

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ Pt-Pd ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ ИЗ Cu-Fe СУЛЬФИДНОГО РАСПЛАВА

Кравченко Т.А. (ИМП СО РАН)

tanyuk@uiggm.nsc.ru

Ключевые слова: система Cu-Fe-S, платина, палладий, олово кристаллизация расплава

Интерметаллиды платины и палладия с оловом составляют уникальную минеральную ассоциацию норильских магматических Cu-Ni месторождений. Выводы [1] о ее образовании из флюидов после кристаллизации основных рудообразующих сульфидов халькопирита и пирротина при температурах ниже 600°C не однозначны [2] и противоречат данным о высоких температурах (выше 1200°C) большинства Pt-Pd минералов. В связи с этим, для понимания условий образования Pt-Pd интерметаллидов, необходимо экспериментальное изучение особенностей их непосредственной кристаллизации из Cu-Fe сульфидного расплава.

Методической особенностью данного исследования является то, что олово, как и платина с палладием, вводилось в образцы системы Cu-Fe-S в качестве микрокомпонента (не более 1 вес. %). Это позволило синтезировать оловосодержащие фазы в рамках трехкомпонентной системы Cu-Fe-S и показать, что присутствие олова совместно с платиной и палладием в медно-железистом сульфидном расплаве определяет кристаллизацию Pt-Pd-Sn фаз - аналогов Pt-Pd-Fe сплавов, в которых железо частично или полностью замещено оловом [3]. Методом охлаждения расплава в вакуумированных кварцевых ампулах синтезированы Pt-Pd-Sn интерметаллиды в ассоциациях с халькопиритом, пирротинном и борнитом. Изучены состав, морфология и фазовые взаимоотношения продуктов кристаллизации в зависимости от исходного состава расплава и режима охлаждения. Диагностика синтезированных фаз проводилась методами микроскопии и рентгенографии. Химический состав определялся микрорентгеноспектральным анализом.

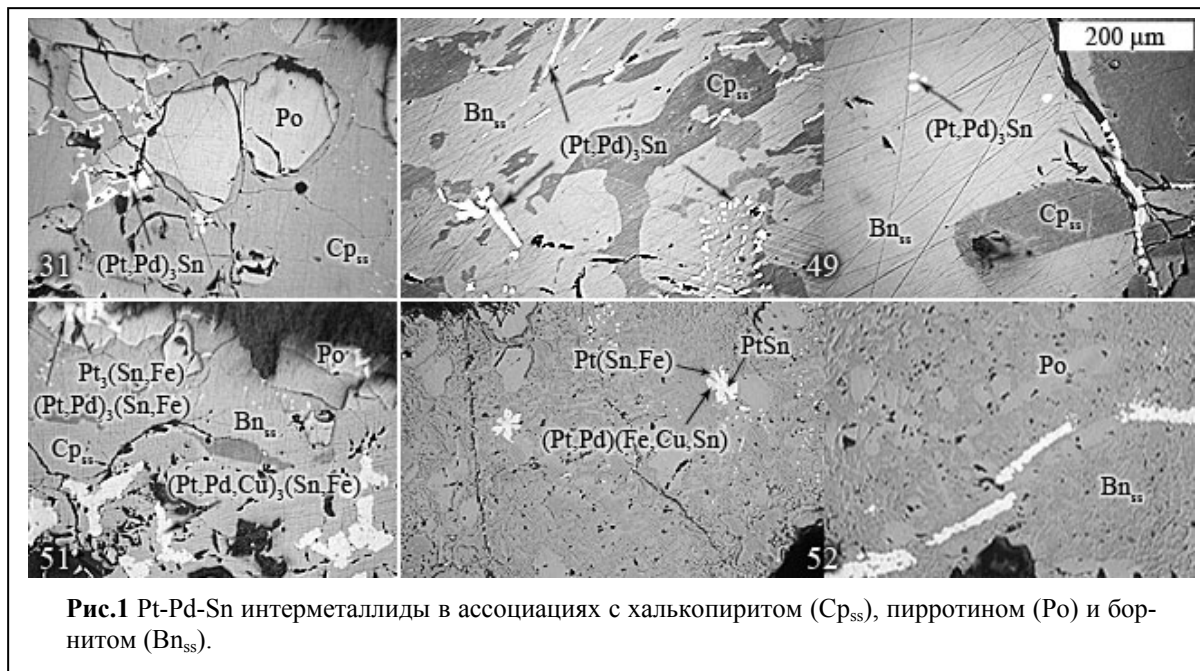
Результаты представлены в табл.1. Сульфиды системы Cu-Fe-S не содержат примесей Pt, Pd и Sn. Их составы и фазовые соотношения соответствуют экспериментальным данным [4], кроме того, что кубический халькопиритовый твердый раствор при комнатной температуре характеризуется не гранецентрированной (fcc) а, как и по данным[5], примитивной (pc) ячейкой.

