جمهوری اسلامی ایران
وزارت صنایع و معادن
سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

واحد صنعتی امیرکبیر
معاونت پژوهشی

عنوان:

مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی تولید تنگستن

کارفرما:

سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

مشاور:

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

معاونت پژوهشی

تیر ۱۳۸۷

آدرس: تهران ـ خیابان حافظ ـ دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران) ـ جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر ـ معاونت پژوهشی تلفن: ۸۸۸۰۸۷۵۰ و ۸۸۸۹۲۱۴۳ فکس: ۸۸۸۰۶۹۸۴
Email:research@jdamirkabir.ac.ir **www.jdamirkabir.ac.ir**

خلاصه طرح

نام محصول		**تنگستن**
موارد کاربرد		**صنایع فولاد، نظامی، برشکاری**
ظرفیت پیشنهادی طرح	(تن)	**۳۱۵**
عمده مواد اولیه مصرفی		**کانسنگ تنگستن، آمونیاک**
میزان مصرف سالیانه مواد اولیه	(تن)	**۱۴۰۰۰۰**
کمبود مصرف محصول (سال ۱۳۹۰) (تن)		**۳۰۰**
اشتغال‌زایی (نفر)		**۳۹**
سرمایه‌گذاری ثابت طرح	**ارزی** (یورو)	–
	ریالی (میلیون ریال)	**۱۷۹۳۹**
	مجموع (میلیون ریال)	–
سرمایه در گردش طرح	**ارزی** (یورو)	–
	ریالی (میلیون ریال)	**۸۷۱۳**
	مجموع (میلیون ریال)	–
زمین مورد نیاز	(متر مربع)	**۷۰۰۰**
زیربنا	**تولیدی** (متر مربع)	**۱۴۰۰**
	انبار (متر مربع)	**۱۰۰۰**
	خدماتی (متر مربع)	**۶۰۰**
مصرف سالیانه آب، برق و گاز	**آب** (متر مکعب)	**۱۵۰۰۰**
	برق (کیلو وات)	**۱۵۷۵۰۰۰**
	گاز (متر مکعب)	**۱۵۰۰۰۰**
محل‌های پیشنهادی برای احداث واحد صنعتی		**شهرک صنعتی ساوه**

فهرست مطالب

عناوین	صفحه
۱ـ معرفی محصول	۶
۱ـ۱ـ نام و کد آیسیک محصول	۹
۱ـ۲ـ شماره تعرفه گمرکی	۹
۱ـ۳ـ شرایط واردات	۱۰
۱ـ٤ـ بررسی و ارائه استاندارد (ملی یا بین‌المللی)	۱۱
۱ـ۵ـ بررسی و ارائه اطلاعات لازم در زمینه قیمت تولید داخلی و جهانی محصول	۱۱
۱ـ۶ـ توضیح موارد مصرف و کاربرد	۱۲
۱ـ۷ـ بررسی کالاهای جایگزینی و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر مصرف محصول	۱۶
۱ـ۸ـ اهمیت استراتژیکی کالا در دنیای امروز	۱۶
۱ـ۹ـ کشورهای عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول (حتی‌الامکان سهم تولید یا مصرف ذکر شود)	۱۷
۱ـ۱۰ـ شرایط صادرات	۲۱
۲ـ وضعیت عرضه و تقاضا	۲۲
۲ـ۱ـ بررسی ظرفیت بهره‌برداری و روند تولید از آغاز برنامه سوم تا کنون و محل واحدها و تعداد آنها و سطح تکنولوژی واحدهای موجود، ظرفیت اسمی، ظرفیت عملی، علل عدم بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌ها، نام کشورها و شرکت‌های سازنده ماشین‌آلات مورد استفاده در تولید محصول	۲۵
۲ـ۲ـ بررسی وضعیت طرح‌های جدید و طرح‌های توسعه در دست اجرا (از نظر تعداد، ظرفیت، محل اجراء، میزان پیشرفت فیزیکی و سطح تکنولوژی آنها و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده اعم از ارزی و ریالی و مابقی مورد نیاز)	۲۷
۲ـ۳ـ بررسی روند واردات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸٤ (چقدر از کجا)	۲۷
۲ـ٤ـ بررسی روند مصرف از آغاز برنامه	۳۰
۲ـ۵ـ بررسی روند صادرات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸٤ و امکان توسعه آن (چقدر به کجا صادر شده است)	۳۰
۲ـ۶ـ بررسی نیاز به محصول با اولویت صادرات تا پایان برنامه چهارم	۳۰

عناوین	صفحه
۳ـ بررسی اجمالی تکنولوژی و روش های تولید و عرضه محصول در کشور و مقایسه آن با دیگر کشورها.....	۳۱
٤ـ تعیین نقاط قوت و ضعف تکنولوژی‌های مرسوم (به شکل اجمالی) در فرآیند تولید محصول.....	۶۰
۵ـ بررسی و تعیین حداقل ظرفیت اقتصادی شامل برآورد حجم سرمایه‌گذاری ثابت به تفکیک ریالی و ارزی (با استفاده از اطلاعات واحدهای موجود، در دست اجراء، UNIDO و اینترنت و بانک‌های اطلاعاتی جهانی، شرکت‌های فروشنده تکنولوژی و تجهیزات و ...).....	۶۱
۶ـ میزان مواد اولیه عمده مورد نیاز سالانه و محل تأمین آن از خارج یا داخل کشور قیمت ارزی و ریالی آن و بررسی تحولات اساسی در روند تأمین اقلام عمده مورد نیاز در گذشته و آینده.....	۷٤
۷ـ پیشنهاد منطقه مناسب برای اجرای طرح.....	۷۵
۸ـ وضعیت تأمین نیروی انسانی و تعداد اشتغال.....	۷۵
۹ـ بررسی و تعیین میزان تأمین آب، برق، سوخت، امکانات مخابراتی و ارتباطی (راه ـ راه‌آهن ـ فرودگاه ـ بندر ...) و چگونگی امکان تأمین آنها در منطقه مناسب برای اجرای طرح.....	۷۶
۱۰ـ وضعیت حمایت‌های اقتصادی و بازرگانی.....	۷۷
ـ حمایت تعرفه گمرکی (محصولات و ماشین‌آلات) و مقایسه با تعرفه‌های جهانی.....	۷۷
ـ حمایت‌های مالی (واحدهای موجود و طرح‌ها)، بانک‌ها ـشرکت‌های سرمایه‌گذار.....	۷۸
۱۱ـ تجزیه و تحلیل و ارائه جمع‌بندی و پیشنهاد نهایی در مورد احداث واحدهای جدید.....	۷۹
۱۲ـ منابع و ماخذ.....	۸۰

۱ـ معرفی محصول

تاریخچه

نام تنگستن (ولفرامیت Tungsten & Wolframite (از واژه سوئدی (Lang slen) به معنای سنگ سنگین گرفته شده است که اولین بار درسال ۱۷۷۹ توسط Peter Woulfe از نام آلمانی Wolfram اقتباس شد. تنگستن درسال ۱۷۸۱ میلادی کشف و درسال ۱۷۸۳ میلادی استخراج گردید. تنگستن برای اولین بار درسال ۱۸۴۷ مورد استفاده قرار گرفت، اما درسال ۱۸۹۸ با کشف اینکه فولاد محتوی آن برای به سرعت بریدن سایر فولادها می‌تواند استفاده شود، مانند یک آلیاژ فولادی مورد استفاده عمومی قرار گرفت، بطوری که امروزه یک آلیاژ فلزی اساسی محسوب می‌شود.

استعمال عمده تنگستن برای به سهولت بریدن فولادهاست بطوری که حتی در حرارت بالا نیز سختی آنها باقی می‌ماند. این نوع فولاد شامل ۱۵ الی ۲۰ درصد تنگستن همراه با کروم و وانادیوم هستند. مولیبدن می‌تواند جایگزین بخشی از تنگستن بشود. فولادهای تنگستن که برای برشهای مختلف ابزار و مواد مورد استعمال دارند، درمعرض سایش و فرسودگی قرار می‌گیرند. خود تنگستن به مقدار زیاد در تهیه استیلیت که یک آلیاژ مرکب از تنگستن، کروم وکبالت است به کار می‌رود.

در سال ۱۸۷۱ Carl Wilhelm Scheele ثابت کرد که یک اسید جدید می‌تواند از تنگستنیت ساخته شود. در سال ۱۷۸۳، Fausto Elhuyar و Jose دریافتند که یک اسید در ولفرامیت وجود دارد که با اسید تنگستنی شناسایی شده است.در اسپانیا در این سال موفق به جدا سازی تنگستن از طریق احیای این اسید با ذغال چوب شده‌اند. سالها قبل از اکتشاف عنصر تنگستن (۱۷۸۳)، کانی ولفرامیت در معدن قلع ساکسونی (Saxony) و بوهیما (Bohemia) شناخته شده بود. این کانی که برای اولین بار در ۱۸۷۴ توسط لازاروس ارکر (Lazarus Ercker) شرح داده شد بعنوان یک کانسنگ قلع حاوی آرسنیک و آهن تصور می شد.در سال ۱۷۵۷ یک کان جدید با چگالی ۶ (شیلیت) توسط کرانستد (A.F. Cronstedt) شرح داده شد.

کرانستد این کانی را تنگستن نامید(به زبان سوئدی لانگ اسلن Lang slen به معنی سنگ سنگین) و فرض کرد که یک کانی آهن حاوی کلسیم باشد. در سال ۱۷۸۱ شیل (C.W. Scheele) ضمن تجزیه این کانه متوجه حضور کلسیم و اسیدی ناشناخته تا آن زمان شد.

در سال ۱۷۸۳ (De Elhuyar) Fausto and Juan José از کشور اسپانیا با احیای اکسید توسط کربن موفق به تولید عنصر تنگستن از ولفرامیت شدند. آنها این عنصر را ولفرام نامیدند. در ۱۸۲۱ون لئون هارد (K.C.Van leonhard) نام شیلیت (Scheelite) را برای کانی $CaWO_4$ پیشنهاد نمود.

شیمی حقیقی تنگستن توسط اکسلند (R.Oxland) در ۱۸۷۴ مشخص شد. وی روش تولید تنگستات سدیم، اکسید تنگستن و فلز تنگستن را ابداع کرد. درابتدا استفاده از تنگستن بعنوان یک فلز مرکب جهت افزایش سختی استیل به دلیل قیمت بالای آن میسر نبود.

پیشرفت‌هایی که منجر به استفاده صنعتی تنگستن شد در ۱۸۹۰ با تولید WC توسط مرسان (H. Morssan) آغاز گردید.

استفاده روز افزون فلزات سخت در صنعت استیل و معدن (تولید انرژی) منجر به افزایش تقاضای تنگستن گردید. به سبب عدم قطعیت وجود منابع تنگستن در شرایط بحرانی و افزایش استفاده مواد متشکله از تنگستن در صنایع نظامی (فلزات سخت، فلزات سنگین تنگستن دار) این عنصر از اهمیت استراتژیک برخوردار گردید.

پیشرفت‌های بعدی بر روی ترکیبات تنگستن تنها نتیجه توسعه و گسترش تحقیقات اولیه در مورد تولید فلز تنگستن و ترکیبات آن بود. ترکیبات تنگستن مثلاً بعنوان ترکیب فعال در کاتالیست ها دارای اهمیت روز افزون می باشند.

افزایش پیوسته تقاضا تا سال ۱۹۸۰ منجر به پی جویی های پایدار و ایجاد معادن و کارخانه های فرآوری گردید. اگر چه بدلیل کاهش قیمت و تقاضا تعداد زیادی از معادن از سال ۱۹۸۵ بخصوص در کشورهای صنعتی بسته شده اند.

تنگستن از نظر اهمیت در رده دوم فلزات دیر گداز پس از مولیبدن قرار می‌گیرد با این وجود، این عنصر بعنوان مهمترین فلز دیر گداز در متالورژی پودر به کار برده می‌شود.

مورد استفاده جدیدتر تنگستن در تهیه کاربید تنگستن است که بعد از الماس به عنوان سخت‌ترین عامل برنده شناخته شده است. استفاده از رشته‌های تنگستن در لامپ‌های الکتریکی برای همه شناخته شده است. تنگستن همچنین در کنتاکت‌های الکتریکی، دستگاه‌های الکتریکی، رادیو، اشعه X، مواد رنگی، منسوجات، صفحات زره‌پوش، تفنگ‌ها و اسلحه‌های پرتابی نظیر خمپاره و گلوله مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مشخصات تنگستن

تنگستن به عنوان بیست و ششمین عنصر فراوان در پوسته زمین با فراوانی ٪ ۰,۰۰۵ می‌باشد. فلزی است نادر به رنگ خاکستری فولادی تا سفید قلعی(یاسفید-نقره ای)، با نمادW ،عدد اتمی ۸۲، وزن اتمی ۱۸۳/۹۲، وزن مخصوص ۱۹/۳۵ گرم بر سانتی متر مکعب، سختی ۷/۵ در مقیاس موس، دارای جلا، سنگین، بسیار سخت، نقطه جوش ۵۹۰۰ درجه سانتی گراد و نقطه ذوب ۳۴۱۰ درجه سانتی گراد.

تنگستن در گروه ۶(VI) جدول تناوبی به عنوان Transition Metals بوده و در دوره ۶ قرار دارد. تنگستن شعاع و بار یونی مشابه مولیبدن دارد و بدین علت این دو عنصر می توانند جانشین یکدیگر شوند. این فلز در حرارت معمولی و در شکل ناخالص، شکننده است. برخی از کانی های تنگستن دارای خاصیت مغناطیسی می باشند. عنصر فلز تنگستن بصورت ترکیبات ۴ یا ۶ ظرفیتی ظاهر می‌گردد که نوع ۶ ظرفیتی آن فراوانی بیشتری نسبت به ۴ ظرفیتی دارد و بطور عمده با کلسیم، آهن، منگنز و گاهی سرب، روی و آلومینیوم همراه است. در طبیعت ۲۰ کانی تنگستن یافت می‌گردد که اکثر آنها کمیاب است و تنها کانی شیلایت و ولفرامیت با فرمول های $CaWO_4$ و $(Mn/Fe)WO_4$ به عنوان کانی های اقتصادی تنگستن در طبیعت شناخته می‌شوند. ذخایر شناخته شده تنگستن دنیا حدود ۴ میلیون تن تخمین زده شده است که این میزان ذخیره با در نظر گرفتن میزان مصرف فعلی آن، برای ۱۰۰ سال آینده کفایت می‌کند.

۱ـ۱ـ نام و کد آیسیک محصول

متداول‌ترین طبقه‌بندی و دسته‌بندی در فعالیت‌های اقتصادی همان تقسیم‌بندی آیسیک است. تقسیم‌بندی آیسیک طبق تعریف عبارت است از: طبقه‌بندی و دسته‌بندی استاندارد بین‌المللی فعالیت‌های اقتصادی. این دسته‌بندی با توجه به نوع صنعت و محصول تولید شده به هریک کدهایی دو، چهار و هشت رقمی اختصاص داده می‌شود. کدهای آیسیک مرتبط با صنعت تولید تنگستن در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱): کدهای آیسیک مرتبط با صنعت هیدرومتالوژی تنگستن

ردیف	کد آیسیک	نام کالا
۱	ISIC Rev.۴ (draft) code ۰۷۲۹	صنایع تنگستن
۲	ISIC Rev.۳,۱ code ۱۳۲۰	صنایع تنگستن
۳	CPC Ver.۱,۱ code ۱۴۲۹۰	صنایع تنگستن

کدهای آیسیک مرتبط با صنعت تولید محصولات تنگستنی (Manufacturing)

ردیف	کد آیسیک	نام کالا
۱	ISIC Rev.۴ (draft) code ۲۴۲۰	صنایع تنگستن
۲	ISIC Rev.۳,۱ code ۲۷۲۰	صنایع تنگستن

۲ـ۱ـ شماره تعرفه گمرکی

در داد و ستدهای بین‌المللی جهت کدبندی کالا در امر صادرات و واردات و مبادلات تجاری و همچنین تعیین حقوق گمرکی و غیره از دو نوع طبقه‌بندی استفاده می‌شود که عبارت است از طبقه‌بندی و نامگذاری براساس بروکسل و طبقه‌بندی مرکز استاندارد و تجارت بین‌المللی بر همین اساس در مبادلات بازرگانی خارجی ایران طبقه‌بندی بروکسل جهت طبقه‌بندی کالاها استفاده می‌شود که در خصوص تنگستن در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): تعرفه‌های گمرکی مربوط به صنعت تنگستن

ردیف	شماره تعرفه گمرکی	نوع کالا	حقوق ورودی	SUQ
۱	۲۶۱۱ ۰۰ ۰۰	سنگ تنگستن و کنسانتره‌های آن	۴	Kg
۲	۸۱۰۱ ۱۰ ۰۰	پودر تنگستن (ولفرام) و مصنوعات از تنگستن، همچنین قراضه و ضایعات	۴	Kg
۳	۸۱۰۱ ۹۴ ۰۰	تنگستن به صورت کارنشده، همچنین میله‌هایی که صرفاً از طریق تفته‌کردن (Sintering) به دست آمده‌اند	۴	Kg
۴	۸۱۰۱ ۹۵ ۰۰	میله‌ها (Bars & Rods) غیر از آنهایی که صرفاً از طریق تفته‌کردن (Sintering) به دست آمده‌اند، پروفیل، صفحه، ورق، نوار و ورقه نازک (Foil)	۴	Kg
۵	۸۱۰۱ ۹۶ ۰۰	مفتول	۴	Kg
۶	۸۱۰۱ ۹۷ ۰۰	قراضه و ضایعات	۴	Kg

۳ـ۱ـ شرایط واردات

در ایران به دلیل عدم وجود تکنولوژی لازم جهت استحصال فلزتنگستن به صورت خالص، واردات تنها به صورت هایی خاص صورت می گیرد. این فلز به شکل های مختلف ساخته شده اعم از پودر و رشته و برخی ترکیبات به ایران وارد می‌شود. براساس اطلاعات مندرج در کتب مقررات و شرایط صادرات وزارت بازرگانی به واسطه نیاز شدید داخلی به ورود این ماده اولیه سود بازرگانی و حقوق گمرکی متعلق به آن ۱۵ می‌باشد. که مجموع سود بازرگانی و حقوق گمرکی می‌باشد.

جدول آمار واردات ایران شامل کلیه کالاهایی است که برای فروش یا مصرف یا تغییر شکل به منظور صدور، به کشور وارد و از گمرک ترخیص می‌گردد. کالاهایی در جداول آمار واردات کشور منظور می‌گردد که نحوه ورود آنها به یکی از طریق زیر باشد:

الف ـ انتقال ارز از طریق سیستم بانکی

ب ـ مبادلات مرزی
ج ـ واردات در مقابل صادرات
د ـ پایاپای قراردادی
ه ـ بدون انتقال ارز
و ـ پیله‌وری
ز ـ واردات از طریق بازارچه‌های مشترک مرزی

۴ـ۱ـ بررسی و ارائه استاندارد (ملی یا بین‌المللی)

سازمانی جهانی با نام ITIA: International Tungsten Industry Association بر تمامی فعالیت و استاندارد ها نظارت دارد.

جدول (۳): استانداردهای مرتبط با تنگستن

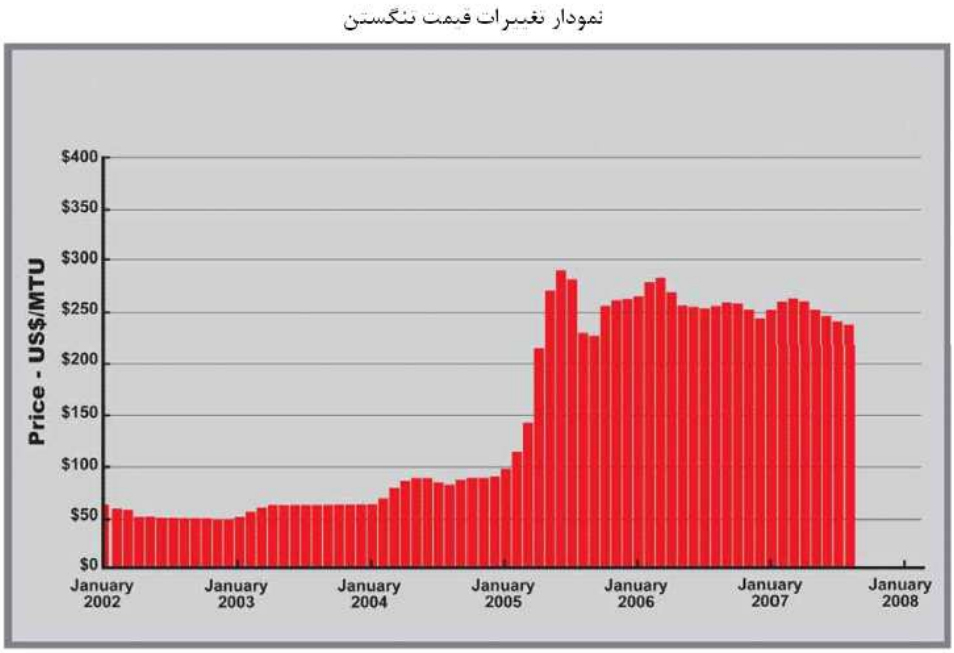
ردیف	شماره استاندارد	عنوان استاندارد	مرجع
	GB۱۰۱۱٦-۸۸	کیفیت پودر APT	http://ccne.mofcom.gov.cn
	GB٤۱۸۷-۸٤	رشته های تنگستنی	http://ccne.mofcom.gov.cn
	GB/T٤۱۸-۱۹۹۷	رشته های تنگستنی	http://ccne.mofcom.gov.cn
	GB۳٤٥۷-۸۲	کیفیت پودر WO_3	http://ccne.mofcom.gov.cn

۵ـ۱ـ بررسی و ارائه اطلاعات لازم در زمینه قیمت تولید داخلی و جهانی محصول

قیمت تنگستن و آمار منقول از آن معمولاً بر اساس WO_3 و یا و APT می‌باشد. قیمت تنگستن در واحد های "تنِ کوچک" حساب می‌گردد. هر تن کوچک در آمریکا معادل با ۲۰ پوند بوده و خودِ WO_3 حاوی ٪ ۷۹,۳ از تنگستن می‌باشد. بنا براین یک تن کوچک از WO_3، معادل ۲۰ پوند WO_3 و حاوی ۷,۱۹Kg تنگستن خالص (معادل با ۱۵,۸۶ پوند) است. واحد تنِ متریک که در تمام کشور های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد معادل ٪۱ از تن یا Kg ۱۰ می‌باشد که ۱ تنِ متریک از WO_3 حاوی ۷,۹۳ Kg از تنگستن خالص است(معادل با ۱۷,۴۸ پوند).

در داخل کشور تولید هیچ محصولی از شاخه تنگستن صورت نمی‌گیرد، از همین رو شاخصی هم برای آن موجود نیست. اما قیمت جهانی تنگستن و فرم های رایج خرید و فروش آن (پودرهای تنگستات)، قیمت آن ۲۵۰$/mtu یا به عبارتی ۲۵ $/Kg می‌باشد.

در نمودار زیر نحوه نوسان قیمت جهانی را در۶ سال گذشته مشاهده می‌شود.



