

某金矿在焙烧—氰化浸出时银的物理化学行为

刘 敏

(中国地质科学院成都矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041)

摘要:应用电子探针及扫描电镜,对某金矿氰化浸渣中的银球粒进行了成分和形貌研究,在此基础上探讨了银球粒的形成机理,解释了该类型矿石中的银在焙烧—氰化浸出时大部分不被浸出而进入氰化浸渣的原因。

关键词:金矿;银;金银碲化物;银球粒;硫化银

中图分类号:P578.1⁺1 文献标识码:A 文章编号:1000-6532(2002)04-0020-05

1 前 言

四川省某金矿为低硫化物蚀变岩型及石

英脉型金矿,经化学多项分析(见表 1),矿石中除有价元素金外,还伴生有银,其他元素无工业利用价值。

表 1 矿石化学成分多项分析结果/%

Au*	Ag*	SiO ₂	TFe	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	S	Cu	Pb	Zn	As	C	Te
7.06	12.50	65.42	3.79	5.65	1.87	4.45	1.88	1.93	1.35	0.0063	0.015	0.019	<0.001	1.14	0.0037

* 单位为 g/t。

对该矿矿石采用重选—浮选—焙烧—氰化浸出—锌粉置换—金泥熔炼工艺流程,可获得含金 82.60%、含银 12.90%的金银合质金,金的总回收率为 83.31%,技术指标较好。

上述工艺流程对于提金而言已达到较为满意的指标。但对于银而言,它在上述焙砂浸渣中品位为 74.10g/t,浸出率为 19.31%,银的总回收率仅为 8.27%。为了查明在上述流程中制约银有效回收的原因,研究了银的工艺矿物学变化规律,找到了银的总回收率低的原因,为今后综合利用该金矿中共生的银奠定了深入研究的基础。

2 原矿中银的赋存状态

矿石中银元素主要呈银的独立矿物碲金银矿、碲银矿等存在,并且分布于金矿物如自然金、针碲银金矿中,其化学成分电子探针分析结果见表 2。

金银碲化物及自然金以粒间、裂隙及包裹体状态产出。金银碲化物以前二种产出形式为主,与碲铅矿、自然金、碲金矿、方铅矿、黄铜矿及自然铅等矿物呈连生镶嵌关系主要产出于石英粒间、裂隙中,少数分布于黄铁矿、方铅矿裂隙中并呈包裹体状产出于此二者矿物中。

表 2 贵金属矿物电子探针分析结果/%						
项 目	Au	Ag	Fe	Cu	Te	Bi
自然金	89.55	8.73		0.32	0.00	2.51
自然金	99.98	0.00	0.17		0.34	
碲金矿	40.06	1.20		0.13	57.25	0.45
针碲银金矿	23.02	12.05		0.44	63.67	0.70
碲金银矿	28.25	38.11	0.49		33.15	
碲金银矿	26.95	39.29	0.11	0.27	32.04	0.04
碲银矿	1.48	53.23	0.35	0.00	44.72	0.18
碲银矿	0.10	68.67		0.07	30.87	0.00

金银碲化物的粒度变化较大,在 0.005~0.2mm 之间,大部分粒径<0.045mm。

在考虑选取自然金的一定磨矿细度的磨矿过程中,由于金银碲化物粒径较细,一部分仍嵌生于石英等矿物粒间、裂隙中而未能解离,因而最终进入重选尾矿丢弃。

3 焙砂浸渣中银的赋存状态

矿石的浮选精矿富集了大量的以黄铁矿为主的硫化物,在马弗炉中对其进行焙烧,意味着矿样经历着硫化气氛下的氧化过程。在 650℃ 温度下焙烧 1h,金的氰化浸出率为 97%,银的氰化浸出率仅达 19.31%。

