

()

()

**

**

*

*کارشناسی ارشد پترولولوژی دانشگاه اصفهان

**گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

***کارشناس زمین شناسی بخش امور معدن سرچشمه

()

()

()

()

()

() ()
Al₂O₃, SiO₂

Studying of Petrography and Mineralogy of Alteration Zones in Andesites of Sar-Cheshmeh Porphyry Copper Mine(Southwest of Kerman)

M. Mehrabi Kermani* , M. Khalili , M. Noghreheyani** and M. Moghami*****

*** M.S. of Petrology, the University of Isfahan**

**** Geology Department, the University of Isfahan**

***** M.S. in Geology**

Abstract

The Sar-cheshmeh porphyry Cu-Mo deposit is located in the south of Uromieh Dokhtar Volcanic belt (65 km southwest of Kerman City). The Eocene andesites are the predominant host rocks of the ore deposit. These rocks are characterized by gray color and porphyry texture. Plagioclase (oligoclase – andesine), hornblende, biotite (phlogopite), and minor quartz are the major minerals and Zircon and apatite are the magmatic accessory minerals of these rocks. The studied andesites have experienced hydrothermal alteration. Propylitic alteration is identified by crystallization of albite and replacement of plagioclase and K-feldspar by albite, and it is also characterized by epidote (pistachite), calcite, chlorite (clinochlore) and sulfide. Pervasive sericitization was the last hydrothermal stage leading to crystallization of sericite, quartz and sulphide. Hornblende is almost totally replaced by biotite and chlorite, and early biotite shows partial or total chloritization. Two generations of quartz, magmatic and hydrothermal are common. Furthermore, the widespread occurrence of opaque minerals (pyrite, chalcopyrite, chalcocite) in this zone is notable. Clay minerals (Illite, Kaolinite, Muscovite, Dickite) are the major mineral assemblage of argillic zone. Pyrite is the predominant disseminated sulfide in all alteration lithologies. Biotite from the propylitic and phyllic alteration zones possesses higher Al₂O₃, SiO₂, and FeO concentrations than magmatic one. This phenomenon is similar to that recorded for biotite of other porphyry Cu deposits throughout the world. The mineral assemblages of the alteration zones along with different chemical composition of biotite, clearly point to the various physico-chemical conditions governing the hydrothermal alteration processes.

Keywords: Hydrothermal alteration, Mineral chemistry, Sar-Cheshmeh copper deposit.

[]

()

() ()

[]

()

Archive of SID

[]

[]



-  central Iranian Tectono-Volcanic Belt
-  Porphyry Copper Mineralization
-  Sar Cheshmeh porphyry Copper Deposit



[]

Archive 01

()

BH₂

()

SEM-

()

EDS

(X(XRD

SMU))

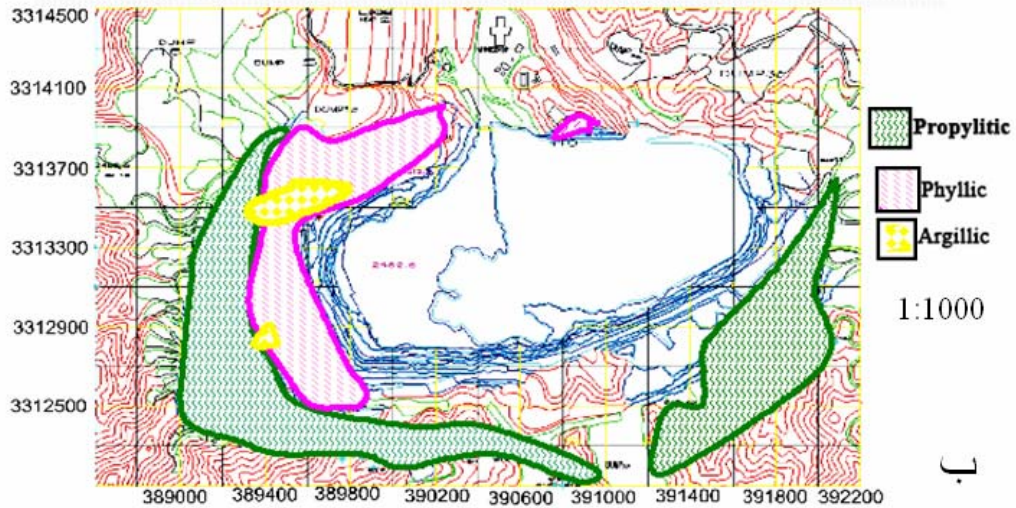
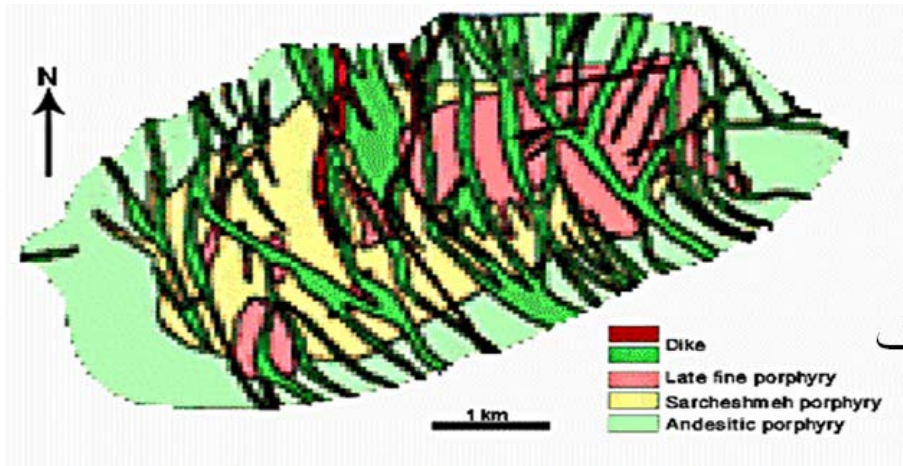
An)