شکل ۱-۱ نمودار تغییرات قیمت تنگستن

۶ـ۱ـ توضیح موارد مصرف و کاربرد

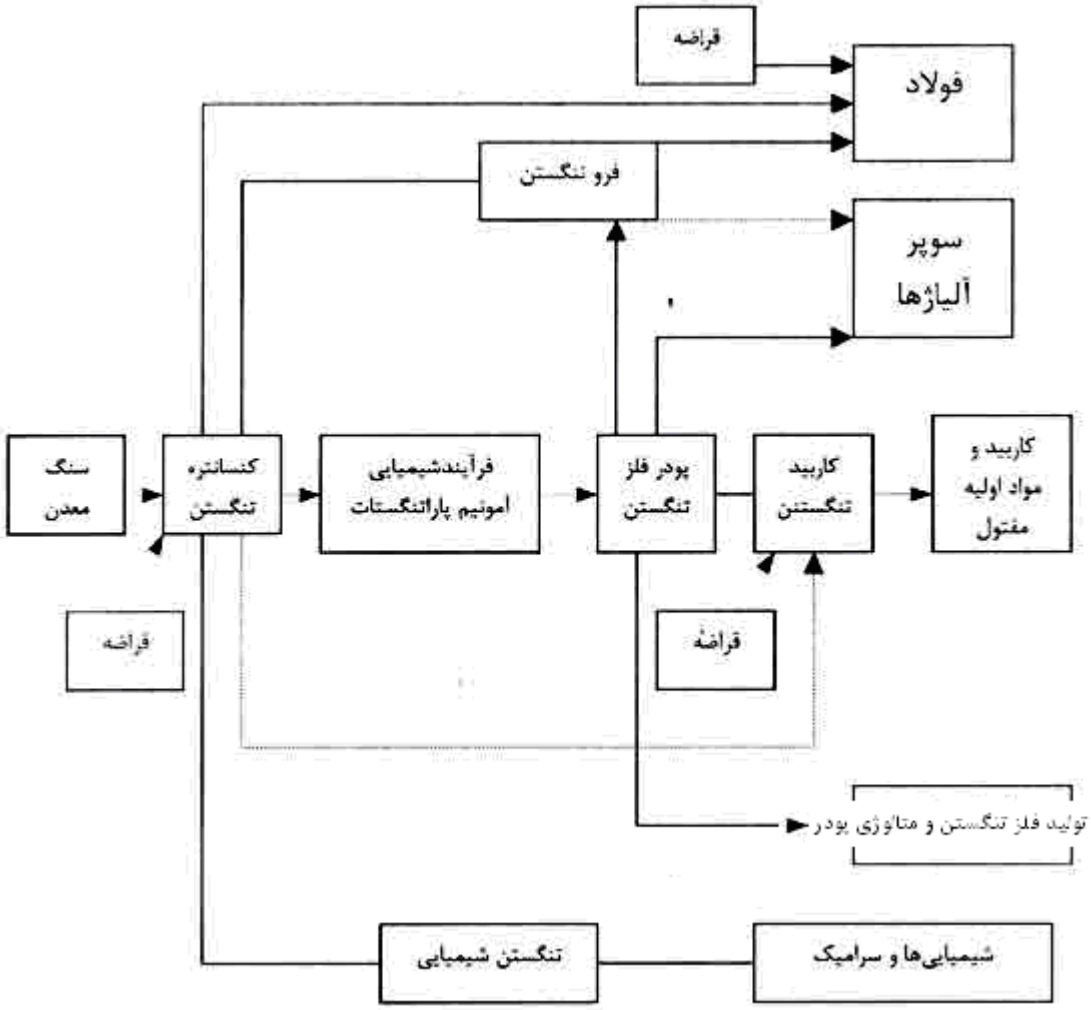
تنگستن دارای کارکردها و مصارف واقعاً گسترده و بعضاً غیروابسته‌ای می‌باشد و در طیف وسیعی از صنایع از فلزات سخت (خصوصاً کربید تنگستن) گرفته تا صنایع آسیا کاری فلزی کاربرد دارد. این موارد را می‌توان اجمالاً به شکل زیر دسته بندی نمود:

- فلزات سخت:
  - شامل محفظه ها، ابزارها، مته ها، پوشش ها وقالب ها، حفاری و...
  - جوشکاری، وسایل ورزشی، وسایل پزشکی، هوا و فضا، کانتکت‌های الکتریکی، تجهیزات نوری، نظامی و...
- فولاد و آلیاژهای خاص:

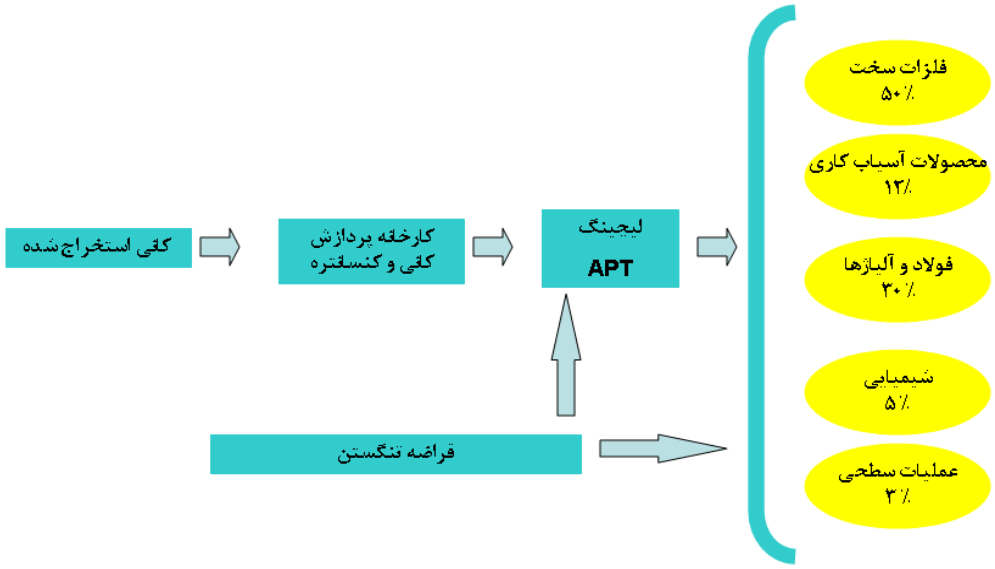
- فولادهای ابزار، فولادهای تندبُر، سوپرآلیاژها و...

- محصولات شیمیایی:
  - کاتالیزورها، رنگدانه ها،...
- عملیات سطحی:
  - سطوح بسیار مقاوم به سایش، پاشش حرارتی، قالب‌های روزن‌رانی، و...

در یک دسته بندی کلی حجم تولیدی تنگستن از کارخانه طبق فلوچارت زیر در انواع صنایع کاربرد دارد که در چارت بعد سهم هر دسته صنعت، تفکیک شده است.



شکل ۱-۲-خلاصه ای از فرآیند تولید محصولات تنگستن



شکل ۱-۳- زنجیره تقاضا برای محصولات تنگستن با میزان تخصیص

در کنار عناوین کلی بالا می‌توان صنایع کناری زیر را با بعضی توضیحات اضافه نمود:

صنایع هواپیمایی:
وزنه‌های تعادل دماغه هواپیما(W-Fe-Ni)، تیغه‌های توربین ($W-Re-ThO_2$) و فیبرهای (Hfc – Wre)

صنایع فضا پیمایی:
نازل‌های راکت (W,W-Ag)، راکتورهای هسته‌ای فضایی(W-Re)، تبدیل‌کننده‌های ترمویونیک (گرمایشی-یونی)، تنگستن منفذدار (W- Re, W, CVD)، موتورهای اطمینان فعالیت مجدد یونی (تنگستن منفذدار)، اجزاء ساختمانی (فیبر تنگستن – کمپوزیت‌های ماتریکس نیوبیوم تقویت شده، فرا آلیاژها)

صنایع تجهیزات نظامی:
گلوله‌های نفوذ کننده به زره پوش‌ها، جدار زره پوش‌ها، نارنجک‌های چند تکه، وزنه‌های تعادل در تانک‌ها، پرتاب‌کننده‌ها برای راکت‌های فضا به فضا، رادارهای گازی ($W-Fe-Ni, WCu, W-ThO_2$)

صنایع تکنولوژی لیزر:
کاتدها (تنگستن منفذدار، آلومینات باریوم)، اجزاء لیزرهای گازی (W-Cu) ترکیبات شناخته شده تنگستن-برم مانند (WBr_3، $WOBr_4$، WO_2Br_2، WBr_6، WBr_5 و WBr_4) که دارای اهمیت صنعتی نیستند.

ترکیبات شناخته شده تنگستن – ید (WI، WOI۴، WI۳، WIz، WOzIz، WOIz و WOzI) که بدون اهمیت صنعتی هستند.

صنایع کاتالیست ها:
تنگستن چه به شکل فلزی و چه بصورت ترکیبات متنوع بعنوان کاتالیست و یا اجزاء کاتالیست‌ها در تعداد زیادی از فرایندهای شیمیایی مورد استفاده دارد. این عنصر بصورت آلیاژ با Ni , CO یا Rh ، برخی اوقات بصورت سولفیدی و برخی اوقات به شکل حامل‌های اکسید آلومینیوم می‌تواند واکنش CO با HZ، واکنش‌های تصفیه با آب Hgdrotreating، شکستن با آب Hgdrocracking ، تشکیل مجدد و سولفور زدایی با آب را کاتالیز کند.

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

اشعه ایکس و پرتوافکنی، تکنولوژی پزشکی:
این فلز در تارگت‌ها توسط اشعه X شناسایی شده و به عنوان عناصر گرمایی برای کوره‌های الکتریکی استفاده می‌شود. آندها (W)، آندهای چرخشی(W-Re)، ظروف نگهداری مواد رادیواکتیو(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.

صنایع لعاب سرامیک:
صنایع دما بالا (ساختمان کوره، انرژی هسته ای، نیروگاه های گرمایشی) اجزاء ساختمانی(W)، دیوارهای راکتورهای هسته‌ای (W- Re- Hf, W-Re- ThO_2, W)، اجزاء ساختمانی در فضای پلاسما در تولید الکتریسیته مگنتوهیدرو دینامیک (W-Cu,W)، المنت‌های ترموکوپل (Wigraphite,WIMO,WIWRe) ، المنت های گرمایشی(W)، فلز زایی خلا و پلاسما، جوشکاری، خوردگی، جرقه‌ای، نازل‌های لوله ($W-ThO_2$)، الکترودها (W-Fe-NiMO) (WAg, $W-ThO_2$) ،. الکترودهای جوشکاری ,$W-ceO_2$,$W-LaO_2$,$W-ThO_2$) $W- ZrO_2$, $W- Y_2O_3$)

ماشین آلات و ساختمانهای موتوری:
وزنه های تعادل پروانه، وزنه های تعادل، وزنه های چرخ هواپیما و سایر وزنه ها بعنوان مثال در اتومبیل‌های مسابقات فرمول یک(W-Fe-Ni(Cu)
صنایع شیمیایی:

نمکهای حاوی تنگستن در صنایع شیمی و دباغی استفاده می‌شود. الکترودها، نازل‌ها، بوته‌های آزمایش (W-MO)
عمده‌ترین ترکیبات شیمیایی حاوی تنگستن به کار رفته شامل موارد زیر است:
AMT، APT، AMT، اسید تنگستیک، هگزا کلرو تنگستن، تنگستات سدیم، تنگستات کلسیم، برنزهای تنگستن‌دار

۷ـ۱ـ بررسی کالاهای جایگزینی و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر مصرف محصول

چنانچه به دنبال یافتن جایگزینی برای تنگستن در خارج از حیطه مواد خانواده خود آن باشیم، این توانایی و امکانات در هیچ ماده دیگری یافت نمی‌شود. به ویژه با توجه به آن دسته از خصوصیاتی که کاربرد تنگستن را منحصر به فرد کرده اند، نظیر دمای ذوب بسیار بالا، خواط نوری، سایشی و الکتریکی آن. اما چنانچه بخواهیم به جای داد و ستد مستقیم تنگستن به دیگر مواد این خانواده بپردازیم، بهترین گزینه که اتفاقاً رایج ترین آنها نیز بوده و بالای ۳/۴ تجارت تنگستن بدان صورت است، آمونیوم پارا تنگستات (APT) است که یکی از پودرهای حاوی تنگستن است. از دیگر گزینه‌های می‌توان به محصولات واسطه اکسید تنگستن آبی، اسید تنگستن و فروتنگستن با قیمت مشابه کنسانتره تنگستن اشاره نمود. این کالاها در ابتدای ورود به بازار (سال ۱۹۹۲) تاثیر چشم گیری بر قیمت تنگستن داشته و آن را کاهش دادند اما هم اکنون چنانچه ذکر شد اکثر مبادلات تنگستن بدین صورت است، از این رو تاثیر آن بر بازار مشخص است و در واقع قیمت‌های کنونی، قیمت های قوام یافته در اثر حضور آن در بازار هستند. در جدول زیر فرم کلی محصول ارائه شده در بازار و درصد آن در سال های مختلف دیده می‌شود.

جدول (۴) فرم کلی محصول ارائه شده در بازار و درصد آن در سال های مختلف

تجارت جهانی در سال :	۲۰۰۶	۱۹۹۶	۱۹۸۶
کنسانتره:	٪ ۱۲	٪ ۲۹	٪ ۸۴
محصولات میانی	٪ ۸۸	٪ ۷۱	٪ ۱۶

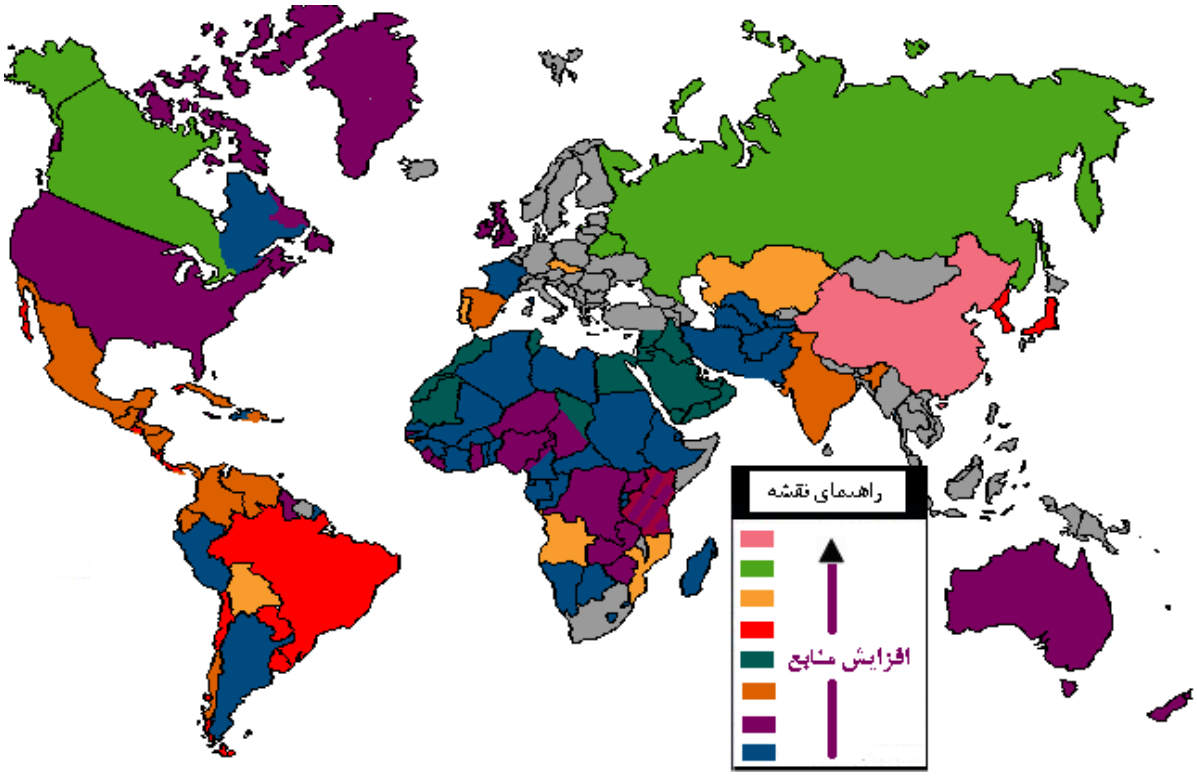
۸ـ۱ـ اهمیت استراتژیکی کالا در دنیای امروز

از لحاظ استرتژیک این کالا با نوعی تجمع عمده ذخائر در محدوده‌ای خاص، حائز معادلاتی خاص و ارزشی روانی علاوه بر منافع اقتصادی خود می‌باشد. با نگاهی به مصارف آن به سرعت مشخص می‌شود که صنایع نظامی در کنار صنایع روشنایی (لامپ های رشته ای) و صنایع فولاد، عمده تغذیه شوندگان به وسیله این ماده هستند که همه از اهمیت فوق العاده ای برخوردارند. وابستگی دوجانبه صنایع نظامی و تنگستن در

حدی است که در دهه ۹۰ با فروپاشی شوروی و پایان جنگ سرد، ناگهان مصرف این فلز به شدت کاهش یافت و بسیاری از کارخانه مشتری برای کالای خود نمی یافتند. بدین ترتیب قیمت‌ها تا بیش از ۱۰ برابر کاهش یافت. هم اکنون نیز با توجه به سیاست‌های ستیزه جویانه قدرت‌های جهان، احساس نیاز به این فلز قوت گرفته و قیمت آن برای مدتی است که سیر صعودی ثابتی را در پیش گرفته است. نگاهی اجمالی به نمودارهای بخش عرضه و تقاضا نیز با هویدا ساختن شکاف تامین، به خوبی بر اهمیت حیاتی برخورداری از صنایع فراوری چنین ماده‌ای صحه می‌گذارند.

۹ـ۱ـ کشورهای عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول (حتی‌الامکان سهم تولید یا مصرف ذکر شود)

تولید محصولات تنگستن در نخستین گام خود به عنوان پیش شرطی اساسی، فاکتور منابع طبیعی را با دنبال خود یدک می کشد. همین نکته کافی ست تا با نگاهی مختصر به نقشه پراکندگی معادن جهان، به میزان تولید آن هم پی برد. بیشترین سهم در آن، از آن چین بوده است.

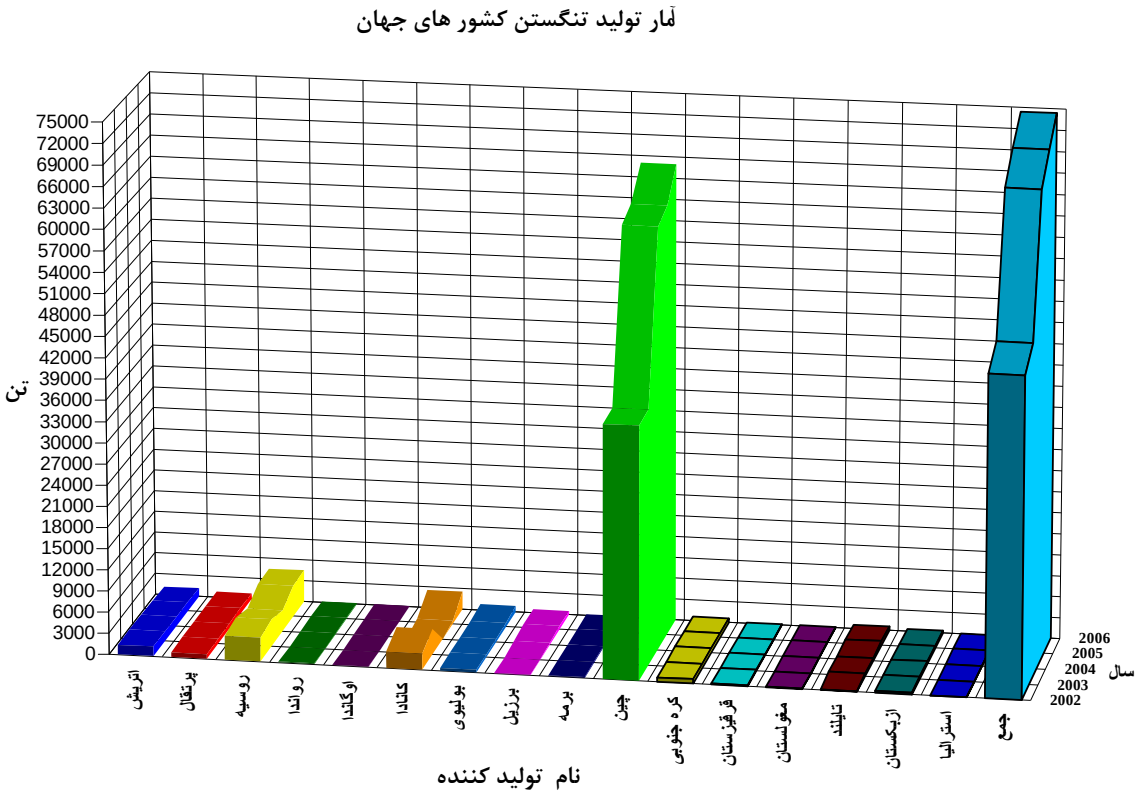


شکل ۱-۴- پخشی منابع تنگستن در جهان

در جداول زیر نیز با توجه به نقشه با لا می‌توان سطح تولید کشور های مطرح را با هم مقایسه نمود:

جدول (۵): کشورهای عمده تولیدکننده تنگستن

ردیف	نام کشور	نوع تولیدات	مقدار تولید ۲۰۰۶ (تن)	سهم جهانی تولید (درصد)
۱	اتریش	انواع کانی‌های تنگستن	۱۱۵۳	۱,۵۵
۲	پرتغال	انواع کانه و کنسانتره	۷۸۰	.۱
۳	روسیه	انواع کانه و کنسانتره	۴۵۰۰	۶,۰۵
۴	رواندا	انواع کانی‌های تنگستن	۱۲۰	۰,۱۶
۵	اوگاندا	انواع کانی‌های تنگستن	۷۵	۰,۱۰
۶	کانادا	انواع کانی‌های تنگستن	۲۵۶۱	۳,۴۴
۷	بولیوی	انواع کانه و کنسانتره	۸۷۰	۱,۱۷
۸	برزیل	انواع کانی‌های تنگستن	۵۲۵	۰,۷۰
۹	برمه	انواع کانی‌های تنگستن	۱۷۰	۰,۲۳
۱۰	چین	انواع کانی‌های تنگستن، کنسانتره، WC، شیمیایی، فولاد	۶۵۰۰۰	۸۷,۳۶
۱۱	کره جنوبی	انواع کانی‌های تنگستن	۶۰۰	۰,۸۰
۱۲	قرقیزستان	انواع کانی‌های تنگستن	۱۰۰	۰,۱۳
۱۳	مغولستان	انواع کانی‌های تنگستن	۸۵	۰,۱۱
۱۴	تایلند	انواع کانه و کنسانتره	۵۴۶	۰,۷۳
۱۵	ازبکستان	انواع کانی‌های تنگستن	۳۰۰	۰,۴۰
۱۶	استرالیا	انواع کانی‌های تنگستن	۱۳	۰,۰۲
۱۷	مجموع	انواع محصولات	۷۴۴۰۰	۱۰۰

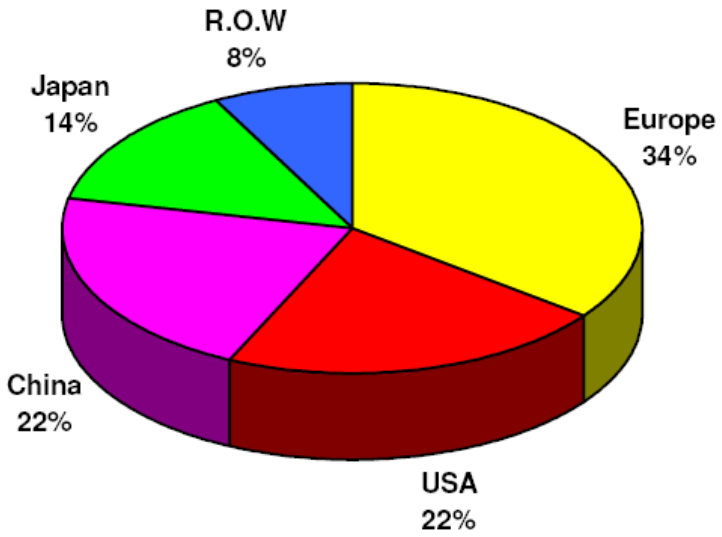


شکل ۱-۵- نمودار تولید تنگستن کشور های جهان

مصرف تنگستن عمدتا به دو فاکتور صنعتی و جغرافیایی وابسته است. مصارف عمده که به استفاده نظامی، فولادهای دمای بالا، ازارهای برش، و صنایع نوری معطوف است و مناطق عمده ذخائر تنگستن که در چین، اروپا و آمریکای شمالی متمرکزند، رده بندی میزان مصرف را به شکل زیر رقم زده اند:

جدول (۶): کشورهای عمده مصرف کننده تنگستن

ردیف	نام کشور	عنوان محصول	مقدار صرف	سهم جهانی مصرف سال ۲۰۰۶(درصد)
۱	چین	پودر، WC، شیمیایی، فولاد	۲۷۵۴۰	۲۲
۲	آمریکا	پودر های WC، فولاد	۲۷۵۴۰	۲۲
۳	اروپا	شیمیایی، فولاد	۴۲۵۶۰	۳۴
	ژاپن	شیمیایی، فولاد	۱۷۵۲۵	۱۴
	دیگر کشورهای آسیایی (کره و تایوان و...)	پودر، محصول میانی	۱۰۰۰۰	۸



شکل ۱-۶- نمودار مصرف جهانی

طبق بررسی ها میزان کنونی مصرف محصولات تنگستن در جهان ۸۱۲۰۰ تن در سال است (به معنی ۵۹۸۰۰ تن تنگستن خالص) که تا سال ۲۰۱۲ این میزان به ۱۰۹۳۲۸تن (به معنی ۸۱۹۹۶ تن تنگستن خالص) خواهد رسید. از دیگر کشور های پر مصرف می‌توان به روسیه، کانادا و برخی کشور های شرقی نظیر ویتنام اشاره نمود.

