تشکر و قدردانی

بدینوسیله بر خود لازم می دانیم از آقایان مهندس جهانگیری به سبب همراهی در تهیه نمونه و ارائه اطلاعات اکتشافی محدوده چاه پلنگ و همچنین آقای مهندس مصوری به جهت انجام مطالعات میکروسکپی تشکر نماییم. در این راستا از همکاران بخش آزمایشگاه ها به ویژه سرکار خانم مهندس امیری به جهت آنالیز نمونه ها تشکر و قدردانی می شود. در پایان از آقای مهندس رامین دیندار مهر که ما را در تهیه گزارش یاری دادند سپاسگذاری می گردد.

فصل اول

کلیات

۱-۱ زمین شناسی تنگستن

کانی های تنگستن در سنگ های آذرین، دگرگونی و رسوبی یافت می‌شوند. منابع اصلی تنگستن کانی های شئلیت و ولفرامیت هستند که توسط محلول های گرمابی نهشته می‌شوند (بوس، ۱۹۸۶: کواک، ۱۹۸۷: الیوت، ۱۹۹۲). بیشتر ذخائر تنگستن رابطه نزدیکی با توده های نفوذی تبخیر داشته و محلول گرمابی تنگستن دار نیز احتمالاً از همین توده ها ناشی شده اند.

دو نوع اصلی ذخایر گرمابی تنگستن عبارت از اسکارنهای شئلیت‌دار و رگه‌های کوارتز و ولفرامیت‌دار هستند. اسکارنهای شئلیت‌دار در جایی یافت می‌شوند که توده نفوذی در تماس با سنگ آهک قرار دارد. محتوالی فلزی این ذخایر پیچیده بوده و شامل مولیبدن، مس، سرب، آهن و حتی بیسموت است. در سال های اخیر تقسیم بندی های متعددی از کانسارهای تنگستن بر مبنای ژنتیکی، ژئوشیمیایی، کانی شناختی، شکل و زمین ساختی ارائه شده است. کانسارهای تنگستن از نظر ریخت شناسی به سه نوع کانسارهای متقاطع، کانسارهای مجاورتی و کانسارهای لایه ای تقسیم بندی می‌شوند. اغلب ذخایر اقتصادی تنگستن جهان در دوره های مزوزوئیک و سنوزوئیک در طول فازهای کوهزایی آلپی بوجود آمده اند. کانی سازی تنگستن در ایران نیز در سنگ های مزوزوئیک و ترشیاری گزارش شده است. این کانی سازی بیشتر در پیوند با توده های نفوذی اسیدی ژوراسیک تا کرتاسه و در سنگهای ماگمایی ترشیاری و نیز همراه کانی سازی مس و مولیبدن دیده شده است.

پیدایش کانسارهای فلزی و نافلزی به پدیده‌های زمین‌شناسی مانند فعالیت‌های ماگمایی، جنبش‌های کوهزایی، دگرگونی و ... وابسته است. پدیده‌های زمین‌شناسی که در برهه‌های زمانی گذشته زمین رخ داده‌اند، تکامل پوسته و تحولات و تغییرات گوشته بالایی را سبب شده‌اند. تشکیل هر ماده معدنی، با توجه به ویژگیهای زمین‌شناسی و فلززایی آن ماده و تکامل پوسته و گوشته قابل تفسیر است .

تشکیل و تمرکز کانسارها، وابستگی کامل به ترکیب پوسته زمین دارد، زیرا ویژگی‌های زمین‌ساختی ماگمایی، حوادث زمین‌ساختی و دگرشکلی‌های عمده، خود معرف و تعیین‌کننده هویت و طبیعت

پوسته زمین است. این رخدادهای زمین‌ساختی و زمین‌ساختی ـ ماگمایی، مهم‌ترین عوامل پیدایش، تمرکز و پراکندگی مواد معدنی است .

درتاریخ تحولات زمین‌شناختی، ذخایر تنگستن نیز همانند کانسارهای قلع و مولیبدن از قدیم به جدید رو به افزایش گذاشته است. در آرکئن تقریباً کانسار اقتصادی از تنگستن سراغ نداریم. در پروتروزوییک تعداد اندکی ذخیره تنگستن شناسایی شده است، از جمله پگماتیت‌های کوچک تنگستن‌دار در آمریکا (سیلورهیل) و اسکارن‌های تنگستن‌دار در برزیل (برژو) و سوئد (ایگوهلن) را می‌توان نام برد.

در پالئوزییک و در فاز کوهزایی کالدونین، کانسارهای بزرگتری از تنگستن مانند کانسار بوگوتی با خاستگاه گرمابی در قزاقستان به وجود آمده‌اند.

در پالئوزئیک بالا و در فاز کوهزایی هرسینین، به کانسارهای بزرگ اسکارنی، گرایزنی، گرمابی و پورفیری درکشورهای زیادی به وجود آمده‌اند از جمله آکچاتاف در قزاقستان، اینگیچکه در آسیای مرکزی. پاناسگولوا در پرتغال و کینگزآیلند در استرالیا و همچنین تنگستن پرفیری جنوب باختر انگلستان (دونین و پرمین).

. بیشتر ذخایر اقتصادی تنگستن جهان در مزوزوئیک و سنوزوئیک در طول فازهای کوهزایی آلپی به وجود آمده‌اند. از جمله کانسارهای تنگستن جنوب خاوری چین که بزرگترین ذخایر تنگستن دنیا را تشکیل می‌دهند، متعلق به مزوزوئیک می‌باشند. همچنین کانسارهای تنگستن در کره‌جنوبی و تایلند به این زمان تعلق دارند. فراوانی کانسارهای تنگستن در زمان فانروزوئیک در مقایسه با پرکامبرین، وابستگی تنگستن را به سنگ‌های قاره‌ای بویژه گرانیتی نشان می‌دهد.

مهمترین و بزرگترین ذخایر تنگستن در جنوب شرق چین، جمهوری کره، قزاقستان، جنوب تین‌شان، شمال قفقاز، اروپای مرکزی، کانادا و شرق استرالیا قرار دارند.

بیشتر کانسارهای اقتصادی دنیا دارای عناصر W, Sn – W – Mo, Mo – Be – W, Bi – Au – W, Hg – Sb – W می‌باشند، که از آن میان کانسارهای دارای W – Mo و Sn – W فراوان‌تر هستند. از نظر زمانی حدود ۵۷/۲٪ از کانسارهای تنگستن متعلق به مزوزوییک هستند کـه عمومـاً از تیپ گرایزن و اسکارن می‌باشند. (۱)

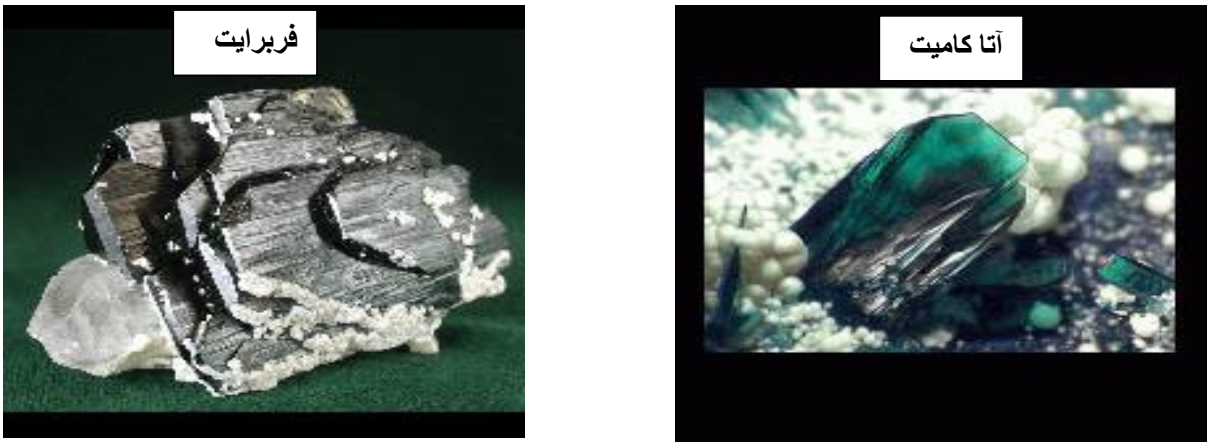
۱ –۲– کانه های تنگستن

کانی‌شناسی تنگستن بسیار ساده است. تنگستن به صورت خالص درطبیعت یافت نمی شود و تنها بصورت ترکیبی در بیست کانی یافت می‌شود که اکثر آنها کمیاب هـستند. فقـط شـئلیت و سـه کانی گروه ولفرامیت اهمیت بیشتری دارند. از این بیست کانی، یازده کانی اولیه و نه کانی بقیه محدود به نواحی هوازده می‌شوند. به استثنای تنگستنیت، همه کانی ها تنگستات هستند کـه از میـان آنهـا تنها گروه شئلیت و ولفرامیت از اهمیت صنعتی برخوردارند. شئلیت اغلب با مولیبدات کلسیم ایزومرف پاولیت (powellite) همراه است .نام و فرمول شیمیایی کانی‌های مهم تجاری این گروه در جدول ۱-۱ آورده شده‌اند.

نام کانی	فرمول شیمیایی	درصد تنگستن
Scheelite (شئلیت)	$CaWO_4$	۶۳/۹
Cuprotungstite (کوپروتنگستیت)	$CuWO_4$	۴۵
Cuproscheelite (کوپرو شئلیت)	$(Cu, Ca)\ WO_4$	متغیر
Stolzite (استولزیت)	$PbWO_4$	۴۰/۴
Chillagite (شیلازیت)	$Pb(W.Mo)O_4$	متغیر
Hubnerite (هوب نریت)	$Mn\ WO_4$	۶۰/۷
Wolframite (ولفرامیت)	$(Mn.Fe)WO_4$	۶۰/۷ – ۶۰/۶
Ferberite (فربریت)	$Fe\ WO_4$	۶۰/۶

جدول ۱-۱ نام و فرمول شیمیایی کانی‌های مهم تجاری گروه تنگستن (۲)

در اشکال ذیل نمایی از کانی فربرایت و آتاکامیت (یکی ازکانی همراه تنگستن) آورده شده است



شکل ۱ -۱ نمایی از کانی فربرایت و کانی همراه آن آتاکامیت (۳)

۱– ۳– قیمت جهانی تنگستن

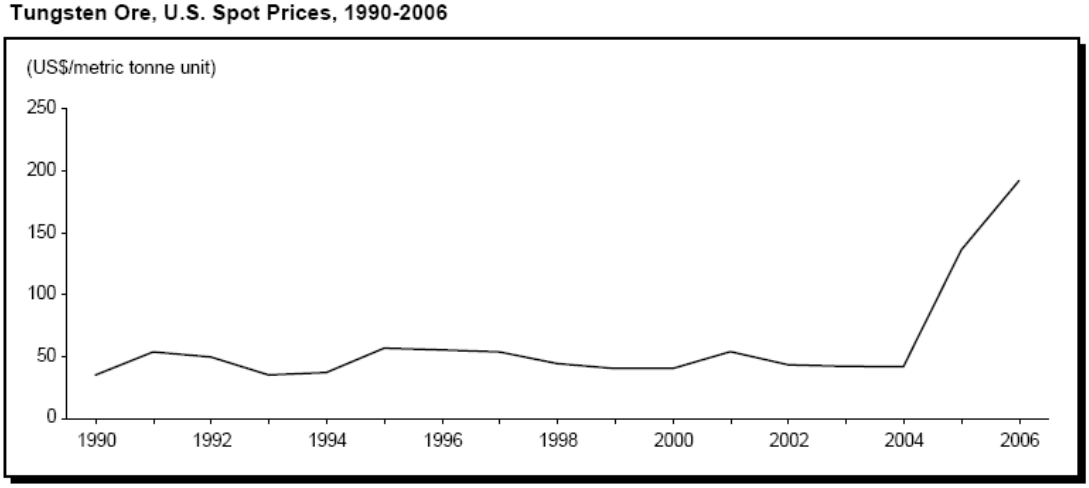
همانطور که در جدول ۱-۲ مشاهده می شود متوسط قیمت یک واحد متریک تن ماده معدنی تنگستن (محتوی حدود ۱۰ کیلوگرم تنگستن) در سال ۲۰۰۶ معادل ۲۰۰ دلار می باشد.

شکل ۱-۲ نیز بیانگر جهش قیمت این ماده معدنی از سال ۲۰۰۴ به بعد می باشد به طوریکه این اختلاف قیمت به حدود ۱۵۰ دلار به ازای هر تن متریک می رسد.

MONTHLY PRICE QUOTATIONS OF TUNGSTEN CONCENTRATES IN 2006

	Metal Bulletin, European market, 65% WO_3 basis, c.i.f.[1,2]				Platts Metals Week, U.S. spot quotations, 65% WO_3 basis, c.i.f.[1] U.S. ports, including duty[3]			
	Dollars per metric ton unit			Dollars per short ton unit,	Dollars per short ton unit			Dollars per metric ton unit,
Month	Low	High	Average	average	Low	High	Average	average
January	130	160	145	132	180	200	190	209
February	130	220	175	159	180	210	195	215
March	160	220	190	172	175	210	193	212
April	160	200	180	163	160	185	173	190
May	160	200	180	163	150	170	160	176
June	150	170	160	145	150	190	170	187
July	150	170	160	145	180	200	190	209
August	150	170	160	145	190	210	200	220
September	160	170	165	150	180	210	195	215
October	160	170	165	150	170	200	185	204
November	160	170	165	150	150	200	175	193
December	160	170	165	150	150	170	160	176

جدول ۱-۲ قیمت های ماهانه تنگستن در سال ۲۰۰۶ (۴)



شکل ۱-۲ روند افزایش قیمت تنگستن در سال های مختلف (۵)

۱-۴ تولید کنندگان تنگستن درجهان

بزرگترین کشور های تولید کننده تنگستن در جهان طبق جدول ۱-۳ بـه ترتیـب عبارتنـد از چـین ، روسیه ، پرتقال ، کانادا ، کره شمالی ، بولیوی ، آمریکا می باشند. ایـن کـشورها در مجمـوع حـدود ۶ میلیون تن از ذخایر پایه جهانی را در اختیار دارند. (۴)

World Mine Production, Reserves, and Reserve Base: Reserves and reserve base estimates for Portugal were revised downward based on new information from that country.

	Mine production		Reserves[8]	Reserve base[8]
	2005	2006[e]		
United States	—	—	140,000	200,000
Austria	1,350	1,350	10,000	15,000
Bolivia	520	530	53,000	100,000
Canada	700	2,500	260,000	490,000
China	61,000	62,000	1,800,000	4,200,000
Korea, North	600	600	NA	35,000
Portugal	820	900	2,600	7,500
Russia	4,400	4,500	250,000	420,000
Other countries	710	950	350,000	700,000
World total (rounded)	70,100	73,300	2,900,000	6,200,000

جدول ۱- ۳ وضعیت ذخایر جهانی تنگستن و عمده کشورهای تولید کننده (۴)

۱ – ۵ بزرگترین کشورهای وارد کننده تنگستن در جهان

بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۱-۴ عمده کشور های وارد کننده کنسانتره تنگستن در جهان بولیوی ، کانادا ، پر تقال و تایلند می باشند به طوریکه جمع مقدار واردات جهانی این ماده معدنی در سال ۲۰۰۶ بالغ بر ۲۲۹۰ تن تنگستن به ارزش ۴۹۵۰۰ هزار دلار می باشد.

CONCENTRATES, BY COUNTRY[1]

	2005		2006	
Country of origin	Quantity, tungsten content (metric tons)	Value (thousands)	Quantity, tungsten content (metric tons)	Value (thousands)
Australia	--	--	24	$551
Austria	--	--	(2)	5
Bolivia	547	$10,200	845	20,400
Canada	270	1,300	205	1,780
China	1	2	--	--
Congo (Kinshasa)	57	500	34	439
Hong Kong	(2)	5	--	--
Mexico	30	221	35	426
Mongolia	13	76	43	367
Peru	--	--	18	455
Portugal	764	16,200	713	20,700
Russia	97	593	--	--
Rwanda	140	871	228	1,740
Thailand	146	1,430	108	1,410
Uganda	--	--	32	811
United Kingdom	--	--	9	290
Vietnam	19	74	--	--
Total	2,080	31,400	2,290	49,500

-- Zero.

[1]Data are rounded to no more than three significant digits; may not add to totals shown.

[2]Less than ½ unit.

جدول شماره ۱- ۴ وارد کنندگان عمده کنسانتره تنگستن در جهان (۴)

۱ –۶ بزرگترین کشورهای صادر کننده تنگستن در جهان

در جدول ۱-۵ عمده کشور های صادر کننده ماده معدنی تنگستن و کنسانتره آن در سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ نشان داده شده است . همانطور که ملاحظه می شود چین در میان کشورهای صادر کننده مقام نخست را به خود اختصاص داده است.

U.S. EXPORTS OF TUNGSTEN ORES AND CONCENTRATES, BY COUNTRY[1]

	2005			2006		
	Quantity			Quantity		
Country of destination	Gross weight (metric tons)	Tungsten content[2] (metric tons)	Value (thousands)	Gross weight (metric tons)	Tungsten content[2] (metric tons)	Value (thousands)
Argentina	(3)	(3)	$3	--	--	--
Bulgaria	(3)	(3)	6	--	--	--
Canada	--	--	--	1	(3)	$11
China	63	33	861	210	108	3,160
Czech Republic	--	--	--	(3)	(3)	7
France	(3)	(3)	4	(3)	(3)	3
Germany	--	--	--	1	1	47
Hong Kong	(3)	(3)	6	--	--	--
Indonesia	--	--	--	(3)	(3)	3
Ireland	(3)	(3)	17	--	--	--
Japan	(3)	(3)	12	--	--	--
Korea, Republic of	2	1	24	2	1	28
Malaysia	(3)	(3)	3	--	--	--
Netherlands	28	14	552	37	19	269
Singapore	--	--	--	(3)	(3)	10
Sweden	--	--	--	(3)	(3)	3
Switzerland	(3)	(3)	6	--	--	--
Taiwan	--	--	--	(3)	(3)	5
United Kingdom	7	4	106	--	--	--
Total	102	52	1,600	252	130	3,550

-- Zero.

[1]Data are rounded to no more than three significant digits; may not add to totals shown.

[2]Content estimated from reported gross weight.

[3]Less than ½ unit.

جدول شماره ۱- ۵ صادر کنندگان عمده ماده معدنی و کنسانتره تنگستن در جهان (۴)

۱ – ۷ –مصارف عمده تنگستن

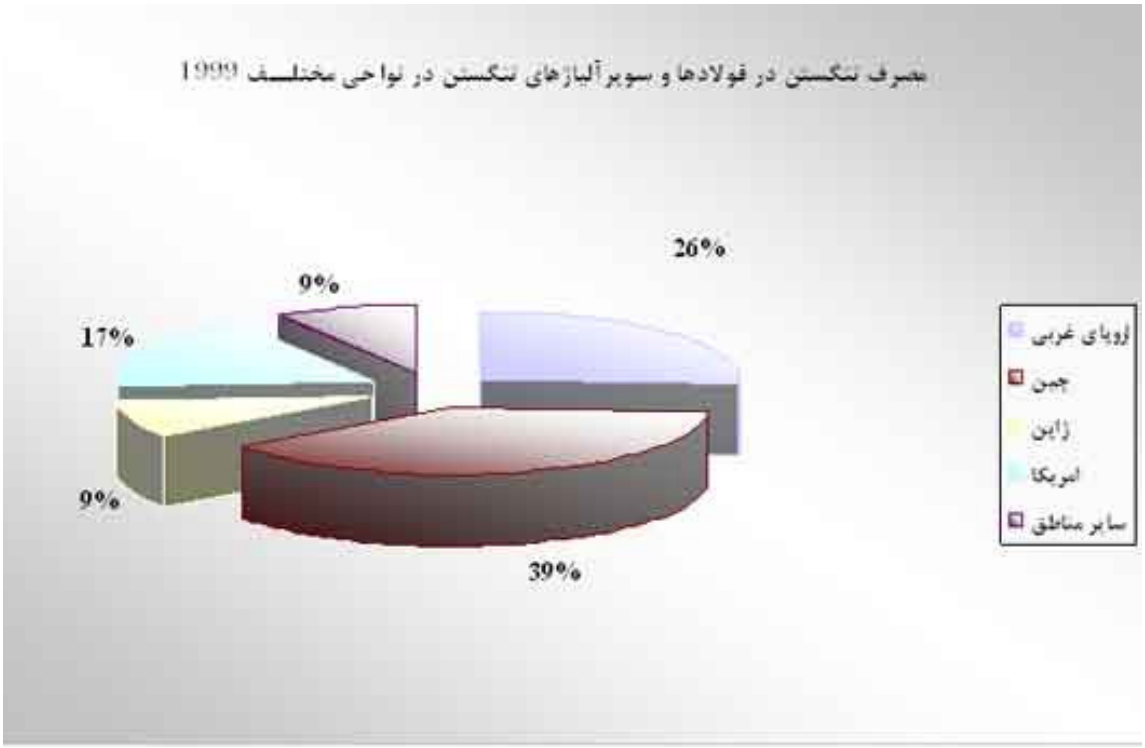
تنگستن ماده معدنی است که به دلیل ویژگی های منحصر به فرد خود کاربردهای وسیعی را در صنعت به خود اختصاص داده است که در ذیل به آنها اشاره خواهد شد.

۱- کاربد تنگستن در آلیاژ های فولادی

یکی از مهمترین مصارف تنگستن کاربرد آن در فولاد سازی است. اتحادیه بین‌المللی صنعتی تنگستن برآورد می کند که تقاضای تنگستن در فولادهای آلیاژی، در چهار کشور یا منطقه عمده مصرف کننده، یعنی اروپای غربی، آمریکا، ژاپن و چین رو به افزایش خواهد بود.

این چهار کشور بیش از ۹۰ درصد از مصرف جهانی تنگستن را به خود اختصاص می‌دهند.