XRF

(= ۲۷ - ۲۹

()

()



[]

() []

()

An)

[]

$$An = 24/9 - 26$$

$$= 45/7$$

)

()

(

()

[]

%

)

(

()pseudomorph))

()

[] K⁺

Na⁺

()

SEM EDS-

HO CO₂

()

[] H⁺

S

+

+

[]

:

EDS-SEM

. []

[]

.()

XRF

نمونه ها	دگرسانی	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI	Ni ppm	Cr ppm	Zr ppm
S۲	فیلک	۵۴/۷	۱/۱	۲۰/۱	۵/۷	۰/۱	۶/۱	۰/۱	۰/۰	۲/۷	۰/۱	۸/۴	۳۰/۹	۴۱/۵	۷۰/۳
H۱۰	فیلک	۵۷/۲	۰/۹	۲۰/۳	۵/۵	۰/۰	۰/۶	۰/۶	۰/۲	۴/۹	۰/۳	۹/۵	۰/۰	۳/۱	۶۴/۹
G۱۲	پروپیلنیک	۵۶/۸	۱/۰	۱۸/۰	۷/۳	۰/۲	۴/۶	۵/۷	۴/۰	۰/۱۸	۰/۲	۱/۵	۷/۲	۳۳/۴	۸۸/۳
H۱۳	پروپیلنیک	۵۹/۳	۰/۷	۱۳/۸	۷/۴	۰/۱	۴/۴	۶/۵	۱/۳	۲/۰	۰/۲	۴/۴	۹۹/۶	۱۰۵/۰	۱۱۰/۰
V۱۲	پروپیلنیک	۵۳/۱	۱/۱	۱۷/۶	۸/۷	۰/۲	۴/۱	۶/۴	۴/۰	۰/۲	۰/۲	۴/۴	۰/۰	۶/۴	۸۲/۶
C۱۱	پروپیلنیک	۵۴/۲	۱/۰	۱۳/۳	۹/۶	۰/۲	۳/۵	۷/۶	۱/۸	۰/۱	۰/۱	۸/۵	۱۹/۰	۲۰/۰	۶۰/۰
p۱۲	پروپیلنیک	۵۳/۴	۰/۸	۱۲/۰	۱۰/۲	۰/۳	۶/۲	۴/۵	۴/۲	۰/۱	۰/۱	۸/۱	۲۷/۰	۴۱/۰	۸۵/۰
E۱۵	پروپیلنیک	۵۵/۱	۰/۷	۱۶/۳	۶/۶	۰/۱	۵/۱	۶/۱	۲/۹	۰/۷	۰/۱	۶/۲	۱۱۱/۵	۵۲۶/۲	۸۰/۱۹
P۱۶	پروپیلنیک	۵۲/۷	۰/۹	۱۵/۱	۷/۵	۰/۱	۱/۴	۸/۶	۰/۱۸	۲/۸	۰/۲	۱۰/۰	۴/۴	۱۴/۰	۷۹/۶
L۱۱	پروپیلنیک	۵۳/۴	۰/۹	۱۳/۴	۹/۶	۰/۲	۲/۷	۸/۳	۳/۱	۰/۹	۰/۲	۷/۴	۲۶/۰	۳۰/۰	۱۱۲/۰
N۱۰	کلریت-رس	۵۲/۱	۱/۰	۱۶/۲	۹/۲	۰/۶	۳/۰	۱۰/۹	۰/۱	۱/۲	۰/۲	۵/۴	۴/۶	۱۴/۱	۶۹/۶
E۲۱	کلریت-رس	۵۳/۳	۱/۱	۱۸/۴	۸/۵	۰/۱	۵/۴	۳/۷	۴/۲	۱/۸	۰/۲	۳/۲	۴۸/۴	۱۵/۷	۱۰۰/۱
C۱۶	آرژلیک	۵۵/۵	۱/۰	۲۱/۶	۴/۹	۰/۰	۲/۸	۰/۷	۰/۳	۲/۴	۰/۲	۱۰/۶	۳۴/۱	۲۸۳/۴	۵۸/۴
D۱۰	آرژلیک	۵۸/۹	۱/۱	۲۱/۰	۳/۷	۰/۰	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۱/۱	۰/۴	۱۲/۹	۴۸/۱	۴۸/۳	۹۸/۱
S۲۵	تم دگرسان	۵۷/۶	۰/۶	۱۳/۷	۷/۹	۰/۱	۲/۳	۱۴/۴	۰/۳	۰/۶	۰/۳	۲/۲	۹/۱۸	۱۰۸/۵	۹۸/۷
S۲۶	تم دگرسان	۵۳/۶	۰/۹	۱۸/۶	۸/۳	۰/۳	۴/۴	۴/۴	۴/۲	۱/۳	۰/۲	۴/۰	۳۵/۶	۳۷/۰	۱۱۶/۰