ـ شرکت‌های داخلی عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول

مصرف تنگستن در ایران در تهیه فولاد های آلیاژی و به مقدار بسیار کم در تهیه جوش های کاربیدی و تهیه لامپ می‌باشد. در حال حاضر معدن فعال تنگستن در کشورمان وجود ندارد و بنابراین تولیدی نیز صورت نمی گیرد و تمام نیاز صنایع مصرف کننده از طریق واردات تأمین می‌شود. یکی از مصارف عمده فلز تنگستن در کشور ساخت المنت انواع لامپ است. ظرفیت تولید انواع لامپ براساس آمار وزارت صنایع در سال ۱۳۷۵ بالغ بر ۸۸,۵۹۲,۰۰۰ عدد لامپ است که با توجه به شاخص های رشد مصرف ، این عدد تا سال ۸۶ باید به حدود ۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰ رسیده باشد. بدین ترتیب با متوسط مصرف ۳۵ میلی گرم تنگستن برای هر لامپ، مصرف تنگستن برای انواع لامپ ها باید قریب به ۵,۵ تن بوده باشد. صنایع نظامی عمده ترین مصرف کننده سال های اخیر این فلز می‌باشد مه با توجه به چشم انداز و در راستای تبدیل به قدرت منطقه، از مصرف کنندگان این فلز در صنایع ساخت موشک، انواع فشنگ‌ها، ماشین‌های زرهی و... می‌باشد. در انتها نیز می‌توان به صنایع فولاد سازی ایان اشاره نمود.

جدول (۷): برخی مصرف‌کنندگان عمده تنگستن در ایران

ردیف	نام کارخانه	نوع تولیدات	محل کارخانه
۱	صایع دفاع	موشک، انواع فشنگ‌ها، ماشین‌های زرهی	پراکنده
۲	لامپ افروغ	لامپ	استان خراسان، مشهد، کیلومتر۱۴جاده کلات، شهرک صنعتی مشهد
۳	لامپ پارس شهاب	لامپ	استان گیلان، رشت، روبروی مصلا
۴	لامپ افراتاب	لامپ	کرج - کرج - جاده قدیم قزوین - سه راه سهیلیه - خ. گل ماکیان
۵	لامپ نور	لامپ	استان مرکزی، ساوه، شهر صنعتی کاوه، خیابان پنجم
۶	شرکت فولاد آلیاژی ایران	فولاد های آلیاژی	یزد
۷	شرکت فولاد مبارکه	فولاد های آلیاژی	اصفهان، مبارکه، شرکت فولاد مبارکه اصفهان

۱۰ـ۱ـ شرایط صادرات

به دلیل عدم تولید تنگستن در ایران، نبود تکنولوژی کافی جهت فرآوری کانه تنگستن، پایین بودن عیار معادن ایران و عدم شناخت کانی از پتانسیل‌های معدنی تنگستن ایران هیچ گونه صادراتی از تنگستن صورت نمی‌گیرد.

آمار صادرات ایران شامل صدور قطعی کلیه کالاهایی است که در داخل کشور تولید شده و یا به صورت مواد اولیه و یا کالای نیمه ساخته یا قطعات جداگانه به کشور وارد و پس از تغییر شکل یا مونتاژ به طور قطعی صادر شده است. کالاهایی در جداول آمار صادرات کشور منظور می‌گردد که نحوه صدور آن به یکی از طریق زیر باشد:

الف ـ با انتقال ارز از طریق سیستم بانکی

ب ـ مبادلات مرزی

ج ـ صادرات قبل از اقدام به واردات یا صادرات قطعی

د ـ پایاپای قراردادی

ه ـ پیله‌وری

و ـ صادرات از طریق بازارچه‌های مشترک

حاصل بررسی مدارک موجود در گمرک ایران عدم وجود صادرات محصولات تنگستن را حداقل طی سالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۵ تأیید می‌کند.

۲ـ وضعیت عرضه و تقاضا

در زمان جنگ سرد، اهمیت استراتژیک و افزایش تقاضای تنگستن منجر به افزایش قیمت شد بیشترین قیمت تنگستن در سال ۱۹۷۷ رخ داد که بدلیل افزایش مصرف این عنصر بود. همزمان باتوسعه مصرف این عنصر، معدنکاری تنگستن از کشورهای در حال توسعه به کشورهای صنعتی نقل مکان کرد. علت این امر در دست داشتن پشتوانه قابل اطمینان از این فلز در شرایط بحرانی بود. در سال ۱۹۷۰ در حدود ۴۹ درصد تولید تنگستن در اختیار کشورهای صنعتی غربی بود. در حالی که در سال ۱۹۸۰ میزان تولید این کشورها به ۵۸ درصد افزایش یافت و برای سال ۱۹۹۰ این میزان تا ۶۹ درصد پیش بینی می شد. البته این پیش بینی بعلت افزایش پیوسته سهم تولیدی چین هرگز به تحقق نرسید.

شرایطی که منجر به عدم کار آمدی سیستم کنترل قیمت شدند عبارتند از :

تا سال ۱۹۷۷ چین که تا مدت زیادی مهمترین صادر کننده تنگستن بود، نسبت به قیمت محصولات خود از حساسیت بالایی برخوردار بود و این قیمت توسط دولتمردان آن کشور تعیین می شد، پس از خصوصی سازی اقتصادی) لیبرالیسم تجاری در چین، تولیدکنندگان تنگستن در این کشور تلاش کردند با تعیین قیمت های پایین تر، مستقیما ارز خارجی به دست آورند. رقابت داخلی تولیدکنندگان چین منجر به کاهش پیوسته قیمت گردید .

به دنبال کاهش تولید تنگستن، از اواخر دهه ۱۹۸۰ اختلاف زیادی بین تولید و مصرف این فلز در دنیا ایجاد شده است که در سال های اخیر به وسیله استفاده از ذخایر دنیا به خصوص ذخایر کشور روسیه این اختلاف کاسته شده است.

عرضه تنگستن در دنیا به ویژه در کوتاه مدت به میزان تولید کشور چین و همچنین میزان استفاده و آزاد سازی ذخایر روسیه و امریکا بستگی دارد. چین با عرضه ۷۰ ٪ از کل نیاز دنیا نقش اصلی و تعیین کننده در صنعت قلع دارد و پیش بینی عرضه تنگستن در دنیا به شدت وابسته به وضعیت چین دارد.

یکی از دلایلی که نرخ تقاضای تنگستن اولیه را در سال های آتی محدود نگه خواهد داشت، میزان استفاده از محصول بازیابی ضایعات این فلز می‌باشد.

برخی تخمین ها بیانگر این است که مصرف تنگستن بازیافتی در برخی از کشورها % ۳۰ مصرف تنگستن اولیه است و در مواقع بالا بودن قیمت تنگستن اولیه، اشتیاق استفاده از تنگستن ثانویه افزایش می یابد و این امر ممکن است در سال های آتی بر روی رشد مصرف مواد اولیه تأثیر بگذارد.

یکی از موارد امید بخش در مورد رشد مصرف تنگستن، استفاده از این فلز در صنایع نظامی و موشکی و تسلیحات هسته ای است.

به علت این که محصولات واسطه ای با درجه خلوص بالا مانندAPT ، اکسید تنگستن آبی، اسید تنگستن و فروتنگستن با قیمت مشابه کنسانتره تنگستن عرضه می شد،کاهش قیمت تنگستن شدیدتر شد. در انتهای ۱۹۹۳ قیمت APT با درجه خلوص بالا به حدی پایین بود که حتی تولیدکنندگان چینی از فروش این محصول سودی عایدشان نمی شد. کاهش شدید تقاضا که از ۱۹۹۰ آغاز شد منجر به کاهش قیمت تنگستن

گردید. علت کاهش تقاضا عقب نشینی عمومی، فروپاشی دنیای کمونیستی و در نتیجه رکود صنایع نظامی بود.

قیمت پایین تنگستن و این واقعیت که بین کنسانتره فلزی و محصولات حد واسط تفاوت قیمتی نبود تقریباً منجر به بسته شدن تمام معادن تنگستن و صنایع همراه آنها در آمریکای شمالی، اروپا، کره جنوبی و استرالیا گردید. در نتیجه نه تنها سهم تولید چین افزایش یافت، بلکه ترکیب محصولات نیز تغییر یافت. چین در سالهای ابتدایی دهه ۸۰ تولیدکننده انحصاری کنسانتره تنگستن بود در حالی که اکنون بزرگترین تولیدکننده محصولات حد واسط با درجه خلوص بالا می‌باشد. بدین ترتیب هیچ کدام از پیش بینی ها در مورد تولید تنگستن بوقوع نپیوست منجمله: رشد سالانه ۴ درصدی، بازشدن معادن جدید، تغییر مکان معدنکاری تنگستن به کشورهای صنعتی، خود کفایی و... تقاضای جهانی تنگستن به شدت کاهش یافته است، چین بزرگترین تهیه کننده تنگستن است.

میزان صادرات کانه و کنسانتره تنگستن درسالهای ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۲ همراه با نوسان بوده است. میزان کل صادرات این محصول درسال ۱۹۹۳، ۷۷۳۷ تن بوده است که پس از دوران افت قیمت اوایل دهه ۱۹۹۰، قیمت تنگستن مجدداً ازسال ۱۹۹۳ رو به فزونی نهاد و با رشدی سریع درسال ۱۹۹۵، به ۱۵۶۰۰ تن رسید. مجدداً این محصول رو به کاهش نهاده و درسال ۲۰۰۲ به ۴۹۱۱ تن رسیده است، که این کاهش مجدد به دلایل بحران آسیا درسالهای ۱۹۹۷ و ۱۹۹۸ و همچنین تمایل کشورهای صادرکننده کنسانتره قلع به تولید قلع خالص و ایجاد ارزش افزوده بیشتر محصول بوده است.

صادرات تنگستن آمریکای جنوبی پس از متوقف شدن فعالیت معدنکاری در پرو و کاهش ظرفیت تولید معادن در بولیوی کاهش یافته است. میزان صادرات کنسانتره تنگستن پرتقال پس از اینکه درسال ۱۹۹۷ به ۱۸۸۸ تن رسید با داشتن روندی نزولی درسال ۲۰۰۲ تا ۵۸۸ تن کاهش یافته است. سهم صادرات کانه و کنسانتره تنگستن از کل تولید این محصول در دهه ۱۹۹۰ درسال ۱۹۹۳، ۲۵ درصد بوده و سپس با طی روندی صعودی درسال ۱۹۹۷ به حدود ۴۶ درصد افزایش یافته، در ادامه این سهم درسال ۲۰۰۲ تا حدود ۱۱ درصد کاهش یافته است. دراین سالها میزان صادرات اکثر کشورها روندی نزولی داشته است.

در سال ۱۹۹۹ دولت چین مجددا برای کنترل بیشتر صنعت تنگستن بوسیله محدود کردن سهم صادرات و همچنین تنظیم هزینه تولید در حدی که تولید کنندگان کنسانتره تنگستن و اکسید تنگستن قادر به فروش محصولات خود نباشند، تلاش کرد. این امر موجب کاهش بسیار زیادی در صادرات این محصولات گردید و این در حالی است که صادرات فلز خالص تنگستن هنوز درصدر جدول صادر کنندگان می‌باشد. در جهان اختلاف زیادی بین کشورهای تولید کننده محصولات و کنسانتره تنگستن با کشورهای تولید کننده فلز خالص تنگستن وجود دارد و این اختلاف به میزان زیادی به اطلاعات روز، تجربه و دقت فراوان احتیاج دارد. از این نظر کشورهای صادر کننده فلز تنگستن به ترتیب میزان صادرات شامل چین، آمریکا، آلمان، ژاپن و انگلستان می‌باشد.

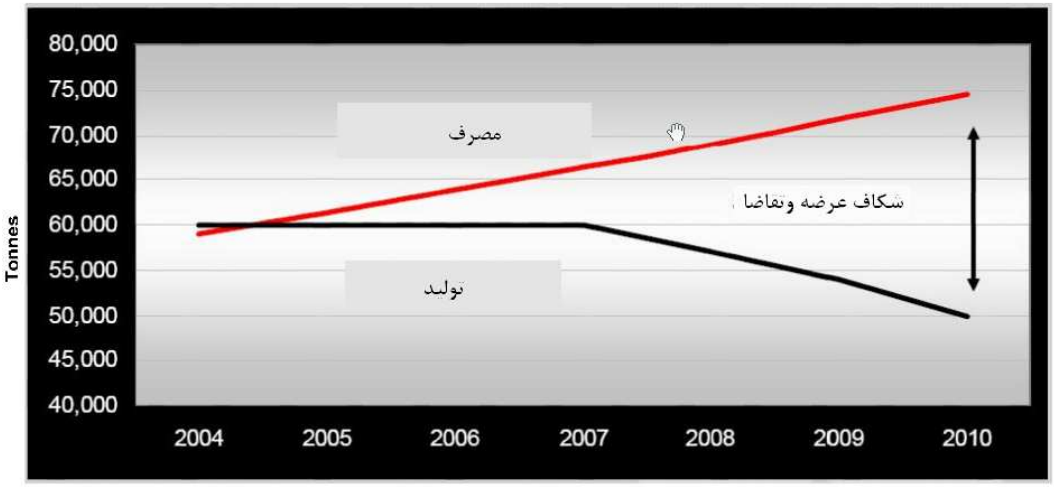
پتانسیل دیگر جهت استفاده سوپرآلیاژهای تنگستن، استفاده از این آلیاژها به جای گلوله های سربی است. براساس آمار ارائه شده در سال ۱۹۹۹ بیش از یک میلیون گلوله تنگستن ساخته شده است که این مقدار در سال ۲۰۰۰ به ۵ تا ۱۰ میلیون عدد افزایش یافت و پیش بینی می‌شود این رقم در سال آینده به حدود ۲۰۰ میلیون گلوله در سال برسد. میزان مصرف تنگستن در ساخت گلوله در سال ۱۹۹۹ و ۲۰۰۱ به ترتیب ۳۰ و ۵۵۰۰ تن گزارش شده است.

در بازه زمانی ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۵ مصرف تنگستن در اروپا و آمریکای شمالی حدود ۲ درصد و در چین حدود ۹ درصد رشد داشته است.

با نزدیک شدن به زمان حال و بررسی مسایل پیش رو به نظر می رسد که اکثر صنایع وابسته به تنگستن در حال رشد باشند و همزمان با رشد اقتصاد منطقه ای، تقاضای این محصول نیز افزایش خواهد یافت. بر این مبنا پیش بینی می‌شود در اقتصاد های بزرگ غربی نظیر آمریکای شمالی و اروپا، میزان رشد در سطح ۲ الی ۳ درصد در سال باشد. این روند در کشور های آسیایی و شرقی مسلماً از سرعتی بالاتر برخوردار خواهد بود. رشد سال های اخیر چین حدود ۱۰ درصد بوده که پیش بینی می‌شود همچنان ادامه یابد.

	پیش بینی رشد	۲۰۰۳	۲۰۰۴	۲۰۰۵
مصرف				
اروپا	٪ ۲	۱۸۰۰۰	۱۸۳۶۰	۱۸۷۲۷
آمریکای شمالی	٪ ۲	۱۱۰۰۰	۱۱۲۲۰	۱۱۴۴۴
چین	٪ ۹	۱۱۰۰۰	۱۱۲۲۰	۱۱۴۴۴
ژاپن	٪ ۱	۷۰۰۰	۷۱۴۰	۷۲۸۳
R.O.W	٪ ۳	۴۰۰۰	۴۰۸۰	۴۱۶۲
جمع		۵۱۰۰۰	۵۲۰۲۰	۵۳۰۶۰
تولید جهانی		۴۹۲۴۵	۴۷۵۸۰	۴۷۵۸۰
شکاف عرضه و تقاضا		۱۷۵۵	۴۴۴۰	۵۴۸۰

اجمالا در خصوص آینده تنگستن باید گفت که مسلما در دهه آینده یک شکاف میان تقاضا و عرضه حداقل برای یک بازه پایدار یک دهه ای وجود دارد. با توجه به ذخایر بکر عمده در چین، کانادا، استرالیا، روسیه، و ویتنام، احتمالا معادن جدید در مکان این ذخایر حفر خواهد شد. هر چند همزمان، تقاضا نیز به شکل روزافزون بالا خواهد رفت و نمودار شکاف عرضه و تقاضا تا سال ۲۰۱۰ عمیقاً دهان باز خواهد نمود.



شکل ۱-۷- نمودار عرضه و تقاضا برای تنگستن

۱ـ۲ـ بررسی ظرفیت بهره‌برداری و روند تولید از آغاز برنامه سوم تا کنون و محل واحدها و تعداد آنها و سطح تکنولوژی واحدهای موجود، ظرفیت اسمی، ظرفیت عملی، علل عدم بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌ها، نام کشورها و شرکت‌های سازنده ماشین‌آلات مورد استفاده در تولید محصول

آمار و اطلاعات به‌دست آمده از مرکز آمار وزارت صنایع و معادن در خصوص ظرفیت واحدهای موجود و فعال تولید کننده تنگستن نشان از عدم تولید این محصول یا وابسته های آن در تمامی ایران دارد. هرچند فعالیت های اکتشافی از وجود برخی نواحی حاوی این کانی‌ها هر چند اندک نشان دارد. بر روی هیچ کدام از این واحد عملیات بهره برداری به منظور تنگستن صورت نگرفته و همچنان بکر می باشند.

اندیس‌ها و مناطق امیدبخش تنگستن به تفکیک جغرافیایی در ایران در زیر شرح داده می‌شوند:

الف: مناطق شرق ایران

•تنگستن چاه کلپ (شمال ده مسلم)

ـ موقعیت کانسار: ۱۰۰ کیلومتری در جنوب ـ جنوب خاور بیرجند

ـ پاراژنز: شیلیت ـ قلع ـ مس ـ سرب ـ روی ـ ژرمانیوم ـ تانتالیوم ـ مولیبدن ـ طلا ـ نقره و کادیسم

ـ سنگ میزبان: مرمر دولومیتی و شیستهای دگرگون شده سازند شمشک

ـ نوع کانی‌زایی: اسکارن

ـ عیار: ۰/۳ درصد

ـ ذخیره احتمالی: ۷۵,۰۰۰ تن

•شاهکوه

شاهکوه در فاصله ۲۱۰ کیلومتری جنوب بیرجند و ۳۵ کیلومتری خاور، جنوب خادی معدن قلعه زری واقع است.

موقعیت کانسار: شمال خاوری روستای رخنه

ـ تعداد رگه :۲۰

ـ عیار تنگستن: ۳۸۰ـ۱۰ گرم در تن

ج: مناطق ایران مرکزی

•تنگستن چاه‌پلنگی جنوبی:

این کانسار در ۷۰ کیلومتری جنوب خاوری بخش انارک از توابع استان اصفهان قرار دارد. منطقه چاه‌پلنگ در قسمتی از چین‌خوردگی کیمرین پسین که به زون چاه‌پلنگ معروف است قرار دارد و شامل سنگ‌های به شدت جابجا شده‌ای از مجموعهٔ رسوبات فلیتی ژوراسیک است. سنگ‌های نفوذی درمنطقه کمیاب بوده و به صورت دایک‌های گرانیت پورفیری دیده می‌شوند. کانی‌زایی تنگستن بیشتر به صورت ولفرامیت است.

•نظام‌آباد ـ بامسر ـ روشت:

ـ موقعیت: ۴ کیلومتری جنوب غربی روستای نظام‌آباد و در ۴۶ کیلومتری جنوب باختر شازند از توابع شهرستان ساوه

ـ سنگ درونگیر: توده نفوذی کوارتز دیوریتی

ـ سن: ژوراسیک

ـ شکل کانسار: رگه‌ای

ـ پاراژنز عنصری: مس، تنگستن، قلع، بیسموت

ـ تیپ کانسار: کوارتز، تورمالین، کلریت

ـ گانگ: تورمالین و کوارتز

ـ التراسیون: هیدروترمال

ـ عیار: ۰/۲۲ درصد

ـ ذخیره: ۸۰۰۰ تن

در منطقه نظام‌آباد کانی‌سازی محدود به مناطق نظام‌آباد (تونل اصلی در منطقه دره گرگ)، حسن‌آباد، روشت، بامسر، جعفرآباد، کمند حصار است که در هر کدام از این مناطق تونلهای اکتشافی و بهره‌برداری حفر شده است. کانی‌سازی محدود به دو منطقه نظام‌آباد و روشت می‌گردد. رخنمون توده نفوذی حسن‌آباد (نظام‌آباد) ۳ـ۲ کیلومتر مربع وسعت دارد. کانی شیلیت، کربنات‌های مس، آهک و فلوریت از داخل ترانشه‌ها و تونل بیرون ریخته شده است. ضخامت رگه‌های بین ۲ـ۰/۱ متر و متوسط آن یک متر است. عیار WO_3

در این معدن ۰/۱ تا ۰/۶ درصد و عیار مس ۱/۵ درصد می‌باشد. از نظر مشخصات اقتصادی این کانسار را کوچک محسوب می‌کنند.
معدن نظام‌آباد دارای سابقهٔ کار شدادی است. از این که در آن دوره چه نوع موادی استخراج شده است اطلاعاتی در دست نیست ولی احتمالاً برای استحصال مس کار شده است. کارهای اکتشافی و استخراجی دوره اخیر به منظور استخراج تنگستن صورت گرفته است. از این معدن در گذشته سالیانه حدود ۲۰۰۰ تن ماده معدنی استخراج می‌شده ولی درحال حاضر معدن فعال نیست.

د: مناطق غرب ایران:
•آستانه :
در ۵۰ کیلومتری جنوب باختر شهرستان اراک

ه : مناطق شمال غرب ایران
•معدن مس انجرد (مزرعه):
معدن مس انجرد (مزرعه) در منطقه آذربایجان شرقی واقع شده است و تیپ این معدن از نوع اسکارن است و در آن کانی‌های مگنتیت، کالکوپیریت، هماتیت، پیریت، برنیت، تترادیمیت، کولیت، شیلیت و ولفرامیت حضور دارند.

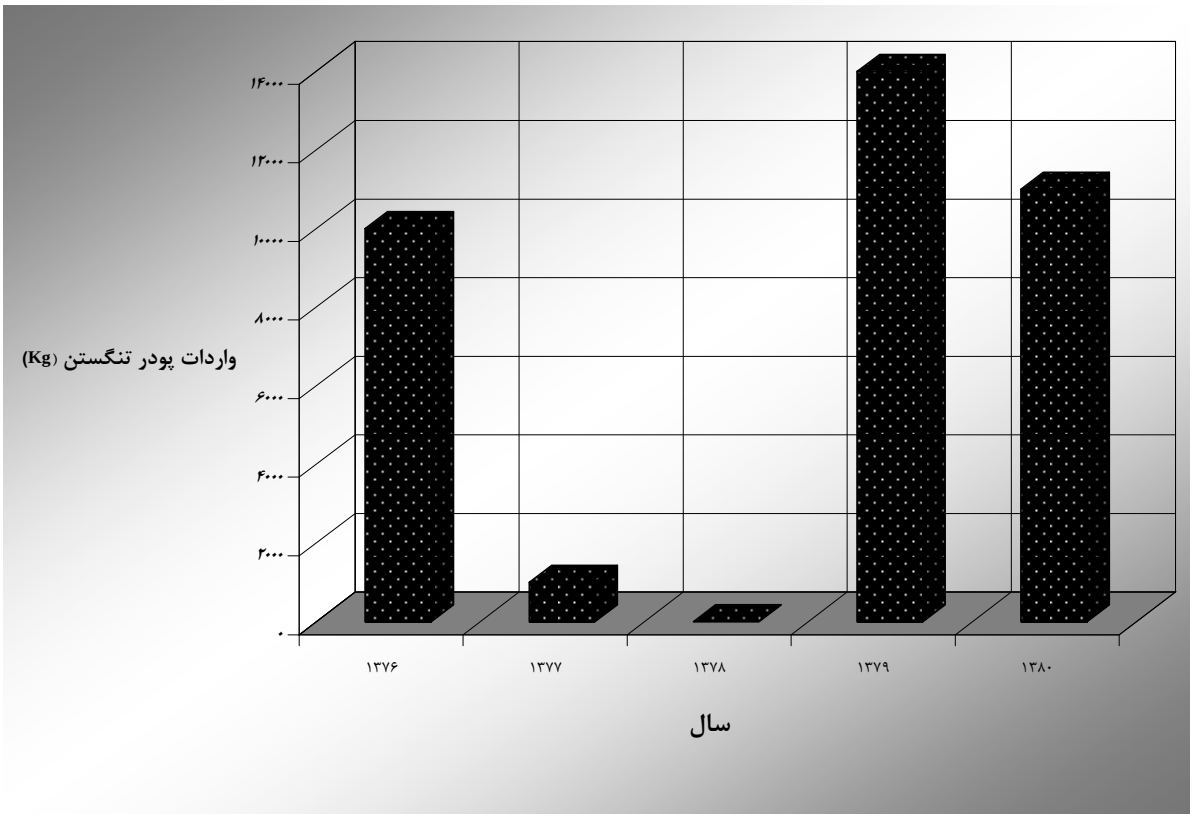
۲ـ۲ـ بررسی وضعیت طرح‌های جدید و طرح‌های توسعه در دست اجرا (از نظر تعداد، ظرفیت، محل اجراء، میزان پیشرفت فیزیکی و سطح تکنولوژی آنها و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده اعم از ارزی و ریالی و مابقی مورد نیاز)

در حال حاضر تعداد کارخانه هایی که در زمینه تولید تنگستن حتی ٪۵ پیشرفت داشته باشند صفر می‌باشد و هیچ نوع طرح یا برنامه‌ای مبنی بر احداث و یا راه اندازی کارخانه تولید تنگستن در برنامه دولت وجود ندارد.