درشکل۱-۲ میزان مصرف تنگستن در فولادها و سوپرآلیاژها درکشورها و نواحی مختلف، درسال ۱۹۹۹ نشان داده شده است. (۲)



شکل۱-۲ـ مصرف تنگستن در فولادها و سوپرآلیاژهای تنگستن در نواحی مختلف ۱۹۹۹(%)

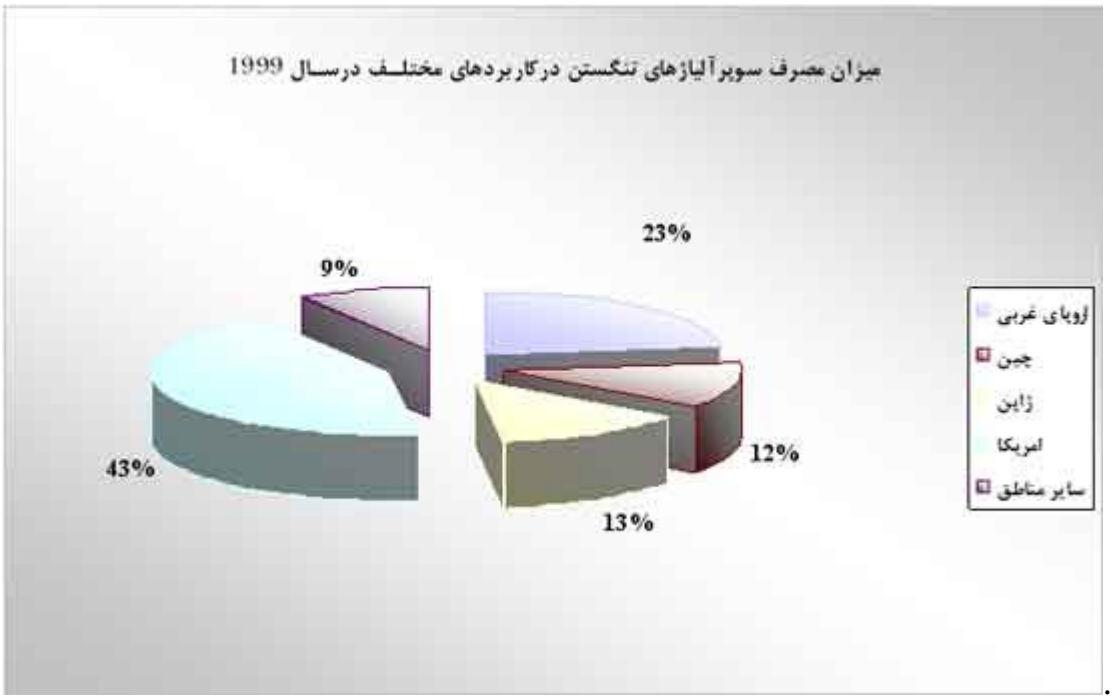
چین بزرگترین کشور مصرف‌کننده تنگستن در فولادها و سوپرآلیاژها است، حدود ۳۹ درصد از کل تقاضای تنگستن دنیا را به خود اختصاص داده است. اروپای غربی که بزرگترین ناحیه مصرف‌کننده تنگستن است، ۲۶ درصد از تنگستن موردنیاز خود را در فولادها و سوپرآلیاژها مصرف می کند. در آمریکا صنعت فولاد مصرف کننده عمده تنگستن نیست و فقط حدود ۱۰ درصد از کل مصرف داخلی را به خود اختصاص می دهد که نسبت به میزان مصرف ۱۷ درصدی تنگستن در این بخش در دنیا پایین است.

میزان مصرف تنگستن در سوپرآلیاژ درحد کمی است و به طور عمده در آمریکا و اروپای غربی که عمده‌ترین تولیدکننده این محصول هستند، محدود شده است. کشورهای مستقل مشترک‌المنافع نیز تولیدکننده این آلیاژ و همچنین تولید آنها گردید. کشورهای چین، هند، ژاپن و استرالیا نیز درحد کمی تولید سوپرآلیاژ دارند. میزان مصرف تنگستن در تولید سوپرآلیاژها در آمریکا حدود ۴۰۰ تن در سال ۱۹۹۸ بوده است. کشور آمریکا عمده‌ترین کشور تولیدکننده این محصولات است و برهمین اساس نیز بعید بنظر می‌رسد که مصرف جهانی تنگستن در سوپرآلیاژها بیش از ۱۰۰۰ تن درسال باشد.

سوپرآلیاژها، آلیاژهایی با کارآیی بالا هستند که تحت دمای بالا (بیش از ۸۱۵) ساخته شده‌اند و برای کاربردهای حرارتی، کششی بالا، لرزشی و تنشهای فشاری به کار می روند و دارای سطوحی با پایداری بالا و مقاومت اکسیدی زیاد هستند. این آلیاژها به سه نوع اصلی (ماده اصلی) نیکل، کبالت و آهن تقسیم می‌شوند.

مصرف جهانی سوپرآلیاژها درسال ۱۹۹۹، ۱۱۳۴۰۰ تن بوده است. کاربرد صنایع هوایی همچنان عمده ترین بازار مصرف این محصولات است و درحدود سه چهارم از کل مصرف جهانی را به خود اختصاص داده است. افزایش تقاضای مواد عملیاتی با کارایی بالا در سرویس های زیست محیطی سبب افزایش مصرف بیشتر سوپرآلیاژها در توربین‌های گازی صنعتی تولید نیرو، مهندسی دریا، پزشکی،

شیمیایی و صنایع نفت و گاز شده است. مصرف سوپرآلیاژها برحسب کاربردهای مختلف درشـکل۱-۳ نشان داده شده است. آمریکا بواسطه دارا بودن بزرگترین صنایع هوایی و فضایی دارای بیشترین میزان مصرف است.



شکل ۱- ۳ میزان مصرف سوپرآلیاژهای تنگستن درکاربردهای مختلف درسال ۱۹۹۹(%)

میزان مصرف فعلی تنگستن در سوپرآلیاژها در حدود ۱ میلیون تن درسال است. در اوایل سال ۱۹۹۸ رشد شدیدی در مصرف مواد اولیه سوپرآلیاژها درنتیجه بهبود و افزایش تولید هواپیما بوجود آمـد. در ژوئن سال ۱۹۹۹ دو شرکت هواپیماسازی بوئینگ و ایرباس درمورد کاهش تولید خود پیش بینی هایی کردند که برطبق این پیش‌بینی‌ها میزان تولید بوئینگ درسال ۱۹۹۹، ۳۰ تا ۴۰ درصد کاهش یافت و شرکت ایرباس نیز تولید خود را از ۵۵۶ فروند درسال ۱۹۹۸ به ۳۲۰ فروند درسال ۱۹۹۹ کاهش داد. آینده مصرف تنگستن در سوپرآلیاژها بسیار مطلوب است. برطبق پیش‌بینی‌های انجـام گرفتـه میـزان مصرف سوپرآلیاژها با رشد ۳ درصد درسال از میزان ۱۱۳۴۰۰ تن درسال ۱۹۹۹ بـه حـدود ۱۵۰۰۰۰ تن درسال ۲۰۰۹ افزایش خواهد یافت که بیشتر مصرف در آسیا روی خواهد داد.

در چند سال آینده صنایع فضایی بیشترین میـزان مـصرف سـوپرآلیاژها را در بـازار دارا خواهـد بـود. برطبق پیش‌بینی‌ها ساخت هواپیما در سالهای ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۷ با نرخ ۵ درصد درسال افزایش خواهـد یافت. بزرگتر شدن موتورهای جدید، رشد تولید هواپیماهای دو موتوره، روند جـایگزینی هواپیماهـای قدیمی، تولید هواپیماهای جدید که صدا و لطمات زیست محیطی کمتری دارند بر روی روند مـصرف تنگستن و سوپرآلیاژها تأثیرگذار است.

۲- صنایع الکتریکی و الکترونیکی :

تنگستن خالص بیشتر در صنایع الکترونیکی کاربرد دارد. سیستم تنگستن در لامپ‌هـا یـا تیـوپ‌هـای کاتد به کار می‌رود که به علت مقاومت تنگستن در حرارت بالا، در تیـوپ لامـپ اشـعه X-Ray نیـز استفاده می‌شود. این بخش کلاً ۲۵٪ محصولات تنگستن را شامل می‌گردد محصولات میله‌ای سـاخته شدهاز فلز تنگستن که عمدتاً در صنعت لامپ‌سازی و قطعات الکتریکی به کار برده می‌شوند درحـدود ۸ درصد از تقاضای تنگستن را به خود اختصاص می‌دهند.

تنگستن به طور گسترده ای به عنوان رشته در حباب لامپ و در لوله خلاء به صورت الکترود اسـتفاده می‌شود زیرا می‌تـواند به صورت سیم‌های فلزی خیلی نازک کشیده شود که نقطه ذوب بالایی دارد. نقطه ذوب بالا، تنگستن را برای جهت یافتگی در فضا و دمای بالای آن کاربردهای الکتریکی، گرمایی و جوشکاری استفاده می‌شود.

تنگستن با درجه خلوص بالا، ترانزیستورها(W)،دیودها(W) ، لوله های الکترونیکی(W- ThO2) ، تنگستن منفذدار با باریوم یا(ThO2 ، (W)Thyristor، اتصالات سـوئیچ(W-Fe-Ni-Cu-W Ag, W-Cu,W)، سینک های گرمایشی.(W-Cu) از کاربردهای دیگر تنگستن است.

همچنین در انواع لامپهای تابنده(NS-W) ،لامپهای هالوژن(NS-W) ، لامپهـای گـازی: لامپهـای بخار جیوه، سدیم(W) ،لامپهای فلورسنت، لامپهای کمان کوتاه زنون.(W,W-ThO2,W-Re) نیز کاربرد دارد.

۳- محصولات رشته‌ای تنگستن

مقدار قابل توجهی از تنگستن به عنوان محصولات فلزی تنگستن از قبیل رشته لامپهای روشنایی (برق) و الکتریکی و نیز ارتباطات الکترونیکی مصرف می شود. این کاربردها و محصولات، کمتر از ۱۰ درصد (۳۵۰۰ تن درسال) مصرف کلی تنگستن را به خود اختصاص می‌دهد.

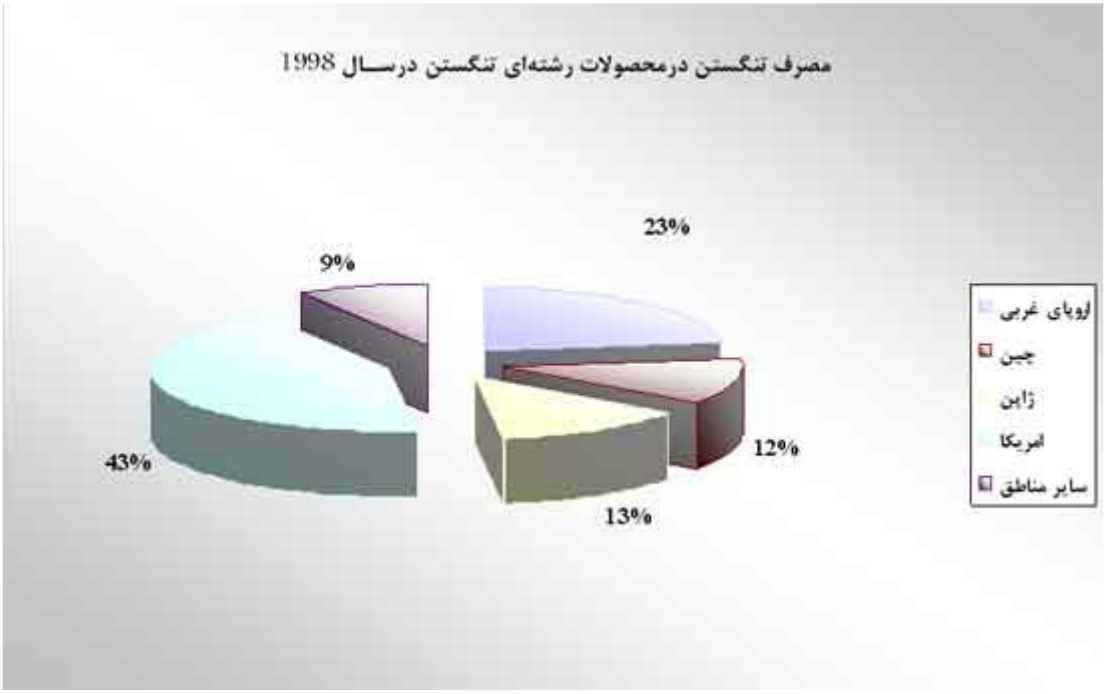
پودر تنگستن یکی از مواد اولیه برای ساخت محصولات تنگستن است. فرآیند متالوژی هنوز فرآیند اصلی ساخت تنگستن فلزی است که شامل سه مرحله است: مرحله پرس کردن، مرحله پیش پخت و مرحله پخت. پس از پخت، میله‌های تنگستن قالب‌گیری شده و سپس این میله‌ها را از میان کاربید تنگستن یا مهره‌های ریز الماس می‌کشند تا سیم و رشته‌های نازک تنگستن برای مصارف گوناگون تولید شود. براده‌هایی که در این روش بدست می‌آید برای تولید تجهیزات ارتباطات الکترونیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کاربرد اصلی محصولات تولیدی به روش فوق در رشته لامپها، محصولات الکتریکی و الکترونیکی است. تنگستن در دو نوع لامپ اصلی یعنی لامپهای تولیدکننده نور سفید و لامپهای تخلیه الکتریکی مورد استفاده قرار می گیرد. در لامپهای تولیدکننده نورسفید، تنگستن بیشتر به صورت یک رشته مورد استفاده قرار می گیرد زیرا توانایی تحمل درجه حرارت را تا نزدیک به نقطه ذوب خود، بدون اینکه به سرعت تبخیر شود، در لامپهای تخلیه الکتریکی، الکترودهای تنگستن در داخل تیوبهای فلورسانس و در لامپهای هالید فلزی استفاده می شوند. قطعات الکتریکی و الکترونیکی، کاربرد اصلی دیگری برای محصولات فوق هستند، اگرچه بازار آن شبیه لامپهای الکتریکی است. تنگستن همچنین درمقابل روغن و بخار بنزین مقاوم است بنابراین در دلکوهای اتومبیل و نیز تنظیم کننده‌های ولتاژ استفاده می‌گردد .

دیگر استفاده‌های فلز تنگستن شامل فنرهای سوپاپ، محلول گالوانومتر، سرمای مقاوم در مقابل اشعه Xو در کوره‌های حرارت بالا است .

بازار اصلی تنگستن به صورت رشته‌ها و یا الکترودها، در ساخت لامپهای الکتریکی است.

مصرف جهانی تنگستن جهت تولید محصولات تنگستن رشته ای حدود ۱۰ درصد از کل مصرف تنگستن است و میزان آن درحال حاضر حدود ۴۰۰۰ تن درسال می‌باشد. آمریکا بزرگترین مصرف‌کننده این محصولات است و حدود ۳۴ درصد کل تقاضای جهانی را درسال ۱۹۹۸ به خود اختصاص داده که درشکل ۱ – ۴ نشان داده شده است. این میزان تقریباً یک و نیم برابر تقاضای بازار اروپای غربی می باشد که ۲۳ درصد از کل تقاضای دنیا را به خود اختصاص داده است. ژاپن و چین مصرف مشابه و به ترتیب حدود ۱۲ و ۱۳ درصد تقاضای جهانی را دارند. بقیه کشورهای جهان نیز ۹ درصد تقاضای جهانی را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۱ – ۴ مصرف تنگستن درمحصولات رشته‌ای تنگستن درسال ۱۹۹۸

۴- اشعه ایکس و پرتوافکنی، تکنولوژی پزشکی:

این فلز در تارگت‌ها توسط اشعه Xشناسایی شده و به عنوان عناصر گرمایی برای کوره‌های الکتریکی استفاده می‌شوند. آندها(W) ، آندهای چرخشی(W-Re) ، ظروف نگهداری مواد رادیو اکتیو (W- Fe- Ni)، اجزاء محافظ در مقابل تشعشع بعنوان مثال در اسکندهای توموگرافی کامپیوتری (W- Fe- Ni- Cu)تنگستات کلسیم/ منیزیم به طور گسترده در تابش‌های فلورسنت استفاده می‌شود.

کاربرد غیرفلزی تنگستن در حدود ۱٪ محصولات تنگستن است و شامل رنگ های منسوجات، رنگ سازی، لعاب، ابزار موسیقی و شیشه رنگی می باشد. تنگستن به لحاظ درخشندگی در رنگهای شب‌نما، لامپ‌های تصویر تلویزیون و چراغ‌های فلوئورسانس نیز کاربرد دارد.

بدین صورت کاربرد تنگستن برای پوشش مقاوم، کارهای فلزی، فضانوردی، صنایع دفاعی، غلطک آسیا، استیل‌های مخصوص مانند تیپ M-2 و M-6 چراغ و میله‌های با پوشش سخت، ترکیبات شیمیایی، سرامیک، صنعت حفاری، نفت و ... است.

۵- لعاب سرامیک

اکسیدهای تنگستن در لعاب سرامیک استفاده می‌شوند.

۶- صنایع دما بالا (ساختمان کوره، انرژی هسته ای، نیروگاه های گرمایی :

اجزاء ساختمانی(W)،دیوارهای راکتورهای هسته ای(W- Re- Hf, W-Re- ThO2, W)،اجزاء ساختمانی در فضای پلاسما در تولید الکتریسیته مگنتوهیدرو دینامیک(W-Cu,W)،المنت های ترموکوپل(Wigraphite,WIMO,WIWRe)،المنت های گرمایشی(W) ، فلز زایی خلا و پلاسما،جوشکاری، خوردگی، جرقه ای، نازل های لوله(W-ThO2)، الکترودها-(W-Fe

(W-ThO2 ,W-LaO2, W-ceO2, الکترودهای جوشکاری ،Ni(MO),WAg, W-ThO2)
W- ZrO2, W- Y2O3).

۷-ماشین آلات و ساختمانهای موتوری :

وزنه های تعادل پروانه، وزنه های تعادل، وزنه های چرخ هواپیما و سایر وزنه ها بعنوان مثال در اتومبیل های مسابقات فرمول یک.(W-Fe-Ni(Cu))

۸-صنایع شیمیایی :

نمکهای حاوی تنگستن در صنایع شیمی و دباغی استفاده می‌شود.

الکترودها، نازلها، بوته های آزمایش.(W-MO)

چندین کاربرد شیمیایی برای تنگستن وجود دارد اما استفاده های آن درحد صنعتی دارای مصرف سالانه کمی است. به عنوان مثال در آمریکا مصرف تنگستن در مصارف شیمیایی درحدود ۱۰۰ تن درسال می‌باشد درحالی که میزان مصرف ژاپن در این بخش کمتر از ۱۰ تن درسال است.

عمده‌ترین ترکیبات به کار رفته شامل موارد زیر است:

تری اکسید تنگستن، آمونیوم متا تنگستن(AMT) ، آمونیوم پارا تنگستن، اسید تنگستیک، هگزا فلورید تنگستن، تنگستات سدیم و تنگستات کلسیم.

الف ـ تری اکسید تنگستن

مهمترین کاربرد صنعتی تری اکسید تنگستن بعنوان حد واسط در تولید فلز تنگستن و پودر کاربید آن است. واکنش شیمیایی از قبیل اکسیداسیون، آبگیری، آبزایی، و پولیمریزاسیون با حضور این ماده شیمیایی سریعتر انجام می‌پذیرد، گرچه به عنوان کاتالیزور استفاده نمی‌شود.

ب ـ آمونیوم پاراتنگستن(APT)

این ماده حد واسط مهمی از تنگستن است و برای تولید فلز و پودر کاربید، تری اکسید تنگستن و فسفرها نقش کاتالیزور داشته و برای جذب ژل و مواد کلوئیدی در محلول ها به کار می رود. همچنین می توان آن را برای پوشش قالب‌های آهنی و لوله‌های فولادی و به منظور جلوگیری از خوردگی اسیدی استفاده کرد.

ج ـ آمونیوم متاتنگستن(AMT)

این ماده به طور عمده به عنوان یک منبع برای ساخت تنگستن های شیمیایی، آلیاژها و کاتالیزورها به مصرف می‌رسد. در آب بسیار محلول بوده و به عنوان عاملی برای جلوگیری از سایش مورد استفاده است. میزان تری اکسید تنگستن در این ماده ۸۳/۵ درصد است.

د ـ اسید تنگستیک

این ماده به صورت پودر بلورین زردرنگ تولید می شود و در رنگ دانه، کاتالیزورها و فسفرها مورد استفاده است و به عنوان منبعی از فلز و پودر کاربید به نفت اضافه می‌شود.

ه ـ هگزا کلرو تنگستن

این ماده برای نگهداری حالت فلزی تنگستن بر روی لعابها، گرافیت، و لوله‌های مخصوص و غیره به مصرف می‌رسد. این امر با واکنش هیدروژن هگزا کلرور و درجه حرارت ۹۰۰ الی ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد انجام می پذیرد. روش بستر سیال برای پوشش قطعات کوچک سرامیکی به کار می رود. از فلز تنگستن پوشش داده شده به علت قدرت تحمل درجه حرارت زیاد و مقاومت در مقابل پوسیدگی و ساییدگی و نیز قابلیت هدایت الکتریکی استفاده می‌شود. هگزا کربن تنگستن $W(CO)6$ و هگزا

فلورید تنگستن برای پوشش تنگستن به کار می‌روند، گرچه هگزا کلرور تنگستن را برای این امر ترجیح می‌دهند.

و ـ تنگستات سدیم(Na_2WO_4)

این ماده نیز کاربرد گسترده‌ای به عنوان تنگستن شیمیایی دارد و به دو صورت دانه‌های تصفیه شده و به حالت مایع که هر دو شکل یک نوع کاربرد دارند، تولید می شود. این ماده در تولید فسفا تنگستن و اسیدهای فسفا تنگستن مولیبدیک که در ساخت اسیدهای آلی نامتقارن و رنگدانه‌ها کاربرد دارند، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این رنگها شفاف، سبک و غیرمحلول در آب و روغن هستند و در رنگهایی که با آب و روغن ساخته می‌شود قابل استفاده هستند. همچنین در ساخت جوهر مرکب، پلاستیک‌ها، لاستیک، انواع واکس، شیشه و کاغذ کاربرد دارند. به علت شفافیت درساخت ترکیبات فسفری لامپ تصویر تلویزیون به کار برده می‌شوند. دیگر موارد استفاده از این ماده تولید کاتالیزورها، پارچه‌های ضدآتش و نیز پوشش گرافیکی سطوح سخت است.

ز ـ تنگستات کلسیم($CaWO_4$)

این ماده وقتی تحت تأثیر تشعشع اشعه ماوراء بنفش قرار می گیرد، خاصیت فلورسنت قوی از خود بروز می‌دهد. این ماده در ساخت لامپ تلویزیونهای رنگی، لامپ‌های فلورسنت، لامپ‌های با ولتاژ بالا در دستگاه‌های نشان‌دهنده نوسانات که در عکسبرداری مورد استفاده‌اند، به مصرف می‌رسد. تنگستات منیزیم نیز برای ساخت فسفر در لامپ‌های فلوئورسنت و دستگاه‌های تلویزیون به مصرف می‌رسد.