SEM-EDS

	E ۱۷-۱	E ۱۷-۲	E ۱۷-۳	E ۱۷-۴	E ۱۷-۵	E ۱۷-۶	H ۱۲-۸	H ۱۲-۹	H ۱۲-۱۰	H ۱۲-۱۱
SiO ₂	۴۸/۶۷	۵۸/۴۳	۵۶/۶۵	۵۷/۰۷	۵۸/۰۸	۵۷/۱۵	۵۷/۸۱	۵۷/۵۹	۵۸/۳۷	۵۷/۸۳
Al ₂ O ₃	۲۱/۰۴	۲۳/۱۰	۲۳/۷۷	۲۴/۰۲	۲۲/۷۴	۲۳/۸۷	۲۳/۲۷	۲۳/۲۷	۲۳/۱۷	۲۳/۲۵
Fe ₂ O ₃	۳/۸۶	۰/۰۰	۱/۱۵	۱/۲۱	۰/۶۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
MgO	۲/۸۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
CaO	۱۳/۸۷	۶/۸۷	۶/۹۴	۶/۹۱	۶/۷۴	۷/۰۸	۷/۴۷	۷/۶۱	۷/۵۵	۷/۷۸
Na ₂ O	۷/۹۲	۱۰/۰۷	۹/۸۶	۹/۱۹	۱۰/۱۹	۱۰/۱۹	۹/۸۲	۹/۹۱	۹/۱۶	۹/۵۴
K ₂ O	۱/۷۸	۱/۵۵	۱/۶۲	۱/۵۹	۱/۶۲	۱/۷۱	۱/۶۲	۱/۶۱	۱/۷۴	۱/۵۹
Total	۹۹/۹۹	۱۰۰/۰۲	۱۰۰/۰۰	۹۹/۹۹	۹۹/۹۷	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰	۱۰۰/۰۰

Si	۲/۳۴	۲/۶۶	۲/۶۰	۲/۶۰	۲/۶۵	۲/۶۱	۲/۶۴	۲/۶۳	۲/۶۶	۲/۶۴
Al	۱/۱۹	۱/۲۴	۱/۲۸	۱/۲۹	۱/۲۲	۱/۲۹	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۴	۱/۲۵
Fe ^{T+}	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Mg	۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
Ca	۰/۷۲	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۵	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۸
Na	۰/۷۴	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۸۱	۰/۹۰	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۸۸	۰/۸۱	۰/۸۴
K	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۰۹	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۰۹
Cations	۵/۴۵	۵/۲۱	۵/۲۳	۵/۱۸	۵/۲۲	۵/۲۵	۵/۲۲	۵/۲۳	۵/۱۸	۵/۲۰
Ab	۴۷/۳۰	۶۷/۶۰	۶۶/۸۰	۶۵/۴۰	۶۸/۰۰	۶۶/۹۰	۶۵/۴۰	۶۵/۳۰	۶۳/۳۰	۶۴/۱۰
An	۴۵/۷۰	۲۵/۵۰	۲۶/۰۰	۲۷/۲۰	۲۴/۹۰	۲۵/۶۰	۲۷/۵۰	۲۷/۷۰	۲۸/۸۰	۲۸/۹۰
Or	۷/۰۰	۶/۹۰	۷/۲۰	۷/۴۰	۷/۲۰	۷/۴۰	۷/۱۰	۷/۰۰	۷/۹۰	۷/۱۰
Fe _r O _r =										

Late stage)