۳ـ۲ـ بررسی روند واردات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۴ (چقدر از کجا)

جدول (۸) میزان واردات پودر تنگستن به ایران طی سالهای ۱۳۸۰-۱۳۷۶(Kg)

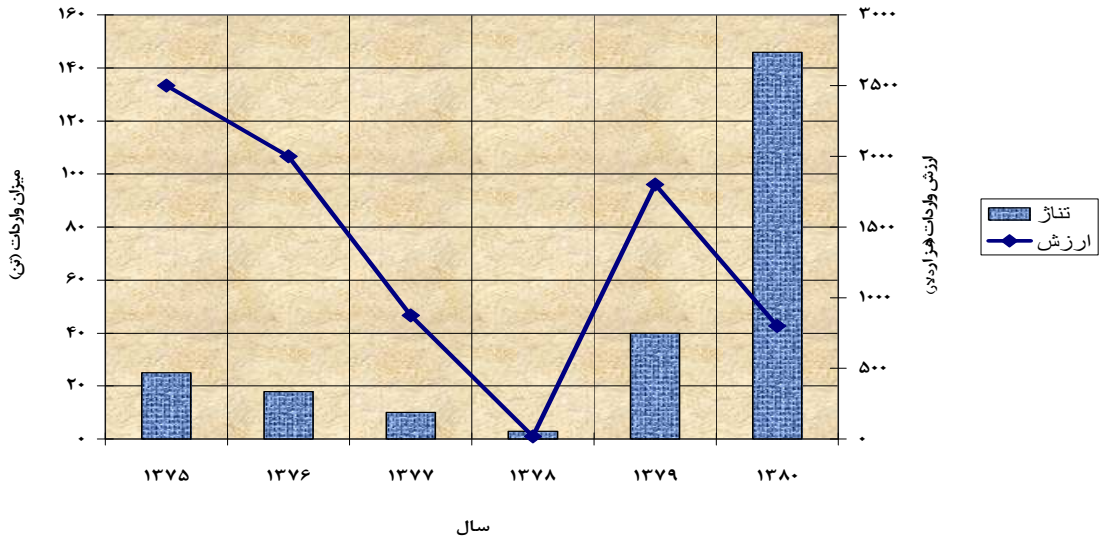
سال	۱۳۸۰	۱۳۷۹	۱۳۷۸	۱۳۷۷	۱۳۷۶
واردات	۱۱۶۲۲	۱۴۴۹۰	--	۱۵۵۸	۱۰۴۱۷



شکل ۲-۱- میزان واردات پودر تنگستن به ایران طی سالهای ۱۳۸۰-۱۳۷۶

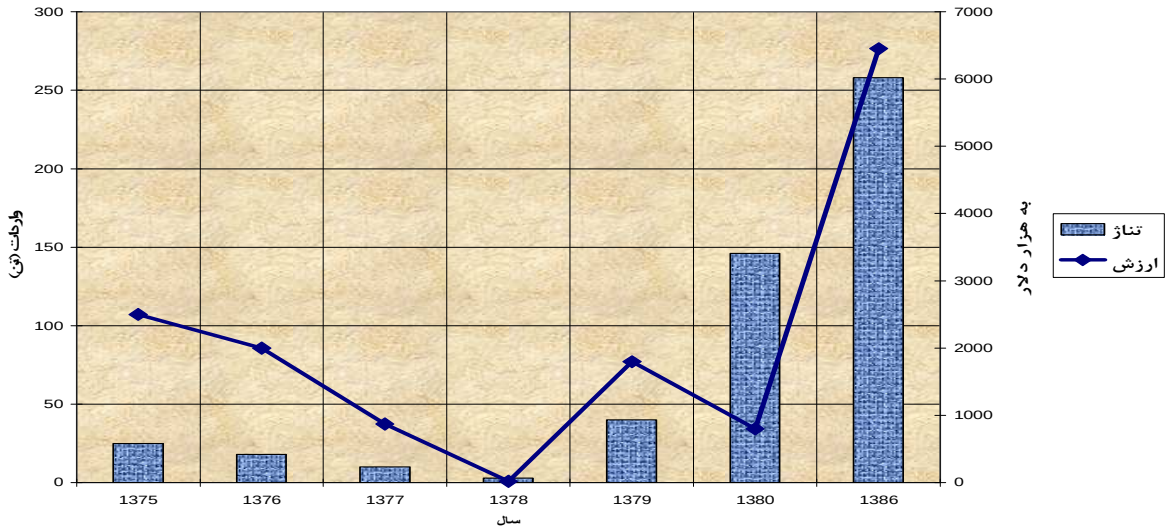
میزان واردات تنگستن در ایران طی نیمه دوم دهه اخیر(۸۶-۸۰) نیز همانند نیمه اول (شکل بالا راجع به سال‌های ۸۰-۷۵) از نرخ نوسان ثابتی برخوردار نبوده و به شدت از مقادیر بسیار بالا تا بسیار پایین جابجا شده که بخشی از آن ناشی از تغییرات جهانی (بحران اقتصادی دهه ۹۰ و یا تعطیلی کارخانجات فرومولیبدن ژاپن) و برخی ناشی از تحولات داخلی (تحت تحریم قرار گرفتن برخی اقلام) بوده است.

میزان واردات محصولات تنگستن ایران درسالهای ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۰ درشکل ۳۵ نشان داده شده است. درطی این سالها میزان واردات این محصولات از ۲۶/۵ تن به ۱۴۶/۹ تن افزایش یافته است که نشان‌دهنده رشدی معادل ۱۴ درصد درسال است. ارزش دلاری واردات این محصولات در همین دوره زمانی از ۲/۲ میلیون دلار به ۰/۸ میلیون دلار کاهش یافته است که نشان دهنده واردات محصولاتی با ارزش کمتر است.



شکل ۲-۲- میزان و ارزش واردات محصولات تنگستن ایران طی سال‌های ۱۳۸۰ـ۱۳۷۵

محصولات وارداتی تنگستن ایران درطول این سالها شامل پودر تنگستن، فروتنگستن و همچنین محصولات رشته‌ای و مفتولی تنگستن بوده است. میزان مبادلات کانه و کنسانتره تنگستن نیز حدود ۵ تن در سال است. می‌توان با یک پیگیری کلی و در نظر گرفتن نرخ ۱۰ درصدی که حاصل آمارهاست، به تقریبی از نرخ حاضر واردات که تقریباً ۲۵۰ تن انواع محصولات وابسته به تنگستن است دست یافت. حال با برون یابی و برازش دادن نمودار با داده ها به نمودار زیر می رسیم که مبرز وضعیت کنونی است.



شکل ۲-۳- پیش بینی میزان و ارزش واردات محصولات تنگستن ایران طی سال‌های تا سال ۸۶

برای میزان دقیق آمار واردات تنگستن به تفکیک سال، هیچ آمار دقیقی حتی در فهرست منتشر شده از سوی وزارت صنایع موجود نیست. اما استفاده از برون یابی، آماری بر حسب تن در اختیار ما می گذارد که با

در دست داشتن قیمت های جهانی در سال های گذشته، به یک آمار قیمتی منجر می‌شود. این آمار به قرار زیر است.

جدول (۹): آمار واردات کانه و کنسانتره وپودر و مواد شیمیای تنگستن در سال‌های اخیر

عنوان	سال ۱۳۸۱		سال ۱۳۸۲		سال ۱۳۸۳		سال ۱۳۸۴		سال ۱۳۸۵	
	وزن (تن)	ارزش (هزار دلار)	وزن (تن)	ارزش (هزار دلار)	وزن (تن)	ارزش (هزار دلار)	وزن (تن)	ارزش (هزار دلار)	وزن (تن)	ارزش (هزار دلار)
کانه و کنسانتره وپودر و مواد شیمیای	۱۶۰	۸۰۰	۱۷۵	۱۰۵۶	۱۹۳,۵	۱۵۴۸,۸	۲۱۳	۴۸۹۹	۲۳۰	۶۰۹۱,۸

وزن: تن ارزش: هزار دلار

عمده واردات ایران در زمینه تنگستن از چین صورت گرفته است.

۴ـ۲ـ بررسی روند مصرف از آغاز برنامه

همان طور که گفته شد در این زمینه در لیست آمار وزارت صنایع هیچ اطلاعاتی ثبت نشده، اما طبق محاسبات مذکور در بخش های قبل، این میزان احتمالاً بسیار نزدیک به جدول آمار واردات (جدول بالا) است.

۵ـ۲ـ بررسی روند صادرات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۴ و امکان توسعه آن (چقدر به کجا صادر شده است).

در برنامه سوم تا پایان سال ۸۴ و حتی پس از آن هیچ صادراتی در این زمینه انجام نشده است.

۶ـ۲ـ بررسی نیاز به محصول با اولویت صادرات تا پایان برنامه چهارم

با توجه به میزان صفر تولید فلز تنگستن در ایران واهمیت استراتژیک آن و نیز احتمال توسعه تحریم‌های اقتصادی ایران به این حوزه، گسترش این صنایع شدیداً محتاج بذل توجه و قرارگیری در اولویت می باشد. در حال حاضر با توجه به پیش بینی های موجود در زمینه مصرف و برون یابی های انجام شده، آمار تقریبی ۳۰۰ تن در سال برای مصرف در سال ۱۳۹۰ تخمین زده می شود که با توجه به کم احتمال بودن رسیدن به چنین میزانی از تولید، تا آن سال میزان صادرات کماکان صفر خواهد بود.

۳ـ بررسی اجمالی تکنولوژی و روش‌های تولید و عرضه محصول در کشور و مقایسه آن با دیگر کشورها

۳-۱- معدنکاوی و تقویت کانی‌ها

۳-۱-۱- معدنکاوی

معدن تنگستن در مقایسه با سایر معدن کوچکتر بوده و به ندرت با بیش از ۲۰۰۰ تن در سال تنگستن از کانسنگ‌هایی با عیار بین ۰/۲ درصد تا ۲ درصد (WO_3) تولید می‌نمایند. معدنکاوی غالباً به وسیله سایز کانی‌ها که زیاد بزرگ نیستند محدود می‌شود. روش pitmining ِ باز یک استثناست. این معادن اغلب دارای عمر بکوتاه بوده و سریعا به معدن زیرزمینی تبدیل می‌شوند. روش‌های معدنکاوی به وجه استثنایی نبوده و بنا بر ژئولوژی رسوب های کانی انتخاب می‌شوند.

۳-۱-۲- Ore Beneficiation

اکثر کانی‌های تنگستن به ندرت حاوی بیش از چندین دهم درصد از WO_3 هستند. از طرف دیگر کنسانتره‌های کانی‌ها در سطح جهانی باید غلظتی حدود ۶۵ الی ۷۵٪ ازWO_3 داشته باشند. از این رو حجم بسیار بالایی از سنگ و کلوخه‌های اولیه باید از معدن برداشت شود. این دلیلی است که چرا معمولا واحد تغلیظ سنگ معدن در کنار کارخانه (برای کاهش هزینه های حمل و نقل) احداث می‌شوند. کارخانه ایی که کنسانتره‌های ساخت خود را تحت پروسه قرار می‌دهند، از کنسانتره‌های کم عیار (۶ الی ۴۰٪) استفاده می‌کنند تا استهلاک (loss) کانی‌های تنگستن را که با افزایش عیار کنسانتره افزایش می یابد، کاهش دهند. نکته مهم دیگر در beneficiation امروز دور ریختن سنگ و کلوخه های اولیه ایست که مواد آن خارج شده که اگر تحت فلوتاسیون قرار گرفته باشند حاوی مواد شیمیایی نیز هستند. به ویژه در محیط هایی که قوانین زیست محیطی محکمی بر آن حکمفرماست دور ریختن این مواد در نزدیکی کارخانه امکان پذیر نیست و انتقال به نقاط دور دست ضروری می‌شود. بسته به شرایط معدن بازگردانی کلی یا جزیی این

نخاله‌ها به معدن امکان پذیر است. در راستای beneficiation ِ کانی، خواص مثبت کانی‌های تنگستن عبارتند از دانسیته ویژه بالا (شیلیت و ولفرامایت) و فرومغناطیسم (ولفرامایت).

با این نگاه، شکندگی آنها یک ویژگی منفی است که به از بین رفتن ذرات خیلی ریز در طی مراحل جداسازی منجر می‌شود.

در اساس، دو خاصیت اساسی کانی، تعیین کننده چارت کلی کارخانه کانه‌آرایی هستند:

۱- اندازه ذرات کانی تنگستن که تعیین کننده میزان شکست (disintegration) لازم برای آزاد سازی مواد حاوی تنگستن می‌باشد (در واقع liberation size).

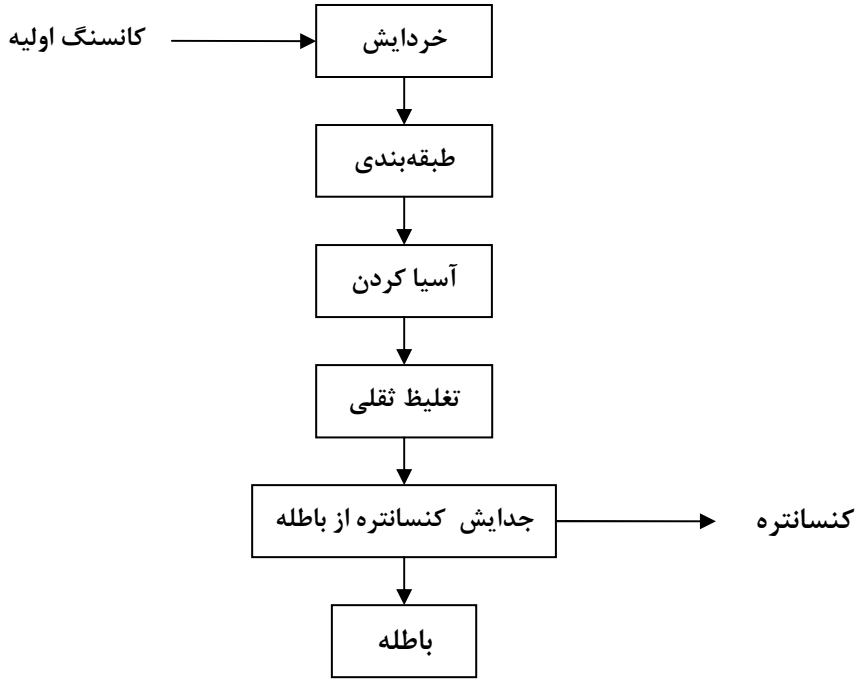
۲- گونه و غلظت کانی‌های زائد همراه کانی اصلی که باید جدا شوند تعیین کننده نوع و تعداد مراحل جداسازی است.

تقویت کانی شامل دو مرحله است: خردایش و تغلیظ. خردایش در ابتدا با crushing شروع می‌شود. تجهیزات لازم عبارتند از: jaw crusher و یا Impact crusher ها که در سیکلی بسته و با سرندهای ارتعاشی کار می‌کنند. مرحله دوم از خرد سازی، grinding است که توسط rodmill و یا ballmill ها در سیکلی بسته و همراه با classifiers انجام می‌شود.

برای تغلیظ (جدا کردن کانی‌های زائد) چندین روش قابل استفاده است که عمدتا به ترکیب سنگ معدن بستگی دارد. ازین روش‌ها عبارتند از ore sorting، gravity methods، magnetic separation، electrostatic separation.

غنی سازی کانی‌های تنگستن با استفاده از جاذبه از روش‌های کلاسیک است که متعاقب آن یک مرحله پاک سازی (cleaning) انجام می‌شود (شکل۳-۱). بازیابی به ویژگی های سنگ معدن وابسته می‌شود (به ویژه درجه آزادی) و معمولا بین ۶۰ تا ٪۸۵ تغییر می‌کند. بیشترین استهلاک در مرحله دوغاب است چراکه کانی‌های تنگستن شکننده ترین کانی‌های ممکن هستند. در مرحله cleaning برای مثال یک پروسه roast

می‌تواند انجام شود تا pyrite را به فرم مغناطیسی درآورد و به دنبال آن جداسازی مغناطیسی در کنار garnet وpyroxene انجام شود.



شکل۳-۱- غنی سازی کانی‌های تنگستن با استفاده از جاذبه از روش‌های کلاسیک

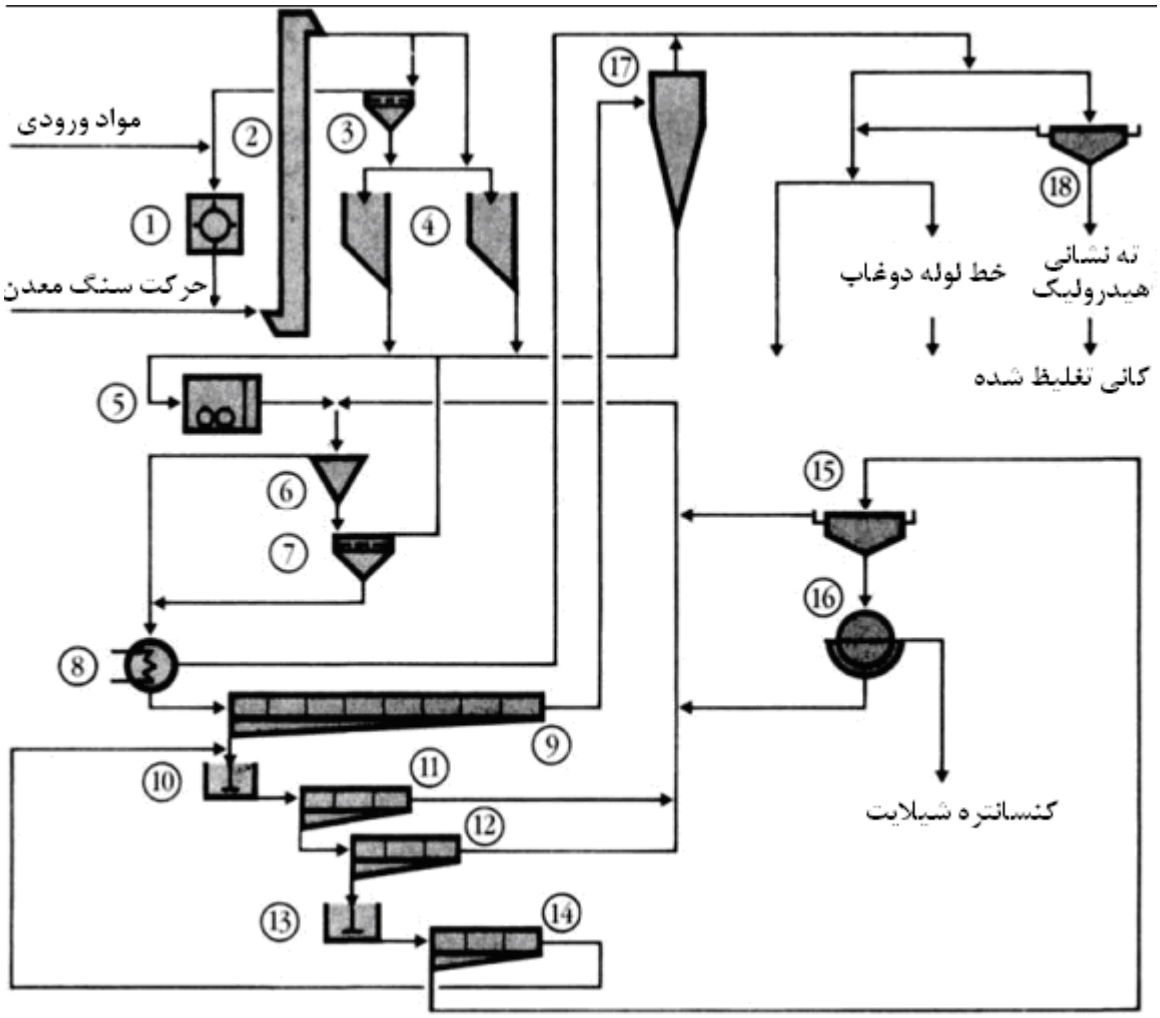
یک گام دیگر cleaning در حضور کانی‌های سولفیدی، فلوتاسیون سولفیدی است. روش‌های ثقلی هم برای شیلیت و هم برای ولفرامیت قابل بکارگیری هستند. تجهیزات رایج در این راستا عبارتند از مارپیچ ها، مخروط ها، میزها، و یک (sink-float).

برای بهینه کردن میزان محصول، تکنولوژی مدرن گام های زیر را به فرایند افزوده است:

پیش تغلیظ: این گام می‌تواند با sorting، استفاده از jig ها، یا استفاده از جدایش محیط سنگین حاصل گردد.

فلوتاسیون کامل: چنانچه کانی‌های تنگستن بسیار ریز باشند، حجم نهایی سنگِ معدنکاری شده می‌تواند تحت فلوتاسیون قرار گیرد.

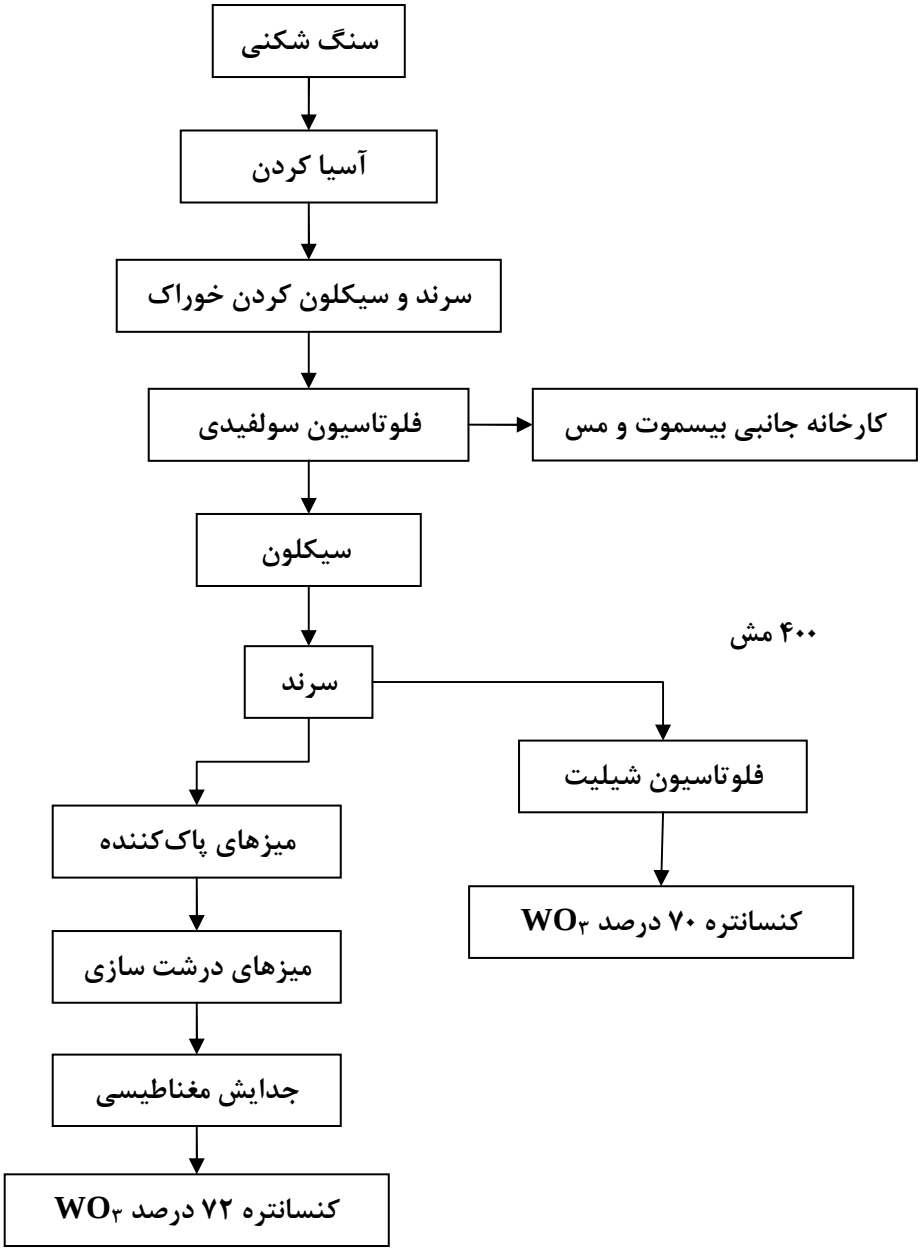
در شکل ۳-۲ نموداری شماتیک از کارخانه کانه‌آرایی را مشاهده می‌شود..



