. Согласно геометрии кинкбенда, эта ось представляет собой направление, общее для обеих смежных частей кристалла. Как отмечалось выше, она находится на пересечении границы кинкбенда и плоскости скольжения (см. рис. 1,6). Какое бы смещение кристалла

мы не наблюдали, проекция оси вращения должна обязательно лежать на дуге, изображающей плоскость SA . Эта дуга есть геометрическое место осей R .

Для определения оси R обычно рекомендуется проводить бисекторные плоскости между Ng_1 и Ng_2 , Nm_1 и Nm_2 , Np_1 и Np_2 (Raleigh, 1968; Щербаков, 1981). Теоретически линия пересечения этих плоскостей должна определить положение оси вращения. На самом деле это не всегда получается. Поскольку величина вращения обычно не превышает 10° , одноименные оси оптической индикатрисы располагаются близко одна к другой, небольшие ошибки в их определении влекут за собой значительные неточности определения оси внешнего вращения. Механическое применение этого способа обуславливает ошибки в определении системы скольжения и оси B эллипсоида деформации.

Выполненный автором геометрический анализ соотношений между элементами полос пластического излома и кристаллографическими направлениями оливина (рис. 1, в-и) позволил выявить ряд диагностических признаков, обеспечивающих более точное определение оси вращения и в целом системы скольжения (табл.).

Таблица
Диагностические признаки систем скольжения

Граница кингбенда ! проходит близко к !	Ось вращения	Система скольжения !	Скольж. на рис. 1
$Np - Ng$	Np ($Np_1 = Np_2$)	(100) [001]	в
$Np - Ng$	Между Np и Ng	(110) [001]	г
$Nm - Ng$	Nm ($Nm_1 = Nm_2$)	(100) [010]	д [*]
$Nm - Ng$	Между Nm и Ng	(101) [010]	е [*]
$Np - Nm$	Между Np и Nm	(hkl) [100]	ж
$Np - Ng$	Np ($Np_1 = Np_2$)	(001) [100]	з [*]
$Np - Nm$	Nm ($Nm_1 = Nm_2$)	(010) [100]	и

Примечания. Системы скольжения расположены приблизительно в порядке повышения температуры, при которой происходила деформация (от в к и) (Добрыжинская, 1989; Carter, Ave' Lallemant, 1970). Звездочкой отмечены системы скольжения, считающиеся редкими.

Наиболее точные результаты получаются тогда, когда в какой-то пара одноименные оси оптической индикатрисы в смежных частях

кинкбенда совпадают или располагаются очень близко одна к другой. Это означает, что с данной осью индикатрисы совпадает ось внешнего вращения. Так, совпадение осей Np_1 и Np_2 определяет положение R и системы скольжения $(100)[001]$ (рис. 1,з), а совпадение осей Nm_1 и Nm_2 - систем скольжения $(100)[010]$ (рис. 1,г) и $(010)[100]$ (рис. 1,и). Чтобы определить конкретную систему, надо учесть характер границы кинкбенда (первая колонка таблицы).

Если ни в одной паре осей индикатрисы совпадения нет, то выход осей той пары, которая оказалась полярной относительно границы кинкбенда, выводится на одну параллель St и между ними проводится биссекторная дуга большого круга. Пересечение ее с St (точка R' на рис. 2,а) обычно принимается за ось вращения, но это не совсем так: точка R' определяет, в каком квадранте располагается ось вращения, и только. Более точное положение последней можно установить, руководствуясь параметрами элементарной ячейки оливина ($a = 5\text{\AA}$, $b = 10\text{\AA}$, $c = 6\text{\AA}$).

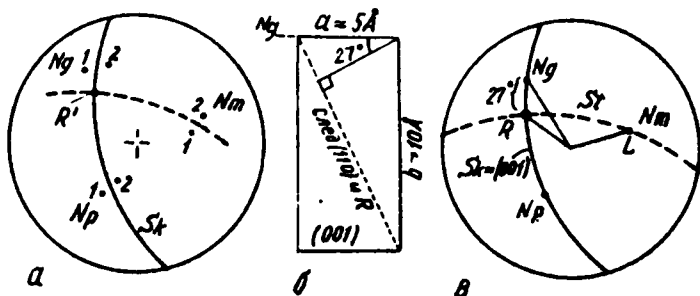


Рис. 2. Определение оси внешнего вращения в кинкбенде.

а - приблизительное определение оси как линии пересечения границы кинкбенда St и биссекторной плоскости между осями оптической индикатрисы, полярными относительно границы кинкбенда; б - сечение элементарной ячейки оливина, параллельное (001) ; в - более точное определение оси внешнего вращения при системе скольжения $(110)[001]$. См. рис. 1,г.