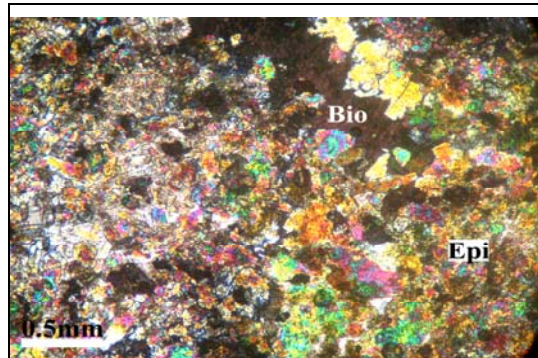
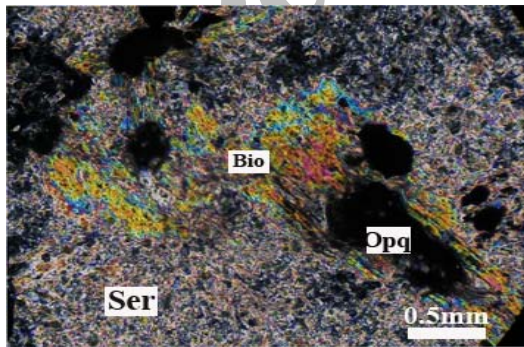
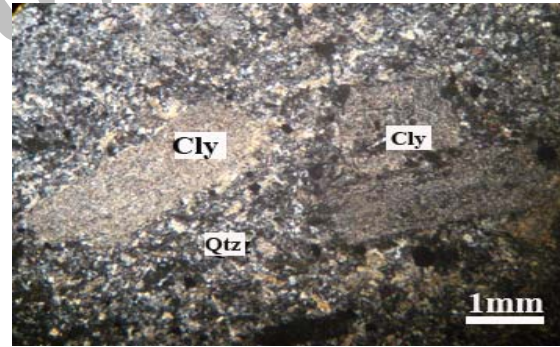
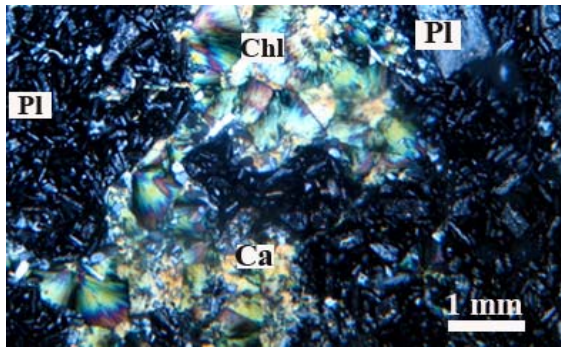
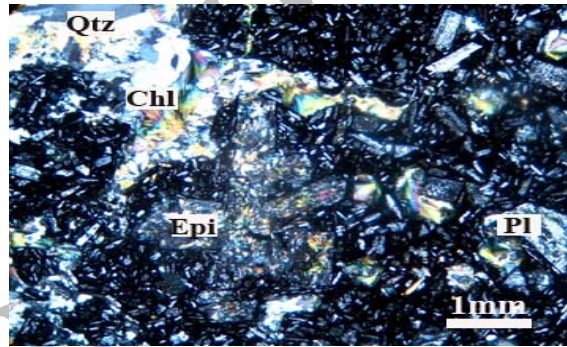
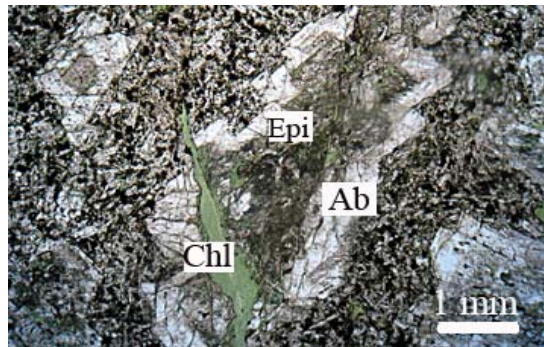
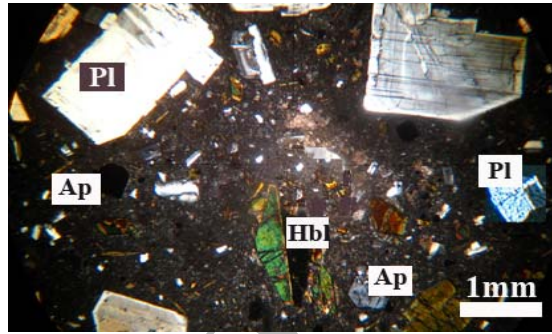
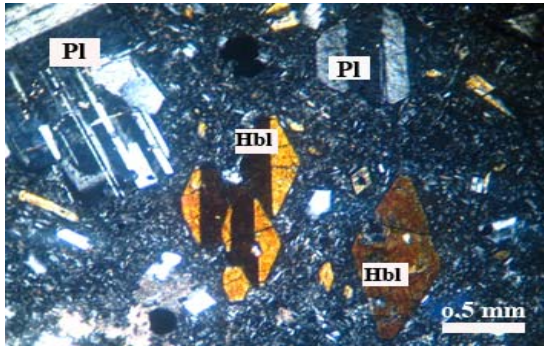
mineralization)