شکل ۳-۲- نمونه ای از یک کارخانه کانه آرایی شامل:

(۱) کراشر، (۲) آسانسور، (۳)سرند، (۴) سبدها، (۵) آسیا گلوله ای، (۶) کلاسیفایر مخروطی، (۷) آب زدایی، (۸) جدایش مغناطیسی، (۹) فلوتاسیون، (۱۰) کاندیشینر، (۱۱)پاک کننده اول، (۱۲) پاک کننده دوم، (۱۳) کاندیشینر، (۱۴) پاک کننده سوم، (۱۵) ته نشینی کنسانتره ها، (۱۶) فیلتر استوانه ای، (۱۷) هیدروسیکلون، (۱۸) ته نشینی هیدرولیک

سیکل‌های Scavenging : اینها ترکیبی از جدایش ثقلی و فلوتاسیون هستند که برای بازیابی استهلاک در دوغاب در روش‌های کلاسیک به کار می‌روند. یک نمودار ساده از مراحل این کارخانه در شکل ۳-۳ مشاهده می‌شود.



شکل۳-۳- فلوچارت ساده شده از مراحل ترکیب شده تغلیظ ثقلی و فلوتاسیون

چنانچه در نگاهی اجمالی به مهم‌ترین روش‌های متداول برای از بین بردن میزان ناخالصی‌های شیلیت و ولفرامیت اشاه شود؛ شرح آن بدین صورت خواهد بود:

الف ـ شیلیت

الف ـ۱ـ شستشو در اسیدکلریدریک در دو مرحله

ابتدا سنگ معدن کاملاً خرد می‌شود و سپس همراه با اسیدکلریدریک قوی به مدت ۷ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار می‌گیرد. برای از بین بردن ناخالصی‌ها، اسیدنیتریک به آن اضافه می‌شود. تفاله و لجن حاصل از اکسید تنگستن هیدراته و مواد غیرمحلول با آبهای اسید به خوبی شسته می‌شوند و سپس می‌توان آنها را جهت به دست‌آوردن اکسید تنگستن خالص فرآوری نمود.

الف ـ۲ـ استفاده از عمل شستشو با کربنات سدیم تحت فشار جهت فرآوری کنسانتره‌های عیار پایین در این روش که بیشتر در آمریکا استفاده می‌شود تنگستات سدیم به دست‌آمده به وسیله روش‌های معمولی فرآوری می‌شود.

ب ـ ولفرامیت

برای جداسازی ناخالصی ها، عمل تسویه با استفاده از سیستم کاهش هوا در درجه حرارتی حدود ۸۰۰ درجه سانتی‌گراد صورت می‌گیرد. این عمل باعث از بین رفتن هرگونه ناخالصی آرسنیدها و سولفیدهای موجود در کانسنگ می‌شود. سپس جهت تولید محصولات از سنگ معدن شیلیت و ولفرامیت که تحت پالایش مقدماتی قرار گرفته به یکی از روش‌های زیر عمل می‌شود:

ب ـ۱ـ شستشو با اسید

دراین روش برای تولید شیلیت با درجه خلوص بالا، مقادیر کمی مولیبدن و سایر عناصر ترکیبی دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند. محصول واسطه‌ای اسیدتنگستیک (H_2WO_4) است. پس از آن شیلیت به دست آمده به وسیله اسیدکلریدریک طبق رابطه زیر تجزیه می‌گردد:

$$CaCl_2 + H_2WO_4 \rightarrow CaWO_4 + 2\ HCl$$

کلریدکلسیم($CaCl_2$)،دراسیدکلریدریک حل می‌شود و اسید تنگستیک را می‌توان به وسیله عمل صاف کردن و شستشو جدا کرد.

ب ـ۲ـ فرآیند اتوکلاو و کربنات سدیم

این روش یکی از مهمترین روش‌های توسعه یافته در صنایع تنگستن در چند دهه گذشته است. این روش در سال ۱۹۳۹ در شوروی سابق توسط ماسلینتکی توسعه یافته است، در این روش با استفاده از اتوکلاوهای فولاد آلیاژی و با استفاده از کربنات سدیم در درجه حرارت بین ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد تا ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد سنگ معدن تجزیه می‌گردد. از مزایای این روش هزینه‌های نسبتاً پایین نگهداری و مناسب بودن استفاده از آن درمورد شیلیت یا ولفرامیت با درجه خلوص پایین است. درحال حاضر این روش دربسیاری از مجتمع‌های صنعتی ـ معدنی جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد. محصولات واسطه‌ای تولید شده به وسیله این روش فرآوری، ممکن است شیلیت مصنوعی و یا آمونیم پاراتنگستن باشند.

ب ـ ۳ـ فرآیند شستشو در سود سوزآور

این روش از روش‌های سنتی برای فرآوری سنگ معدن ولفرامیت است. دراین روش کانسنگ در حرارت حدود ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد درمحلول هیدروکسیدسدیم ۴۰ـ۵۰ درصد به منظور دستیابی به محلول تنگستات سدیم نسبتاً خالص شستشو داده می‌شود. درصورتی که ولفرامیت به خوبی آسیاب شده باشد، بازیابی حدود ۹۸ درصد و یا بالاتر خواهد بود .معادله این روش به صورت زیر است:

$$Fe/MnWO_4 + 2\,NaOH \rightarrow Fe/Mn(OH)_2 + Na_2WO_4$$

ب ـ ۴ـ فرآیند ترکیب با کربنات سدیم

یکی از مزیت‌های این روش بازیابی بالای تنگستن (۹۸ـ۹۹ درصد) با کمترین هزینه کربنات سدیم است. این عملیات در کوره‌های دوار با درجه حرارت بین ۸۰۰ تا ۹۰۰ درجه سانتی‌گراد طبق رابطه زیر انجام می‌شود:

$$2FeWO_4 + 2Na_2CO_3 + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow 2Na_2WO_4 + FeO_3 + 2CO_2 \quad \text{ولفرامیت}$$

$$CaCO_3 + Na \rightarrow CaWO_4 + Na_2CO_3 \quad \text{شیلیت}$$

از معایب این روش این است که همه ناخالصی‌های همراه تنگستن به طور کامل حل نشده و همراه با تنگستن وارد مرحله پالایش می‌گردند. همچنین هزینه‌های نگهداری کوره‌ها نیز بالا است.

ب ـ ۵ـ کلرینه‌کردن

این روش هنوز در مراحل تکوین خود است. در این روش کنسانتره در یک مخلوط مذاب کلرور و نمکهای سیلیکات تجزیه می‌گردد. دراین جا تنگستن به فاز کلرور و ناخالصی‌ها به فاز سیلیکات انتقال می‌یابند. سپس این دو فاز از یکدیگر جدا شده، فاز کلرور تحت تأثیر گاز متان به منظور تولید پودر کاربید تنگستن با درجه خلوص بالا پالایش می‌گردد.

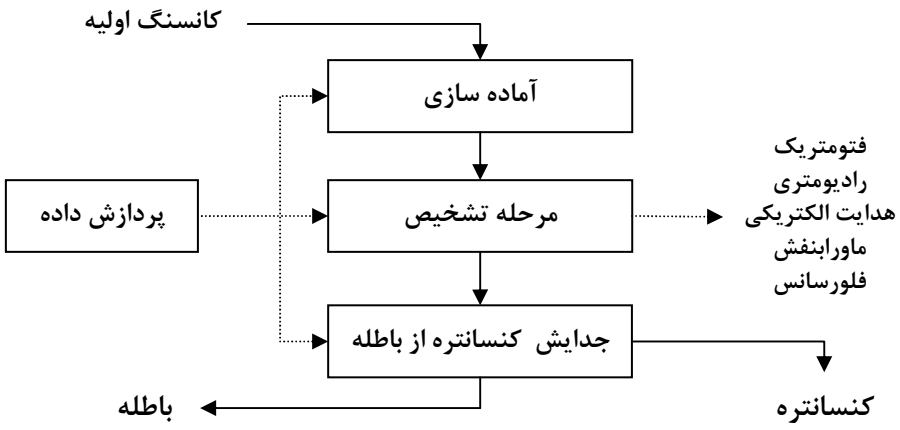
این روش به دلیل کاهش هزینه‌های مرحله تولید آمونیم پاراتنگستن و توان کاهش سایر هزینه‌های تولید تا ۵۰ درصد، دارای مزیت است. از نقاط ضعف این روش تولید پودر با دانه‌بندی یکنواخت می‌باشد.

۳-۱-۲-۲- کانه آرایی

این روش یکی از روش‌های مدرن پیش تغلیظ به حساب می آید که پیشاپیش روش‌های سنتی قرار می‌گیرد. در زمان های قدیم، sorting با دست انجام می‌شد اما امروزه این کار با ماشین انجام می‌شود.

اساس کار یک دستگاه سنگ‌جوری در شکل ۳-۴ نمایش داده شده است. این دستگاه از ۴ بخش اصلی تشکیل شده است که عبارتند از بخش ورود، حسگر، هوادهی (air blast)، و پردازش اطلاعات.

در مرحله ورود یک تک لایه از ذرات گسترده حاصل می‌شود. در مرحله حسگرها، موارد حائز ارزش مشخص می‌شوند. در فاز جدایش ذرات ارزشمند دچار دمش می‌شوند و لایه تهی از مواد ارزشمند را بر تسمه نقاله بر جای می‌گذارند.



شکل ۳-۴- فرایند سنگ‌جوری کانی‌ها

در خصوص ولفرامیت همچنین می‌توان از رده بندی فتومتریک نیز استفاده نمود. همچنین در خصوص شیلیت اگر که در رگه‌های کوارتز سفید یافت شده باشد می‌توان این روش را به کار گرفت. رده بندی کانی ها با استفاده از متد های فلورسنس نیز روشی مناسب برای شیلایلت است.

۳-۱-۲-۳- فلوتاسیون شیلیت. حوزه مقالات مربوط به فلوتاسیون شیلیت بسیار گسترده و وسیع است که به علت گستردگی و تفاوت موجود در کمیت و کیفیت کانی معدنی نه تنها در معادن مختلف بلکه حتی در قسمت های مختلف یک معدن است. در اصل هر کارخانه کانه‌آرایی نسخه و دستور العمل مخصوص به خود را داراست و این مسئله همیشه منطبق بر اجزا و ترکسب و ویژگی های همان معدن خاص است. گرچه patent های قابل توجهی در این زمینه بهثبت رسیده است اما پروسه تفصیلی و مشروح کماکان به صورت محرمانه تنها دراختیار کمپانی های این امر قرار دارد.

مواد شرایط زیر غالباً مورد استفاده قرار می‌گیرند:

کالکتور ها: اسید اولئیک، ترکیباتی از اسید اولئیک و اسید لینولیک، اولئات سدیم، روغن تال (tall oil)، روغن تال صابونی شده، روغن کُریاندر(گشنیز)، روغن منداب (rape oil)، روغن تلخ (خردل)، قلیای وازت (پیریدین)، کربوهیدرات های محلول در آب از نوع سبز، همچنین در حالت صابونی شده، اسید های چرب و نمک های آنها، روغن ماهی، هیدروکسی اتیلن سلولز، کربوکسی متیل سلولز.

Frother ها: الکل ها، اسید سریسیلیک، ائروسول، روغن ترپانتین، کتون ها.

دپرسانت ها (Depressants): کوبراچو (Quebracho) و یا تانین (tannin) برای کلسیت، اسید فرمیک برای آپاتایت، اسید لاکتیک برای میکا، و نمک های سدیم برای پُلی اکریل نیتریلِ هیدرولیز شده. مقدار بهینه pH مابین ۹ تا ۱۰,۵ قرار دارد و باید بسته به ترکیب سنگ معدن و ری‌ایجنت‌ها، تلورانسی در حدود ۰,۱± برای آن رعایت شود. محلول های کربنات سدیم یا هیدروکسید سدیم برای تنظیم pH مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیلیکات سدیم به عنوان یک پراکنده گر (dispersant) برای کلسیت مورد استفاده قرار می‌گیرد. افزودن پلیث اکریل آمید و یا فلوکولنت ها، بازدهی فلوتاسیون را افزایش می‌دهد.

۳-۱-۲-۴- فلوتاسیون ولفرامیت: فلوتاسیون ولفرامیت به طریق مشابه شیلیت انجام می‌گیرد اما به pH چندان حساس نیست و از همین رو می‌تواند در محیط های اسیدی و بازی انجام پذیرد. به طور کلی فلوتاسیون به ندرت برای ولفرامیت به کار گرفته می‌شود. علت، این است که ولفرامیت معمولا در رسوبات رگه‌ای مشاهده می‌شود که تبدیل آنها به سنگ معدن بسیار شدیدتر از سنگ معدن‌های شیلیت است. پس روش‌های ثقلی و مغناطیسی بیش از فلوتاسیو ن کارآ هستند.

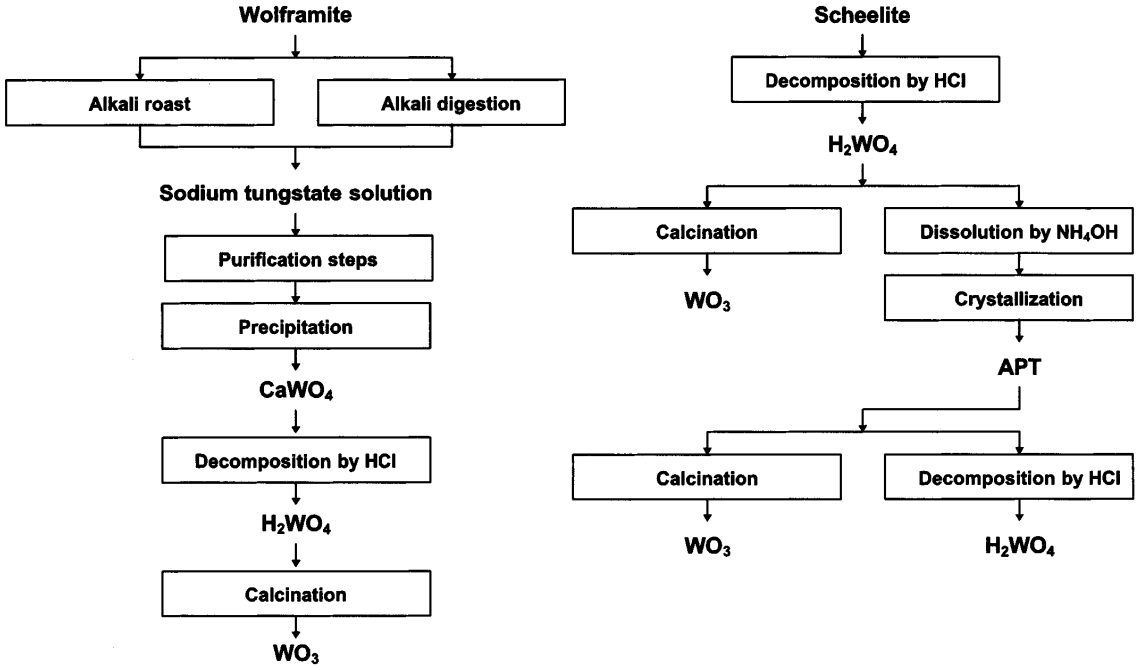
۳-۱-۲-۵- جدایش مغناطیسی: جدایش مغناطیسی به دو علت قابلیت استفاده را داراست: برای پاک سازی شیلیت با جداسازی کانی‌های مغناطیسی نظیر گارنت، مگنتیت، و پیریتِ سرخ شده (roasted). برای تغلیظ ولفرامیت با جداسازی از کانی‌های غیر مغناطیسی نظیر کاسیتریت و پیریت سرخ نشده. جداکننده‌های مغناطیسی خشک و تر بدین منظور مورد استفاده قرار می‌گیرند.

۳-۱-۲-۶- جدایش با شدت بالا (High Tension Separation): جداسازهای الکترودینامیک یا الکتروستاتیک تنها برای مخلوط‌های شیلیت-کاسیتریت مورد استفاده قرار می‌گیرند. بر عکس شیلیت، کاسیتریت رساناست.

۳-۲- هیدرومتالوژی

۲-۱- مقدمه‌ای مشتمل بر ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی

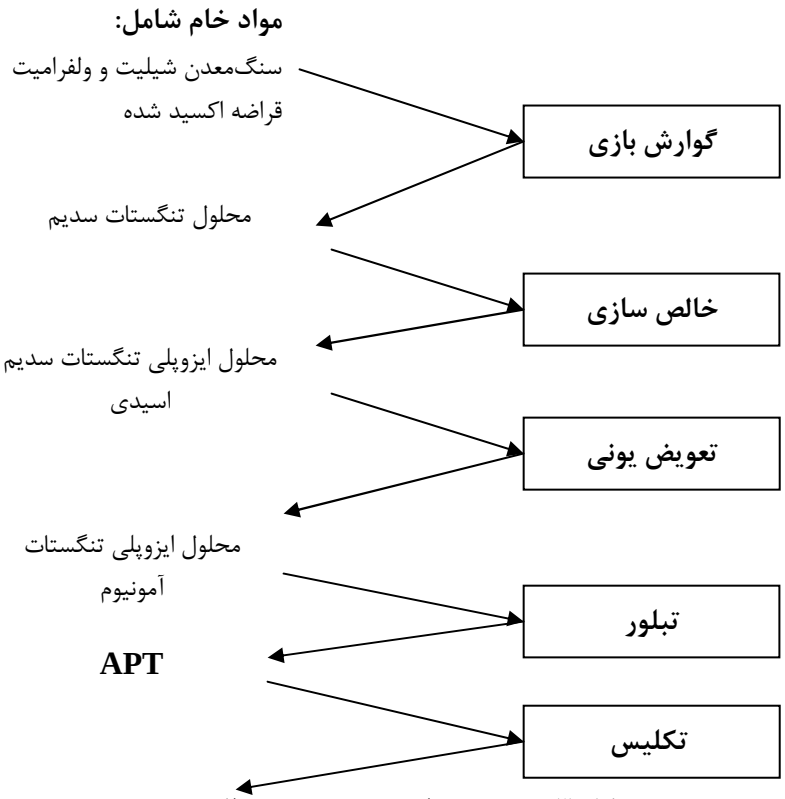
این بخش انحصارا به پروسه مدرن هیدرومتالوژی تنگستن می‌پردازد. در این مقدمه مفاهیم کلاسیک و مدرن با هم مقایسه می‌شوند و نقاط قوت و ضعف آنها در کنار تفاوت های آنها مورد بحث قرار می‌گیرد. در اشکال ۶ و ۷ فلوشیت ساده سازی شده پروسه های کلاسیک و مدرن مشاهده می‌شود.



شکل ۳-۵ -روش‌های کلاسیک هیدرومتالوژی

در روش‌های کلاسیک شیلیت تنها با گوارش اسیدی مورد فرایند قرار می‌گرفت در حالی که ولفرامیت با غوطه وری در یک باز حل می شد. ترکیب میانی جامد و خالص مهم در هر دو مورد تنگستیک اسید بود که یا به صورت مستقیم و یا پس از چندین مرحله رسوب به دست می‌آمد. تنگستیک اسید به وسیله یک پروسه رسوبی ایجاد می‌شود که کمابیش پروسه ای آنی است. یون‌های خارجی حاضر در محلول در حین رسوب دهی، به صورت جزیی و ناکامل یا به دام می‌افتند و یا دچار همرسوبی می‌شوند و تنگستیک اسید را آلوده می‌کنند.

در پروسه مدرن، APT ترکیب میانی ایست که در مقابل تنگستیک اسید به وسیله تبلور به دست می‌آید. تبلور در قیاس با رسوب دهی، پروسه‌ای بسیار اهسته تر است و از همین رو بخش ناچیزی از ناخالصی‌های موجود در محلول مادر در محصول متبلور شده حاضر خواهند شد.



شکل ۳-۶- روش‌های مدرن هیدرومتالوژی

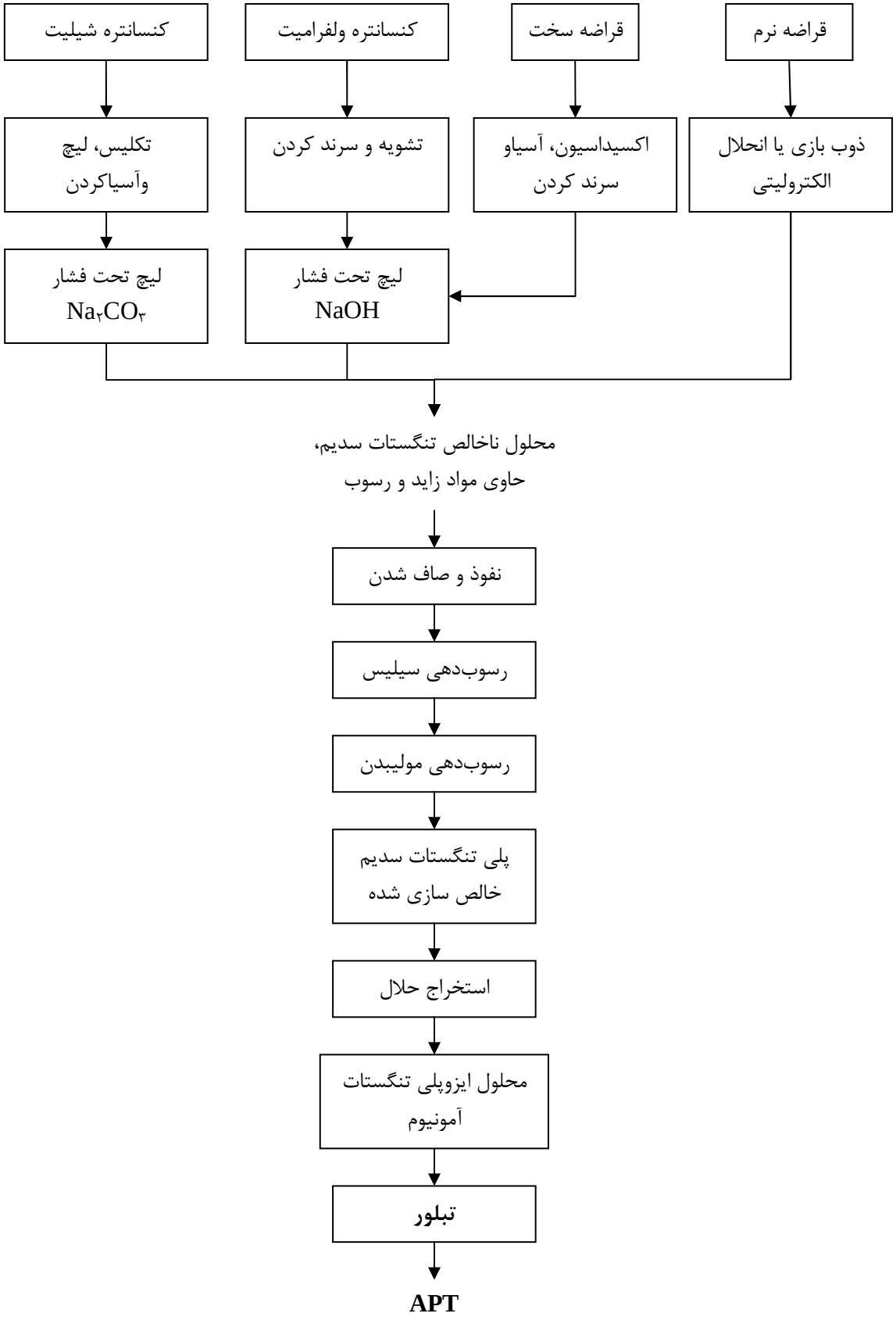
دومین تفاوت مهم میان تکنولوژی کلاسیک و مدرن در روشی است که برای جداسازی مقادیر عظیم یونهای سدیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش قدیمی از یک رسوب دهی تنگستات کلسیم استفاده می‌کرد و به دنبال آن یک مرحله اسیدکاری با اسیدهیدروکلریک برای رسیدن به آن منظور (جداسازی یونها)، در حالی که در روش جدید استخراج انحلالی و یا تعویض یونی (Ion Exchange) ، یون سدیم را به محلول آمونیوم آیزو پُلی تنگستات تبدیل می‌کند. علاوه بر آن روش مدرن مزایای زیر را نیز داراست:

- مواد اولیه متفاوتی می‌توانند در تاسیسات و دستگاههای ثابتی مورد استفاده قرار گیرند،
- بازدهی انرژی بالاتر است،
- به نیروی انسانی کمتری نیاز است،
- پایش پروسه آسان است،
- بازدهی کلی بالاست،
- محصول APT نهایی از کیفیت و غلظت بالایی برخوردار است.