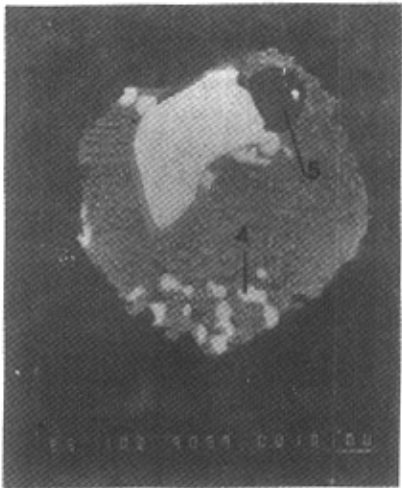
浸渣中仍有 2.03g/t 的金,假设其全是以自然金形式存在(矿物金银含量: Au90%±,Ag10%±),则浸渣中的银品位应为 0.203g/t。然而浸渣中银品位却高达 74.10g/t,故其他形式的银品位=74.10-0.203=73.897g/t,占总银含量的 99.73%。

事实上,浸渣中的金并不都呈自然金状态存在,除了未溶解完全的自然金外,尚有银金合金、银的硫化物等合成物存在,故上述计算应为合理。

浸渣中绝大部分的银呈烧结态的球粒出现。球粒直径为 0.058~0.081mm。其外缘可具磁铁矿环边者。在球粒中,分布有多种相态:固相呈不同成分、不同形态及不同粒度的乳滴状物、粒状物及包裹前二者的基底形式出现;气相则为圆形气孔的存在所体现。

对烧结球粒进行了扫描电镜形貌照相分析。

球粒 10[#]—5 的背散射电子像上可见(照片 1),球粒内部共存在有四个固态物相:粒状银金合金、乳滴状银铅合金、乳滴状铅银合金及基底硫化银。其固相成分电子探针分析结果见表 3。



照片 1 10[#]—5 背散射电子像 1000×

大颗粒白色者为银金合金,小颗粒乳滴状白色者为银铅合金,乳滴状灰色者为铅银合金,基底灰色者为硫化银。

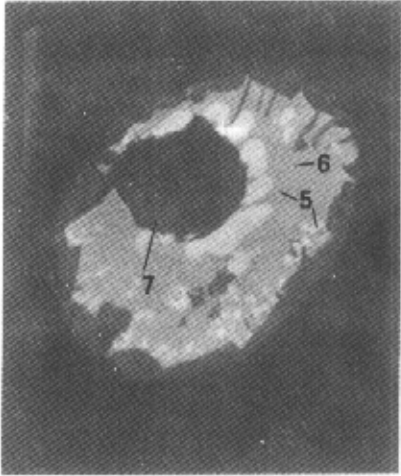
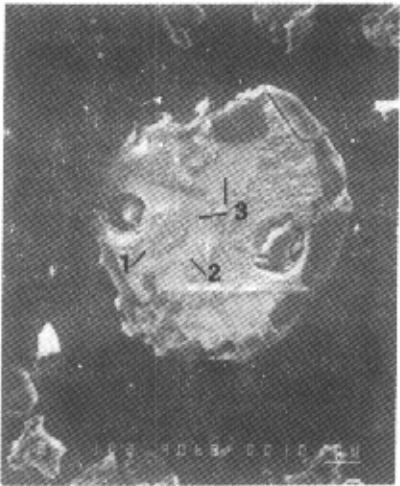
球粒 10[#]—3 的电镜分析结果表明(照片 2),其内部固态物相成分较前者略有变化,具有二颗含金量不同的乳滴状银金合金及乳滴状硫化铅。此球粒具有磁铁矿的被膜状环边,环边由磁铁矿颗粒排列较为紧密的磁铁矿组成,其颗粒之间具有 1~10μm 的缝隙,环宽约 8μm。

球粒 10[#]—6 的电镜分析结果表明,贱金属硫化物除了 PbS 外,尚有 FeS₂,密集分布的小乳滴为硫化银颗粒,经能谱半定量分析其含银量高于基底硫化银。与上述球粒颇有些不同的是,具有六条含 Fe、Au 的硫化银张裂纹(照片 3)。其环边能谱分析见图 1。