[]

()

[]

()



Bio Pl:()

(Ca Cly Ab Ap

Ser Epi Chl Hbl

)

[] ([])

()

()

()

K⁺

K⁺

Ca⁺

[]

) ()

(

(overgrowth)

()

()

()

()

()

Archive of SID

SEM-EDS

نمونه ها	P13-1	P13-2	P13-3	P13-4
SiO _y	۲۶/۴	۲۸/۱۶	۲۸/۶۵	۲۸/۹۸
TiO _y	۱/۳	۰/۶	۰/۳۱	۰/۳۳
Al _y O _z	۲۰/۰۲	۱۹/۵۹	۱۹/۸۳	۲۰/۷۳
Fe _y O _z	۱۲/۱۳	۱۸/۰۱	۱۶/۲۹	۱۵/۶۱
MnO	۱/۱۲	۰/۶۲	۰/۶۹	۰/۷۶
MgO	۱/۱	۰/۷۸	۰/۸۳	۱/۰۷
CaO	۱۶/۶۷	۲۱/۸۱	۲۲/۰۸	۲۱/۸۸
Na _y O	۰/۸۸	۰/۲۲	۰/۳۲	۰/۱۹
K _y O	۰/۳۵	۰/۱۹	۰/۷۸	۰/۳۵
Total	۹۹/۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
فرمول ساختمانی براساس ۱۳ اکسیژن				
Si	۲/۵۹	۲/۰۶۱	۲/۱۰۲	۲/۰۹۸
Al	۱/۸۲۸	۱/۸۵۱	۱/۸۷۶	۱/۹۳
Fe ^{r+}	۰/۷۰۸	۱/۰۸۶	۰/۹۸۲	۰/۹۳۳
Mg	۰/۱۲۷	۰/۰۹۳	۰/۱۰۱	۰/۱۲۷
Ca	۱/۳۸۵	۱/۸۷۵	۱/۹	۱/۸۶۳
X EP	۱/۳۲۱	۱/۱۵۹	۱/۱۳۳	۱/۰۶۹
mol%Ps	۲۰	۳۰	۲۰	۲۰
$XE_p = Fe^{r+} / (Fe^{r+} + Al + Cr^{r+} - \gamma) \text{ and } XC_{zo} = (Al - \gamma) / (Fe^{r+} + Al + Cr^{r+} - \gamma) \text{ (Franz and Liebscher, 2003 in [6])}$				
$\text{Mole \% Ps} = \text{درصد پیستاشیت} = (100 \times Fe^{r+}) / (Fe^{r+} + AlVI) \text{ (Martinez-Serrano, 2000 in [6])}$				

[]

()

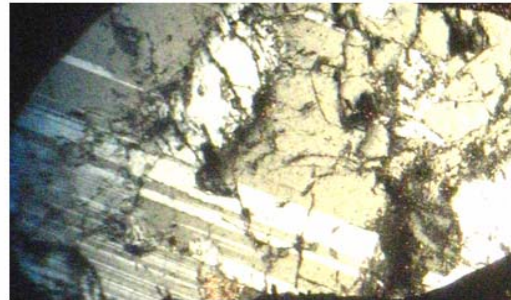
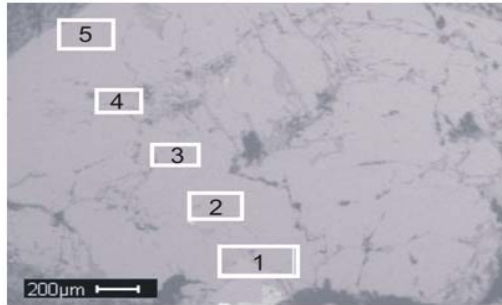
[]

()

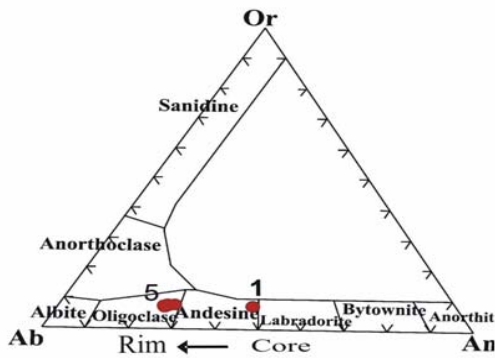
()

()H⁺

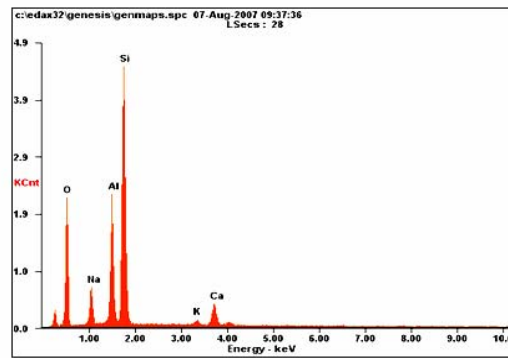
[]