گرچه بازیافت مواد شیمیایی در بسیاری موارد نظیر بازیافت سولفید در رسوب‌دهی مولیبدن، بازیافت آمونیاک در تبلور APT، و چرخه محلول در استخراج محلولی، انجام می‌گیرد، اما کماکان میزان چشم‌گیری از دورریزهای شیمیایی و نیز انرژی موجود در آنها موجود است که باید آن را به هزینه‌های بالای کار و نیز آلودگی محیط افزود. مهم‌ترین مثال این زمینه، پروسه لیچینگ تحت فشار کربنات سدیم است که به قصد انحلال (گوارش) شیلیت است. این پروسه موجب مصرف حداقل سه برابر نسبت استوکیومتریک کربنات سدیم و به علاوه مقدار متناظر آن اسید سولفوریک برای خنثی کردن آن. در نهایت، تناژ معادلی از سولفات سدیم، محلول استخراج ما را تصفیه می نماید. بسته به این که این کارخانه در چه کشوریست و نیز اینکه در کدام بخش آن کشور، امکانات زیر برای رهایی از محصولات به درد نخور جانبی موجود است:

- دورریز به رودخانه‌های مجاور (کمترین هزینه اما آلودگی محیط)
- دورریز در مکانی دوردست (هزینه های بیشتر به علت جابجایی و نیز همراه با آلودگی محیط)،
- دورریز مطلقاً ممنوع (بیشترین هزینه در اثر تبلور که پروسه ای مصرف کننده ارژیست، عدم امکان فروش مناسب محصول، اما در عوض حفظ محیط زیست)،
- یافتن تمایلات و راهکارهای پژوهشی برای حل این مسئله و مسائل مشابه در مقالات و...

یک فلوشیت ساده از کارخانه تبدیل (conversion plant) که قابلیت پذیرش همه انواع مواد اولیه را داراست در شکل ۳-۷ دیده می‌شود.



شکل۳-۷- فلوچارت ساده سازی شده کارخانه تبدیل

۳-۲-۲- مواد خام و پردازش آنها

۳-۲-۲-۱- مواد خام

سه گونه از مواد حاوی تنگستن موجود است که اکنون به عنوان مواد خام تولید APT مورد استفاده قرار می‌گیرند: کنسانتره‌هایی از کانی شیلیت و کنسانتره‌هایی از کانی ولفرامیت به عنوان منابع اولیه و انواع قراضه‌های حاوی تنگستن به عنوان منابع ثانویه.

منابع اولیه: کنسانتره‌های قابل معامله از هر دو کانی معمولاً بین ٪۶۵ تا ٪۷۵ WO_3 دارند. این میزان حضور غیر چشم‌گیر ناخالصی‌ها را در مقایسه با کنسانتره‌های کم عیار ضمانت می‌کند (کنسانتره‌های کم عیازر در کارخانه‌های یکپارچه که تمامی مراحل از سنگ معدن تا APT را در خود دارند مورد استفاده است). در جدول ۱ میانگینی از آنچه در کنسانتره‌های پرعیار شیلیت و ولفرامیت قابل ملاحظه است مشاهده می‌شود.

جدول ۱۰- ترکیب شیمیایی کنساتره پرعیار تنگستن

Constituent	Scheelite (%)	Wolframite (%)
WO_3	66–72 (theor. 80.52)	60.5–65.8 (theor. 76.53 Fe, 76.57 Mn)
CaO	10.9–20.3 (theor. 19.48)	2.14–2.30
Mg	0.03–0.84	0.04
B	<0.001–<0.01	0.005
Al	0.22–2.0	0.40–1.17
Si	0.77–2.94	1.36–2.73
Sn	<0.01–3.0	1.00
Pb	0.025–0.25	0.066
P	0.008–0.17	0.014–0.22
As	0.0066–0.17	0.058–1.00
Bi	0.006–0.10	0.045–0.20
S	0.056–0.41	0.50–1.10
Ti	<0.001–0.075	0.23
V	<0.004–0.01	0.015
Cr	<0.001–0.008	<0.005–0.008
Mo	<0.01–2.0	<0.003
MnO	0.052–0.654	2.53–10.8 (theor. 23.43)
FeO	0.28–3.74	13.2–17.0 (theor. 23.66)
Co	<0.005	0.05
Cu	<0.025–0.10	0.039–0.75
Ni	0.003–0.01	0.01

منابع ثانویه: قراضه های تنگستن معمولاً حاوی ۴۰ تا ٪۹۵ از W هستند اما می‌توانند تا ٪۱۰۰ نیز تغلیظ شوند. از این رو آنها منابعی غنی و پرعیار از تنگستن محسوب می‌شوند و دهه‌های متمادی در این صنعت مورد استفاده قرار گرفته اند. تشخیص "سخت" یا "نرم" بودن قراضه با تعیین میزان ذرات ریز و درشت آن میسر است. قراضه تنگستن نه تنها از طریق تبدیل شیمیایی(chemical conversion)، بلکه از طرق دیگری نیز قابل بازیافت است.

به جز چند استثناء، قراضه تنگستن آسان تر از کنسانتره‌های معدنی به APT تبدیل می‌شود چراکه اغلب فاقد مواد مضری نظیر فسفر، آرسنیک و یا سیلیکون است.

۳-۲-۲-۲- پیش پردازش مواد اولیه.

دلایل زیر را شاید بتوان به عنوان الزامی‌کنندگان پیش پردازش نام برد:

- جدا کردن عناصر و یا ترکیباتی که در طول تغلیظ، حذف نشده اند و پردازش بیشتر در مراحل بعدی را مختل می‌کنند. این کار هم می‌تواند با انحلال انتخابی و هم با تشویه (roast) انجام شود. در مورد دوم، مواد مخل، حداقل به صورت جزیی فراری داده می‌شوند.
- کاهش در اندازه ذره که امکان انحلال چشمگیر در مرحله گوارش را فراهم می‌کند. این مسئله در خصوص کنسانتره‌هایی که از روش‌های ثقلی حاصل شده اند حائز اهمیت است.
- اکسیداسیون تنگستن درون قراضه تا ظرفیت ۶ آن به وسیله حرارت دهی آن در هوا و یا هوای غنی از اکسیژن، چرا که تنها تنگستن ظرفیت ۶ است که در یک پروسه لیچینگ بازی حل می‌شود.

لیچینگ شیلیت با اسید هیدروکلریک: این پروسه باید در دمای اتاق انجام گیرد، در غیر این صورت شیلیت ذوب (dissolve) می‌گردد. این پروسه میزان فسفر، آرسنیک، و سولفور را تا ۲۰۰ μg/g P، ۱۰۰ μg/g As، و ۱ ٪ S به وسیله انحلال کانی‌های آپاتایت، سولفید، و آرسناید کاهش می‌دهد.

تشویه: این پروسه قابل اعمال برای شیلیت و ولفرامیت می‌باشد. پردازش سنگ معدن در ۶۶۰ الی ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد در هوا و کوره های گردان میزان سولفید و آرسناید را با فرار کردن آنها (تبدیل به سولفور دی اکساید و As_2O_3)تا حد چشم‌گیری کاهش می‌دهد. افزودن پودر ذغال منجر به تبخیر قلع به صورت SnO (در دمای ^{o}C ۱۰۰۰-۹۰۰) می‌شود. چنانچه CO-CO_2 و یا بخار آب به اتمسفر تشویه افزده شود آرسنیک و آنتیموان فرار داده می‌شوند. همچنین تکلیس در خصوص ترکیبی از کنسانتره‌های غنی از سولفید و آنهایی که غنی از کلسیت اند مورد استفاده قرار می‌گیرد. SO_2 و SO_3 خروجی با کلسیت واکنش داده و $CaSO_4$ به دست می‌دهند. گرچه عملیات تشویه بدین صورت سیمایی مثبت از خود نمایش می‌دهد اما در دماهای بالا عواقب منفی ای به جای می گذارد. برای مثال تغییری در انحلال پذیری ناخالصی‌های کانی ممکن ایجاد شود. در این دمای بالا MoS_2 که در حین گوارش نامحلول است، به MoO_3 که به راحتی انحلال پذیر است تبدیل می‌شود؛ همچنین آرسناید های نامحلول، به As_2O_3 اکسید شده و در حالتی که دما آنقدرها بالا نباشد که تصعید شود، این ماده باقی مانده و حل می‌شود.

تکلیس کنسانتره‌های فلوتاسیون در دمای ^{o}C ۶۰۰-۵۰۰ برای زمانی کوتاه برای اکسید کردن واکنشگرهای ارگانیک منتج از فلوتاسیون مورد استفاده می‌باشد. این مسئله از آنجا حائز اهمیت است که همانند مواد سطح-حساس (surface-active)، آنها باعث افزایش پف کردن در مراحل بیشتر و بعدی پروسه شده در استخراج محلولی اثر می گذارد.

در کل نمی‌توان پروسه ای واحد و عمومی را برای همه موارد معرفی نمود. ترکیب خاص کنسانتره در کنار ملاحظات محیطی و محاسبات اقتصادی تعیین کننده سمت و سوی بهینه اند.

خرد و آسیا کردن کنسانتره‌ها: کنسانتره‌های فلوتاسیونی در بیشتر موارد به اندازه کافی ریز هستند که انحلال کامل در مرحله گوارش را به همراه داشته باشند. در مقابل، کنسانتره‌های ثقلی، برای این کار خیلی بزرگند و باید حتماً با آسیاکاری در آسیاهای گلوله ای ریز تر شده آنگاه سرند شوند. تقریباً تمام کنسانتره‌های ولفرامیت و درصدی از کنسانتره‌های شیلیت باید آسیا کاری شوند. اندازه ذرات نقشی حیاتی دارد علی الخصوص در گوارش ولفرامیت. اغلب مشِ ۳۲۵< (معادل ۴۴ μm) استفاده شده و به ندرت مشهای ۲۰۰ < مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای شیلیت مشِ ۲۰۰ > کفایت می‌کند.

اکسیداسیون قراضه نرم: با حرارت دهی قراضه ریز آسیا شده حاوی تنگستن در هوا یا هوای غنی شده از اکسیژن، تنگستن تا ظرفیت ۶ اکسید می‌شود. دیگر اجزای قراضه نظیر Co، TiC، TaC، NbC، از کربیدهای سمانته و یا Fe، Ni از آلیاژهای فلز سنگین، به اکسید های متناظر خود تبدیل می‌شوند. WO_3 به صورت جزیی با این اکسیدها واکنش می‌دهد و تنگستات شکل می‌گیرد. آلومینا و یا سیلیکون کرباید در طول اکسیداسیون دست نخورده می مانند در حالی که الماس در آن می سوزد. این مواد درون نخاله های پروسه آسیاکاری و یا برش‌کاری موجودند. علاوه بر WO_3 ، تنگستات موجود در قراضه‌ی اکسید شده، در غطه وریِ بازی به راحتی حل می‌شود. اکسیداسیون قراضه ها به وسیله‌ی کوره های گردان و نیز کوره‌های push-type انجام پذیر است. همچنین کوره های تشویه‌ی چند بطنی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اکسیداسیون با آسیا کاری و سرند دنبال می‌شود، ذرات درشت دوباره به اکسیداسیون باز گردانده می‌شوند.

۳-۲-۳- گوارش و انحلال

هدف از این مرحله حل کردن WO_3 یا تنگستاتها و تبدیل آنها به تنگستات سدیم محلول در آب است. به علاوه یک جدایش کامل یا جزییِ مواد معدنی زائد قابل حصول است، بسته به گونه ترکیب های موجود. مواد خام حاوی ذرات ریز قابل پروسس با محلول هیدروکسید سدیم یا کربنات سدیم هستند. مورد دوم نسبت به هیدروکسید سدیم گزینه ای انتخابی تر است (میزان فزاینده ای از مواد غیر اصلی را حل نمی‌کند). تکه های

بزرگتر و فشرده قراضه که قابلیت اکسید شدن در مدت زمانی معقول را دارا نیستند، هم می‌توانند در مذابی بازی و اکسید کننده حل شوند (کربنات سدیم همراه با افزودنی های نیترات سدیم و یا نیتریت سدیم)، و هم اینکه الکترولیز شوند. تجهیزات رایج برای گوارش تحت فشار عبارتند از اتوکلاوهای افقی چرخشی یا اتوکلاو های ایستاده مجهز به همزن. برای لیچینگ NaOH ، مخازن با پوشش اینکونل الزامی است در حالی که برای کربنات سدیم، فولاد متوسط کربن نیز قابل استفاده است. حرارت دهی با تزریق مستقیم بخار انجام می‌گیرد.

گوارش ولفرامیت: به صورت سنتی ولفرامیت توسط هیدروکسید سدیم مورد تهاجم قرار می‌گیرد، چه در فشار اتمسفر و غلظت های بالای محلول و چه در فشارهای بالا و غلظت های پایین تر. امروزه محلول های رقیق تر ترجیح داده می‌شوند چرا که مواد زائد کمتری را حل می‌کند. در جدول ۲ شرایط گوارش تشریح شده است.

جدول ۱۱- شرایط گوارش

Raw material	Agent concentration	Molar ratio WO_3:agent	Temperature time	Pressure (bar)	Remarks
Wolframite	NaOH 40–50% 15 M	1:1.0–1.5	100–150 °C 0.5–4 h	Atmospheric	After cooling, addition of water to 4.5–5.5 M NaOH
Wolframite	NaOH 7–10%	1:1.05	175–190 °C 4 h	10–12	200–250 g solids/l
Wolframite low in Mn	Na_2CO_3 16.5%	1:3.3	210 °C 3 h	22	
Scheelite and scheelite/wolframite mixtures	Na_2CO_3 10–18%	1:2.5–5.0	190–235 °C 1.5–4 h	12–26	The lower the WO_3 conc., the higher the stoichiometric excess of Na_2CO_3 must be
Scheelite/Wolframite mixtures	Na_2CO_3 12–18% + NaOH	Weight ratio Na_2CO_3/WO_3 1:1.0–1.6	200–250 °C 4 h	15–40	NaOH addition stoichiometric to Fe + Mn content
Scheelite and scheelite/wolframite mixtures	NaOH	1:3–7	180 °C 1.5 h	10	Mechanical activation in a ball mill autoclave
Oxidized scrap	NaOH 20%	1:1.4	150–200 °C 2–4 h	10–12	

$$(Fe, Mn)WO_4 + 2NaOH \longrightarrow Na_2WO_4 + (Fe, Mn)(OH)_2$$

کنسانتره‌های کم عیار منگنز نیز ممکن است به وسیله ی لیچینگ تحت فشار، نظیز شیلیت، حل گردند(جدول ۲). محصول به طور میانگین در بازه ی ٪۹۹-۹۷ خواهد بود.

گوارش شیلیت: روشی که امروزه غالباً برای این کار مورد کاربرد در کشورهای غربی است، انحلال با کربنات سدیم تحت فشار بالاست. هزینه ها بالاتر از روش مذکور در بالا با هیدروکسید سدیم است در خصوص ولفرامیت است. علت این امر را باید در میزان استوکیومتری اضافه ری‌ایجنت (واکنشگر) مورد استفاده جستجو کرد.

$$CaWO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2WO_4 + CaCO_3$$

ثابت تعادل $K = [WO_4^{2-}]/[CO_3^{2-}]$ با افزایش دما، افزایش می یابد. از این رو گوارش در فشارها و دماهای بالا انجام می‌گیرد. افزایش در غلظت کربنات، ثابت تعادل را کاهش می‌دهد و وقتی که از حد خاصی تجاوز نمود شکل گیری یک پوسته انحلال ناپذیر در سطح کریستال های شیلیت، انحلال بیشتر را با کندی همراه می‌کند. این پوسته مشتمل بر $Na_2CO_3 \bullet CaCO_3$ و/ یا $Na_2CO_3 \bullet 2CaCO_3$ می‌باشد. از همین رو نگهداری غلظت کربنات سدیم در حدی خاص برای اجتناب از شکل گیری این پوسته و بازدهی بالا (حدود ٪۹۹ یا بالاتر) الزامی است. در پژوهش های در این زمینه چندین پیشنهاد جهت ارتقاءتولید موجود است:

- استفاده از مدل لیچینگ رودرروی مواد شیمیایی
- پروسه متناوب همراه با کنترل بازخورد
- استفده از اتوکلاوهای دارای آسیا گلوله ای

در طول ۱۰ سال گذشته در بسیاری از کارخانه ها در چین، تغییری از کربنات سدیم به هیدروکسید سدیم برای لیچینگ مشاهده شده است که با فعال سازی مکانیکی همراه گشته است. با فعال سازی مکانیکی، دانسیته عیوب شبکه ای افزایش یافته و به طور متعاقب، فعالیت و نرخ تجزیه و انحلال افزیش می یابد. فعال سازی مکانیکی نه تنها تجزیه و انحلال را به صورت کینتیکی تهییج می‌کند، بلکه حتا به صورت ترمودینامیکی نیز در راستای ترغیب آن عمل می‌کند. مزایای این روش : مصرف کمتر مواد شیمیایی (۰,۷- ۰,۸ kg NaOH/kg WO_3 در قیاس با ۱,۳۵-۱,۴۰ kg Na_2CO_3/kg WO_3)؛ بازدهی بالی محصول(٪۹۸ <)؛ و انعطاف نسبت به مواد خام. این متد قابل استفاده برای کنسانتره‌های کم عیار و پر عیار شیلیت است، همان طور که برای همه ترکیب های سنگ معدن های شیلیت و ولفرامیت قابلیت استفاده را داراست. جدول ۲ شرایط گواش را تشریح می‌کند.

گوارش مخلوط های شیلیت و ولفرامیت: تا زمانی که درصد ولفرامیت پایین است، روش استفاده از لیچینگ تحت فشار آن، همان طور که برای شیلیت موفق بود، می‌تواند با موفقیت مورد استفاده قرار گیرد. روشی دیگر از مخلوط کربنات سدیم و هیدروکسید سدیم بهره می‌گیرد چراکه در برابر گوارش شیلیت، در گوارش ولفرامیت با هیدرولیز $FeCO_3$ ، $NaHCO_3$ شکل می‌گیرد.

$$FeWO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow Na_2WO_4 + FeCO_3$$

$$FeCO_3 + Na_2CO_3 + 2H_2O \longrightarrow Fe(OH)_2 + 2NaHCO_3$$

این بدین معناست که افزایش مصرف کربنات سدیم، باعث آهسته شدن انحلال تنگستات هاست. افزودن هیدروکسیدسدیم کربنات سدیم اولیه را به ثانویه تبدیل می‌کند.

$NaHCO_3 + NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$

در نهایت، مخلوط های ولفرامیت- شیلیت، می‌توانند با یک پروسه لیچینگ تحت فشار به شکل موفقیت آمیزی در هیدروکسید سدیم و تحت فعالسازی همزمان مکانیکی (اتوکلاو های بال میلی) گوارش شوند. همان طور که هم اکنون اشاره شد، در گوارش شیلیت، این روش در چین بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. گوارش قراضه های اکسید شده: انحلال این مواد همانند ولفرامیت با گوارش تحت فشار در محیط هیدروکسید سدیم قابل حصول است(جدول ۲). بسته به نوع قراضه، بازده بین ٪۹۷ تا ٪۹۹ است.

روش ذوب و یا تشویه برای قراضه های سخت: ذوب در دما های بالا با نیترات یا نیتریت سدیم به عنوان المان های اکسید کننده و کربنات سدیم به عنوان رقیق کننده باید دقیقاً کنترل شود. تشویه در استوانه های گردان (rotary kilns) و در دمای ^{o}C ۸۰۰، با استفاده از نسبت ترکیب اکسید کننده به رقیق کننده ۱ به ۳ انجام می‌شود. پس از سرد کردن، کیک حاصل شده بایستی پیش از انحلال در آب شکسته شود.

الکترولیز: اساس این روش بر این است که قراضه تنگستن به عنوان آند در الکترولیتی نظیر محلول آبی هیدروکسید سدیم یا کربنات سدیم قرار می‌گیرد. اتم های تنگستن به صورت الکتریکی اکسید شده و به ظرفیت ۶ می رسند. محلول حاصل شامل تنگستات سدیم در کنار اکسیدهای نامحلول یا هیدرات های اکسیدی سایر اجزاست. سل های الکترولیتی استوانه ای یا دیسکی چرخان، ابزارهای مورد استفاده در این بخش هستند. در حین چرخش قطعات و ذرات قراضه مدام بازچینی می‌شوند که به رفع پوسته و اسکلت فلزی شکل گرفته کمک می‌کند. سطح به صورت مداوم تجدید (تمیز) می‌شود.

مراحل خاص سازی: این مراحل شامل قسمت های عمده زیر است: جداسازی بازماند حل ناشده گوارش با تصفیه و صاف کردن و جداکردن ناخالصی های حل شده در محلول تنگستات سدیم. از یونهای عمده که برای مرحله دوم (حل شده ها) می‌توان نام برد باید به سیلیکات، فسفات، آرسنات، مولیبدات، فلورید، سرب، بیسموت، و آلومینیوم اشاره نمود. چنانچه غلظت آنها خیلی زیاد باشد، در مراحل بعدی اخلال می‌کنند و یا اینکه محصول نهایی را آلوده و ناخالص می‌کنند.

در مرحله که جدایش سیلیکا نام دارد مواردی نظیر فسفات، فلوراید و... نیز علاوه بر سیلیس حداقل به صورت جزیی جدا می‌شوند. مرحله دوم، عبارت از رسوب دادن کاتیون های شکل دهنده سولفید که بیشتر برای جداسازی مولیبدن استعمال می‌شوند اما در کنار آنها چیزهای دیگری نظیر آرسنیک، آنتیموان، بیسموت، و... نیز جدا می‌شوند. جداسازی سیلیس در محلولی بازی انجام می‌شود در حالی که رسوب دهی سولفیدی، نها در pH های حدود ۳-۲,۵ انجام پذیر است. تغییر pH معمولا با افزودن اسید سولفوریک انجام می‌شود. اسیدی کردن همچنین می‌تواند با الکترودیالیز انجام شود که در این صورت امکان بازیابی NaOH

نیز فراهم می‌گردد که قابل استفاده در گوارش است. این پروسه گرچه پروسه ای مدرن وده و تنها در چند کارخانه پایلوت مورد استفاده قرار گرفته اما ملاحظات اقتصادی و زیست محیطی چنین رویکردی را در آینده نزدیک به امری ایجابی بدل می‌کند.

۳-۲-۴-۱- جدایش بازماندهای نامحلول: در مورد کنسانتره‌های معدنی، این مواد نامحلول عبارتند از مواد زائد موجود در ماده اولیه و نیز کامپاندهای نامحلول نظیر $CaCO_3$ و یا $(Fe,Mn)(OH)_2$، و یا در صورت استفاده از قراضه های آسیای، اکسیدهای نامحلول فلزی نظیر اکسیدهای کبالت، تانتالم، نیکل که همین فلزات از آنها قابل بازیافتند. ابزارهای مورد نیاز در این مرحله عبارتند از دیسک، صفحه و یا قاب (disk, plate, and frame)، درام های چند مرحله ای (multistage-drum) و یا فیلترهای کمربندی(belt filters) با شستشوی خلاف مسیر آب (counterflow washing with water).

۳-۲-۴-۲- یونهای سیلیس را می‌توان با افزودن سولفات آلومینیوم و یا منیزیم به محلول تنگستات سدیم جدا نمود. همچنین مخلوطی از هر دو را نیز می‌توان مورد استفاده قرار داد. مجموع واکنش های پیچیده حاصل رامی‌توان به صورتی ساده به شکل زیر نمایش داد:

$2Na_2SiO_3 + Al_2(SO_4)_3 + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2O.\ Al_2O_3.\ 2SiO_2 + 2CO_2 + 3Na_2SO_4$

$Na_2SiO_3 + 2MgSO_4 + 2NaSO_4 \rightarrow 2MgO.\ SiO_2 + 2Na_2SO_4 + 2CO_2$

یک روش برای این کار بدین صورت است که هر کدام از این مواد به صورت تدریجی افزوده می‌شوند تا یونهای سیلیکات، فسفات، و فلوراید رسوب دهند.

گام اول: افزودن $MgSO_4$ به تا غلظت نهایی ۰٫۵-۲٫۰ g Mg/lit در دمای ۶۰-۱۱۰ ^oC و pH=۱۰-۱۱ که پس از آن صاف کردن انجام می‌شود.

گام دوم: افزودن $Al_2(SO_4)_3$ به تا غلظت نهایی ۰٫۲-۳٫۰ g Al/lit در ۲۰-۶۰^oC و pH=۷-۸ .

بدین ترتیب غلظت اورجینالِ ۲۰-۱۰،۰۰۰ mg Si/lit, ۱۰-۱۲۰ mg P/lit, and ۵۰۰-۴۰۰۰ mg F/lit می‌تواند تا < lOmg Si/lit, < ۵ mg P/lit, < ۲۰۰ mg F/lit کاهش یابد. این رسوب ها معمولاً خواص صافی ضعیفی دارند، از همین رو معمولاً سلولز به عنوان افزودنی صافی، اضافه می‌گردد. از آنجاکه خواص صافشی این مواد ضعیف است، همچنین می‌توان از خود مواد زائد (gangue) به عنوان یک کمک صافی استفاده کرد. این مسئله شامل افزودن رسوب دهنده ها همانند قبل به دوغاب گوارش است.

۳-۲-۴-۳- جدایش مولیبدن: اگر سولفید سدیم به یک محلول خنثی و یا اندکی بازی تنگستات سدیم اضافه شود، یون مولیبدات به تیومولیبدات تبدیل می‌شود.