ح ـ برنزهای تنگستن‌دار

این برنزها دامنه‌ای از انواع فلزات همراه با تنگستن از قبیل فلزات قلیایی می‌باشند که به عنوان جایگزین برنزهای تزئینی مورد استفاده‌اند. برنزهای ساخته شده از سدیم و تنگستن، رنگ‌های زرد

طلایی تا آبی متمایل به سیاه از خود نشان می دهند. این ماده به عنوان عامل تسریع کننده کاتالیزوری و اکسیداسیون منواکسیدکربن در سلولهای سوخت به مصرف می‌رسد.

۹- هواپیمایی :

وزنه های تعادل دماغه هواپیما(W-Fe-Ni) ، تیغه های توربین (W- Re-ThO2) و فیبرهای (Hfc – Wre).

۱۰- فضا پیمایی :

نازلهای راکت(W,W-Ag)،راکتورهای هسته ای فضایی(W-Re)،تبدیل کننده های ترمویونیک (گرمایشی- یونی)،(تنگستن منفذ دار(W- Re, W, CVD)،موتورهای اطمینان فعالیت مجدد یونی (تنگستن منفذر دار)، اجزاء ساختمانی(فیبر تنگستن – کمپوزیت های ماتریکس نیوبیوم تقویت شده، فرا آلیاژها، (Ti,A).

۱۱- تجهیزات نظامی :

گلوله های نفوذ کننده به زره پوشها، جدار زره پوشها، نارنجکهای چند تکه، وزنه های تعادل در تانکها، پرتاب کننده ها برای راکتهای فضا به فضا،رادارهای گازی.(W- Fe-Ni, WCu,W- ThO2)

۱۲- تکنولوژی لیزر :

کاتدها (تنگستن منفذدار، آلومینات باریوم)، اجزاء لیزرهای گازی(W-Cu)

ترکیبات شناخته شده تنگستن- برم که دارای اهمیت صنعتی نیستند عبارتند از : WO2Br2 WOBr4, WBr3, WBr4,WBr5, WBr6 ,

ترکیبات شناخته شده تنگستن - ید که بدون اهمیت صنعتی هستند عبارتند از :,WOI4, WOzI, WOIz, WOzIz, WIz, WI3, WI .

۱۳- کاتالیست ها :

تنگستن چه به شکل فلزی و چه بصورت ترکیبات متنوع بعنوان کاتالیست و یا اجزاء کاتالیست هـا در تعداد زیادی از فرایندهای شیمیایی مورد استفاده دارد. این عنصر بصورت آلیاژ بـا Ni , CO یـاRh ، برخی اوقات بصورت سولفیدی و برخی اوقات به شکل حامل های اکسید آلومینیوم می تواند واکـنش CO باHZ ، واکنشهای تصفیه با آبHgdrotreating ، شکستن با آبHgdrocracking ، تشکیل مجدد و سولفور زدایی با آب را کاتالیز کند .

اکسیدهای ذیل بعنوان کاتالیست بکار برده می شوند:

- WO3به شکل کلوئیدی جهت احیای فتوکاتالیزی مواد آلی بکار برده می شود .
- W2OS8هیدروژن دار شدن، هیدروژن گیری، هیدروکسیلی شدن و اپوکسیدی شدن را کاتالیز می کند .
- ترکیبی از اکسیدهای WO3 با TiO2 و یا گاز AlP3 یا SiO2 کاربردهای متنوعی دارد.
- بعنوان مثال در کاتالیزورهای DENOX جهت گاز شدیدی نیروگاه های گرمـایی، هیـدروژن دار شدن، تراکم آلدول، واکنشهای باز شدن حلقه و سنتز DMSO یا دی متیل سولفوکسید .
- ترکیبات WOC14, WC16 نقش بسیار مهمی در شیمی آلی بعنوان ترکیبات کاتالیـست ایفـا می کنند .

بعنوان مثال به همراه ترکیبات آلی- فلزی مانند Sn (C4Hg)4, Sn(CH3)4, Sn(C6 Hs)4

- هیدروکسیدهای تری آلکالین یا تری آریل و یا ترکیبات سرب مشابه. کاربردهای تیپیک عبارتنـد از: پلمیریزاسیون دی ان، پلمیریزاسیون باز شدن حلقه، آلکیلاسیون و...
- کار بید تنگستن جهت تغییر شکل - n هپتان، بعنوان کاتالیزر احیـا کننـده جهـت اکـسیداسیون هیدروژن در پیل های سوختی و همچنین تولید هیدروژن از آب .
- W(CO)6دامنه گسترده ای از واکنشهای آلی را کاتالیز می کند بعنوان مثال متاتز آلکان ها .
- برنز سدیم تنگستن اکسیداسیون CO را کاتالیز می کند.

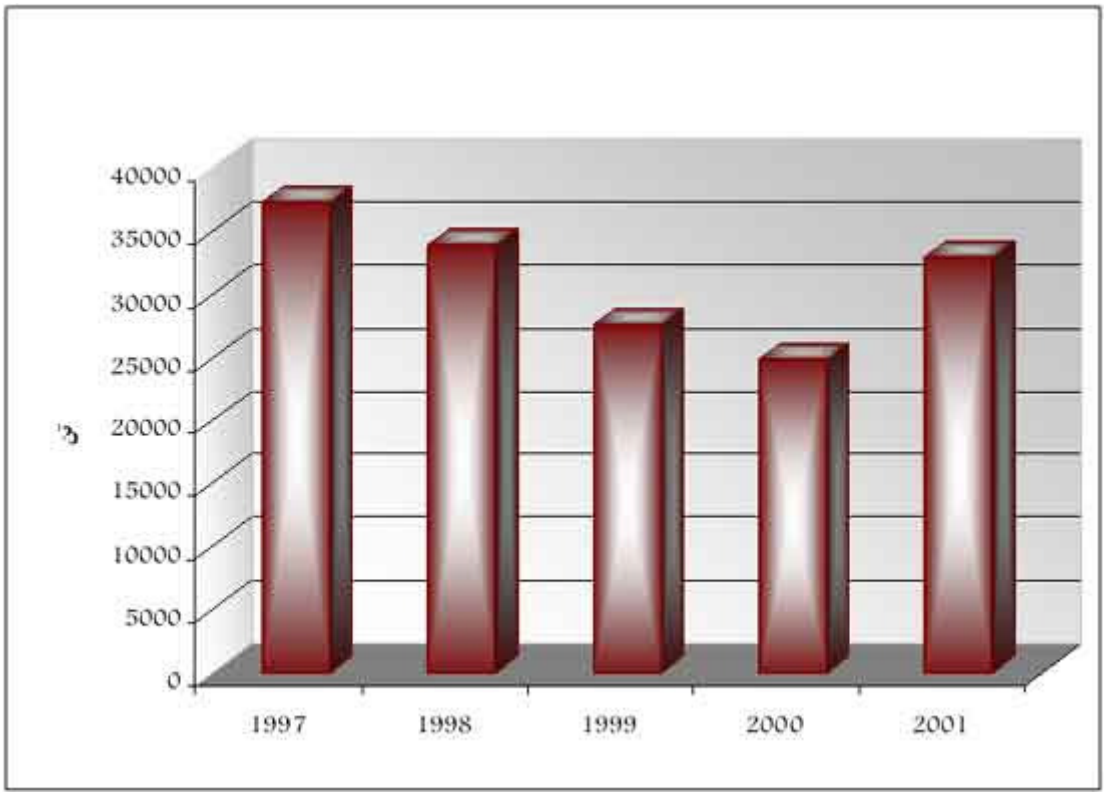
نمک سدیم اسید تنگستوفسفریک جهت کاتالیز ایزومریزاسیون، پلیمریزاسیون، سنتز نیتریل، هیدروکلریناسیون، هیدروژن زدایی، سنتزکتون ها و سنتز حلقه زایی.

مواد مرکب شیمیایی تنگستن در کاتالیز، رنگدانه‌های غیرآلی و دی سولفید تنگستن روان کننده‌های با دمای بالا که در دمای C°500 پایدار است. این انبساط حرارتی عنصر شبیه یک شیشه باروسیلیکات است و برای پوشش‌های شیشه به فلز ساخته می‌شود.

۱۴- رنگ سازی

برنز تنگستن بخاطر رنگ اکسیدهای تنگستن با مواد مرکب دیگر در رنگ استفاده می‌شود.

به طور کلی مصرف تنگستن در سال های ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۱ در شکل ۱-۵ آورده شده است.



شکل ۱- ۵ میزان مصرف ظاهری تنگستن در جهان در طی دوره (۱۹۹۷ – ۲۰۰۱)

۱–۸ اثرات زیست محیطی تنگستن در جهان

در کنار مسمومیت زایی تنگستن فلزی، ترکیبات تنگستن و آلیاژهای آن، اخیرا چندین اثر بسیار سود بخش این عنصر بر سلامتی انسان شرح داده شده است. محلول تنگستات سدیم بصورت نوشیدنی، کرم پوستی، شوینده چشم و گلو و یا تزریق زیر پوستی بر روی ۱۰۰ نفر در ژاپن آزمایش شد . (۲)

نتیجه این آزمایشات برای درمان طیف گسترده ای از بیماریهای موفقیت آمیز بود. این بیماریها عبارت بودند از: آب مروارید، زخم معده، زخم اثنی عشر، سرطان، دیابت، تبخال، میگرن، نقرس، بی نظمی ضربان قلب و بسیاری بیماریهای دیگر. در درمان مسمومیت های ناشی از جیوه یا سلنیوم، درمان سوختگی، آفتاب سوختگی نیز تانگستات کار برد دارد. تنگستات همچنین می تواند تاثیرات ناخوشایند مصرف زیاد الکل را کم کند، همانطور که برای مولیبدات نیز گزارش شده است. علاوه بر این عنصر می تواند فرایند طبیعی مسن شدن را به تاخیر بیاندازد. امید می رود بررسی های بیشتری روی اثرات مفید تنگستن به عمل آید .

- ✓ **مسمومیت و بهداشت حرفه ای:**

تنگستن و ترکیبات آن در مقایسه با سایر فلزات سنگین مسمومیت زایی نسبی کمتری دارد. اگر چه برخی از ترکیبات تنگستن مسمومیت زیادی را موجب می شوند. مسمومیت ناشی از تنگستن و ترکیبات آن به نسبت نادر است، این مسمومیت ها تقریبا بطور انحصاری در مواردی که شغل فرد ایجاب می کند در معرض ترکیبات تنگستن قرار گیرد رخ می دهند.

- ✓ **انتقال مسمومیت**

تقریبا نصف ترکیبات تنگستن بلعیده شده و یک سوم ایروسول تری اکسید تنگستن استنشاق شده در مدل های حیوانی جذب می شود. بیشتر تنگستن جذب شده به سرعت توسط ادرار دفع می شود. ما

بقی بین گلبولهای قرمز خون، طحال، کلیه و استخوان توزیع می شود. پس از گذشت حدود ۳ ماه از بلعیدن و ۶ ماه از استنشاق، بیشتر میزان تنگستن به استخوان منتقل می شود. بیمه عمر بیولوژیک تنگستن در استخوان ۱۱۰۰ روز محاسبه شده است. بنظر می رسد تنگستن روی هومرئوستاسیس Homreostasisمولیبدن تاثیر می گذارد .

اضافه کردن ۱۰۰ گرم در تن تنگستن و ۳۰ گرم در تن مولیبدن به رژیم غذایی موشهای صحرایی موجب کاهش فعالیت اکسیدازهای سولفیت و زانتین و در نتیجه افزایش قابل توجه حساسیت موشهای صحرایی نسبت به دیوکسید گوگرد می شود

- ✓ **مسمومیت حاد :**

مسمومیت حاد توسط هگزا فلورید تنگستن حاصل می شود WF6 .مایع یا گازی به شدت با آب واکنش داده و فلورید هیدروژن را که شدیدا سمی است تولید می کند. در نتیجه غشای مخاطی دستگاه تنفسی و چشم پس از تماس با WF6 شدیدا آسیب می بیند .

مسمومیت حاد موجب تحریک شدید دستگاه تنفسی بالایی، لارنژیت (فروسک) و برونشیت می گردد، پس از گذشت مدتی که علایم ضعیف تر بروز می کند توسعه سیانوز و ادمای شش ها امکانپذیر است. خوردن ۲۵ تا ۸۰ گرم پودر تنگستن بعنوان جایگزین سولفات باریم در آزمایشات رادیولوژی اثر نامطلوبی بر سلامتی فرد نمی گذارد .

- ✓ **مسمومیت مزمن :**

کاربید تنگستن جامد، WC، احتمالا منجر به بیماریهای تنفسی در انسان می گردد. اگر چه این اثرات به خود WC مربوط نمی شود و بیشتر به سبب میزان کبالت درون ترکیب روی می دهد. در کارگرانی که با WC کار می کنند توسعه فیبروز ریوی گزارش شده است. علایم بالینی این مسمومیت عبارتند از: سرفه، سوء هاضمه و کاهش وزن. در آزمایش عملکرد دستگاه گوارش، انتقال گاز غیر طبیعی گزارش شده است .

در یک مورد بیماری نموکنیاسیس منجر به مرگ، پس از کالبد شکافی در استخوان و ریه های زن ۳۳ ساله ای که برای جندین سال در معرض WC جامد قرار داشت میزان زیادی یون کبالت یافت شد. آزمایشات متعدد بر روی موشهای صحرایی نشان داد که کبالت علت اصلی توسعه بیماری های تنفسی است. در مطالعات گسترده ای که روی) rpm دور در دقیقه) موشهای صحرایی و خانگی صورت گرفت تنگستن بصورت تنگستات سدیم به آب آشامیدنی آنها اضافه گردید. رژیم غذایی جدید موجب افزایش rpm و کاهش طول زندگی در موشهای صحرایی شد در حالی که در موشهای خانگی هیچ تاثیری نگذاشت .

- ✓ **مسمومیت زایشی :**

در موشهای صحرایی، تنگستن موجب افزایش مرگ جنینی و کاهش سخت شدگی استخوانهای جنین می شود در حالی که هیچ اثر مضری بر ارگانیسم مادر نمی گذارد. تنگستن در جنین بدون محافظت جفت تجمع حاصل می کند .

- ✓ **مصونیت :**

در یک آزمایش حساسیت، هیچ آلرژی نسبت به Na2WO4 بر پوست ۸۵۳ کارگر فلزات سخت مشاهده نشد. اگر چه در ۲ درصد افراد دمل ها و جوشهای پوستی ظاهر شد

- ✓ **درمان:**

دیمرکاپرول(یا آنتی لویسیت) ممکن است در درمان مسمومیت حاد ناشی از تنگستن کاربرد داشته باشد. ترکیبات کورتیزون جهت کاهش توسعه فیبروسیس شش پیشنهاد شده است .

✓ **بهداشت حرفه ای :**

میزان MAK برای تنگستن و ترکیبات محلول تنگستن یک میلی گرم بر متر مکعب و برای کربید تنگستن و سایر ترکیبات غیر محلول تنگستن ۵ میلی گرم بر متر مکعب اندازه گیری شده است. در ایا لات متحده NIOSH محدودیت در معرض قرار گیری وضع کرده است که شامل ۱ میلی گرم در متر مکعب برای محصولات محلول تنگستن و ۵ میلی گرم بر متر مکعب جهت ترکیبات غیر محلول می شود .

در لیست قوانین بیماریهای وابسته به شغل آلمان (Berufskrankheitenverodnung) فیبروسیس ریه ناشی از تنگستن یا کاربید تنگستن نیز ذکر شده است .

بدلیل تجمع تنگستن در بافتهای بدن، افرادی که در معرض این عنصر قرار دارند باید بطور منظم آزمایشات پزشکی را انجام دهند. این آزمایشات شامل: اشعه X قفسه سینه و آزمایش عملکرد دستگاه تنفسی جهت تنگستن غیر صلب و آزمایشات دستگاه ها ضمه و سیستم اعصاب مرکزی جهت ترکیبات صلب این فلز می شود .

شناخت مسائل زیست محیطی هر ماده در ارتباط مستقیم با موارد استفاده و کاربرد آن است. با شناخت دقیق از کاربرد مواد و فرآیندهای شیمیایی مرتبط با تولید آن و بررسی مواد حاصل از فرآیند می‌توان به مسائل زیست محیطی ناشی از مصرف مواد پی برد.

آلودگیهای محیط زیستی تنگستن را می توان شامل آلودگی آب، آلودگی هوا و آلودگیهای ناشی از فرآیندهای بازیافت تنگستن در کارخانه ها دانست. اما درمجموع اطلاعات کامل از خطرات و میزان سمیت ترکیبات تنگستن وجود ندارد و تنها بررسی‌های صورت گرفته مربوط به کاربردهای اصلی این ماده و ترکیبات آن است و مطالعات انجام گرفته در این زمینه بصورت موردی است. البته باید این مطلب را عنوان نمود که مطالعات بر روی این فلز و ترکیبات آن از سال ۱۹۷۷ توسط سازمان بین‌المللی ایمنی و محیط زیست آغاز گردیده است.

تنگستن یک فلز خاکستری تا سفید قلعی رنگ است که به طور طبیعی در پوسته زمین یافت می‌شود. این فلز جزو فلزات کمیاب در طبیعت است و میزان آن در پوسته زمین به ppm5/1 می‌رسد. میـزان این فلز در لیتوسفر ۰/۱ تا ۲/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم است.

کاربرد عمده این فلز ساخت آلیاژهای سخت نظیر کربید تنگستن است کـه جهـت سـاخت متـه هـای مختلف جهت سوراخ کاری فلزات و یا سنگها استفاده می شـود. یکـی از مـواردی کـه موجـب انتـشار تنگستن و ترکیبات آن در محیط‌های مختلف می‌شود، درنتیجه همین کاربرد مهم آن است.

عمدهٔ بررسی های صورت گرفته بر روی تنگستن و ترکیبات آن شامل بررسی تـری‌اکـسید تنگـستن، سدیم تنگستن و کلرید تنگستن است که به طور کلی تحت عنوان نمکهای تنگستن از آنها نـام بـرده می‌شود و این نمکها جزو پر کاربردترین ترکیبات تنگستن است.

تنگستن به عنوان ماده‌ای سمی در لیست مواد خطرناک سازمانهای ایمنی و محیط زیستی جهان قرار گرفته است و کاربرد آن توسط سازمانهای بین‌المللی ایمنی و محیط زیـستی جهـان نظیـرOSHA ، NIOSH، ACGIHمحدود گردیده است و راهنماهایی برای اسـتفاده ترکیبـات مختلـف آن تهیـه شده و تمام شرکت‌ها، کارخانه‌ها و آزمایشگاهها موظف به رعایت آن هستند.

میزان سمی‌بودن این فلز در ترکیبات مختلف متفـاوت اسـت. از ایـن نظـر ارتبـاط موجـودات زنـده و گیاهان با ترکیبات این فلز موجب زیانهایی به آنها می‌گردد. همچنین میزان جذب این فلز و ترکیبـات آن درمقایسه با فلزات دیگر در اندامها و بافت‌های گیاهان بالا اسـت (حـدود ۷۵٪). البتـه ایـن میـزان جذب دقیقاً با خطرات احتمالی ناشی از سمی‌بودن ترکیبات این فلز رابطه مستقیم دارد.

این فلز برای بدن انسان ضروری نیست ولی با این وجود مقادیر کمی از آن در بـدن یافـت مـی شـود. محل تجمع این فلز در بدن در استخونها، طحال، ششها و خون است.

به طور آشکار تولید و کاربرد گسترده و متفاوت ترکیبات تنگستن‌دار زمینه‌ای مناسب را برای آلودگی محیط زیستی به وجود می‌آورد. از جمله این آلودگیها، آلودگی آب رودخانه‌هاسـت کـه ناشـی از ورود

پسابهای کارخانه‌ها است و درنتیجه بستری مناسب برای تجمع ترکیبات تنگستن‌دار در بدن موجودات آبی است که از این گونه محیط‌ها تغذیه می‌کنند.

تنگستن درکل عنصری غیرقابل حل است و میزان سمی بودن آن نیز کم است. اما ترکیبات قابل حل تنگستن نسبت به ترکیبات غیرقابل حل آن سمی تر هستند. عمده آلودگی آبها بالا توسط ترکیبات قابل حل تنگستن به وجود می‌آید.

آلودگی ناشی از ترکیبات تنگستن در هوا ناشی از آزاد شدن این فلز درمحیط معادن یا کارخانه های فرآوری دربخش سیستم های خردکننده مواد معدنی شامل سنگ شکن ها و آسیاهای معدنی است. همچنین از دیگر مواردی که موجب آلودگی آبها و هوا می‌شود وجود ترکیبات تنگستن‌دار در خاکستر و زباله‌های کارخانه‌هاست. اغلب ترکیبات تنگستن در اتمسفر به دلیل فشار بخار کم یک فاز ویژه به وجود می‌آورند و به این صورت پایدار می‌مانند. آلودگی آبها موجب آلودگی خاکها هم می‌شود و معمولاً تنگستن در محیط‌های خاکی و رسوبات بستر رودخانه تجمع حاصل می‌کند.

میزان تنگستن در خاکهای سطحی معمولاً از ۰/۶۸ تا ۲/۷ نانوگرم بر کیلوگرم متغیر است. میزان تنگستن در خاکهای کشاورزی معمولاً به ۰/۸۹ نانوگرم بر کیلوگرم می رسد. این مقدار در گیاهان از ۰/۰۰۱ تا ۱۰۰ نانو گرم بر کیلوگرم متغیر است.

یکی از ترکیبات خطرناک تنگستن، هگزا فلوراید تنگستن است که خورندگی بالایی دارد. البته این ماده خطرناک است و در لیست جهانی مواد خطرناک قرار دارد

- ✓ **استانداردهای جهانی درمورد میزان مجاز ترکیبات تنگستن‌دار در محیط کار**

استانداردهای جهانی درمورد میزان مجاز ترکیبات تنگستن‌دار در محیط کار متفاوت است. طبق استاندارد OSHA میزان قلع مجاز در محیط کار به ازای یک شیفت شامل ۸ ساعت کار، ۱ میلی‌گرم بر متر مکعب است. مقدار مجاز قلع در محیط کار طبق استاندارد ACGIH به ازای یک شیفت شامل ۱۰ ساعت کار، برابر ۱ میلی‌گرم برمتر مکعب است.