الف



ب



ج

(E17)

SEM-EDS

() SEM Back-Scattered

()

() .SEM-EDS

()

XRD

()

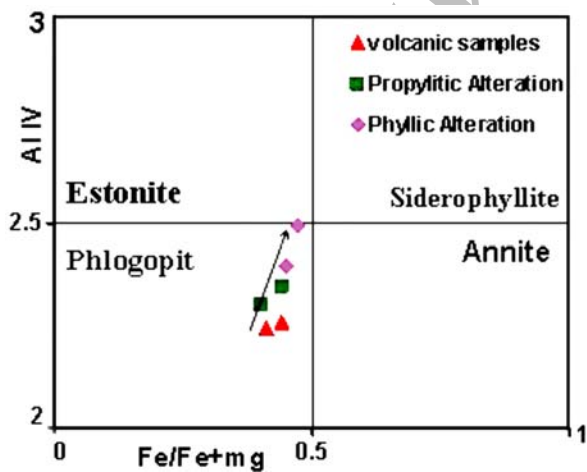
aK^+/aH^+

H⁺, Mg²⁺, H₂O

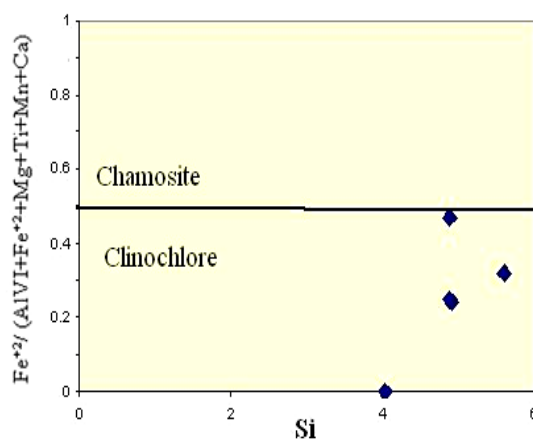
[]

SiO₂

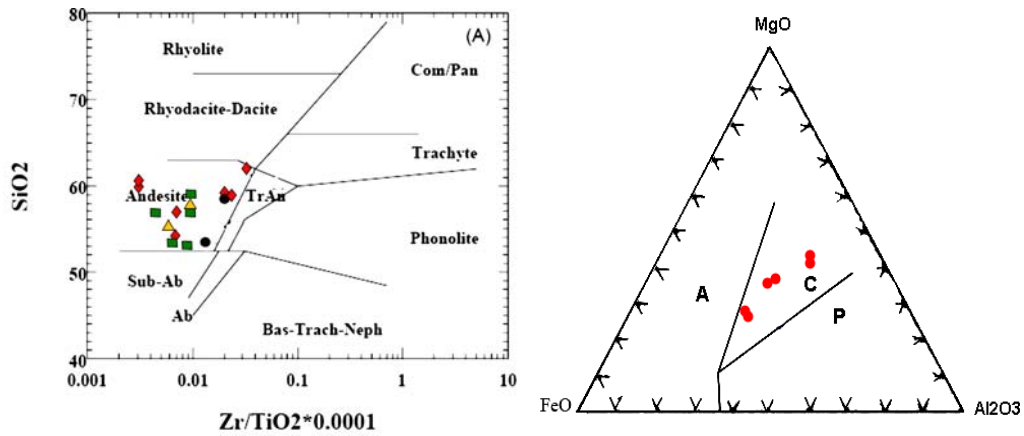
[]