$MoO_4^{2-} + 4S^{2-} + 4H_2O \rightarrow MoS_4^{2-} + 8OH^-$

واکنش پس از یک ساعت در دمای ^{o}C ۸۵-۸۰ و در pH =۱۰ کامل می‌شود. افزایش اسید سولفوریک برای تغییر pH به ۳,۰-۲,۵ ، تیومولیبدات را به تری سولفات مولیبدنِ نامحلول تبدیل می‌کند.

$$MoO_4^{2-} + 2H_3O^+ \rightarrow MoS_3 + H_2O + H_2S$$

میزان اضافی استوکیومتریک، به نسبت Mo-W وابستگی داشته و باید حداقل ۳ باشد. غلظت های پایین Mo به اضافی بیشتری می انجامد. هنگامی که غلظت مولیبدن باقی مانده در محلول به ۱۰mg/l > می رسد، رسوب، فیلتر می‌شود. همانطور که ذکر شد، کاتیون های سولفید ساز و نامحلولِ دیگر نیز رسوب می‌کنند. H_2S شکل گرفته در اسیدی کردن، باید که با NaOH پاک (scrub) شود.

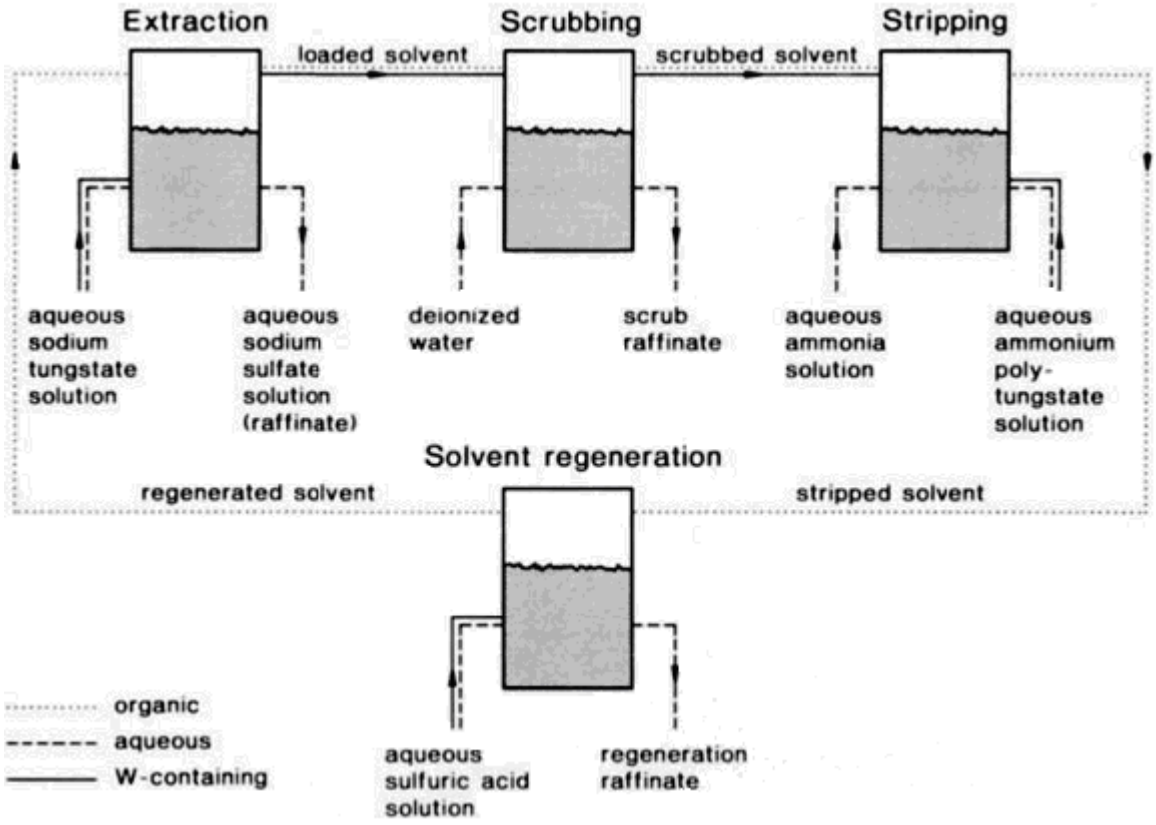
۳-۲-۴-۴- حذف مولیبدن به وسیله جذب بر روی کربن فعال شده: اصلف اساسی این مرحله، جذب انتخابیِ تیومولیبدات با کربن فعال شده است در حالی که تنگستات حفظ نمی‌شود. محلول خنثای تنگستات سدیم (pH=۷,۲-۷,۴) با سولفید سدیم تحت پروسه قرار می‌گیرد تا مولیبدات بهرا به تیومولیبدات تبدیل کند. کربن فعال شده به مدت ۳۰ دقیقه اضافه و مخلوط می‌شود. استهلاک تنگستن با هم-جذبی (coadsorption) کمتر از ٪ ۰,۱ است

۲-۴-۶- الکترودیالیز: محلول تنگستات سدیم پس از رسوب دهی سیلیس حاوی تنگستات سدیم و یون های اضافی سدیم (ناشی از لود اضافی برای افزایش بهره وری در گوارش) می‌باشد. در الکترودیالیز امکان بازیابی یونهای سدیمِ مربوط به NaOH مورد عملیات قرار می‌گیرد. محلول به بخش آندِ الکترودیالزور هدایت می‌شود. در بخش الکتریکی یونهای سدیم از غشای تعویض کاتیون عبور می‌کنند و به بخش کاتیون (NaOH) می روند. مقدار معادلی از یونهای H^+ در محلول تنگستات تولید می‌شود. از این رو غلظت یون سدیم در محلول تنگستات کاهش می یابد و همزمان در محلول سود افزایش می یابد. هنگامی که این کاهش از حد استوکیومتریک مجاز برای Na۲WO۴ تجاوز کند، چگال شدن چندجانبه (polycondensation) آغاز می‌شود و ایزوپلی تنگستات شکل می‌گیرد. اسیدی کردن محلول تنگستات با پروتون هایی که به روش الکتریکی ایجاد شده اند قابل قیاس با اسیدی کردن نیست در روش‌های تکنیکی (افزایش اسید سولفوریک) نیست.

۳-۲-۵- تبدیل سدیم به محلول ایزوپلی تنگستات آمونیوم: هدف این مرحله تقریباً جدایش نهایی یونهای سدیم است برای انحلال لازم بوده اند اما در مراحل بعدی تولید پودر تنگستن اختلال ایجاد می‌کنند. غلظت آنها به تدریج تا یک هفتم کاهش می یابد. امروزه از دو روش برای این کار استفاده می‌شود که عبارتند از استخراج محلولی و تعویض یونی که از لحاظ اقتصادی مورد دوم بسیار گران است و ما به مورد اول می پردازیم.

۳-۲-۵-۱- استخراج محلولی(SX): عمدتا روش SX در هیدرومتالوژی برای تغلیظ محلول های رقیق، جداسازی و خالص‌سازی به کار می رود. در هیدرومتالوژی تنگستن همانطور که ذکر شد، هدف اصلی، جدایش است و نیز تا مقداری خالص سازی از یونهای ناخواسته که با تنگستات، کاندنس نمی‌شوند و نیز از آنها که با محلول، استخراج نمی‌شوند.

اصل اساسی، استخراجِ گونه های ایزوپلی تنگستات از محلول آبیِ اندکی اسیدی شده، به وسیله ری ایجنت حل شده در فاز آلی، پس در واقع جدایش تنگستات از یونهای سدیم. استخراج دوباره (یا عریان سازی Stripping) از فاز آلی به فاز آبی با محلول آبی آمونیاک انجام می‌شود. حلال الی از مرحله استخراج (Extraction) به مراحل روبش(Scrubbing)، عریان سازی(Stripping)،بازتولید (Regeneration)، رفته و دوباره مرحله استخراج باز می‌گردد. استهلاک ها تنها ناشی از انحلال کم ترکیبات آلی در محلول های آبی می‌باشد. یک فلوچارت ساده از این پروسه در شکل ۳-۸ مشاهده می‌شود. بدین ترتیب ۴ مرحله قابل تفکیک است: استخراج (Extraction)، روبش(Scrubbing)، عریان سازی(Stripping)، بازتولید حلال (Regeneration). مرحله آخر در بعضی کارخانه ها به عنوان یک فاز جدا در نظر گرفته می‌شود، اما همچنین می‌توان آن را با افزودن مقدار مناسبی از اسید سولفوریک به فاز آبی، به مرحله استخراج پیوست زد.



شکل۳-۸- استخراج محلولی برای تبدیل Na به تنگستات آمونیوم

امکاناتی که برای مراحل مختلف استفاده می‌شود عبارتند از mixer-settlers ها در چینش دو یا چند ردیفه که شامل جریان مخالف جهت فاز آبی و آلی است و ضمناً یک چرخش (Circulation) جزیی درون هر مرحله برای حصول زمان نگاهداری مورد نیاز. همچنین میکسرهای ساکن(static mixers) در ترکیب با پمپ ها و setteler های مخلوط کننده می‌تواند برای استخراج و روبش که در آنها زمان نگاهداری کوتاهی مورد نیاز است قابل استفاده هستند.

حلال آلی شامل سه بخشِ واکنشگر (reagent)، اصلاح کننده (modifier)، و حلال (solvent) است.

به عنوان واکنشگر در بُعد صنعتی می‌توان از Primene JMC (primary amine)، Amberlite LA-I یا Adogen ۲۸۳(secondary amine)، Trioctylamine (tertiary amine) ، Aliquat ۳۳۶ (quaternary ammonium compound) می‌توان استفاده نمود. معمولا آمین‌های ثانویه و ثالثیه ترجیح داده می‌شوند. غلظت واکنشگر معمولا در محدوده ٪ ۲۲-۱ گزارش می‌شود.

به عنوان حلال از kerosene و یا مخلوط آلکیل بنزن ها (تولوئن و یا زایلن)استفاده می‌شود که به علت سمیت دومی معمولا از kerosene استفاده می‌شود.

اصلاحگر تنها در زمانی که به عنوان حلال از kerosene استفاده کنیم، و آنهم به علت انحلال ضعیف کامپلکس ایزوپلی تنگستات-آمین مطرح می‌شود که بدین طریق افزایش می یابد. از مواد اصلاحگر می‌توان به(۵٪) isodecanol و (۱۲٪) tributyl-phosphate اشاره نمود.

استخراج: محلولِ اندکی اسیدیِ پلی تنگستات با فاز آلیِ بازیابی شده در تماس قرار می‌گیرد و ایزوپلی تنگستات با آمین کاتیونیِ پروتونی شده واکنش می‌دهد تا یک یون کامپلکس اشتراکی شکل دهد. در واکنش زیر یک آمین ثالثیه و به عنوان گونه ی تنگستنی، پاراتنگستات A در نظر گرفته شده اند.

$$۵(R_۳NH)^{+} + ۵/۲\ SO_۴^{۲-} + HW_۶O_{۲۱}^{۵-} + ۵Na^{+} \rightarrow (R_۳NH)_۵HW_۶O_{۲۱} + ۵/۲\ SO_۴^{۲-} + ۵Na^{+}$$

نتایج مربوط به استخراج در مقالات با توج ه با آمین های متفاوت مورد استفاده و تفاوت در غلظت ها و... دارای تفاوت هایی هستند:

- غلظت $WO_۳$ در فاز آبی در محدوده g/lit ۱۰-۱۸۰
- عدد pH=۱,۸-۲,۶ برای محلول آبی
- غلظت $WO_۳$ در فاز آبی در محدوده g/lit ۲۵-۱۲۰ (بالاخص g/lit ۳۰-۶۰)
- نسبت فاز آلی به آبیِ ۱:۱
- دمای تقریباً ۵۰ درجه.

روبش: در مقیاسی تکنیکی، برخی از همراه آورده های فاز آلی، پس از استخراج اجتناب ناپذیرند. بخش عمده اینها در روبش حذف می‌شوند. ماده تصفیه شده خروجی روبش حاوی غلظت پایینی از سولفات سدیم است. یک نسبت نمونه آبی : آلیِ ۱: ۲۰ برای آن قابل ذکر است. ترکیبی از coalescer وsettler می‌تواند برای حذف همراه آورد ها در کنار Mixer Settler به کار گرفته شود.

عریان سازی: در این مرحله فاز آلی با محلول آمونیاک آبی در تماس قرار می‌گیرد. سپس یون کامپلکس اشتراکی تجزیه می‌شود و ایزوپلی تنگستات به عنوان نمک آمونیوم و براساس واکنش زیر به درون فاز آبی بازاستخراج می‌شود:

$$(R_۳NH)_۵HW_۶O_{۲۱} + ۵OH^{-} \rightarrow HW_۶O_{۲۱}^{۵-} + ۵(R_۳NH)OH$$

شرایط برای این مرحله به قرار زیرند:

- pH =۸-۱۳
- غلظت آمونیاک ٪ ۱۰-۱,۲
- زمان نگاهداری چند دقیقه ای

- نسبت فاز آبی به آلی باید بنا بر غلظت فاز آلی بین ۱ به ۱ تا ۱ به ۵ باشد. محلول های غلیظ آمونیوم ایزوپلی تنگستات، مطلوب ما هستند. هر چه غلظت بالاتر باشد، آب کمتری باید در طول مراحل بعد (تبلور) تبخیر گردد.

بازتولید حلال: در این مرحله فاز آلی عریان شده با یک محلول آبی اسید سولفوریک در تماس قرار می‌گیرد. از این رو، دوباره آمین موجود، پروتونیزه می‌شود و همزمان فاز آلی اغز همراه آوردهای محلول آمونیاکی پاک می‌گردد. همانطور که ذکر شد این مرحله در برخی کارخانه ها با ترکیب مراحل پروتونیززه کردن با استخراج جایگزین می‌شود. همراه آوردهای فاز آلیِ لود نشده را می‌توان با تماس دادن آن با کربن فعال شده کاهش داد.

تبلور APT: محلول آمونیوم پلی تنگستات محصولِ استخراج محلولی تبخیر می‌شود که بدین وسیله آب و آمونیاک پرانده می‌شوند. غلظت آمونیاک در مایع کاهش می یابد (افت pH) و همزمان غلظت WO_3 بالا می‌رود. پاراتنگستاتِ $B\ [H_2W_{12}O_{42}]^{10-}$ که نمکِ آمونیوم آن حلالیت کمی دارد شکل می‌گیرد. تبلور$10H_2WI_2O_{42},4H_2O$ (NH_4) نتیجه آن است. درجه تبخیر به خلوص مورد نیاز برای APT نهایی بستگی دارد و می‌تواند بین ۹۰ تا ۹۹ درصد باشد. خواص فیزیکی APT حاصل می‌تواند با شرایط تبلور تحت تاثیر قرار گیرد.

دوغابچه کریستالی از مایع مادر به وسیله صاف کردن جدا می‌شود. مایع صاف شده و آب بازیافت می‌شوند و نهایتاً APT خشک می‌شود. در مقیاس صنعتی از هر دو مدل منقطع (batch) و پیوسته استفاده می‌شود که مدل منقطع کیفی تر و مدل پیوسته اقتصادی تر است.

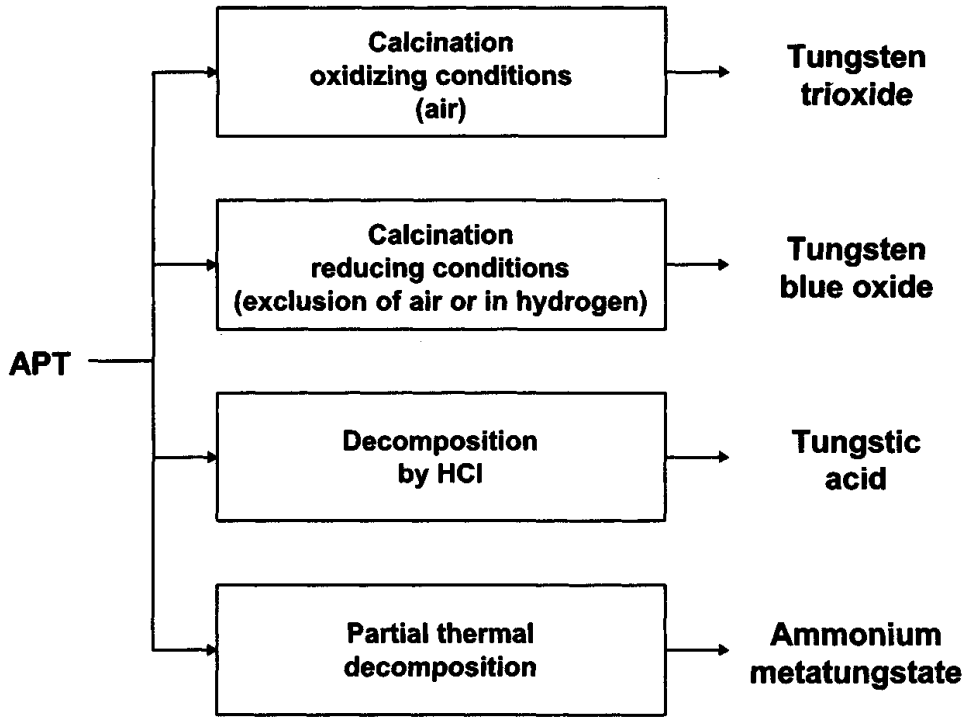
هر چه میزان ناخالصی ها در APT بیشتر باشد سایز کریستالیت APT کاهش می‌یابد.

بازیافت آمونیاک: آمونیاک تبخیر شده در تبلور که همراه با آب پرانده شده بود دوباره در بخشی دیگر چگال شده و مایع می‌گردد تا در بخش های عریان سازی مورد استفاده قرار گیرد.

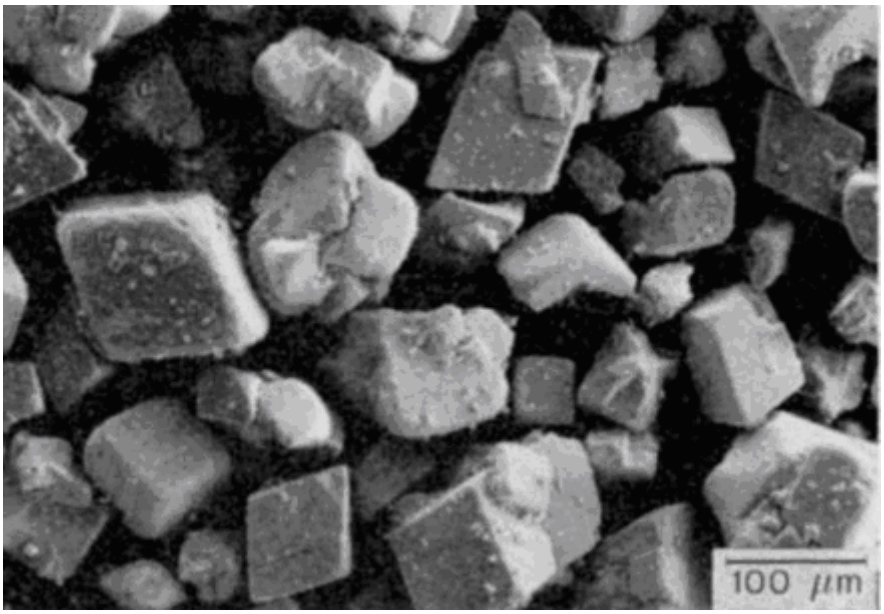
بازیافت مایع مادر: برای پایین نگه داشتن میزان ناخالصی ها در APT ، هیچ گاه مرحله تبخیر، صددرصد نخواهد بود. این بدین معنیست که بخشی از مایع مادر باید بازیافت شده و به مراحل قبل برگردد. معمولاً مقداری از مایع مادر متناظر با ۱۰-۵ درصد از حجمی که به درون پانل تبلور وارد شده بود به عقب بر می‌گردد (مقارن با ٪ ۹۵-۹۰ تبخیر).

Ammonium Paratungstate (APT): امروزه APT مهمترین و تقریباً پیش ماده انحصاری تولید محصولات تنگستنی است. تنها در صنعت متلوژی ذوبی و تنگستن و تولید مستقیم WC از فرم های دیگر این ماده استفاده می‌شود. ترکیبات میانی دیگری نظیر WO_3، TBO، تنگستیک اسید و AMT از این ترکیب تولید

می‌شوند (شکل۳-۹).APT پودریست سفید با اندازه متوسط کریستالیت ۳۰-۱۰۰μm که تصویرآن در شکل۳-۱۰ دیده می‌شود.



شکل ۳-۹- مواد مهم استخراجی از API



شکل ۳-۱۰- تصویر SEM از کریستال های APT

در جدول ۱۲ نیز کلیاتی از خواص فیزیکی آن و ناخالصی های موجود و... مشاهده می‌شود.

جدول ۱۲- ناخالصی های APT

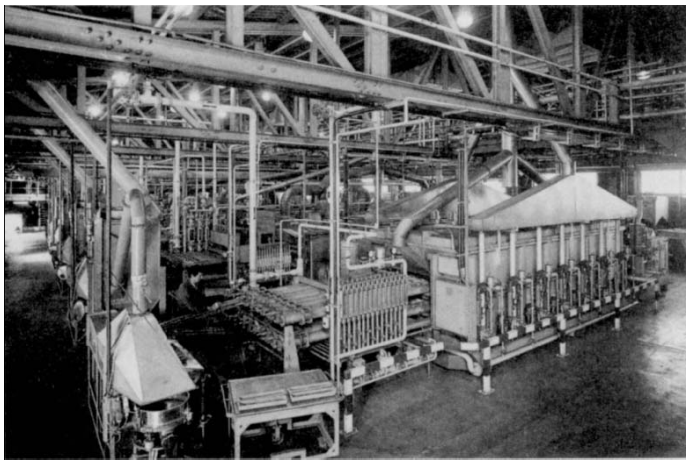
Element	1	2	3	4	5	6
Al	5	1	5	1	5	7
As	10	4	10	7	7	5
Bi	1	0.1	—	—	1	0.5
Ca	10	1	5	1	5	5
Cd	—	—	5	—	1	—
Co	10	1	10	—	5	—
Cr	10	1	10	1	5	—
Cu	3	0.1	5	1	1	1
Fe	10	3	10	1	10	6
K	10	10	10	2	9	7
Mg	7	1	5	1	5	7
Mn	10	1	5	1	5	1
Mo	20	7	30	6	20	14
Na	10	5	10	5	9	8
Ni	7	1	5	1	5	—
P	7	5	7	7	5	7
Pb	1	0.5	5	—	1	0.5
S	7	7	7	—	5	—
Sb	8	1	—	—	2	—
Si	10	3	10	1	8	6
Sn	1	0.3	10	1	1	0.5
Ti	10	3	10	—	—	—
V	10	3	10	—	—	—
F	—	—	25	—	—	—
Li	—	—	5	—	—	—
Nb	—	—	10	—	—	—

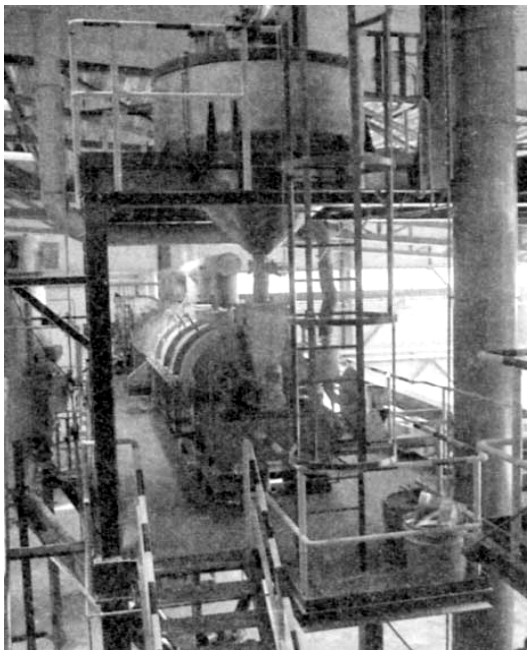
[a] 1, Chinese National Standard GB 10116-88. 2, Excellent Chinese Grade (Hengdu Tungsten). 3, Specification Wolfram Bergba- und Hüttenges.m.b.H. 4, Osram Sylvania. 5, Fujian Xiamen Tungsten Products Plant. 6, Chinese Production, Jiangxi Province.