Таблица 1

№ обр.	Исх. состав расплава, ат. %			Синтез-е Cu-Fe-S фазовые ассоциации Pt-Pd-Sn фазы	Состав Pt-Pd-Sn фаз, ат. %					
	Cu	Fe	S		Cu	Fe	Pt	Pd	S	Sn
31	10	40	50	Cp _{ss} +Po (Pt,Pd) ₃ Sn	2,69	2,91	50,80	19,29	0,31	24,00
49	30	25	45	Cp _{ss} +Bn _{ss} (Pt,Pd) ₃ Sn	2,70	2,44	51,66	18,90	0,28	24,02
51	25	30	45	Cp _{ss} +Bn _{ss} + Po	3,28	7,53	67,00	2,45	0,29	19,46
				Pt ₃ (Sn,Fe)						
				(Pt,Pd) ₃ (Sn,Fe)						
				(Pt,Pd,Cu) ₃ (Sn,Fe)	5,57	8,09	46,22	20,46	0,49	19,17
52	22,5	32,5	45	Bn _{ss} + Po+Cu	1,60	2,04	43,94	3,50	1,11	47,80
				PtSn						
				Pt(Sn,Fe)						
				(Pt,Pd)(Fe,Cu,Sn)						
				(Pt,Pd,Cu) ₃ (Sn,Fe)						

Cp_{ss} – кубический халькопиритовый твердый раствор (обогащен железом и обеднен серой по сравнению с CuFeS₂), Po – пирротин FeS; Bn_{ss} – борнитовый твердый раствор (обогащен железом по сравнению с Cu₅FeS₄). В формулах Pt-Pd-Sn фаз не указаны те элементы, содержание которых меньше 5 ат. %.

Составы Pt-Pd фаз определяются составом исходного расплава. В ассоциациях $\text{Cr}_{\text{ss}}+\text{Po}$ и $\text{Cr}_{\text{ss}}+\text{Bn}_{\text{ss}}$ (образцы 31 и 49) кристаллизуются $(\text{Pt,Pd})_3\text{Sn}$ – аналоги палладиевого рустенбургита и платинового аттокита. Для ассоциаций $\text{Cr}_{\text{ss}}+\text{Bn}_{\text{ss}}+\text{Po}$ и $\text{Bn}_{\text{ss}}+\text{Po}+\text{Cu}$ (образцы 51 и 52) характерно образование фаз с неравномерным распределением элементов, формирующихся в рамках одного процесса охлаждения. Указанные в таблице составы установлены, как для разных зерен, так и в пределах одного зерна (рис.1)



Размеры и форма зерен синтезированных Pt-Pd интерметаллидов не зависят от их состава и состава исходного расплава. В каждом образце могут одновременно наблюдаться разные формы: хорошо образованные кристаллы, кристаллы с неравномерным и ступенчатым развитием граней, скелетные кристаллы, округлые зерна, зерна неправильной формы и др.

Основным фактором, определяющим взаимоотношения изученных продуктов кристаллизации, является вынос микрокомпонентов к фронту кристаллизации расплава. В результате Pt-Pd фазы располагаются между зернами менее тугоплавких сульфидов, в трещинах и пустотах образцов, выносятся на поверхность и даже за пределы образцов. Характерно образование прожилков, секущих сульфиды, а также расположение наиболее крупных зерен вдоль поверхности образцов. В зернах Pt-Pd фаз встречаются включения пирротина, халькопирита и борнита (рис.1).

Полученные результаты согласуются с данными литературы [1,2] о составе, морфологии зерен и фазовых соотношениях в соответствующих природных ассоциациях норильских Cu-Ni месторождений. Это позволяет сделать вывод о возможности непосредственной кристаллизации Pt-Pd интерметаллидов из расплава основных рудообразующих сульфидов халькопирита и пирротина.

Литература

1. Генкин А.Д. // М.: Наука. 1968. 104 с.
2. Генкин А.Д., Дистлер В.В., Гладышев Г.Д. и др. // М.: Наука. 1981. 234 с.
3. Кравченко Т.А. Экспериментальное исследование роли олова при образовании платинопалладиевых фаз в процессе кристаллизации медно-железистого сульфидного расплава // Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(20)2002.
http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2002/informbul-1/term-10.pdf
4. Yund R.A., Kullerud G. // Jour. Petrology. V. 7. PP. 454-488.
5. Cabri Louis J. // Economic Geology. V. 68. 1973. PP. 443-454.

6. *Кравченко Т.А. // XV Российское совещание по экспериментальной минералогии. Сыктывкар. 2005. СС. 57-59.*
-

Вестник Отделения наук о Земле РАН - №1(24) 2006

Информационный бюллетень Ежегодного семинара по экспериментальной минералогии, петрологии и геохимии 2004 года (ЕСЭМПГ-2006)

URL: http://www.scgis.ru/russian/cp1251/h_dgggms/1-2006/informbul-1_2006/term-44.pdf

Опубликовано 1 июля 2006 г

© Вестник Отделения наук о Земле РАН, 1997 (год основания), 2006

При полном или частичном использовании материалов публикаций журнала, ссылка на «Вестник Отделения наук о Земле РАН» обязательна