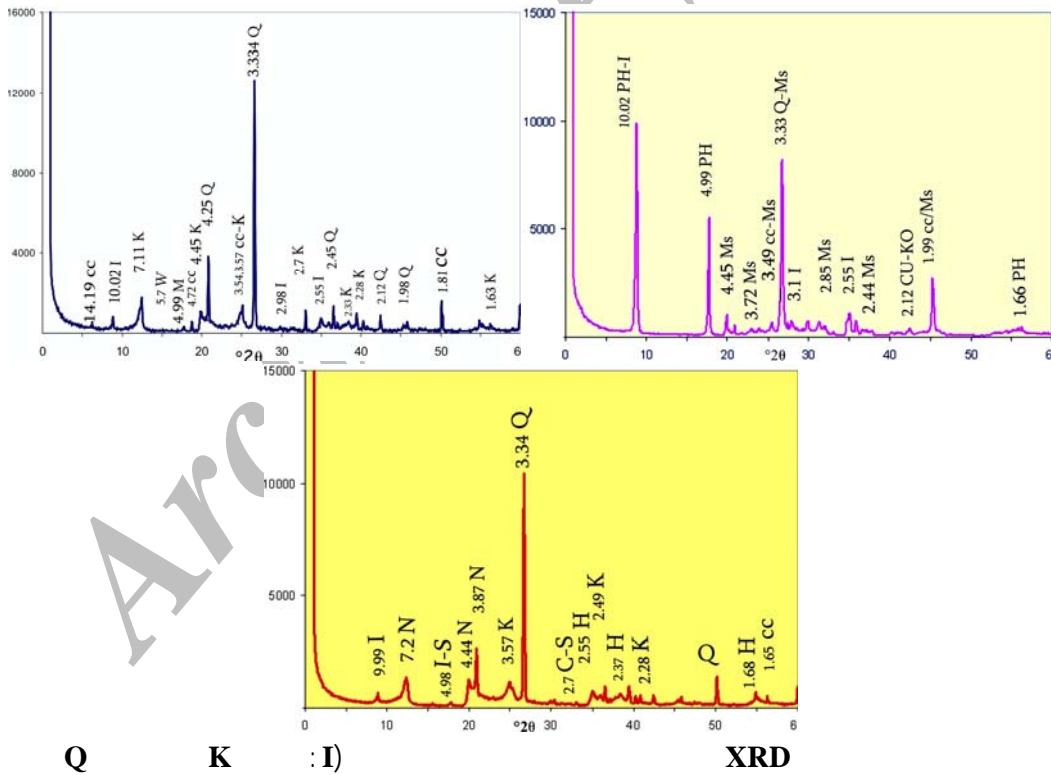
(Rieder et al.,1998)



[]



(Abdel-Rahman, 1994)



Cc Q K :I) XRD
(N H S

[]

SEM- EDS

(H_{1s} H_{1s})

(E_{2p} E_{2p})

Al^{IV}

(E_{1s} E_{1s})

()

Fe²⁺/Fe³⁺+Mg²⁺

(Ti)

MgO-

[]

Al₂O₃-FeO_t

(Na)

(Si)

(Fe)

(A)

(C)I

(P)S

()

C

()

SEM-EDS

نمونه No	H12	H13	E21	E22	E17	E18
نوع دگرسانی	غوره گرمان	غوره گرمان	مرواریدی	مرواریدی	لیلی	لیلی
SiO ₂	24/24	22/27	22/0.2	22/0.8	24/22	24/21
TiO ₂	4/24	4/28	2/0	2/22	2/0	2/28
Al ₂ O ₃	12/21	12/28	17/0	16/27	10/0.1	14/0.9
FeO	17/20	18/20	12/26	14/20	19/0	18/21
Fe ₂ O ₃	2/24	2/28	2/27	2/22	2/29	2/22
MnO	0/0	0/0	0/21	0/22	0/0	0/0
MgO	14/0	12/24	11/0.2	10/22	12/28	12/20
CaO	0/0	0/0	0/22	0/27	0/0	0/0
Na ₂ O	1/29	0/26	1/28	2/0.9	0/22	0/29
K ₂ O	12/26	12/28	6/24	7/21	11/22	11/27
فرمول ساختاری بر اساس 22 اکسیژن						
Si	4/22	4/24	0/20	0/20	4/27	4/20
Al ^{IV}	2/24	2/26	2/20	2/20	2/29	2/20
Al ^{VI}	0/0	0/0	0/24	0/27	0/0	0/0
Ti	0/26	0/27	0/21	0/22	0/21	0/22
Fe ²⁺	0/26	0/29	0/20	0/22	0/28	0/29
Fe ³⁺	2/0.5	2/26	1/22	1/26	2/20	2/29
Mn	0/0	0/0	0/0.7	0/0.8	0/0	0/0
Mg	2/29	2/20	2/28	2/0.9	2/20	2/22
Ca	0/0	0/0	0/22	0/22	0/0	0/0
Na	0/22	0/27	0/20	0/24	0/20	0/20
K	2/24	2/26	1/24	1/22	2/0.6	2/21
Cations	10/20	10/24	14/29	14/22	10/20	10/24
Fe ²⁺ /Fe ³⁺ +Mg ²⁺	0/21	0/24	0/20	0/24	0/27	0/20
Mg ²⁺ /Fe ²⁺ +Mg ²⁺	0/29	0/26	0/20	0/26	0/22	0/20