✓ خطرات ناشی از وجود ترکیبات تنگستن‌دار در محیط کار

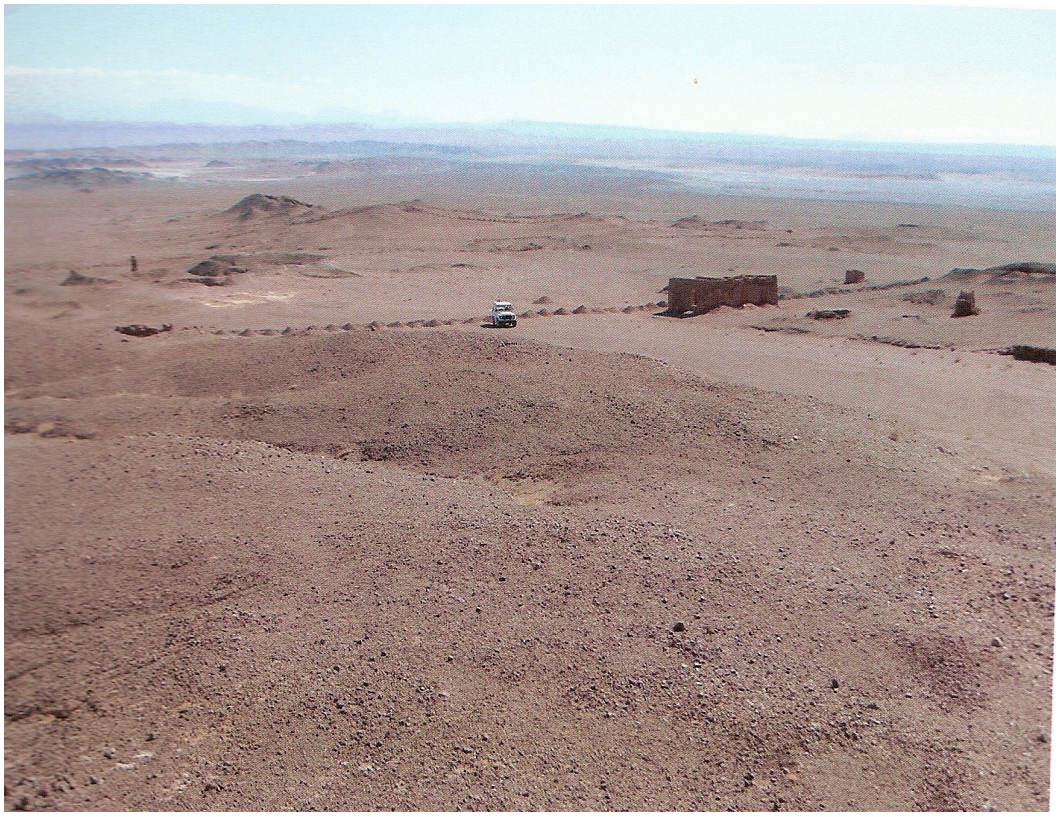
همانطور که اشاره شد ترکیبات قابل حل تنگستن و به ویژه نمکهای تنگستن سمی هستند. تجمعات سمی این فلز معمولاً در استخوانها، قلب و شش، خون و طهال یافت می‌شود. با توجه به شرایط محیط کار و تماس انسان با ترکیبات تنگستن‌دار، این ترکیبات بر روی سیستم تنفسی بدن تأثیر می‌گذارد. تأثیرات ناشی از تنفس ترکیبات تنگستن دار هوا موجب سوزش بینی، گلو و ریه می گردد و درنتیجه موجب سرفه‌کردن و اختلال در سیستم تنفسی می‌شود. ایجاد سردردها و حالت تهوع از دیگر مواردی است که سلامت انسان را به خطر می‌اندازد .

فصل دوم

معرفی کانسار پلی متال چاه پلنگ

۲ –۱ موقعیت منطقه چاه پلنگ

کانسار مس-طلا تنگستن چاه پلنگ جنوبی در شرق استان اصفهان و در ۶۸ کیلومتری جنوب شرق شهرستان انارک در موقعیت جغرافیایی ۵۹ ۵۶ ۳۲ عرض شمالی و۳۳ ۱۱ ۵۴ طول شرقی قرار دارد. این کانسار که در شمال شرقی کویر سیاه کوه واقع است ارتفاعی برابر ۹۹۸ متر از سطح دریا است. بلند ترین نقاط در همسایگی کانسار در کوه سیاه کوه و کوه معراجی است که به ترتیب ۲۰۵۰ و۱۷۸۵ متر از سطح دریا ارتفاع دارند .



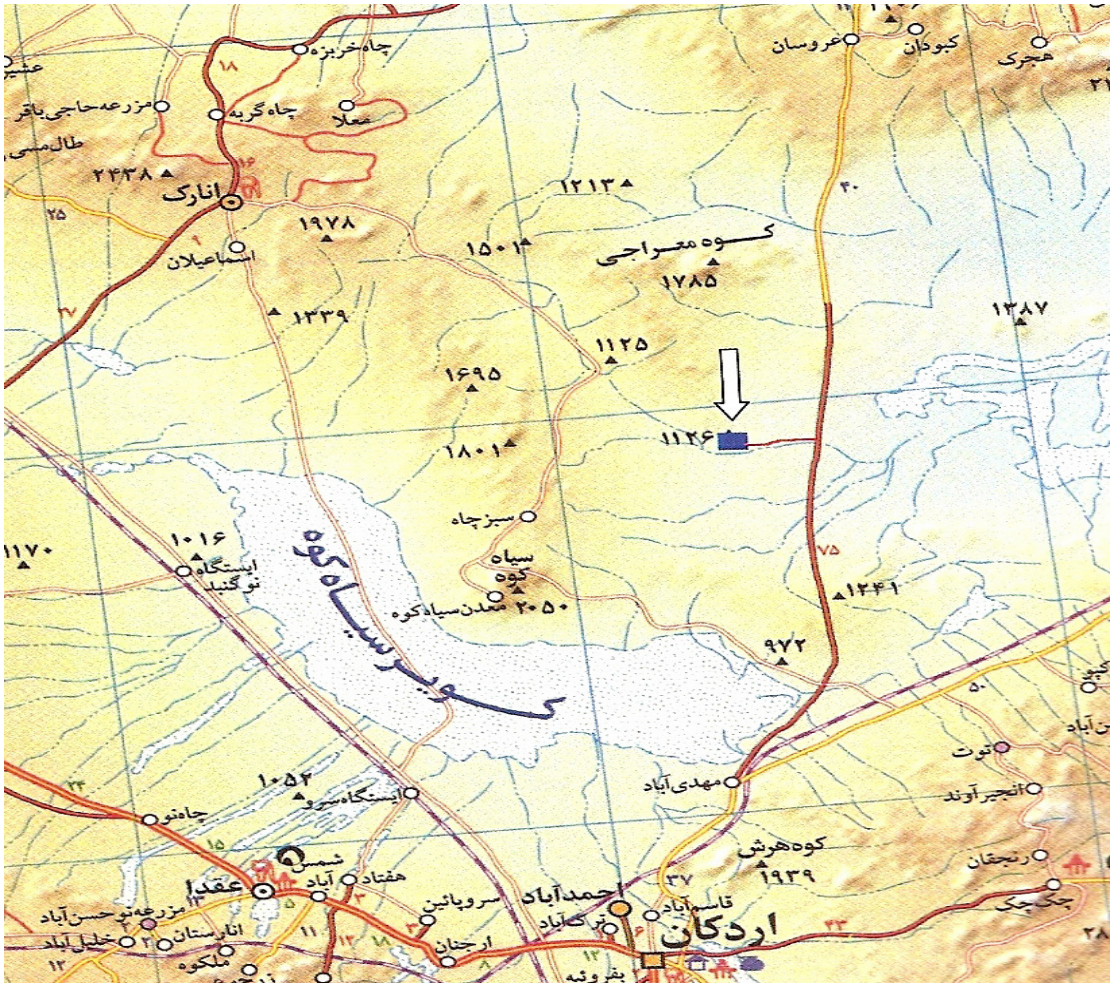
شکل ۲-۱ نمایی از محدوده کانسار چاه پلنگ را نشان می دهد

۲–۲ راه های دسترسی

دو راه دسترسی برای این کانسار موجود است. یکی از آنها جاده آسفالته اردکان به چوپانان می باشد که پس از طی ۱۰۰ کیلو متر از اردکان به سمت چوپانان جاده ای خاکی از سمت چپ جاده به سوی غرب به طول ۸ کیلومتر جدا می شود واز جنوب کانسار عبور می کند.

دیگری جاده خاکی معدن سیاه کوه است که از جنـوب شـهر انـارک خـارج شـده و پـس از طـی ۴۶ کیلومتر تا دوراهی معدن سیاه کوه از آن جاده ای به سمت چپ (جنوب شرقی) منشعب شده و تا کانسار به طول ۲۲ کیلو متر امتداد می یابد.

تقریبا هیچگونه آبادی در مجاورت با این معدن متروکه وجود ندارد و چندین روسـتا در اطـراف و در فاصله بسیار دور از این کانسار قرار دارند که عبارتند از عرو سان و کبـودان در شـمال و حـاجی آبـاد زرین و زرین در شرق و جنوب شرقی کانسار . (۱)



شکل ۲-۲ راههای دسترسی به منطقه چاه پلنگ

۲–۳ ژئومور فولوژی

اصولا طرح ریختار کلی زمین تابع عوامل متعددی است . این عوامل می توانند نیروهـای تکتـونیکی . جنس لایه ها .شرایط آب و هوایی و ... باشند . عمده ترین عوامل تشکیل مورفولوزی فعلی در محدوده چاه پلنگ .نیرو های تکتونیکی و جنس لایه ها می باشد.

از آنجا که چاه پلنگ در واقع یک ساختمان طاقدیس گون داشته از زمین های اطراف ارتفاع بیـشتری داشته و حتی نرخ فرسایش آن بیش از اطراف می باشد . در این محدوده دو دسته گسل با ساز و کار متفاوت دیده می شود.گسل های طولی و عرضی منطقه را تکه تکه کرده و باعـث جابجـایی قطعـات شده است . گسل های تراستی با شیب کم نیز موجب لغزیده شدن واحد ها بر روی هم گردیده است. از نظر لیتولوزی سنگ های منطقه بیشتر شامل شیل و ماسه سنگ کمی دگرگون شده است. معمولا ماسه سنگ ها به علت سختی زیاد ارتفاع گرفته و شیل ها در موقعیت پست قرار دارند. به علت فشار های تکتونیکی . ماسه سنگ ها بصورت بودینه های مجزا و تکه تکه در درون شـیل هـا قـرار گرفتـه اند.(۱)

۲– ۴ آب و هوای منطقه

آب وهوای منطقه از نوع گرم و خشک بیابانی است . بارندگی بسیار ناچیز می باشد و بـه تقریبـا ۱۰۰ میلی متر در زمستان محدود می شود. دمای هوا در در تابستان به بیش از ۴۵ درجه سانتیگراد بـالای صفر و در زمستان به ۷ درجه سانتیگراد زیر صفر می رسد. طوفان های شن بـه کـرات در منطقـه رخ می دهند و رودخانه دائمی در منطقه وجود ندارد . از لحاظ پوشش گیاهی منطقه بسیار فقیـر بـوده و جانوران منطقه محدود به آهو. هوبره گرگ شغال و روباه می باشند. (۱)

۲ –۵ سوابق منطقه

کانسار چاه پلنگ یک کانسار قدیمی است .آثار به جا مانده و پراکنده در اطراف کانسار بخصوص تل هایی از سرباره های معدنی قدیمی . نشان دهنده قدمت استخراج این کانسار می باشد . سرباره های معدنی ذوب شده کانسنگ در ۲,۵ کیلومتری جنوب غرب کا نسار در محلی با مختصات جغرافیایی ۱۰ ۵۶ ۳۲ عرض شمالی و ۰۶ ۱۰ ۵۴ طول شرقی به گستره ۹۰۰۰ متر مربع تلمبار شده است .آثار کوره های ذوب هنوز در این ناحیه باقی است که تعداد این کوره ها نشانگر چندین سیکل بار کردن کوره و یا تعداد بهره برداران خصوصی بوده است. همچنین در چند صد متری این سرباره ها سر باره هایی هر چند کوچکتر وجود دارد .

عملیات و حفاری هایی که به استخراج های قدیمی نسبت داده می شود گستردگی بسیار زیادی دارند . این قبیل کارها معمولا شامل ترانشه هایی با شیب تند با پهنای ۱,۵تا ۷ متر و در ازای بین ۳۰ تا ۷۰ متر است. عمق این قبیل حفاری ها بیش از ۷ متر بوده و گاهی تا ۱۵ متر نیز می رسد . در این عملیات بخش کانی سازی اکسیدی مورد بهره برداری قرار گرفته است .

اکتشا فات سیستماتیک در این معدن بر پایه گفته های محلی به سنه ۱۳۱۶ هجری شمسی (۱۹۳۷ میلادی) بر می گردد. این اکتشا فات توسط یک گروه آلمانی (آقایان بوکی و ماچک) به گونه حفر چندین چاه و ترانشه عمیق در حوزه شما لی کانسار به انجام رسیده است. مهم ترین این حفاری ها در حوزه شما لی شامل یک چاه و تونلی در امتداد رگه می باشد. عمق این چاه ۴۲ متر است که به تونل منتهی می گردد. روند تونل شمالی- جنوبی است و امکان دسترسی به آن وجود ندارد . در مجاو رت چاه نیز دودکش تهویه تونل هنوز بر جا ست.

در حوضه شمالی کانسار هر چند که عملیات استخراجی سنتی و شدادی گستره بسیار بزرگی را شامل می شود وراه های زیر زمینی چاه های استخراجی و عملیات روباز استخراجی حاکی از تلاش قدما در

امر استخراج از آن کانسار است با این حال چاه و تونل منتسب به اکیپ اکتشافی آلما نی مهمترین عملیات معدنکاری در این حوزه از کانسار می باشد.

بهره برداری از معادن پلی متال منطقه انارک تا سال ۱۳۲۰ (جنگ جهانی دوم) یعنی زمانی که آخرین فعالیت های معدنکاری توسط کارشناسان آلمانی انجام گرفت ادامه یافت .

محصول استخراجی از این معادن به صورت های مختلف فرآوری و فلز آن استحصال می شده است.

بخشی از کانسنگ های غنی به تهران ارسال و پاره ای دیگر به معادن اطراف همچون سبرز و باقرق که کوره ذوب و کوره های کک پزی در آنها مستقر بوده اند حمل و پس از خردایش در کوره های ذوب فلز آن استحصال می گردید و سپس محصول بدست آمده صادر می شد. آثار کوره های سنتی و جاده های ارتباطی بین معادن که معمولا سنگ فرش شده بودند هنوز در ناحیه باقی است.

اولین پروانه این معدن از طرف وزارت اقتصاد صادر شده که متعلق به سال ۱۳۳۵ و با اعتباری به مدت ۲۵ سال با حداقل استخراج ۳۰۰۰ تن در سال می باشد که به شرکت سهامی فلز انارک واگذار گردید .

فعالیت های معدنی شرکت سهامی فلز انارک به حوزه جنوبی کانسار چاه پلنگ محدود می شود . در حوزه با شیب ۴۲ درجه و طول ۲۸ متر حفر نموده N65E جنوبی شرکت سهامی فلز انارک گزنکی را در جهت است . در ۲۸ متری این گزنگ در سه جهت تونل احداث گردیده است. راسته غربی ۷ متر راسته جنوبی ۱۲ متر که خود به چند شاخه تبدیل می گردد و راسته شمالی آن ۱۲۶ متر طول دارد. در متراژ های ۱۱ ۲۰ ۲۶ ۲۸ و ۴۰ راسته شمالی دستک و کارگاه های استخراجی در این تونل تعبیه گردیده است . یک حلقه چاه به عمق ۲۰ متر در فاصله ۲۳ متری از ابتدا و یک گزنگ که با پله پایین می رود در فاصله ۴۱ متری حفر شده است و به بخش های پایین دسترسی پیدا کرده است. با توجه به عمق چاه و عمق احداث تونل از سطح چنین محاسبه شده که در این بخش از کانسار تا عمق ۳۶ متری استخراج کانسنگ انجام پذیرفته است. کارگاه استخراجی به ابعاد ۱۰*۱۰ متر را می توان

در ابتدا دستک ۱۶ متری که در ۱۱ متری از ابتدای گزنگ قرار گرفته و نشان دهنده استخراج انبوه از این کانسار است مشاهده کرد. در عمق وسمت جنوب گزنگ نیز کارگاه های زیر زمینی به طـول ۲۷ متر که شامل تونل های استخراجی دنبال رگه چاه وتونل های متعدد استخراجی می باشـند احـداث گردیده اند . همچنین توسط این شرکت چاهی به عمق ۱۶ متر در حوزه جنوبی کانسار حفر گردیده است که در سر چاه کپه های سنگ معدن به صورت سنگجوری شده دیده می شود . با توجه به یافته ها سه نوع کانسنگ مس اکسیدی مس سو لفیدی و ولفرامیت تو سط شرکت سهامی فلـز انـارک از این ناحیه استخراج شده است. استخراج از این معدن تا سال ۱۹۶۰ ادامه یافت.

در سال ۱۳۵۴ در قالب پروژهای اکتشافی سازمان زمین شناسی کشور پژوهش های زمین شناسی و معدنی زئوشیمیایی و زئو فیزیکی طی قرار دادی توسط شرکت تکنواسپرت از کشور شوروی بـر روی این کانسار در راستای مطالعات معدنی در ایران مرکزی صورت گرفت که گـزارش آن در سـال ۱۹۸۱ منتشر شد. در این عملیات مطالعـات گـسترده ای شـامل تهیـه نقـشه هـای زمـین شناسـی معـدنی ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰ زئو شیمیایی اور میکروسکوپی زئوفیزیک و حفاری (گمانه) به عمق ۱۸۰ متر با زاویه ۷۶ درجه صورت پذیرفته است که در نهایت این منطقه معدنی یک منطقه امیدوار کننده از نظر پتانسیل کانی سازی تشخیص داده شده است.

در سال ۱۳۷۶ نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰ کانسار تنگستن چاه پلنگ جنوبی توسط سـازمان زمـین شناسی تهیه گردید . در این نقشه وسعت محدوده کار یک کیلومتر مربع می باشد.

شرکت ملی صنایع مس ایران در سال ۱۳۷۸ بررسی بازشناسی و امکان راه اندازی مجدد ۱۰ اندیس و معدن متروکه را طی قرار دادی در اختیار شرکت توسـعه معـادن نـائین قـرار داد. بازشناسـی معـادن متروکه و اندیس های معدنی به تعداد ۵ معدن و ۵ کانسار بوده اسـت کـه عملیـات صـحرایی نمونـه برداری کارهای آزمایشگاهی و دفتری را شامل شده است. اجرای عملیات صحرایی و بازدید از معـادن متروکه در ۱۰ محدوده معدنی شامل معادن متروکه با قرق چـاه پلنـگ تلحـه سـبرز وگـود مـراد و

اندیس های قبله کان مس تالرجی جامنی و کپه حلوایی بوده است. هر کدام از این محدوده ها مـورد ارزیابی و بازشناسی اکتشافی قرار گرفته و در اجرای این عملیات نمونه گیـری از زون هـای معـدنی نواحی دگرسانی سنگ های درونگیر ماده معدنی از سطح و تونل های متروکه و چـاه هـای قـدیمی و ترانشه های استخراجی شدادی برداشت های زمین شناسی تونل و کروکـی کنـده کـاری تـا جاییکـه امکان پذیر بوده به انجام رسید. با توجه به کلیه اطلاعات حاصل از عملیات صحرایی ونتایج بر گرفته از مطالعاتی که در گزارشی ارائه گردیده ۴ اندیس و کانسار تلحه چاه پلنگ با قـرق و کـان مـس جهـت مطالعات اکتشافی و استخراجی بعدی پیشنهاد شده است . کانسار چاه پلنگ در این گزارش علیر غـم فقدان اطلاعات از کانی سازی در اعماق و ارزش اقتصا دی آنها یک کانسار امید بخش تصور می گردد که همراه اندیس های معدنی متعدد در مجاورت خود یک حوزه معدنی بزرگ را نشان می دهد. بـرای ادامه مطالعات در این کانسار گمانه زنی بـر اسـاس عملیـات زئـو فیزیکـی و زئوشـیمیایی مفـصل تـر پیشنهاد شده است.