В качестве примера рассмотрим систему скольжения $(110)[001]$ (рис. 1, г). Как показано на рисунке, граница кинкбенда проходит между N_1, N_2 и N_3, N_4 , т.е. совпадает с биссекторной плоскостью между (001) соседних участков кристалла. Таким образом, SA - это среднее положение (001) , отклоняющееся от субнормального к N_1 не более чем на 5° .

На рисунке 2, б показано сечение элементарной ячейки оливина, параллельное (001) . Пунктирная диагональ есть ряд узлов решетки, лежащий в SA и секущий оси $N_1 = [100]$ и $N_2 = [010]$. Этот ряд является общим для (001) и для (110) . По единичным отрезкам координатных кристаллографических осей он определяется индикатрисами $1:1$, а по сторонам a и b элементарной ячейки отношением $5\text{Å}:10\text{Å} = 1:2$.

Положение этого ряда (следа (110)). определяется углом между нормалью к нему и осью N_1 в плоскости (001) , равным округленно 27° (рис. 2, б). Плоскость скольжения $SA = (110)$ проходит через этот ряд и нормаль к SA . Пересечение $SA = (001)$ и $SA = (110)$ определит положение оси вращения R .

Практически при $SA = N_1 N_2 = (001)$ необходимо: 1) построить биссекторную плоскость между N_1 и N_2 и таким способом определить точку R' (рис. 2, а); 2) отложить от N_1 на дуге $N_1 N_2$ угол 27° в сторону R' . Точка R определит проекцию оси внешнего вращения (рис. 2, в).

Аналогичным построением устанавливается, что в случае $SA = N_1 N_2$ (рис. 1, е) ось вращения располагается в 40° от N_1 .

В случае системы скольжения $(0kl) = [100]$, когда $SA = N_1 N_2$ (рис. 1, ж), соотношения кристаллографических и деформационных элементов осложняются. Положение оси внешнего вращения теоретически может меняться в широких пределах в зависимости от значения индексов k и l в символе $(0kl)$. При $k = 0$ ось вращения совпадает с N_2 и вместо системы $(0kl)[100]$ получается система $(001)[100]$ (рис. 1, з), а при $l = 0$ ось вращения совпадает с N_1 , получается система $(010)[100]$ (рис. 1, и).

Если плоскость скольжения представлена гранью (011) , то R будет находиться на дуге $N_2 N_1$ в 30° от N_1 в сторону R' . Поскольку точный символ плоскости скольжения остается неизвестным, приходится считать, что $R \approx R'$, т.е. определять ось внешнего вращения приблизительно, указанным выше способом. Однако, практическое определение оси вращения показывает, что в системе

(OkI) (IOO) скольжение происходит предпочтительно все же по рациональной грани (OII). Оси e , отложенные по дуге nm на расстоянии 30° от mn в сторону e' , в изученном нами тектоните дали более четкий максимум, чем точки e' , определенные по тем же исходным данным. Этот вопрос требует дальнейшего исследования.

По возможности точное определение оси внешнего вращения необходимо как для диагностики системы скольжения, так и для стресс-анализа. Среднестатистическая ориентировка оси внешнего вращения, установленная по достаточному количеству замеров, определит положение оси В эллипсоида деформации, а диаграммы линий и плоскостей скольжения помогут выявить полную ориентировку эллипсоида деформации.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПЛАТИНОНОСНЫХ ГАББРО-ГИПЕРБАЗИТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ УРАЛА

Шмелев В.Р.

Институт геологии и геохимии УрО РАН, г. Екатеринбург

Внутреннее строение габбро-гипербазитовых комплексов Платиноносного пояса Урала, рассматриваемого нами как магматический след раннепалеозойской зоны субдукции (Иванов, Шмелев, 1994) до настоящего времени практически не изучено специальными структурными методами, что является одной из причин острой полемики по поводу его образования (Ефимов, 1993; Ферстатер, 1989 и др.). Дискуссионными остаются многие вопросы петрогенезиса, включая происхождение полосчатых структур и механизм формирования субконцентрического структурного рисунка массивов.

Проведенное изучение массивов Платиноносного пояса на Приполярном и Северном Урале - Хораспурского (Шмелев, 1994), Чистопольского и других с использованием структурного и петроструктурного анализа позволило установить некоторые особенности их формирования, которые могут быть использованы для реконструкции процесса структурно-вещественной эволюции пород пояса в целом.

Субконцентрические структуры изученных массивов, исходя из анализа ориентировки полосчатости, минеральной уплотненности, линейности, а также ориентировки тел (горизонтов) дуцитов, пи-