SEM-EDS

نوع ماده	V12.1	V12.2	E21	R11.1	R11.2
SiO ₂	27/27	21/29	24/26	27/26	27/26
TiO ₂	2/02	0/02	0/82	1/22	0/00
Al ₂ O ₃	10/22	18/29	12/29	18/29	18/27
FeO	22/22	0/00	12/28	11/20	12/22
Fe ₂ O ₃	2/07	22/27	2/27	2/20	2/87
MnO	0/22	0/80	0/00	0/00	0/00
MgO	10/22	12/00	12/22	1/29	2/22
CaO	2/29	1/29	1/22	20/20	20/22
Na ₂ O	2/09	1/20	1/26	1/00	1/00
K ₂ O	0/22	0/20	7/20	0/00	0/00
Total	100/00	99/29	100/00	99/29	100/00
فرمول ساختاری بر اساس 28 اکسیژن و 16 اکسید هیدروژن					
Si	2/89	2/02	0/20	2/29	2/88
Al ^{IV}	2/20	2/82	1/89	2/87	2/82
Al ^{VI}	0/00	0/00	0/26	0/00	0/00
Ti	0/20	0/00	0/08	0/22	0/00
Fe ²⁺	0/20	2/26	0/29	0/27	0/28
Fe ³⁺	2/02	0/00	1/22	1/22	1/20
Mn	0/08	0/09	0/00	0/00	0/00
Mg	2/20	2/29	2/28	0/20	0/29
Ca	0/20	0/22	0/22	2/07	2/22
Na	0/02	0/22	0/22	0/27	0/28
K	0/02	0/00	1/26	0/00	0/00
Cations	12/27	12/26	12/22	12/20	12/29
X Fe	0/22	1/28	0/22	1/09	0/22
X Mg	0/20	1/00	0/22	0/27	0/22
$Fe_2O_3 = \text{مقدار آهن کل} \times Mg = Mg(Mg + Fe^{2+})$ $XFe = Fe(Fe^{2+} + Mg)$					

()

" ()

()

()

5- Abdel-Rahman, A-F. M., "Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline and peraluminous magmas", *Journal of Petrology*, 35 Part 2(1994) 525-541.

6- Barzegar H., "Geology, Petrology and geochemical characteristics of alteration zones within the Seridune prospect, Kerman, Iran", Ph.D. program at the Institute of Mineralogy and Economic Geology, RWTH Aachen University, Germany(2007)180 p

7- Celik M., Karakaya N., and Temel A., "Clay minerals in hydrothermally altered volcanic rocks, Eastern Pontides, Turkey", *Journal of Clay and Clay Minerals* 47(1999) 708-717.

8- Etmian H., "Le porphyre cuprifere de Sar-Cheshmeh Role des phases fluids dans les mecanismes d alteration et de mineralization. Iran Geol. Survey", Ph. D. thesis(1977) 242p.

9- Guilbert G., and Park C.F., *The geology ore deposits*, "Freeman Company,(1986) 985p.

10- Hawthorne, F., "Crystal chemistry of the amphiboles" *Journal of Mineralogy Society of America, Reviews in Mineralogy* 9A(1981) 1-102.

11- Hetch L., Thuro K., Plinninger R., and Cuney M., "Mineralogical and geochemical characteristics of hydrothermal alteration and episyenitization in the Konigshain granites, northern Bohemian Massif Germany", *Journal of Asian Earth Sciences* 88(1999) 236-252.

Na⁺

pH

relict))

()

()

17- Silva H.C., Juliani, R., Dantas, C., Nunes, C.M., and Silva Bettencourt, J., "Petrographic characterization of the hydrothermal alteration zones associated with gold mineralization in granitic rocks of the Batalha Gold field, Tapajos(Para)-Brazil", *Revista Brasileira de Journal Geoscience* 30(2)(2000) 242-245.

18- Waterman G. C., and Hamilton R.L., "The Sar-Cheshmeh porphyry copper deposit", *Journal of Economic Geology*, 70(1975) 568-576.

19- Zen E-an., and Hammarstrom J.M., "Magmatic epidote and its petrologic significance", U.S. Geological Survey, 959 National Center, Eston, Virginia 22092 , *Journal of Geology* 12(1984) 515-518.

12- Hezarkhani A., "Hydrothermal evolution Of the Sar-Cheshme Porphyry Cu-Mo deposit, Iran: Evidence from fluid inclusions", *Journal of Asian Earth Science* 28(2006) 409-422.

13- Lickfold V., and Cooke D.R., Smith S.G., and Ullrich T.D, "Endeavour Copper-Gold Porphyry deposits, Northparkes, New South Wales: Intrusive history and fluid evolution", *Journal of Economic Geology* 98(2003) 1607-1636.

14- Pirajno F., "Hydrothermal mineral deposits", John Wiley and Sons,(1995) 709p.

15- Rieder, M., Cavazzini, G., D`Yakonov, Y.S., Frank-Kamentskii, V.A., Gottardi, G., Guggenheim, S., Koval, P.V., Müller, G., Neiva, A.M.R., Radoslovich, E.W., Robert, J-L., Sassi, F.P., Takeda, H., Weiss, Z., and Wones, D.R., "Nomenclature of the micas", *Journal of The Canadian Mineralogist*, 36(1998) 41-48.

16- Shahabpour J., "Aspects of alteration and mineralization at the Sar-Cheshmeh copper-molybdenum deposit, Kerman, Iran", Unpub Ph. D. thesis Leeds University(1982) 342p.

Archive