شرکت ملی صنایع مس ایران در سال ۱۳۷۸ بررسی بازشناسی و امکان راه اندازی مجدد ۱۰ اندیس و معدن متروکه را طی قرار دادی در اختیار شرکت توسعه معـادن نـائین قـرا دارد . بازشناسـی معـادن متروکه واندیس های معدنی به تعداد ۵ معدن و ۵کانسار بوده است که عملیات صحرایی نمونه برداری کارهای آزمایشگاهی و دفتری را شامل شده است. اجرای عملیات صحرایی و بازدید از معادن متروکـه در ۱۰ محدوده معدنی شامل معادن متروکه باقرق چاه پلنگ تلحه سبرز و گود مراد واندیس های قبله کان مس تالرجی جامنی وکپه حلوایی بـوده اسـت . هـر کـدام از ایـن محـدوده هـا مـورد ارزیـابی و بازشناسی اکتشافی قرار گرفته و در اجرای این عملیات نمونه گیری از زون معدنی نواحی دگرسانی سنگ های درونگیر ماده معدنی از سطح و تونل هـای متروکـه و چـاه هـای قـدیمی و ترانـشه هـای استخراجی شدادی برداشت های زمین شناسی تونل و کروکی کنده کاری تا جاییکه امکان پذیر بوده به انجام رسید. با توجه به کلیه اطلاعات حاصل از عملیات صحرایی ونتایج بر گرفته از مطالعاتی که در

گزارشی ارائه گردیده ۴ اندیس و کانسار تلحه چاه پلنگ با قرق و کان مس جهت مطالعات اکتشافی و استخراجی بعدی پیشنهاد است. کا نسار چاه پلنگ در این گزارش علیرغم فقدان اطلاعات از کانی سازی در اعماق و ارزش اقتصادی آنها یک کانسار امید بخش تصور می گردد که همراه اندیس های معدنی متعدد در مجاورت خود یک حوزه معدنی بزرگ را نشان می دهد . برای ادامه مطالعات در این کا نسار گمانه زنی بر اساس عملیات زئو فیزیکی و زئو شیمیایی مفصل تر پیشنهاد شده است. (۱)

۲ – ۶ زمین شناسی منطقه چاه پلنگ

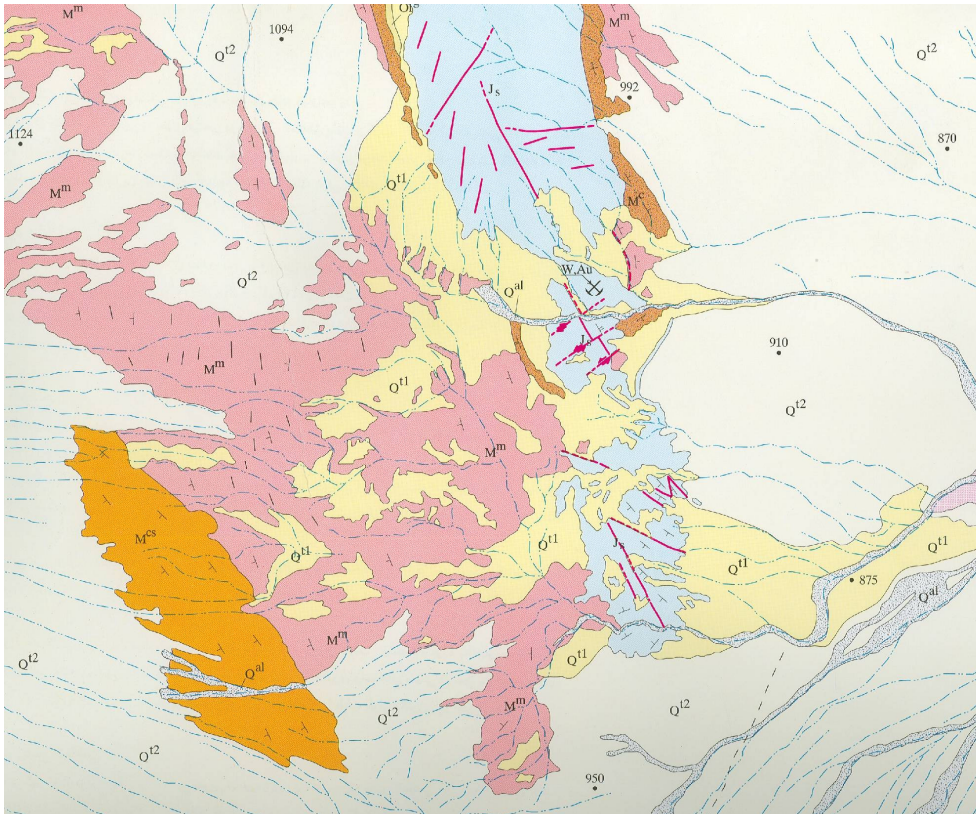
کانسار چاه پلنگ از دیدگاه زون های ساختاری در ایران مرکزی قرار دارد . -خرد قاره ایران مرکزی بخشی از ایران میانی است که با زمین درزه های افیولیتی سیستان نائین بافت گسل درونه و افیولیت های کا شمر – سبزوار احاطه شده است وتوسط گسل های طویلی که به سمت باختر خمیدگی دارند و از نوع امتداد لغز راستگردند قابل تقسیم به بلوک لوت فرازمین شتری فرو نشست طبس فرازمین کلمرد بلوک پشت بادام فروافتادگی بیاضه – برد سیر و بلوک یزد است .

در گذشته خرد قاره ایران مرکزی را بخشی از توده میانی ایران مرکزی می دانستند ولی به باور اشتوکلین پس از سخت شدن پی سنگ پر کامبرین بخش یاد شده در زمان پالئوزوئیک ویزگی های سکویی داشته و در زمان مزوزوئیک و سنوزوئیک به منطقه پر تحرک و پویا تبدیل شده است . با وجود این باید گفت که الگوی ساختاری حاکم بر این خرد قاره از نوع بلوک های جدا شده با گسل های عمده است که هریک ویزگی جداگانه دارند و پویایی خرد قاره در همه جا یکسان نیست . همانطور که در شکل ملاحظه می گردد منطقه مورد مطالعه در بلوک یزد واقع شده است .

بلوک یزد بخش باختری خرد قاره ایران مرکزی است که از شمال به گسل دورونه واز باختر به نوار افیولیتی نائین- بافت محدود است. دو نکته ویزه در بلوک یزد وجود دارد یکی دگرگونی های انارک دوم ردیف های تریاس نخلک در ناحیه انارک که گاهی به نام ماسیف انارک – خور از آن یاد می شود

مجموعه از رسوبات پلیتی – پسامیتی به همراه سنگ های کربناتی و آتشفشانی متعلق به شیب قاره وجود دارند که به صورت ناحیه ای و در رخساره های شیست سبز و شیست آبی دگرگون شده اند وبه صو رت ورق های بر خورده با افیولیت ها سنگ آهک های پلازیک و رسوب های آشفته همراه ند.

محیط زمین شناسی منطقه مورد مطالعه توسط تاثیر چین خوردگی کیمرین میا نی همراه با بستر پروتروزوئیک بالایی تا پا لئوزوئیک و روی هم قرار گرفتن کمپلکس فلیشی زئو سینکلینا لی مزوزوئیک و رسوبات تریجنوس کربناته کرتاسه سنوزوئیک تعیین می شود . منطقه مورد مطالعه توسط سنگ های کمپلکس زئو سینکلینال پوشیده شده است و رسوبات کواترنری و سنگ های آذرین کمیاب هستند. (۱) در شکل ۲- ۳ نقشه زمین شناسی منطقه چاه پلنگ نشان داده شده است.



شکل ۲ -۳ نقشه زمین شناسی منطقه چاه پلنگ

۲ – ۶ – ۱ تکتونیک

در یک زمین شناسی ناحیه ای ، این منطقه متعلق به زون چاه پلنگ از چین خوردگی کیمیرین پسین می باشد (پرفلیف، آیستفو دیگران ، ۱۹۷۹). به طور طبیعی تاریخ زمین شناسی منطقه محدود به دوران مزو _ سنو زوئیک نمی شود ولی ناحیه کوچک مورد بررسی و یک وقفه چینه شناسی محدود اجازه باز سازی کم و بیش کامل آن را نمی دهد.(۱)

۲ – ۶ –۱ –۱ – مراحل ساختمانی چین ها

حداقل سه مرحله ساختمانی را می توان در این ناحیه تشخیص داد : زوراسیک پایینی ، میانی ، الیگوسن، میوسن و پلیوسن. این مراحل از لحاظ زمانی نزدیک به هم نیستن و در نتیجه نقشی که در ساختمان ناحیه و منطقه بندی کانی سازی دارند یکسان نیست. مهمترین آنها مرحله ساختمانی پایینی ، زوراسیک پایینی میانی، با سنگ هایی (سازند شمشک) با ضخامت زیاد ، چرخه های فلیشی و چین خوردگی پیچیده می باشد. این سنگ ها در منطقه وسیع ترین بخش را تشکیل داده اند و ساختمان ناحیه را تعیین می کنند.

در اصل، تمام منطقه توسط یک طاقدیس بزرگ اشغال شده است. این طاقدیس از دیدگاه کلی یک چین نرمال نسبتا متقارن است که محور آن در جهت شمال غربی می باشد. هسته ویال ها از سنگ های متعلق به مرحله ساختمانی پایینی تشکیل شده اند . یال ها به طرف جنوب غربی و شمال شرقی شیب ۵۰ تا ۷۰ درجه دارند. یال شمال شرقی احتما لا در جنوب شرقی منطقه برگشته است. چین های منظم بی شمار هستند و گسل های عرضی و طولی با شیب تند در یال ها و بویزه در هسته

ساختمان فراوان هستند . تمرکزهای (پهنه های) قابل توجه از رگه های کوارتز و مظاهر عمده کانی سازی مس - تنگستن در هسته قرار دارند.

مرحله ساختمانی میانی ، الیگوسن – میوسن ، از سنگ های سازند قرمز زیرین و قم دارای امتداد نزدیک به شمالی _ جنوبی و یک شیب ۳۵ تا ۷۰ درجه به سمت شرق تشکیل شده است. در منطقه مورد مطالعه ، چین ها صفت مشخصه این مرحله ساختمانی نیستند .

سنگ های آن به صورت غیر عادی بر روی یال شمال شرقی طاقدیس اصلی قرار گرفته است و سنگ های مرحله ساختمانی پایینی را می پوشاند. (۱)

مرحله ساختمانی بالایی از کنگلومرا و ماسه سنگ های پلیوسن تشکیل شده است. این سنگ ها طاقدیس اصلی را محاصره کرده و به صورت نیمه افقی بر روی یال های آن قرار گرفته است و باشیب ۳۰ درجه از هسته دور می شود (تکنو اکسپورت ۱۹۸۲).

۲ – ۶– ۱– ۲– گسل ها

در طول گسل ها که در بعضی جاها شبکه های متراکم تری می سازد بویزه در جاهایی که گسل هایی با امتداد های متفاوت یکدیگر را قطع می کنند ، دو سیستم را می توان تشخیص داد: (الف) گسل هایی با امتداد شمال غربی و (ب) گسل هایی با امتداد نیمه عرضی و شمال شرقی .

گسل های سیستم اول با روراندگی های پر شیب (۷۰ تا ۸۰ درجه) و گسل های استریک اسلیپ همراه با سطوح گسل با شیب عمودی جنوب غربی یا شمال شرقی نشان داده می شود . این گسل ها را می توان تا چند یا ده ها کیلو متر در سنگ های مرحله ساختمانی پایینی دنبال کرد. پهنای زون های گسل از چند سانتیمتر تا ۱۰-۱۵ متر می رسد. با این گسل ها، در جاییکه سنگ ها شدیدا مچاله ، خرد و سیلیسی شده اند، گسل های فرعی کوچکتر همراه با امتداد شمال شرقی و زون های پهناوری که به ۱۰۰ متر پهنا می رسد وجود دارد. کانی سازی اغلب در این زون ها پیدا می شود. (۱)

گسل های سیستم دوم دارای یک امتداد نیمه عرضی و شمال شرقی ، پیچیدگی چین ها را بـه طـور وسیع گسترش داده و گسل های شمال غربی را جا بجا کرده است. خیلی از آنهـا در سرتاسـر منطقـه گسترش دارند و قابل رد یابی در سنگ های مراحل ساختمانی پایینی و میـانی هـستند بـدون اینکـه تاثیری بر سنگ های پلیوسن بگذارند. این ها گسل هایی با فراوانی ناچیز هستند که بـه صـورت زون هایی از سنگ های شکسته شده تا ۲۵ متر ضخامت (گهگاه تا ۸ متر ضخامت) نمایانگر می شوند. گسل هایی کمیاب با امتداد نزدیک به شمالی – جنوبی نیز وجود دارد (در شمال و جنـوب) (تکنـو اکپورت ۱۹۸۲).

۲ –۷ خلاصه عملیات اکتشافی انجام شده در سازمان زمین شناسی و نتایج حاصل از آن

عملیات اکتشافی انجام شده شامل انجام مطالعات چکشی ، حفر ترانشه و نمونه برداری و مطالعات زئو فیزیکی می باشد. نتایج مطالعات نشان داده شده است که کانی زایی در منطقه به صورت رگه ورگچه در درون زون شکستگی ماسه سنگ ها می باشد.

نمونه گیری از ترانشه ها وتونل های قدیمی ، دپو های معدنی بیان گر این است که احتمالا کانی زایی غنی طلا، مس وتنگستن در اعماق زمین هم در بخش شمالی و هم در بخـش جنـوبی کانـسار وجـود دارد که البته اظهار نظر قطعی در این خصوص نیازمند مطالعات اکتشافی بیشتری می باشد. (۱) بررسی های زئو فیزیکی نیز در این مرحله وجود دو آنومالی مهم را مشخص می کند .

فصل سوم

آزمایش های فرآوری

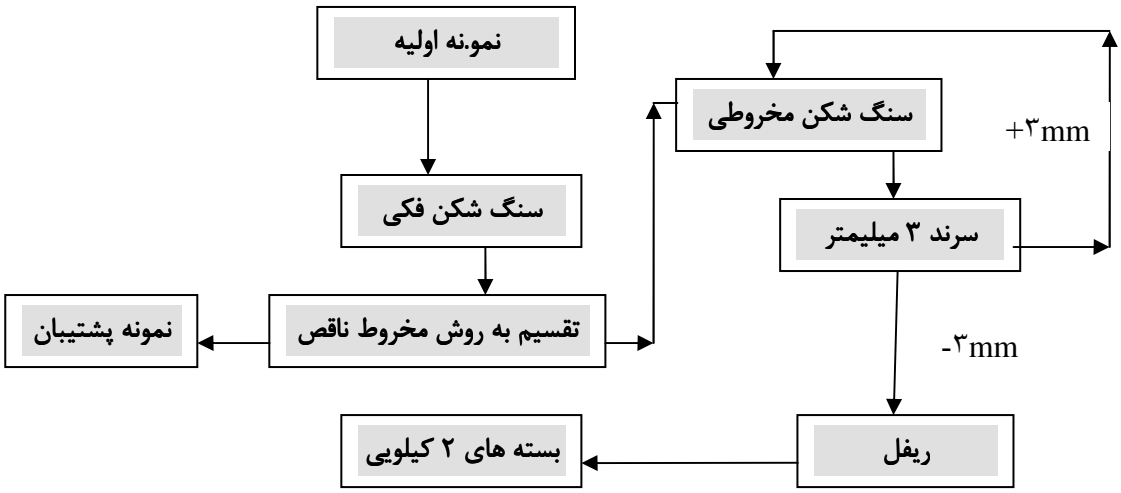
۳–۱ نمونه برداری

جهت نمونه برداری از منطقه از دو دپوی شمالی و جنوبی عملیات نمونه برداری به روش cheap sampling انجام گرفت. به طور میانگین از هر دپو(شمالی و جنوبی) ۱۱۰ کیلو گرم نمونه جمع آوری شد و به سازمان زمین شناسی برای انجام عملیات فرآوری در مقیاس آزمایشگاهی انتقال یافت.

شکل ۳- ۱ نمایی از دپوی موجود در محدوده

۳–۲ آماده سازی نمونه

نمونه اولیه با استفاده از سنگ شکنهای فکی و مخروطی آزمایشگاهی تا ریز تر از ۷مش (۲۸۰۰ میکرون)خرد وتوسط مقسم های شانه ای مورد تقسیم قرار گرفت وجهت ادامه عملیات به بسته های حدود۲ کیلو گرمی تقسیم گردید. شکل ۳-۲ مراحل آماده سازی نمونه کانسنگ چاه پلنگ را نشان می دهد.



شکل ۳-۲ نمودار مراحل آماده سازی نمونه کانسنگ چاه پلنگ را نشان می دهد

۳ –۳ شناسایی نمونه

۳ –۳–۱ کانی شناسی

کانیهای تشخیص داده شده توسط XRD و مطالعات میکروسکوپی عبارتند از: کانیهای کوارتز، کلریت ، آتاکامیت { $CU2(OH)3Cl$} ، آزرویت و مالاکیت ،فبرایت {$FeWO4$ }، ایلیت، گوتیت، کلسیت.

نتیجه مطالعه کانی‌شناسی نمونه‌های تهیه شده از کانسنگ این کانسار به شرح زیر می باشد:

آزرویت و مالاکیت بصورت پر کننده فضاهای ثانویه نظیر حفره‌ها و درز و شکستگی‌ها و نیز به صورت آغشتگی‌های همراه گانگ (عمدتا کوارتز) در تقریبا تمام مقاطع صیقلی تهیه شده حضور دارد. در نمونه دستی و در سطح مقاطع رگچه‌های میلیمتری آن‌ها قابل مشاهده است. کانی سازی مس اغلب در این گامه‌ها شکل گرفته است. لازم به توضیح است که نتایج XRD نمونه اولیه (هد) این کانسار, کانی مس را آتاکامیت گزارش کرده است. بنابراین بخش از کانی‌های سبز سطح مقاطع مربوط به وجود این کانی است. لازم به توضیح است با وجود رویت کانی‌های کربناته مس در نتایج مطالعه

میکروسکوپی، احتمالا بدلیل آمورف بودن کانی های مالاکیت-آزوریت معمولا این کانی‌ها در طیف XRD قابل رویت نمی باشد. ولفرامیت اغلب شامل بلورهای درشت منشوری شکل در ابعاد حدود ۲۰۰ میکرون تا بیش از یک میلیمتر است ولی عملکرد نیروهای وارده به آن‌ها موجب شده که بلورها اغلب شکسته و بافتی برشی در متن مقاطع دیده می شود که گانگ را نیز متاثر نموده است. و بنابراین کانی‌ها را به ابعاد کوچکتری حتی کمتر از ۱۰ میکرون نیز تقلیل داده است. که در مقاطع اغلب توسط کانی‌های ثانویه مس شامل مالاکیت (آتاکامیت) و آزوریت و یا کانی‌های غیر کدر گانگ آغشته به اکسیدهای آهن ثانویه و یا ارتز کوبهم سیمان شده است. ولفرامیت سالم معمولا توسط گانگ کوارتزی در برگرفته شده است. این کانی با ته رنگ قهوه‌ای و باانعکاس و رنگی در حدود مگنتیت بویژه در روغن یک کانی با آنیزوتروپی متوسط و حاوی انعکاس داخلی قرمز است و از این جهات متمایز از مگنتیت است. مگنتیت نیز بندرت دیده می شود.

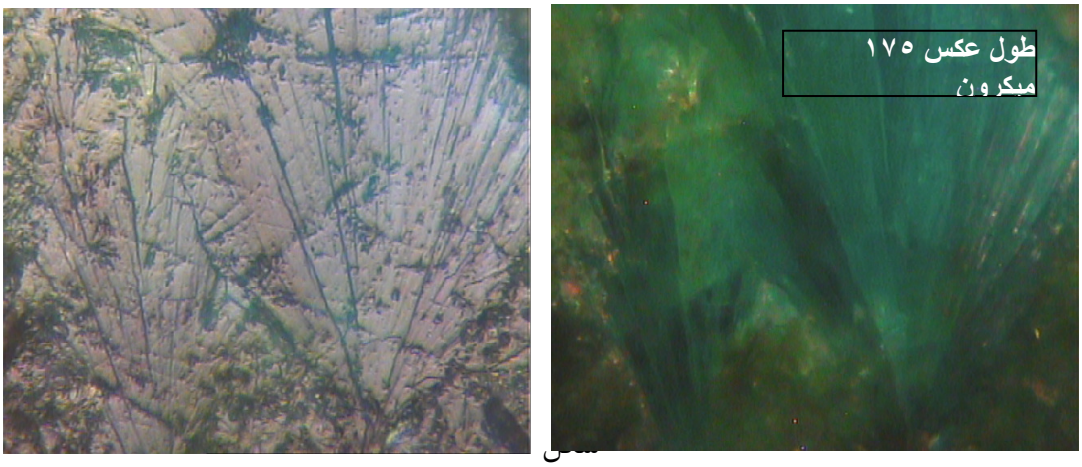
اکسیدهای منگنز نهان بلور با درگیری میکرونی با کانی‌هایی نظیر گوتیت و هماتیت به مقدار کم قابل مشاهده است.

کانی‌های اکسید تیتان بصورت دانه‌های شکل دار تا بی شکل در ابعاد کمتر ۱۰ میکرون تا حدود ۱۰۰ میکرون بندرت دیده می شود.

اکسیدهای آهن عمدتا شامل گوتیت است که بصورت پر کننده فضاهای خالی و رگچه‌ای در سطح مقاطع بمقدار فراوان مشاهده می شود.

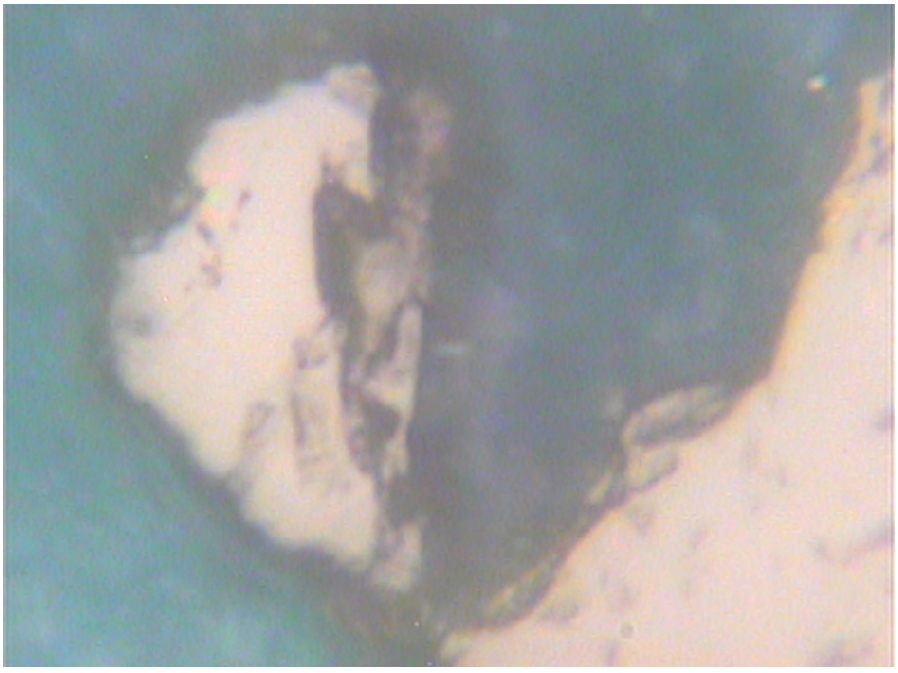
کالکو پیریت یصورت پر کننده فضای خالی که در حاشیه اغلب به کانی‌های ثانویه کالکوزیت و کوولیت و اکسیدهای ثانویه آهن تغییر یافته در سطح بعضی از مقاطع دیده می شود. در بعضی قسمت‌ها فقط محصولات آلتراسیون کالکوپیریت به صورت منفرد با بافت پرکننده فضای خالی در گانگ کوارتزی دیده می شود و تمامی کالکوپیریت به این کانی‌ها آلتره شده است. گاهی بقایای کالکوپیریت در متنی شامل کالکوزیت و کمی کوولیت قرار گرفته و محصولات آلتراسیون در حاشیه

کالکوپیریت به ترتیب از کوولیت، کالکوزیت و در منتهی‌الیه حاشیه بیرونی کانی‌های ثانویه آهن تشکیل شده و بافت جانشینی مشخصی را بوجود آورده است.