球粒 10[#]—4 相态表现为三种,较前三个球粒而言,此球粒保留了粒状银金合金处

表 3 焙砂浸渣中球粒固态物相电子探针分析结果/%

项 目			Ag	Au	Fe	Pb	S	Te
10 [#] -5	10 [#] -5-1	粒状银金合金	18.31	81.52	0.17	0.00	0.00	0.00
	10 [#] -5-2	乳滴状银铅合金	7.76	0.47	0.57	85.95	5.25	0.00
	10 [#] -5-3	乳滴状铅银合金	84.76	1.04	0.74	9.87	3.58	0.00
	10 [#] -5-4	基底硫化银	80.66	5.44	0.18	0.00	13.49	0.22
10 [#] -3	10 [#] -3-4	乳滴状银金合金	30.06	66.29	1.55	0.75	1.34	0.00
	10 [#] -3-6	基底硫化银	84.16	1.85	0.41	0.00	13.49	0.10
10 [#] -6	10 [#] -6-2	张裂纹状硫化银	59.77	7.17	13.60	0.00	19.32	0.14
	10 [#] -6-5	基底硫化银	79.07	6.81	0.64	0.00	13.41	0.33
	10 [#] -6-5	基底硫化银	77.06	7.99	0.62	0.00	13.99	0.34
10 [#] -4	10 [#] -4-1	粒状银金合金	16.76	81.50	0.00			0.00
	10 [#] -4-2	基底硫化银	81.92	2.35	0.65		12.87	1.70



照片 2 10[#]-3 二次电子像 1000×

浅灰色者分别为银金合金及硫化铅,细小蠕虫状灰色者为硫化银,基底硫化银,深灰色者为磁铁矿。

于熔融态所占据的空间,其他两相态则为乳滴状硫化银与基底硫化银(照片 4)。

4 银球粒形成机理探讨

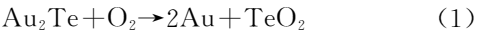
由于球粒基底硫化银中含有微量的碲,并且球粒阳离子主成分为银、金和铅,因此可以判定形成球粒的物质成分来源于矿物碲金银矿、碲银矿等金银碲化物,并聚集了上述矿

照片 3 10[#]-6 背散射电子像 1000×

圆孔周边稍浅灰色者为硫化铅,浅灰色蠕虫状、乳滴状者为硫化银,中部深灰色者为硫化铁,环边深灰色者为磁铁矿,基底硫化银。

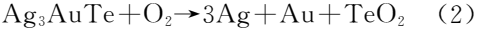
物的连生体或载体矿物碲铅矿、方铅矿及黄铁矿、黄铜矿等矿物中的部分元素。

在焙烧时,碲金矿进行下述反应:



由于金具有高的电离势和电子亲和力,故呈微粒自然元素状态而被氰化液溶解。

金银碲化物在焙烧时有如下反应:



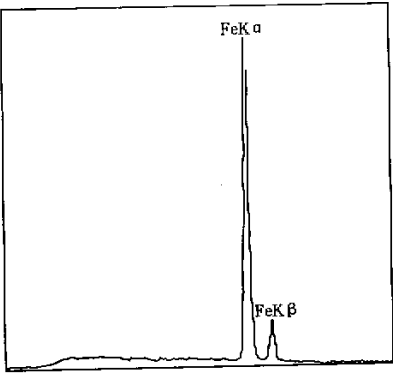
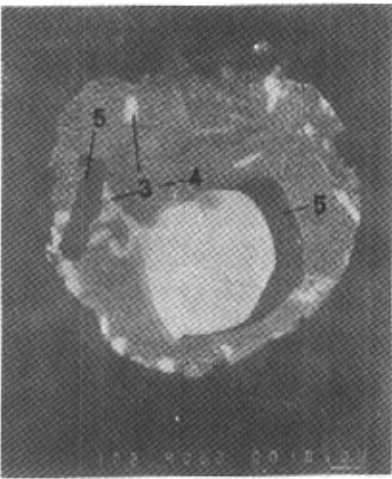
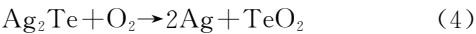


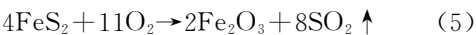
图 1 硫化银球粒磁铁矿环边能谱图



照片 4 10[#]—4 背散射电子像 1000×
浅灰色粒状、蠕虫状者为银金合金,灰色乳滴状者及基底均为硫化银。



同时,重浮精矿中黄铁矿的焙烧反应为:



其分步反应有:



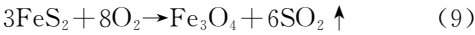
银和硫的亲合力极大,上述反应中生成的单质银随即与硫结合生成硫化银。



在 650℃ 的炉温下,TeO₂ 已挥发逸失。

硫化物、金银碲化物的分解反应及单质银与硫的化合反应过程中,均放出大量的热,这种反应生成热,可使局部温度升高到能使其中的单质金银互化成银金合金(照片 4)。

在硫银化合物生成球粒而产生局部高温的同时,碲的氧化物呈气态挥发形成了局部的缺氧环境。此时,球粒外缘与硫化铁矿物接触,可有如下反应生成:



故在球粒外缘形成了磁铁矿的环边。但是,并非所有的球粒外缘都有条件形成。

少量的单质银与单质铅在高温下形成银铅合金及铅银合金。

5 从焙砂浸渣中回收银的可能性探讨

从上述分析可将该金矿焙烧时其中的金、银发生的变化机理归纳为:

1. 按(1)式金游离出来、被氰化物溶液溶解,故金回收率较高;

2. 按(2)~(4)式,焙烧时矿石中的碲挥发;

3. 按(2)~(4)和(6)~(8)式,焙烧时矿石中的银游离出来并与硫铁矿分解出的硫结合成硫化银;

4. 按(9)式在硫化银球粒外缘形成了相当多磁铁矿环边,使大部分被环边包裹的硫化银无法被氰化浸出,从而解释了该金矿共生的银在金大部分被氰化浸出时而留于浸渣中不可回收的原因。

基于上述研究可以认为,四川某金矿可以采用焙烧—氰化工艺回收金,但该金矿中共生的银则在焙烧时生成了带磁铁矿环边的硫化银球粒而不能被氰化浸出。要回收该金矿伴生的银需单独研制针对硫化银的选矿方法。而要从氰化浸金后的浸渣中回收银,则因银含量低(74.1g/t),目前从经济上看尚未研究出可行的方法。

参考文献:

综合评述

非金属矿纳米结构特征及应用

刘曙光

(山东理工大学材料科学与工程学院, 山东 淄博 255091)

摘要: 纳米结构特征是纳米材料产生奇特性能的基础, 在天然产出的非金属矿物和岩石中, 同样广泛存在着纳米结构特征。本文阐述了部分非金属矿物和岩石的纳米结构特征, 以及利用这些纳米结构特征研制纳米矿物材料的加工制备技术与方法。

关键词: 非金属矿; 纳米结构特征; 开发应用

中图分类号: TB383 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6532(2002)04-0024-06

1 非金属矿纳米结构特征

1.1 纳米结构定义及研究意义

1.1.1 纳米结构定义

纳米结构是以纳米尺度的物质单元为基础按一定规律构筑或营造的一种新的体

系^[1]。这些物质单元包括零维(空间三维均在纳米尺度), 如纳米颗粒、纳米尺寸的孔洞、孔隙、原子团簇和人造超原子等; 一维(在空间有两维处在纳米尺度), 如纳米丝、纳米纤维、纳米棒、纳米管等; 二维(在三维空间有一维处在纳米尺度), 如超薄膜、多层膜、超晶格

1 董智虞, 等译. 某些金矿石难以氰化的原因及其解决途径[J]. 矿产综合利用, 1988(2).

2 A. 伏尔斯基等. 冶金过程理论—火法冶金过程(中译本)[M]. 北京: 科学出版社, 1987.

Physico-chemical Behavior of Silver during Roasting-cyanide Leaching of a Gold Ore

LIU Ming

(Chengdu Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu, Sichuan, China)

Abstract: The constituents and morphologies of silver spherulite in cyanide leached residue of a gold ore are researched by electron microprobe (EMP) and scanning electron microscope (SEM) methods. Based on the results, the formation mechanism of silver spherulite was discussed, and the reasons for larger proportion of silver was not leached during roasting-cyanide leaching and then remained in leached residues were explained.

Key words: Gold ore; Silver; Tellurides of gold and silver; Silver spherulite; Silver sulfide

收稿日期: 2002-01-28

作者简介: 刘曙光(1956—), 男, 副教授, 山东理工大学矿物材料应用研究所所长, 主要从事功能矿物材料的教学和科研工作。