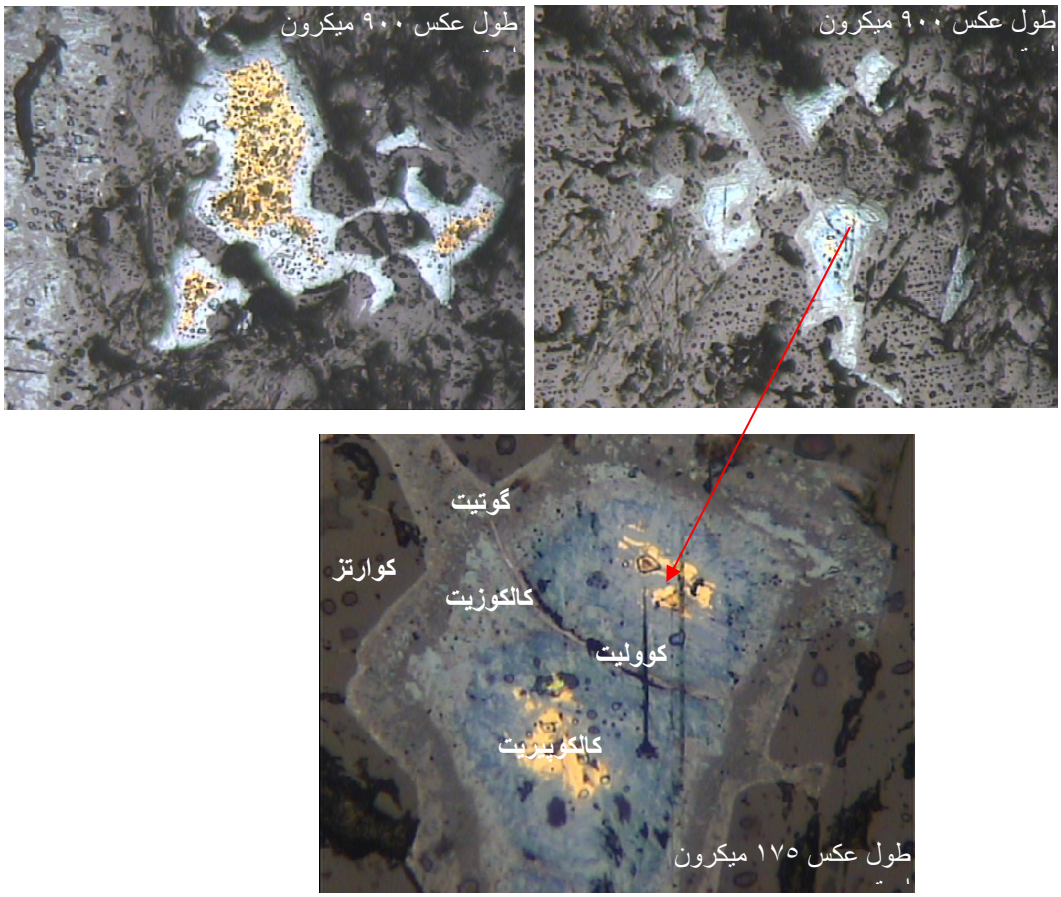
شکل ۳-۳

پیریت به مقدار کم در سطح بعضی مقاطع در ابعاد ریز دیده می شود. مالاکیت- آزوریت دسته جارویی (شعاعی)



شکل ۳ – ۴

نمایی از یک قطعه از بافت برشی ولفرامیت (کرم رنگ) که فضای فیمابین آن‌ها را آزوریت-مالاکیت آبی-سبز پر کرده است طول عکس ۳۴ میکرون در نور انعکاسی با عدسی روغن تهیه شده است



شکل ۳ - ۵

کالکوزیت-کوولیت و بافت جانشینی کوولیت، کالکوزیت و کانی‌های ثانویه آهن به جای کالکوپیریت.

۳ – ۳– ۲ تجزیه کامل شیمیایی نمونه معرف

با استفاده از آنالیز جذب اتمی عیار تنگستن در نمونه اولیه ۱/۱۸ درصد تعیین شدمقادیر اکسید های مختلف تشکیل دهنده ی نمونه معرف نیز که توسط XRF اندازه گیری شده است در ذیل ارائه شده است.

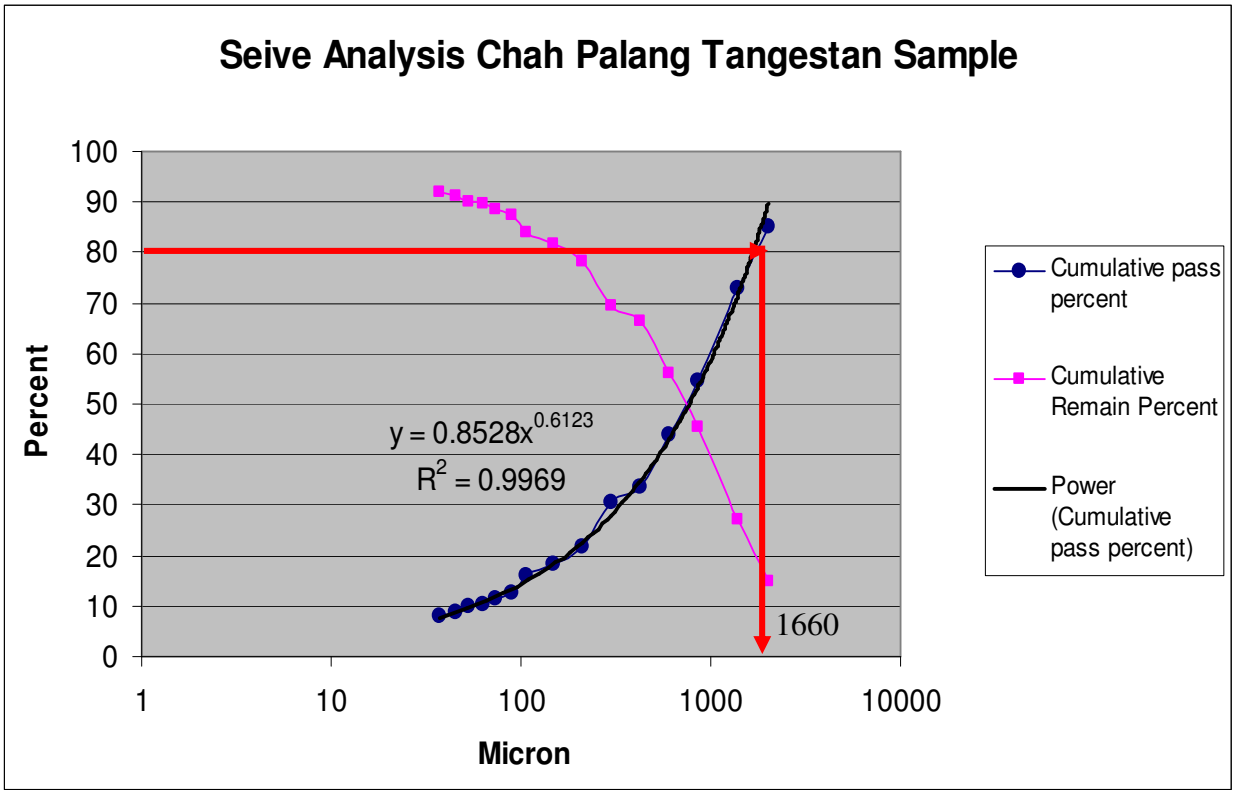
WO_3	PbO	P_2O_5	MgO	CaO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SiO_2	**ترکیب شیمیایی**
۱/۷۶	۰/۷۹	۲/۴۲	۱/۶۵	۴/۵۶	۱۶/۲۶	۹/۸۲	۴۰/۰۹	**عیار ٪**
Total	L.O.I	CuO	SrO	As_2O_3	TiO_2	SO_3	K_2O	**ترکیب شیمیایی**
۱۰۰	۸/۱۲	۹/۷۹	۰/۱	۰/۶۱	۰/۳۴	۰/۸۸	۱/۱۲	**عیار ٪**

۳ –۳ –۳ آزمایش تجزیه سرندی تر بر روی نمونه

جهت برسی توزیع دانه بندی و تغییرات عیار مس و تنگستن حدود سه کیلو گرم از نمونه اولیه ی (۷ - مش شده) مورد دانه بندی تر قرار گرفت که نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۱ و نمودار ۳-۸ ارائه شده است.

جدول ۳ – ۱ نتایج حاصل از تجزیه تجزیه سرندی تر

سرند		وزن (گرم)	در صد وزنی	درصد وزنی تجمعی		در صد W		درصد CU	
میکرون	مش			باقیمانده	عبور کرده	عیار	توزیع	عیار	توزیع
۲۰۰۰	۱۰	۴۳۷/۴	۱۴/۷	۱۴/۷	۸۵/۳	۰/۹۶	۱۱/۹	۶/۶	۱۴/۴
۱۴۰۰	۱۴	۳۶۸/۴	۱۲/۴	۲۷/۱	۷۲/۹	۱/۰۹	۱۱/۴	۶/۷	۱۲/۳
۸۵۰	۲۰	۵۴۵/۲	۱۸/۳	۴۵/۴	۵۴/۶	۱/۰۳	۱۶	۶/۵	۱۷/۷
۶۰۰	۳۰	۳۲۲	۱۰/۸	۵۶/۲	۴۳/۸	۱/۵۶	۱۴/۳	۶/۶	۱۰/۶
۴۲۵	۴۰	۳۰۴/۸	۱۰/۲	۶۶/۵	۳۳/۵	۱/۳۳	۱۱/۵	۶/۵	۹/۹
۳۰۰	۵۰	۸۸/۸	۳/۰	۶۹/۵	۳۰/۵	۱/۰۲	۲/۶	۶/۵	۲/۹
۲۱۲	۷۰	۲۶۶/۶	۹/۰	۷۸/۴	۲۱/۶	۱/۲۴	۹/۴	۶/۹	۹/۲
۱۵۰	۱۰۰	۹۵/۴	۳/۲	۸۱/۶	۱۸/۴	۱/۰۳	۲/۸	۶/۹	۳/۳
۱۰۶	۱۴۰	۷۵/۲	۲/۵	۸۴/۱	۱۵/۹	۱/۲۱	۲/۶	۶/۸	۲/۶
۹۰	۱۷۰	۹۶/۳	۳/۲	۸۷/۴	۱۲/۶	۱/۰۳	۲/۸	۶/۵	۳/۱
۷۴	۲۰۰	۳۲/۷	۱/۱	۸۸/۵	۱۱/۵	۱/۳۹	۱/۳	۶/۶	۱/۱
۶۳	۲۳۰	۳۵/۵	۱/۲	۸۹/۷	۱۰/۳	۱/۳۱	۱/۳	۶/۹	۱/۲
۵۳	۲۷۰	۱۱/۸	۰/۴	۹۰/۱	۹/۹	۱/۲۳	۰/۴	۷	۰/۴
۴۵	۳۲۵	۳۰/۲	۱/۰	۹۱/۱	۸/۹	۱/۳۹	۱/۲	۷/۱	۱/۱
۳۷	۴۰۰	۳۰/۲	۱/۰	۹۲/۱	۷/۹	۱/۳۱	۱/۱	۸	۱/۲
-۳۷	-۴۰۰	۲۳۵	۷/۹	-	-	۱/۴۰	۹/۴	۷/۴	۸/۷
جمع		۲۹۷۵/۵	۱۰۰	-	-	۱/۱۸	۱۰۰	۶/۷	۱۰۰



شکل ۳- ۸ نمودار آنالیز سرندی

با توجه به جدول فوق می توان نتیجه گرفت با کاهش ابعاد نمونه تا حدودی عیار تنگستن و مس افزایش می یابد ولی تغییرات عیار به گونه ای نیست که امکان حذف و یا جدایش بخشی از نمونه را امکان پذیر نماید. نمودار فوق نیز نشان می دهد d80 نمونه اولیه ۳ میلیمتر شده در حدود ۱۶۶۰ میکرون می باشد.

۳ – ۳– ۴ مطالعات میکروسکوپی درخصوص تعیین درجه آزادی

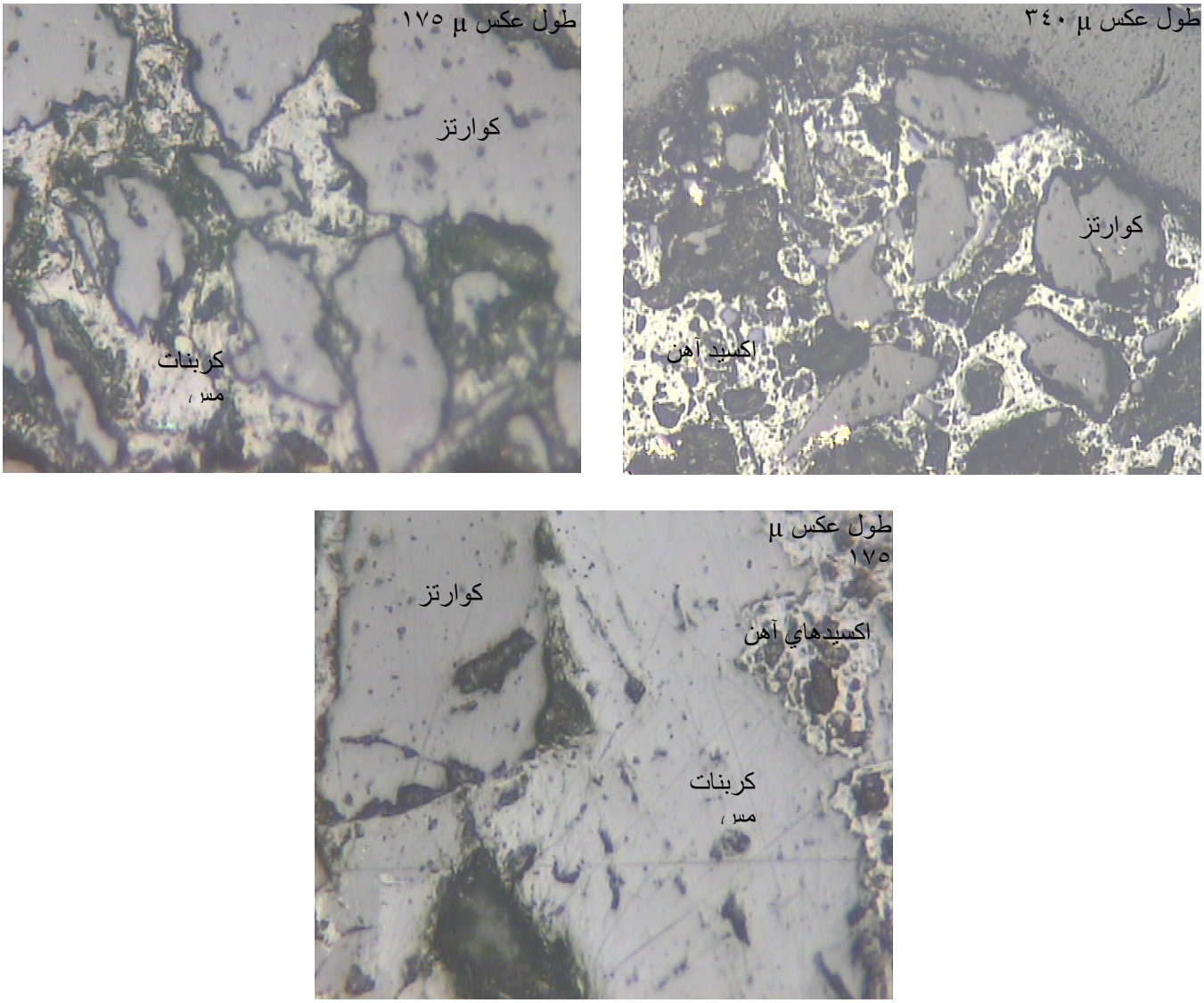
از ۱۴ دانه حاوی کانی ولفرامیت در فراکسیون دانه بندی ۵۰+ مش ، ۱۱ دانه آزاد است که تقریبا بدون هیچ درگیری با گانگ است. در ۳ دانه باقیمانده که اغلب با کانی های اکسید ثانویه آهن درگیر است عیار ولفرامیت بیش از ۳۰ درصد می باشد. بنابراین درجه آزادی در فراکسیون دانه بندی ۵۰+ مش در حدود ۸۰ درصد می باشد. به عبارت دیگر بخش عمده این فراکسیون از دانه‌های نسبتا درشت ولفرامیت و بدون درگیری با گانگ (عمدتا کوارتز و بمقدار کمتر اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن) تشکیل شده است.

تغییرات درجه آزادی در فراکسیون‌های دانه‌بندی ریزتر ۷۰+ ، ۱۰۰+ ، ۱۴۰+ ، ۱۷۰+ مش نیز بسیار کم و در حدود ۸۵-۸۰ درصد و متشابه فراکسیون مزبور است و نیاز به ذکر جزئیات بیشتر آن‌ها نمی باشد.

در مجموع نتیجه مطالعه درجه آزادی فراکسیون‌های دانه‌بندی مذکور نشان می دهد که حدود ۸۰ درصد دانه‌های ولفرامیت ابعادی درشت و در محدوده بیش از ۳۰۰-۲۰۰ میکرون دارد. مابقی دانه‌ها (حداقل ۱۵ درصد) ابعادی کمتر از ۱۷۰ مش داشته و برای آزاد سازی نیاز به خردایش بسیار بیشتر دارد و عملا امکان جدایش بخشی از آن باروش ثقلی به علت ریزی بیش از حد دانه‌های ولفرامیت آزاد بسیار ضعیف میباشد.

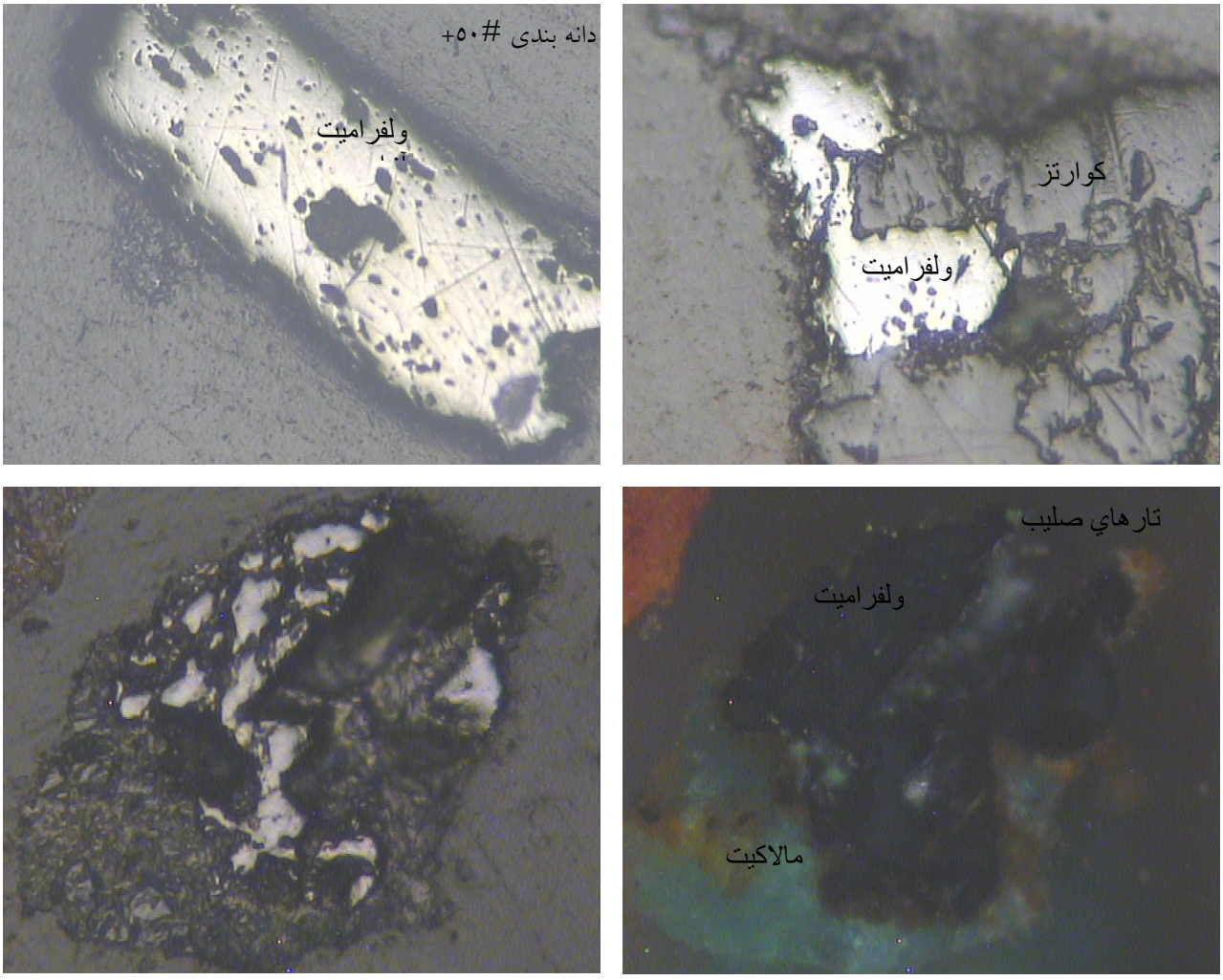
در واقع دانه‌های درگیر در فراکسیون‌های مختلف اغلب حاوی بخش‌های ولفرامیت بی شکل است که بصورت میانبار (inclusion) در متن عمدتا کوارتز و در مراحل بعدی اکسیدهای آبدار آهن و کانی‌های ثانویه مس (مالاکیت-آتاکامیت و آزوریت) قرار گرفته است. ابعاد انکلوزیون از کمتر از ۱۰ میکرون (گزارش کانسنگ نیز به ولفرامیت‌های ریز اشاره دارد) تا درشت‌تر بسته به ابعاد فراکسیون دانه‌بندی تغییر می کند.

مجددا تاکید می شود که نوع درگیری در دانه‌های ولفرامیت فراکسیون‌های ریـز تـا درشـت تقریبـا بدون تغییر است به عبارت دیگر اغلب شامل انکلوزیون‌های ولفرامیت در گانگ و در رتبه بعد دوطرفه می باشد.



شکل ۳ - ۶

نماهایی از بافت برشی دانه‌های کوارتز و نهشت کانی‌های
ثانویه آهن و مس (عمدتا مالاکیت و کمی آتاکامیت) در فضای بین این قطعات زاویه‌دار



شکل ۳ – ۷

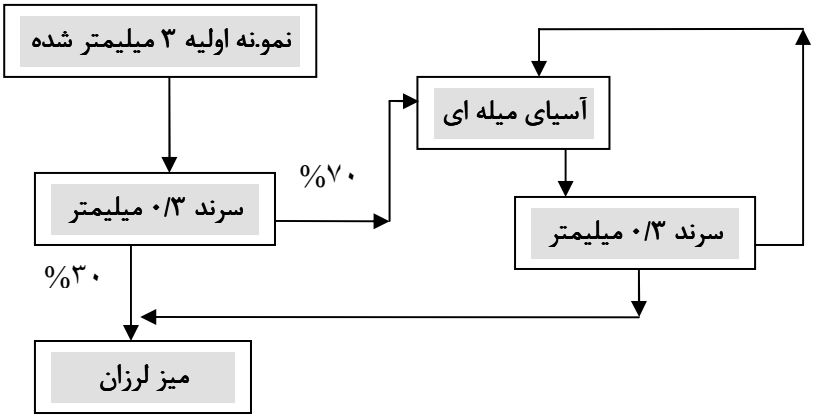
نماهایی از دانه های آزاد و درگیر (با کانی های ثانوی مس و کوارتز) ولفرامیت در فراکسیون های دانه بندی.

۳ –۴ جدایش های ثقلی با میز لرزان

با توجه به وجود اختلاف وزن مخصوص کانی های فربرایت (۷,۶) و آتاکامیت (۳,۷) با گانگ همراه و نسبت جدایش در جداکننده های ثقلی به نظر می رسد انتخاب روش های ثقلی برای این نمونه مناسب باشد. از سوی دیگر با توجه به مطالعات میکروسکپی انجام شده بر روی فراکسیون مختلف و تعیین درجه آزادی کانی تنگستن در بخش ابعادی درشتر از ۰/۳ میلیمتر و دامنه ابعادی مناسب در انتخاب جداکننده های ثقلی ، انجام جدایش های ثقلی با تمرکز بر روی میز لرزان انجام پذیرفت.

۳ –۴–۱ آزمایش اول میز لرزان

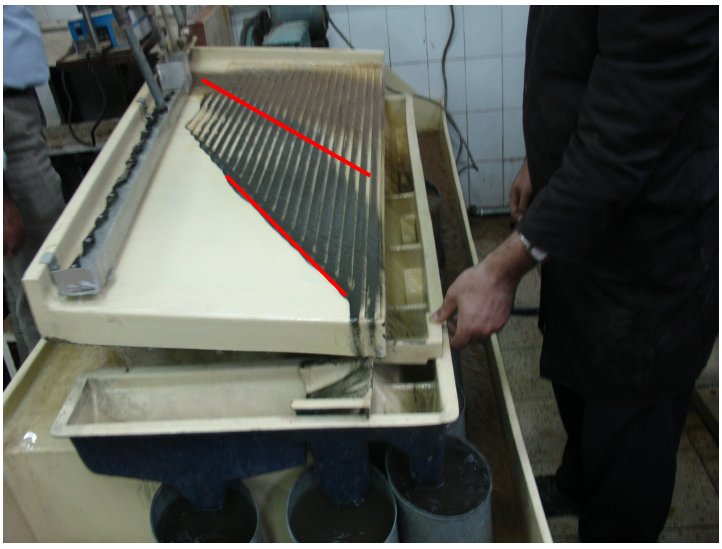
آماده سازی نمونه جهت انجام آزمایش و شرایط انجام آن به شرح زیر در نظر گرفته شد.



جدول ۳-۲- شرایط آزمایش اول میز لرزان

بار ورودی ابعاد (میلیمتر)	وزن نمونه (کیلوگرم)	شیب میز (درجه)	دبی آب همراه (لیتر بر دقیقه)	دبی آب شستشو (لیتر بر دقیقه)	دبی خوراک (کیلوگرم بر دقیقه)
۰/۳	۴	۲	۱۲	۷	۰/۶

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۳ آورده شده است.



شکل ۳- ۹ نمایی از جدایش با میز لرزان

جدول ۳-۳- نتایج حاصل از انجام آزمایش اول میز لرزان

بار ورودی	محصول	وزن گرم	درصد وزنی	درصد W		در صد Cu		درصد SiO2		درصد Fe2O3	
				عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
نمونه اولیه -۳۰۰ میکرون	۱	۲۵۸	۱۲/۴	۷	۷۴/۸	۱۶/۳۵	۲۹/۴	۱۱/۱۸	۲/۶	۲۰/۳۶	۱۹/۹
	۲	۹۱	۴/۴	۰/۹	۳/۴	۱۳/۴۹	۸/۶	۲۷/۳۳	۲/۲	۱۶/۶۴	۵/۸
	۳	۷۸۸	۳۷/۸	۰/۱	۳/۳	۵	۲۷/۶	۷۳/۸۸	۵۱/۷	۷/۴۳	۲۲/۲
	۴	۳۲۵	۱۵/۶	۰/۱۸	۲/۴	۲/۵۸	۵/۹	۶۲/۴۶	۱۸	۱۰/۵۵	۱۳
	۵	۲۹	۱۴	۰/۳۲	۰/۴	۳/۳	۰/۷	۶۱/۸۱	۱۶	۱۰/۹۹	۱۲
	۶	۵۹۲	۲۸/۴	۰/۶۴	۱۵/۷	۶/۷۳	۲۷/۹	۴۵/۴۴	۲۳/۹	۱۶/۸۳	۳۷/۸
	بار ورودی	۲۰۸۳	۱۰۰	۱/۱۶	۱۰۰	۶/۸۶	۱۰۰	۵۴/۱۵	۱۰۰	۱۲/۶۴	۱۰۰

نتیجه گیری:

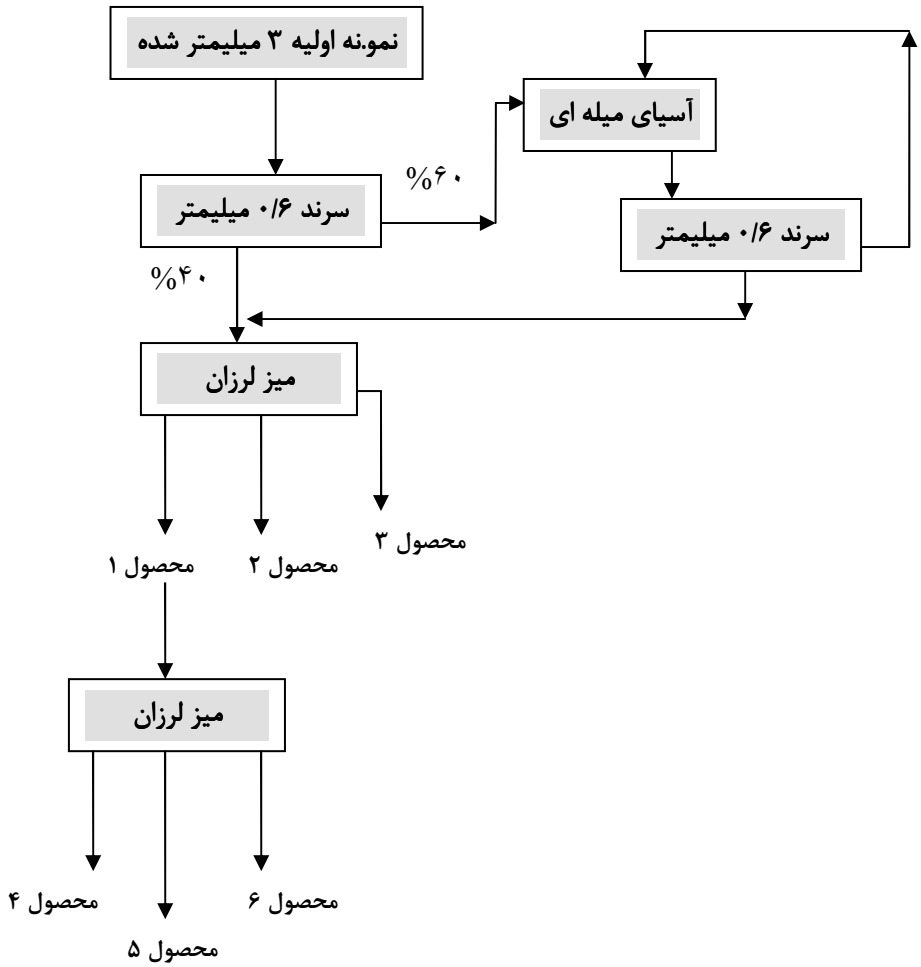
۱- این آزمایش نشان داد با انجام یک مرحله جدایش با میزلرزان بـر روی نمونـه اولیـه ی ریزتـر از ۰/۳ میلیمتر امکان دستیابی به محصولی با عیار و بازیابی به ترتیـب حـدود ۷ و ۷۵ درصـد تنگـستن وجود دارد. این در حالی است که عیار مس نیز در این محصول به بیش از ۱۶ درصد رسیده است.

۲- افت بازیابی در نرمه (محصول ۶) برای تنگستن و مس به ترتیب معادل ۱۶ و ۲۸ درصد است.

۳ -۴-۲ آزمایش دوم میز لرزان

آماده سازی نمونه جهت انجام آزمایش و شرایط انجام آن به شرح زیر در نظر گرفته شد.

این آزمایش با هدف انجام جدایش بر روی خوراکی با ابعاد درشتتر به منظور کاهش افـت بازیـابی در محصول نرمه انجام گرفت. همچنین در این آزمایش با جدایش مجدد محصول پرعیار سعی بر آن شـد که کانی تنگستن از مس نیز مورد جدایش قرارگیرد.



جدول ۳-۴- شرایط آزمایش دوم میز لرزان مرحله اول

بار ورودی ابعاد (میلیمتر)	وزن نمونه (کیلوگرم)	شیب میز (درجه)	دبی آب همراه (لیتر بر دقیقه)	دبی آب شستشو (لیتر بر دقیقه)	دبی خوراک (کیلوگرم بر دقیقه)
۰/۶	۶	۴	۱۴	۶	۰/۵

جدول ۳-۵- شرایط آزمایش دوم میز لرزان مرحله دوم

بار ورودی ابعاد (میلیمتر)	وزن نمونه (گرم)	شیب میز (درجه)	دبی آب همراه (لیتر بر دقیقه)	دبی آب شستشو (لیتر بر دقیقه)	دبی خوراک (کیلوگرم بر دقیقه)
۰/۶	۹۹۱	۴	۱۵	۶	۰/۱

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۶ آورده شده است.

جدول ۳-۶- نتایج حاصل از انجام آزمایش دوم میز لرزان

بار ورودی	محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	درصد W			درصد Cu		درصد SiO2		درصد Fe2O3	
				عیار	بازیابی		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
					نسبی	کلی						
نمونه اولیه ۶۰۰- میکرون	۱	۱۰۳۱	۱۷/۶	۶/۱۹	۷۴/۴	۷۴/۴	۱۳	۳۹/۶	۲۵/۹	۸/۸	۱۹/۴۵	۲۴/۹
	۲	۲۴۲۰	۴۱/۴	۰/۲۶	۷/۴	۷/۴	۴	۲۸/۶	۶۱/۹	۴۹/۲	۱۰/۸۷	۳۲/۴
	۳	۲۳۹۲	۴۰/۹	۰/۶۵	۱۸/۲	۱۸/۲	۴/۵	۳۱/۸	۵۳/۵۲	۴۲	۱۴/۳۸	۴۲/۷
بار ورودی		۵۸۴۳	۱۰۰	۱/۴۷	۱۰۰	۱۰۰	۵/۷۹	۱۰۰	۵۲/۱۲	۱۰۰	۱۳/۷۸	۱۰۰
محصول - ۱	۴	۲۴۷/۳	۲۵	۲۲/۵۴	۷۹	۵۸/۸	۱۱	۲۱/۳	۷/۹۶	۸/۹	۲۲/۳۳	۲۸/۶
	۵	۵۹۶/۲	۶۰/۲	۲/۳۲	۱۹/۶	۱۴/۵	۱۵/۱	۷۰/۵	۲۲/۳۲	۵۹/۷	۱۹/۴۳	۶۰
	۶	۱۴۷/۶	۱۴/۹	۰/۶۶	۱/۴	۱/۱	۷/۱	۸/۲	۴۵/۳۵	۳۱/۴	۱۴/۸۸	۱۱/۴
بار ورودی		۹۹۱/۱	۱۰۰	۷/۱۲	۱۰۰	۷۴/۴	۱۲/۸۹	۱۰۰	۲۲/۴۵	۱۰۰	۱۹/۴۷	۱۰۰

نتیجه گیری

۱-تغییرات محسوسی از نظر عیار و بازیابی تنگستن و مس با افزایش ابعاد بار ورودی نسبت به آزمایش اول رخ نداده است.

۲- پس از جدایش مجدد محصول اول عیار تنگستن در محصول پرعیار (محصول ۴) به ۲۲/۵۴ درصد افزایش یافته است. این در حالی است که این محصول دارای ۱۱ درصد مس می باشد.

۳- بازیابی تنگستن در محصول پرعیار آن به حدود ۵۹ درصد رسیده است.

۳ –۴–۳ آزمایش سوم میز لرزان

این آزمایش بر روی محصولات حاصل از جدایش های میـز دوم (محـصولات ۲ و ۳ و۵ و۶) انجـام گرفت. هدف از این آزمایش در واقع رمق گیری از این محصولات و تهیه پر عیار مناسبی از کانی های تنگستن و مس بود.

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۷ آورده شده است.

جدول ۳-۷- نتایج حاصل از انجام آزمایش سوم میز لرزان

بار ورودی	محصولات	درصد وزنی	درصد W			در صد Cu			درصد SiO2		درصدFe2O3	
			عیار	بازیابی		عیار	بازیابی		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
				نسبی	کلی		نسبی	کلی				
مخلوطی از	۱	۳/۹	۴/۸۳	۲۷/۵	۱۱/۳	۱۹/۷	۱۲/۷	۹/۱	۱۱/۹	۰/۹	۲۱/۷۲	۶
محصولات	۲	۱/۶	۱/۱	۲/۶	۱/۱	۱۴/۵	۳/۹	۲/۸	۲۶/۸	۰/۹	۱۸/۲۸	۲
۵،۳،۲ و۶	۳	۴۶/۹	۰/۴۲	۲۸/۵	۱۱/۷	۶/۳	۴۸/۳	۳۴/۶	۵۲	۴۸/۶	۱۳/۳۰	۴۳/۵
آزمایش دوم	۴	۴۷/۵	۰/۶۰	۴۱/۴	۱۷/۱	۴/۵	۳۵	۲۵	۵۲/۳	۴۹/۶	۱۴/۶۵	۴۸/۵
بار ورودی		۱۰۰	۰/۶۹	۱۰۰	۴۱/۲	۶/۱۱	۱۰۰	۷۱/۵	۵۰/۱۵	۱۰۰	۱۴/۳۵	۱۰۰

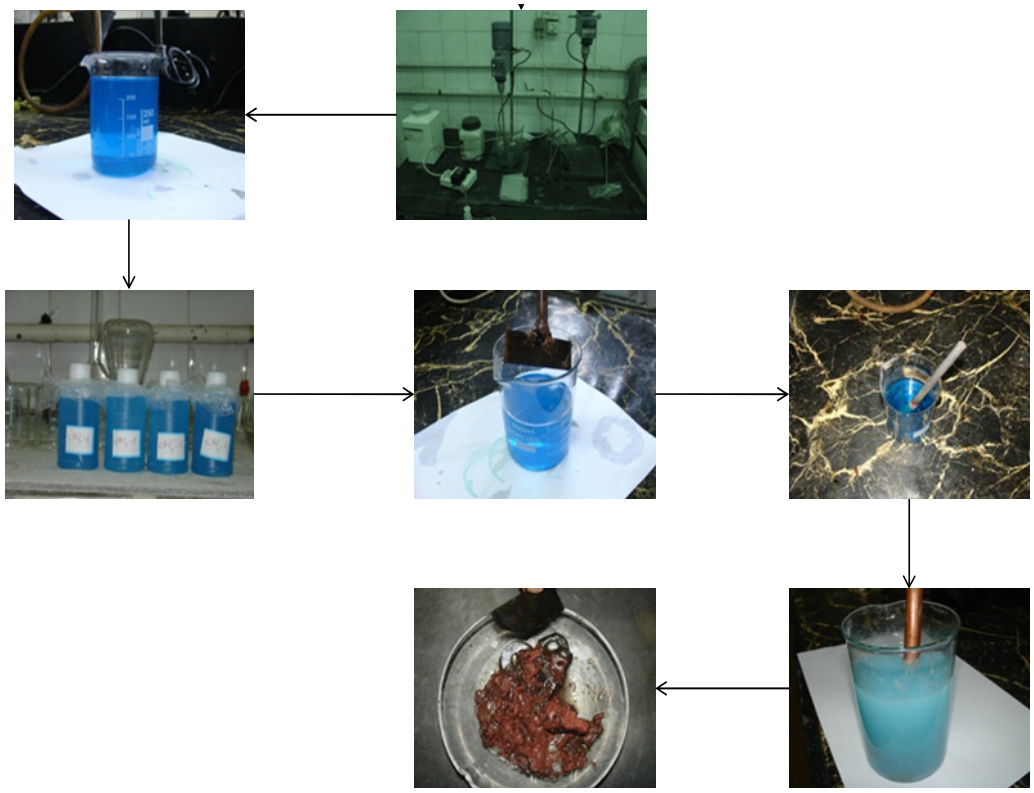
نتیجه گیری :

بررسی نتایج جدول فوق نشان می دهد گرچه تا حـدودی تفکیـک نـسبی بـه ویـژه افـزایش عیـار تنگستن در محصول ۱ این آزمایش حاصل گردیده است ولی بخش زیادی ازمس حدود ۶۰ درصد بـه محصولات ۳ و ۴ انتقال یافته است که خود نیاز به انحلال اسیدی دارد.

۳–۵– آزمایش های لیچینگ (انحلال اسیدی)

۳–۵–۱ آزمایش اول انحلال اسیدی

هدف از انجام آزمایش انحلال اسیدی پر عیار کردن تنگستن و استحصال محصولات جانبی آن از جمله مس می باشد . در این آزمایش خوراک مورد استفاده برای انحلال از محصول پر عیار میز دوم انتخاب گردید . در این آزمایش از روش همزن برای لیچ کردن استفاده شد. شکل ۳–۱۰ مراحل انجام عملیات را نشان می دهد.



شکل۳- ۱۰ نمایی از مراحل مختلف عملیات انحلال اسیدی آزمایش اول

شرایط انجام آزمایش به شرح جدول شماره ۳–۸ می باشد.

جدول ۳–۸- شرایط آزمایش اول انحلال اسیدی

وزن خوراک (گرم)	زمان انحلال (ساعت)	نوع اسید	غلظت اسید (٪)	مقدار مصرف اسید (سی سی)	PH محیط
۱۰۰	۴	اسید سولفوریک	۵۰	۳۴	۱,۵ الی ۲

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۹ آورده شده است.

جدول ۳-۹- نتایج حاصل از انجام آزمایش اول انحلال اسیدی

بار ورودی	محصولات	حجم/ وزن	درصد W			درصد Cu		
			عیار	بازیابی		عیار	بازیابی	
				نسبی	کلی		نسبی	کلی
محصول پرعیار میز دوم	جامد	۸۰ (گرم)	۲۷	۹۹/۵	۵۸/۵	۱/۷۵	۱۳	۱/۱
	محلول	۵۰۰ (سی سی)	۰/۰۲	۰/۵	۰/۳	۱/۹۲	۸۷	۷/۳
بار ورودی			۲۱/۷	۱۰۰	۵۸/۸	۱۱/۱۸	۱۰۰	۸/۴

نتیجه گیری:

نتایج نشان می دهد که با استفاده از انحلال اسیدی عیار تنگستن به ۲۷ درصد افزایش می یابد ضمن اینکه ۹۹/۵ درصد از تنگستن و ۸۷ درصد از مس موجود در بار ورودی بازیابی شده است.

شکل ۳-۱۱ نمایی از کنسانتره تنگستن را که دارای عیار ۲۷ درصد می باشد نشان می دهد.

شکل۳- ۱۱ نمایی از محصول کنسانتره تنگستن

۳-۵-۲ آزمایش دوم انحلال اسیدی

در این آزمایش خوراک مورد استفاده برای انحلال از محصول پر عیار میز سوم انتخاب گردید . در این آزمایش سعی بر آن شد تا بتوان ضمن بازیابی مس موجود در محصول پرعیار این میز عیار تنگستن را نیز افزایش داد.

شرایط انجام آزمایش به شرح جدول شماره ۳-۱۰ می باشد.

جدول ۳-۱۰- شرایط آزمایش دوم انحلال اسیدی

وزن خوراک (گرم)	زمان انحلال (ساعت)	نوع اسید	غلظت اسید (٪)	مقدار مصرف اسید (سی سی)	PH محیط
۱۰۰	۴	سولفوریک	۵۰	۴۰	۱,۵ الی ۲

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۱۱ آورده شده است.

جدول ۳-۱۱- نتایج حاصل از انجام آزمایش دوم انحلال اسیدی

بار ورودی	محصولات	حجم/ وزن	درصد W			درصد Cu		
			عیار	بازیابی		عیار	بازیابی	
				نسبی	کلی		نسبی	کلی
محصول شماره ۱ آزمایش میز سوم	جامد	۶۸/۶	۵/۸	۸۲/۷	۹/۴	۱/۰۳	۳/۵	۰/۳
	محلول	۴۰۰	۰/۲۱	۱۷/۱	۱/۹	۴/۷۵	۹۶/۵	۸/۸
بار ورودی			۴/۸	۱۰۰	۱۱/۳	۱۹/۷۱	۱۰۰	۹/۱

نتیجه گیری:

نتایج نشان می دهد که بیش از ۹۶ در صد از مس موجود در بار ورودی و حدود ۹ درصد از کل مس موجود در نمونه اولیه به بخش محلول منتقل شده است. علت عدم افزایش تنگستن در محصول جامد احتمالاً عیار پایین آن در بار ورودی است

۳ –۵ –۳ – آزمایش سوم انحلال اسیدی

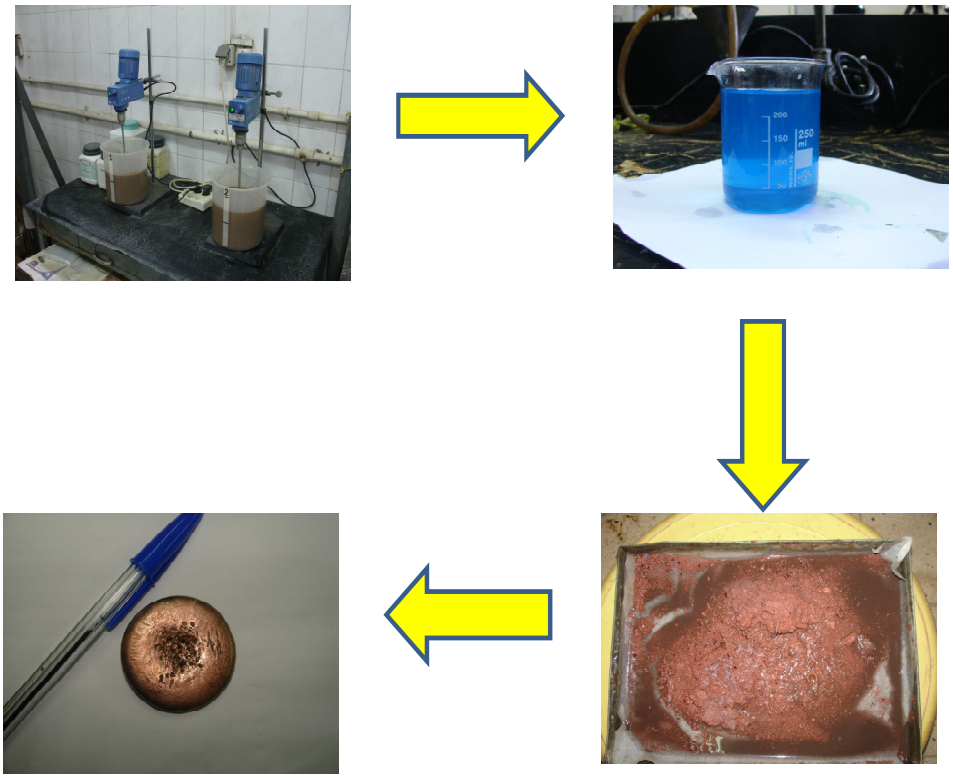
با توجه به اینکه در تمام محصولا ت حاصل از جدایش ثقلی کانی مس وجود دارد می توان به عنوان یک گزینه فرآوری ابتدا انحلال اسیدی را بر روی کل نمونه انجام داد و سپس جدایش ثقلی را در

ادامه مسیر فرآوری پیش بینی کرد. لذا این آزمایش بر روی ۶ کیلو گرم نمونه اولیه با ابعاد ریزتر از ۰/۶ میلیمتر از انجام شد. شرایط انجام این آزمایش به شرح جدول ۳-۱۲ می باشد.

جدول ۳-۱۲- شرایط آزمایش سوم لیچینگ

وزن خوراک (گرم)	زمان انحلال (ساعت)	نوع اسید	غلظت اسید (٪)	مقدار مصرف اسید	PH محیط
۶۰۰۰	۴	سولفوریک	۵۰	۲۶۵ سی سی	۱,۵ الی ۲

شکل ۳-۱۲ مراحل انجام عملیات را تا بعد از انجام سمنتاسیون و ذوب محصول جانبی مس را نشان می دهد.



شکل۳- ۱۲ نمایی از مراحل مختلف عملیات انحلال ،سمنتاسیون ، ذوب مس در آزمایش سوم انحلال اسیدی

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۱۳ آورده شده است.

جدول ۳-۱۳- نتایج حاصل از انجام آزمایش سوم انحلال اسیدی

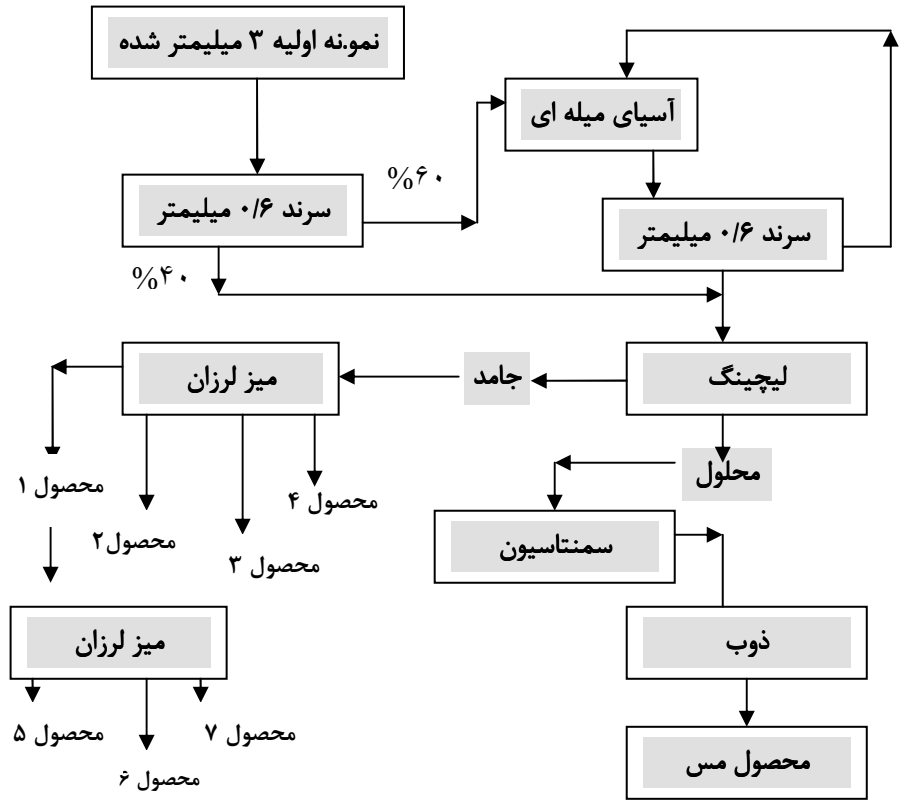
بار ورودی	محصولات	حجم/ وزن	درصد W			درصد Cu		
			عیار	بازیابی		عیار	بازیابی	
				نسبی	کلی		نسبی	کلی
نمونه اولیه ۶۰۰- میکرون	جامد	۵۳۲۳ گرم	۱/۳	۹۷/۷	۹۷/۷	۰/۷۲	۹/۸	۹/۸
	محلول	۱۰ لیتر	۱/۶۲	۲/۳	۲/۳	۳/۵۲	۹۰/۲	۹۰/۲
بار ورودی			۱/۱۸	۱۰۰	۱۰۰	۶/۵	۱۰۰	۱۰۰

نتیجه گیری

همانطور که نتایج این آزمایش نشان می دهد با انجام انحلال اسیدی بر روی نمونه اولیه امکان بازیابی حدود ۹۰ درصد مس وجود دارد.

۳-۶ آزمایش میز لرزان بر روی محصول لیچ شده نمونه اولیه

این آزمایش با هدف انجام جدایش تنگستن بر روی محصول لیچینگ نمونه اولیه ۰/۶ میلیمتر شده انجام پذیرفت. آماده سازی نمونه جهت انجام آزمایش و شرایط انجام آن به شرح زیر است.



جدول ۳-۱۴- شرایط آزمایش میز لرزان بر روی نمونه اولیه لیچ شده

بار ورودی ابعاد (میلیمتر)	وزن نمونه (کیلوگرم)	شیب میز (درجه)	دبی آب همراه (لیتر بر دقیقه)	دبی آب شستشو (لیتر بر دقیقه)	دبی خوراک (کیلوگرم بر دقیقه)
۰/۶	۳/۸	۳	۱۱	۷	۰/۶

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۱۵آورده شده است.

جدول ۳-۱۵- نتایج حاصل از انجام آزمایش میز لرزان بر روی نمونه اولیه لیچ شده

بار ورودی	محصول	وزن (گرم)	درصد وزنی	درصد W			در صد Cu		درصد SiO2		درصدFe2O3	
				عیار	بازیابی		عیار	بازیابی	عیار	بازیابی	عیار	بازیابی
					نسبی	کلی						
نمونه اولیه ۶۰۰- میکرون لیچ شده	۱	۲۶۶/۵	۷/۲	۱۳/۷	۵۲/۲	۵۲/۲	۰/۶	۵/۷	۲۹/۲	۴	۲۲/۹	۹
	۲	۶۰۱	۱۶/۲	۱/۷	۱۴/۶	۱۴/۶	۰/۵۰	۱۰/۶	۵۶/۶	۱۷/۵	۱۶/۴	۱۴/۶
	۳	۱۲۱۶	۳۲/۷	۰/۷	۱۲/۲	۱۲/۲	۰/۴۷	۲۰/۲	۵۸/۶	۳۶/۶	۱۵	۲۷
	۴	۱۶۳۱	۴۳/۹	۰/۹	۲۱	۲۱	۱/۱	۶۳/۵	۵۰/۱	۴۲	۲۰/۴	۴۹/۳
بار ورودی		۳۷۱۴/۵	۱۰۰	۱/۸۸	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۵۲/۴۳	۱۰۰	۱۸/۱۶	۱۰۰
محصول ۱	۵	۱۱۵/۵	۴۳/۳	۲۸	۸۲	۴۲/۸	۰/۵۸	۴۲	۱۲/۳	۱۹/۸	۲۵/۶	۴۶/۵
	۶	۵۲/۷	۱۹/۸	۸/۸	۱۱/۸	۶/۲	۰/۷۵	۲۴/۸	۲۶/۷	۱۹/۶	۲۶/۲	۲۱/۷
	۷	۹۸/۳	۳۶/۹	۲/۵	۶/۲	۳/۲	۰/۵۴	۳۳/۳	۴۴/۴	۶۰/۷	۲۰/۵	۳۱/۷
بار ورودی		۲۶۶/۵	۱۰۰	۱۴/۸	۱۰۰	۵۲/۲	۰/۶	۱۰۰	۲۷	۱۰۰	۲۳/۸۴	۱۰۰

نتیجه گیری

۱- همانطور که در جدول فوق ملاحظه می شود با یک مرحله انجام میز لرزان بر روی محصول بدست آمده از عملیات لیچینگ امکان دست یابی به محصولی با عیار و بازیابی به ترتیب حدود ۱۴ و ۵۲ درصد برای تنگستن وجود دارد.

۲- در صورت جدایش مجدد این محصول عیار کنسانتره نهایی تنگستن به ۲۸ درصد با بازیابی حدود ۴۳ درصد خواهد رسید.

۳- عیار تنگستن در محصول میانی مرحله دوم جدایش قابل توجه بوده که از آن می توان به عنوان بار درگردش استفاده نمود.

۴- افت بازیابی در محصولات باطله و نرمه مرحله اول جدایش میز حدود ۳۳ درصد می باشد.

۳-۷ آزمایش های سمنتاسیون مس

این آزمایش ها با هدف برسی امکان بازیابی مس خالص با روش سمنتاسیون با آهن قراضه صورت پذیرفت.

۳-۷-۱ آزمایش اول سمنتاسیون

این آزمایش در شرایط همزنی با دور بسیار کم به شرح جدول ذیل و با استفاده از قراضه آهن انجام گرفت. محلول باردار مس در این آزمایش مربوط به آزمایش اول لیچینگ می باشد.

جدول ۳-۱۶- شرایط آزمایش اول سمنتاسیون

بار ورودی	حجم محلول(سی سی)	PH	زمان (دقیقه)	شرایط آزمایش
محلول آزمایش اول لیچینگ	۵۰۰	۲	۴۰	همزنی

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۱۷آورده شده است.

جدول ۳-۱۷- نتایج حاصل از انجام آزمایش اول سمنتاسیون

بار ورودی	محصولات	حجم/ وزن	درصد W			درصد Cu		
			عیار	بازیابی		عیار	بازیابی	
				نسبی	کلی		نسبی	کلی
محلول آزمایش اول لیچینگ	جامد	۱۰ گرم	–	–	–	۹۵/۶	۹۹/۶	۷/۲۷
	محلول	۰/۷ لیتر	۰/۰۱۴	۹۸	۰/۲۹	۰/۰۰۶	۰/۴	۰/۰۳
بار ورودی			۰/۰۲	۱۰۰	۰/۳	۱/۹۲	۱۰۰	۷/۳۰

نتیجه گیری

بر اساس جدول فوق می توان ۹۹/۶ درصد از مس موجود در محلول را با عیاری بیش از ۹۵ درصد بازیابی نمود.

۳-۷-۲ آزمایش دوم سمنتاسیون

این آزمایش در شرایط بدون همزنی به شرح جدول ذیل و با استفاده از قراضه آهن انجام گرفت. محلول بار دار مس در این آزمایش مربوط به آزمایش دوم لیچینگ می باشد.

جدول ۳-۱۸- شرایط آزمایش دوم سمنتاسیون

بار ورودی	حجم محلول(سی سی)	PH	زمان (ساعت)	شرایط آزمایش
محلول آزمایش دوم لیچینگ	۴۰۰	۲	۲۴	بدون همزنی

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۱۹آورده شده است.

جدول ۳-۱۹- نتایج حاصل از انجام آزمایش دوم سمنتاسیون

بار ورودی	محصولات	حجم/ وزن	درصد W			درصد Cu		
			عیار	بازیابی		عیار	بازیابی	
				نسبی	کلی		نسبی	کلی
محلول آزمایش دوم لیچینگ	جامد	۱۹ گرم	–	–	–	۹۴/۷	۹۱/۴	۸/۰۴
	محلول	۰/۳۳ لیتر	۰/۲۴	۹۵/۲	۱/۱۴	۰/۰۰۴	۶/۹۴	۰/۶۱
بار ورودی			۰/۲۱	۱۰۰	۱/۹	۱/۹۲	۱۰۰	۸/۶۵

نتیجه گیری

بر اساس جدول فوق می توان ۹۱/۴ درصد از مس موجود در محلول را با عیاری در حدود ۹۵ درصد بازیابی نمود.

۳-۷-۳ آزمایش سوم سمنتاسیون

این آزمایش در شرایط بدون همزنی به شرح جدول ذیل و با استفاده از قراضه آهن انجام گرفت. محلول بار دار مس در این آزمایش مربوط به آزمایش سوم لیچینگ می باشد.

جدول ۳-۲۰- شرایط آزمایش سوم سمنتاسیون

بار ورودی	حجم محلول(سی سی)	PH	زمان (ساعت)	شرایط آزمایش
محلول آزمایش سوم لیچینگ	۱۰۰۰۰	۲	۲۴	بدون همزنی

نتایج حاصل از این آزمایش در جدول ۳-۲۱آورده شده است.

جدول ۳-۲۱- نتایج حاصل از انجام آزمایش سوم سمنتاسیون

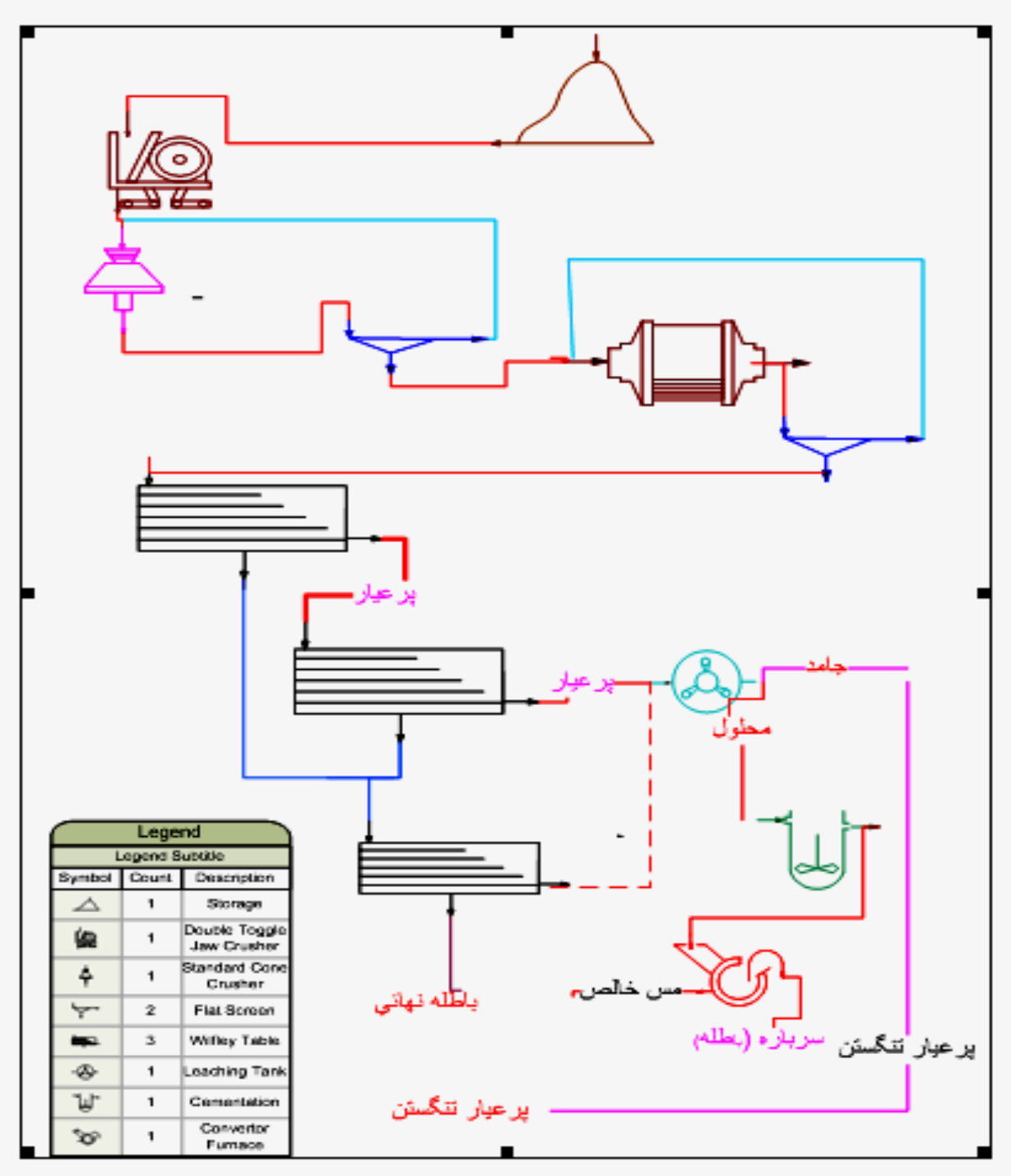
بار ورودی	محصولات	حجم/ وزن	درصد W			درصد Cu		
			عیار	بازیابی		عیار	بازیابی	
				نسبی	کلی		نسبی	کلی
محلول آزمایش سوم لیچینگ	جامد	۳۸۴ گرم	–	–	–	۸۵/۴	۹۳/۲	۸۴/۰۱
	محلول	۹/۵۶ لیتر	–	–	–	۰/۲۵	۶/۷۹	۶/۱۲
بار ورودی			۱/۶۲	۱۰۰	۲/۳	۱/۹۲	۱۰۰	۹۰/۱۳

نتیجه گیری

بر اساس جدول فوق می توان نتیجه گرفت با لیچینگ اسیدی بر روی نمونه اولیه و اجرای عملیات سمنتاسیون ، امکان تهیه محصولی با عیار بیش از ۸۵ درصد مس و بازیابی کلی ۸۴ درصد وجود دارد.

۳-۸ فلوشیت عملیات انجام شده

در شکل زیر فلوشیت اجرایی عملیات انجام شده آورده شده است . از ذکر عیار ها و بازیابی محصولات بر روی این فلوشیت به دلیل کامل نبودن برخی از مسیر ها خود داری گردیده است.



شکل۳- ۱۳ فلوشیت اجرایی عملیات انجام شده

۳-۹ نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

- ✓ مطالعات میکروسکپی انجام شده بر روی فراکسیون مختلف نشان داد که درجه آزادی کانی تنگستن در بخش ابعادی درشتر از ۰/۳ میلیمتر بیش از ۸۰ درصد می باشد.

- ✓ با توجه به اختلاف وزن مخصوص کانی تنگستن و کانی های همراه با کانگ و لحاظ درجه آزادی ، یکی از روش های مناسب جهت پر عیار سازی ، استفاده از میزلرزان می باشد.

- ✓ آزمایشات انجام شده در این خصوص نشان داد با استفاده از میزلرزان امکان تهیه محصولی با عیار و بازیابی به ترتیب ۲۳ و ۵۹ درصد برای تنگستن وجود دارد.

- ✓ در صورتیکه از روش انحلال اسیدی نیز بعد ازجدایش ثقلی برای جدایش مس به عنوان عامل افزایش عیار تنگستن و همچنین تهیه محصولی جانبی استفاده گردد امکان تهیه محصولی با عیار و بازیابی به ترتیب ۲۷ و ۵۹ درصد برای تنگستن وجود خواهد داشت.

- ✓ درصورت استفاده از محصولات میانی به عنوان بار درگردش و یا افزودن رمق گیری سایر محصولات امکان افزایش بازیابی وجود خواهد داشت.

- ✓ با توجه به وجود مس در تمامی محصولات حاصل از جدایش ثقلی می توان به عنوان یکی از گزینه های فرآوری ، ابتدا فرایند انحلال اسیدی را بر روی کل نمونه اولیه انجام و سپس از جدایش های ثقلی برای تغلیظ تنگستن استفاده نمود. آزمایش اولیه ای که در این خصوص انجام شد نشان داد امکان تهیه محصول جانبی مس با عیار بیش از ۸۵ درصد و بازیابی کلی ۸۴ درصد وجو دارد که باید از نظر مقدار مصرف اسید و مسائل اقتصادی مورد ارزیابی بیشتری قرار گیرد.

- ✓ بدهی است در صورت حصول نتایج مثبت در هر دوروش و بهینه سازی عملیات انجام مطالعات فنی و اقتصادی با رعایت مسائل زیست محیطی در انتخاب روش نهایی تعیین کننده خواهد بود.

- ✓ اجرای عملیات نیمه صنعتی بعد از تحقق بند فوق ضروری است.

فهرست منابع

۱- سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور ، ۱۳۸۵ ، گزارش اکتشاف قلع و تنگستن در منطقه چاه پلنگ جنوبی ، صفحه ۱۸۸ تا ۱۹۱.

۲- سایت پایگاه داده های علوم زمین.

3- Mineral information and data, mindat.org

4-USGS, 2005, Minerals yearbook, Tungsten, pp. 79.1-79.20

5-Canadian Minerals year book, 2006, Tungsten, p. 58.4

پیوست ها