۳-۳- احیا:

بخش سوم که پروسه احیاست جهت رسیدن به پودر تنگستن خالص (عبور از ترکیبات میانی و حصول پودر فلزی) می‌باشد که البته با توجهبه تقاضای بسار بالا برای تمامی محصولات تنگستن اعم از کنسانتره، پودر

ترکیبات میانی، و پودر فلزی، در صورت عملیاتی نشدن این فاز هم مشکلی پدید نمی آید و می‌توان همان محصول مراحل قبل را به فروش رساند. از همین رو این مرحله را می‌توان برای اجتناب از سنگین و هزینه بر شدن پروسه، به عنوان فاز توسعه کارخانه در نظر گرفت و آن را یکباره با باقی بخش ها راه اندازی نکرد. در هر صورت اصول کار در این مرحله بدین صورت است که با کوره‌های خاص و با استفاده از از گاز هیدروژن، محصولات اکسیدی مراحل قبل را احیا کرده و به پودر تنگستن فلزی می رسیم. المان های تاثیر گذار در این مرحله که بر کیفیت و سایز پودر نهایی تاثیر گذارند عبارتند از دما، فشار بخار آب، فشار هیدروژن، نرخ دمش هیدروژن، جهت دمش، ضخامت و نحوه چینش پودر اکسیدی در کوره و... بستگی دارد. برای احیا، چندین نوع کوره قابل استفاده است. برای مثال می‌توان به کوره های *Push-Type* ، کوره های گردان (*Rotary*)، و دیگر انواع کوره ها اشاره نمود. در تصاویر زیر این کوره ها را مشاهده می‌شود.





شکل ۳-۱۱- نمونه ای از کوره های احیا (راست: Push type)، (چپ: Rotary)

۳-۴- برخی توضیحات جنبی راجع به کانسار های تنگستن و روش‌های متداول فرآوری تنگستن

دو کانی حاوی تنگستن که نسبت به دیگر کانی‌های این گروه اهمیت بیشتری دارند کانی‌های ولفرامیت و شیلیت هستند و استحصال تنگستن از این دو کانی صورت می‌گیرد. ذخایر تنگستن می‌توانند حاوی یکی از این دو کانی و یا هر دوی آنها باشند. کانسارهای شیلیت معمولاً نسبت به کانسارهای ولفرامیت ذخیره بیشتر و عیار کمتری دارند که این گونه کانسارها جهت عملیات فرآوری در مقایس بزرگ مناسب‌اند. به همین دلیل

نیز معادن شیلیت معمولاً بزرگتر از معادن ولفرامیت هستند. عملیات فرآوری تنگستن تا اواخر به طور انحصاری توسط روش پرعیارسازی ثقلی معمولی انجام می‌گرفت که در آن عملیات کنسانتره تولید شده تا حد دستیابی به عیار قابل فروش WO۳ که معمولاً بیش از ٪۶۵ بود، تغلیظ می‌شد. روش پرعیارسازی ثقلی هنوز هم در فرآوری تنگستن به کار برده می‌شود و در آینده نیز برای این منظور به کار خواهد رفت.

از آنجایی که فرآیندهای موجود جهت فرآوری ذرات با ابعاد درشت تا متوسط و با عیار کم جهت توجیه اقتصادی به میزان خوراک ورودی بالایی نیاز دارند، استفاده از تکنیک‌ها و روش‌های پیش تغلیظ و تجهیزات پرعیارسازی ثقلی با ظرفیت بالا متداول شده است. تغلیظ و پرعیارسازی بخش‌های ابعاد ریز نیز توسط فرآیندهای مختلفی مانند روش فلوتاسیون انجام می‌گیرد.

جهت فرآیند پیش تغلیظ، جداکردن و برگرداندن بخشی از باطله موجود در مواد معدنی قبل از فرآیند اصلی پرعیارسازی، روش‌های مختلفی به کار می‌رود

روش متداول کانه‌آرایی ولفرامیت بدن ترتیب است که ابتدا به وسیله فلوتاسیون گزنتات هرگونه کانی‌های سولفیدی از آن جدا می‌شود و یک توده کنسانتره با درجه ثقلی بالا به دست می‌آید. سپس این محصول مجدداً توسط تجهیزات ثقلی پرعیار شده و پس از خشک شدن ولفرامیت از طریق جداکننده مغناطیسی قوی بازیابی می‌گردد. جهت کانه‌آرایی ذرات ریز شیلیت از روش فلوتاسیون استفاده می‌شود. جداکننده‌های الکترواستاتیک نیز برای بازیابی ذرات درشت شیلیت استفاده می‌شوند. مقادیری تنگستن به عنوان محصول جانبی در معدنکاری قلع تولید می‌شود. ولفرامیت بیشتر از کنسانتره‌های کاسیتریت درحین جداسازی مغناطیسی بازیابی می‌گردد.

بازیابی ولفرامیت ناخالص تا ۷۰ درصد، میزبان بازیابی خوبی است و بازیابی بالاتر (۸۰ تا ۹۰ درصد) تحت شرایط امکان‌پذیر است. متوسط بازیابی خوب برای شیلیت ۶۰ درصد است.

ارزش و بهای کنسانتره تنگستن برحسب مقدار اکسید تنگستن (WO۳) تعیین می‌شود که میزان WO۳ به کمک تجزیه شیمیایی مشخص می‌شود.

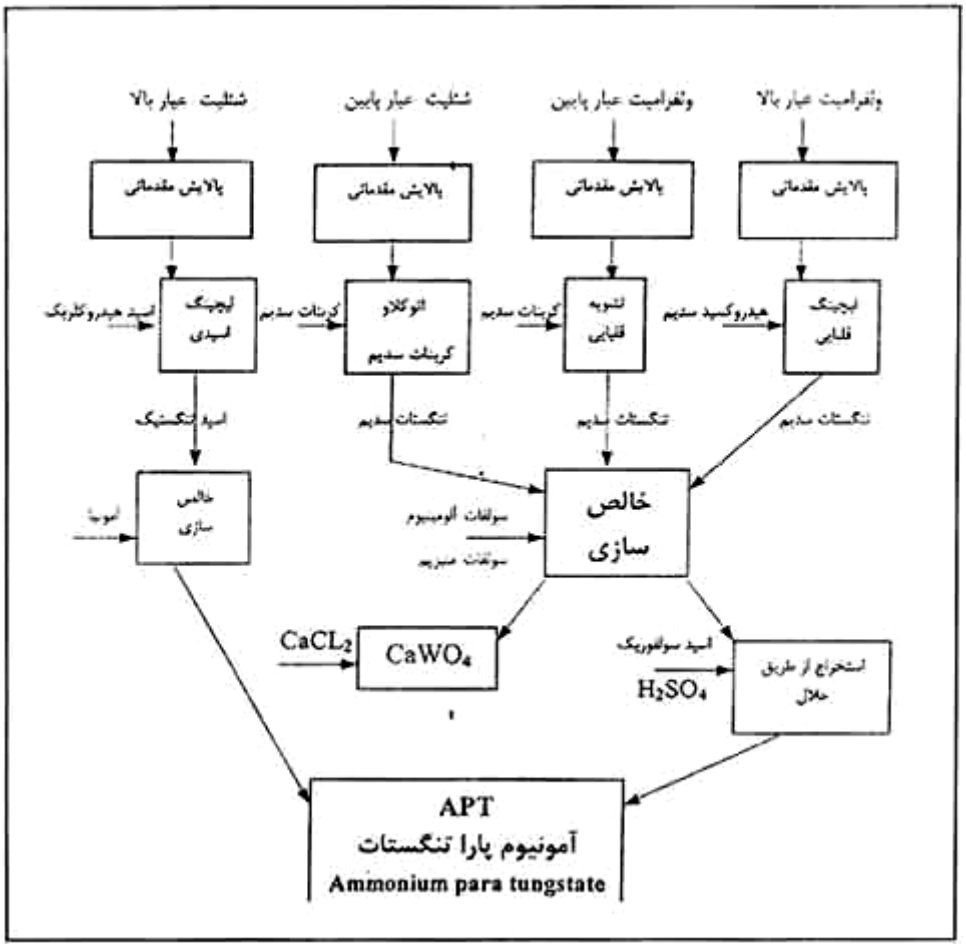
خریداران آمریکایی معمولاً کنسانتره ولفرامیت با عیار بالای ۶۵ درصد و شیلیت با عیار بالاتر از ۶۰ درصد WO۳را خریداری می‌کنند.رطوبت آزاد سنگ معدن و کنسانتره بعد از بسته‌بندی و بارگیری نباید بیش از ۵/۰درصد باشد. یکی از بزرگترین مصرف‌کنندگان انگلیسی، حداکثر ناخالصی زیر را برای کنسانتره (بعد از آماده شدن جهت ذوب) تعیین کرده است:

فسفر = ۰/۰۲ درصد مس = ۰/۱ درصد بیسموت = ۰/۱ درصد

مولیبدن = ۰/۳۵ درصد قلع = ۰/۱ درصد

آرسنیک = ۰/۰۳ درصد سولفور = ۰/۰۵ درصد

ازنظر اقتصادی انتظار می‌رود که کنسانتره شیلیت حاوی بیش از ۷۰ درصد WO۳ باشد. ولی در بعضی موارد نیز با درجه خلوص ۱۰ الی ۳۰ درصد بازیابی می‌گردد. کنسانتره‌هایی با چنین عیاری در محل تبدیل به آمونیوم پارا تنگستن (APT) گردیده و یا به صورت شیلیت مصنوعی[تنگستات کلسیم [(CaWO۴)] در می‌آیند. شکل ۷ مراحل مختلف تولید تنگستن از انواع کانسارها را نشان می‌دهد.



شکل۳-۱۲- مراحل مختلف تولید تنگستن از انواع کانسارها

۴ـ تعیین نقاط قوت و ضعف تکنولوژی‌های مرسوم (به شکل اجمالی) در فرآیند تولید محصول

نقاط قوت و ضعف و ویژگی های هر کدام از روش‌ها به تفصیل در بند ۳ شرح داده شده است.

۵ـ بررسی و تعیین حداقل ظرفیت اقتصادی شامل برآورد حجم سرمایه‌گذاری ثابت به تفکیک ریالی و ارزی (با استفاده از اطلاعات واحدهای موجود، در دست اجراء، UNIDO و اینترنت و بانک‌های اطلاعاتی جهانی، شرکت‌های فروشنده تکنولوژی و تجهیزات و...)

در این بخش بررسی‌های پارامترهای مهم اقتصادی احداث یک واحد صنعتی تولید تنگستن با حداقل ظرفیت اقتصادی نظیر؛ برآورد هزینه‌های ثابت و در گردش مورد نیاز واحد، نقطه سر به سر، سرانه سرمایه‌گذاری و... انجام می‌گیرد. برای این منظور ابتدا برنامه سالیانه تولید واحد مورد نظر، بر اساس مشخصات فنی ماشین‌آلات خط تولید، برآورد می‌شود که در جدول زیر ارائه شده است. لازم به ذکر است؛ تولید سالیانه بر اساس تعداد ۳ شیفت کاری ۸ ساعته برای ۳۰۰ روز کاری محاسبه گردیده است.

قیمت تنگستن و آمار منقول از آن معمولاً بر اساس WO_3 و یا و APT می‌باشد. قیمت تنگستن در واحد های "تنِ کوچک"[1] حساب می‌گردد. هر تن کوچک در آمریکا معادل با ۲۰ پوند بوده و خودِ WO_3 حاوی ٪ ۷۹,۳ از تنگستن می‌باشد. بنا براین یک تن کوچک از WO_3، معادل ۲۰ پوند WO_3 و حاوی ۷,۱۹Kg تنگستن خالص (معادل با ۱۵,۸۶ پوند) است. واحد تنِ متریک که در تمام کشور های دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرد معادل ٪۱ از تن یا ۱۰ Kg می‌باشد که ۱ تنِ متریک از WO_3 حاوی ۷,۹۳ Kg از تنگستن خالص است(معادل با ۱۷,۴۸ پوند).

جدول (۱۳): برنامه سالیانه تولید

ردیف	شرح	واحد	ظرفیت سالیانه	قیمت فروش واحد (ریال)	کل ارزش فروش (میلیون ریال)
۱	تری اکسید تنگستن	تن	۱۸۰	۲۳۱۲۵۰۰۰۰	۴۱۶۲۵
	APT	تن	۱۳۵	۲۳۱۲۵۰۰۰۰	۳۱۲۱۸,۷۵
مجموع (میلیون ریال)					۷۲۸۴۳,۷۵

*مجموع میزان تولیدی اشاره شده (۳۱۵ تن)، حاوی مقدار ۲۵۰ تن تنگستن خالص می‌باشد که در صورت توسعه کارخانه و نصب کوره های احیا، این مقدار پودر تنگستن خالص از آن قابل استحصال است.

[1] Short ton

۱ـ۵ـ اطلاعات مربوط به سرمایه ثابت طرح

سرمایه ثابت به آن دسته از دارائی‌ها اطلاق می‌شود که دارای طبیعتی ماندگار بوده که در جریان عملیات واحد تولیدی از آنها استفاده می‌شود. این دارائی‌ها شامل زمین، ساختمان، وسایل نقلیه، ماشین‌آلات تولید، تأسیسات جانبی و... می‌باشد که در ادامه هریک از آنها برای واحد تولیدی تنگستن محاسبه می‌شود.

۱ـ۱ـ۵ـ هزینه‌های زمین و ساختمان‌سازی

برای محاسبه هزینه‌های تهیه زمین و ساختمان‌های مورد نیاز این واحد، لازم است اندازه بناهای مورد نیاز از قبیل؛ سالن تولید، انبارها، ساختمان‌های اداری، محوطه، پارکینگ و... برآورد شود. سپس مقدار زمین مورد نیاز برای احداث بناها با در نظر گرفتن توسعه طرح در آینده، محاسبه شود. در جداول زیر مقدار زمین و انواع بناهای مورد نیاز، برآورد و هزینه‌های تهیه آنها محاسبه شده است.

جدول (۱۴): هزینه‌های زمین

ردیف	شرح	ابعاد (متر مربع)	بهای هر متر مربع (ریال)	جمع (میلیون ریال)
۱	زمین سالن‌های تولید و انبار	۲۴۰۰	۲۲۰/۰۰۰	۵۲۸
۲	زمین ساختمان‌های اداری، خدماتی و عمومی	۶۰۰		۱۳۲
۳	زمین محوطه	۲۵۰۰		۵۵۰
۴	زمین توسعه طرح	۱۵۰۰		۳۳۰
جمع زمین مورد نیاز (متر مربع)		**۷۰۰۰**		**۱۵۴۰**

جدول (۱۵): هزینه‌های ساختمان‌سازی

ردیف	شرح	مساحت (مترمربع)	بهای هر متر مربع (ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	سوله خط تولید	۱۴۰۰	۱/۷۵۰/۰۰۰	۲۴۵۰
۲	انبارها	۱۰۰۰	۱/۲۵۰/۰۰۰	۱۲۵۰
۳	ساختمان‌های اداری،خدماتی و عمومی	۶۰۰	۲/۵۰۰/۰۰۰	۱۵۰۰
۴	محوطه‌سازی، خیابان کشی، پارکینگ و فضای سبز	۲۵۰۰	۱۵۰/۰۰۰	۳۷۵
۵	دیوارکشی	۵۵۰	۳۰۰/۰۰۰	۱۶۵
مجموع (میلیون ریال)				**۵۷۴۰**

- زمین به ابعاد ۵۰*۱۳۲ در نظر گرفته شد.
-

۲ـ۱ـ۵ـ هزینه ماشین آلات و تجهیزات خط تولید

این هزینه‌ها براساس استعلام صورت گرفته از شرکت‌های مهم تولید کننده یا نمایندگی‌های معتبر برآورد می‌گردد. همچنین هزینه‌های جانبی تهیه ماشین‌آلات، شامل؛ هزینه‌های حمل و نقل، نصب و راه‌اندازی، عوارض گمرکی و... نیز محاسبه می‌شود. در جدول زیر فهرست ماشین‌آلات تولیدی و تعداد مورد نیاز آن در خط تولید ارائه شده است و براساس قیمت‌های اخذ شده، هزینه‌های اصلی و جانبی تهیه ماشین‌آلات و تجهیزات، محاسبه گردیده است.

جدول (۱۶): هزینه ماشین‌آلات خط تولید

ردیف	شرح	تعداد	قیمت واحد		هزینه کل (میلیون ریال)
			هزینه به ریال	هزینه به دلار	
۱	آسیاب گلوله ای	۱	۱۵۰۰۰۰۰۰۰		۱۵۰
۲	Classifier ها	۱	۱۰۰۰۰۰۰۰۰		۱۰۰
۳	مجموعه تغلیظ ثقلی: مارپیچ ها، مخروط ها، میزها، و یک (sink-float)	۱	۳۰۰۰۰۰۰۰۰		۳۰۰
۴	تانک های آب زدایی	۱	۱۰۰۰۰۰۰۰۰		۱۰۰
۵	مخزن ته نشینی هیدرولیک	۱	۲۵۰۰۰۰۰۰۰		۲۵۰
۶	مخزن ته نشینی کنسانتره ها	۱	۱۵۰۰۰۰۰۰۰		۱۵۰
۷	مجموعه فلوتاسیون	۱	۴۰۰۰۰۰۰۰۰		۴۰۰
۸	مجموعه سرند	۱	۸۰۰۰۰۰۰۰		۸۰
۹	کوره گردان برای تشویه	۱	۸۵۰۰۰۰۰۰۰۰		۸۵۰
۱۰	اتوکلاوهای افقی چرخشی	۱	۱۲۰۰۰۰۰۰۰۰		۱۲۰۰
۱۱	* کوره گردان احیا	۱	۴۰۰۰۰۰۰۰۰۰		۴۰۰۰
۱۲	سایر لوازم و متعلقات خط تولید (۵ درصد کل)				۱۷۹
۱۳	هزینه حمل و نقل، خرید خارجی، نصب و راه‌اندازی (۱۰درصد کل)				۳۵۸
	مجموع (میلیون ریال)				**۴۱۱۷**

* کوره گردان احیا بر ای فاز توسعه در نظر گرفته شده و قیمت آن در این مرحله محاسبه نگردید و نیز فرض بر این است که کانسنگ خرد شده از مرحله سنگ‌شکنی را در اختیار داریم.

۳ـ۱ـ۵ـ هزینه‌های تأسیسات

هر واحد تولیدی، علاوه بر دستگاه‌های اصلی خط تولید، جهت تکمیل یا بهبود فرآیندها، نیاز به تجهیزات و تأسیسات جانبی، نظیر؛ تأسیسات گرمایش و سرمایش، آب، برق، دیگ بخار، کمپرسور، تأسیسات اطفاء حریق و... خواهد داشت. انتخاب این موارد با توجه به ویژگی‌های فرآیند و محدودیت‌های منطقه‌ای و زیست‌محیطی انجام می‌گیرد. تأسیسات و تجهیزات مورد نیاز این طرح و هزینه‌های تهیه آن در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۱۷): هزینه‌های تأسیسات

ردیف	شرح	هزینه (میلیون ریال)
۱	تأسیسات سرمایش و گرمایش	۱۲۰۰
۲	تأسیسات اطفاء حریق	۲۵۰
۳	تأسیسات آب و فاضلاب	۱۰۰۰
مجموع (میلیون ریال)		**۲۴۵۰**

۴ـ۱ـ۵ـ هزینه لوازم اداری و خدماتی

واحدهای اداری و خدماتی هر واحد تولید نیاز به لوازم و تجهیزات خاص خود را دارند که برای واحد تنگستن در جدول زیر برآورد شده است.

جدول (۱۸): هزینه لوازم اداری و خدماتی

ردیف	شرح	تعداد	قیمت واحد (ریال)	جمع هزینه (میلیون ریال)
۱	میز و صندلی	۱۰	۱/۵۰۰/۰۰۰	۱۵
۲	دستگاه فتوکپی	۱	۲۰/۰۰۰/۰۰۰	۲۰
۳	کامپیوتر و لوازم جانبی	۱۰	۱۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۰۰
۴	تجهیزات اداری	۱۰ سری	۱/۰۰۰/۰۰۰	۱۰
۵	خودرو سبک	۲	۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰	۳۰۰
۶	خودرو سنگین	۳	۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰	۱۵۰۰
مجموع (میلیون ریال)				**۱۹۴۵**

۵ـ۱ـ۵ـ هزینه‌های خرید حق انشعاب

هر واحد تولیدی برای شروع فعالیت و ادامه آن، نیاز به آب، برق، گاز، ارتباطات و... دارد. در جدول زیر، هزینه خرید انشعاب‌های برق، گاز، تلفن براساس ظرفیت مورد نیاز واحد تنگستن ارائه شده است.

جدول (۱۹): حق انشعاب

ردیف	شرح	واحد	ظرفیت مورد نیاز	قیمت واحد (ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	آب	مترمکعب در ساعت	۶	۱۵۰۰۰۰۰۰	۹۰
۲	برق	کیلو وات ساعت	۲۱۸,۷۵ **kWh**	۱۵۰۰۰۰۰	۳۲۸,۱۲۵
۳	تلفن	خط	۵	۱۵۰۰۰۰۰	۷,۵
۴	گاز	مترمکعب در ساعت	۴۰	۴۲۰۰۰۰	۱۶,۸
مجموع (میلیون ریال)					**۴۴۳**

۶ـ۱ـ۵ـ هزینه‌های قبل از بهره‌برداری

هزینه‌های قبل از بهره‌برداری شامل مطالعات اولیه، اخذ مجوزها، هزینه‌های آموزش پرسنل و راه‌اندازی آزمایشی و... می‌باشد که در جدول زیر، برآورد شده است.

جدول (۲۰): هزینه‌های قبل از بهره‌برداری

ردیف	عنوان	هزینه (میلیون ریال)
۱	مطالعات اولیه و اخذ مجوزهای لازم	۲۵۰
۲	آموزش پرسنل	۱۰۰
۳	راه‌اندازی آزمایشی	۵۰۰
مجموع (میلیون ریال)		**۸۵۰**

با توجه به جداول ۱۸ الی ۲۴ کلیه هزینه‌های ثابت مورد نیاز برای احداث طرح برآورد گردید که در جدول زیر به‌طور خلاصه کل سرمایه ثابت مورد نیاز طرح ارائه شده است.

جدول (۲۱): جمع‌بندی سرمایه‌گذاری ثابت طرح

ردیف	عنوان هزینه	هزینه	
		میلیون ریال	دلار
۱	زمین	**۱۵۴۰**	-
۲	ساختمان‌سازی	**۵۷۴۰**	-
۳	تأسیسات	**۲۴۵۰**	-
۴	لوازم و تجهیزات اداری و خدماتی	**۱۹۴۵**	-
۵	ماشین‌آلات تولیدی	**۴۱۱۷**	-
۶	حق انشعاب	**۴۴۳**	-
۷	هزینه‌های قبل از بهره‌برداری	**۸۵۰**	-
۸	پیش‌بینی نشده (۵ درصد)	**۸۵۴**	-
مجموع (میلیون ریال)		**۱۷۹۳۹**	

۲ـ۵ـ هزینه‌های سالیانه

علاوه بر سرمایه‌گذاری مورد نیاز جهت احداث و راه‌اندازی واحد، یک سری از هزینه‌ها بایستی به صورت سالانه براساس تولید محصول انجام شود. این هزینه‌ها شامل تهیه مواد اولیه، نیروی انسانی، انرژی مصرفی، هزینه استهلاک تجهیزات، ماشین‌آلات و ساختمان‌ها، هزینه تعمیرات و نگهداری، هزینه‌های فروش محصولات، هزینه تسهیلات دریافتی، بیمه و... می‌باشد. در جداول زیر هزینه‌های سالیانه هریک از این موارد برآورد شده است.

جدول (۲۲): هزینه سالیانه مواد اولیه

ردیف	شرح	واحد	محل تأمین	قیمت واحد		مصرف سالیانه	قیمت کل (میلیون ریال)
				ریال	دلار		
۱	کانسنگ تنگستن	تن	داخل	۲۷۷۵۰۰	۳۰	۱۴۰۰۰۰	۳۸۸۵۰
۲	سود	تن	داخل	۲۷۵۰۰۰۰	۲۹۸	۵۰	۱۳۸
	اسید سولفوریک	تن	داخل	۱۵۵۰۰۰۰	۱۶۷,۵	۵۰	۷۷
	آمونیاک	تن	داخل	۵۰۸۷۵۰۰	۵۵۰	۱۰۰	۵۰۹
مجموع (میلیون ریال)							**۳۹۵۷۴**

جدول (۲۳): هزینه سالیانه نیروی انسانی

ردیف	شرح	تعداد	حقوق ماهیانه (ریال)	حقوق و مزایای سالیانه معادل ۱۴ ماه (میلیون ریال)
۱	مدیر ارشد	۱	۸/۰۰۰/۰۰۰	۱۱۲
۲	مدیر واحدها	۳	۶/۰۰۰/۰۰۰	۲۵۲
۳	پرسنل تولیدی متخصص	۵	۳/۵۰۰/۰۰۰	۲۴۵
۴	پرسنل تولیدی (تکنسین)	۵	۳/۰۰۰/۰۰۰	۲۱۰
۵	کارگر ماهر	۱۰	۳/۰۰۰/۰۰۰	۴۲۰
۶	کارگر ساده	۱۰	۲/۵۰۰/۰۰۰	۳۵۰
۷	خدماتی	۵	۲/۵۰۰/۰۰۰	۱۷۵
مجموع (میلیون ریال)				**۱۷۶۴**

جدول (۲۴): مصرف سالیانه آب، برق، سوخت و ارتباطات

ردیف	شرح	واحد	مصرف روزانه	قیمت واحد (ریال)	تعداد روز کاری	هزینه سالیانه (میلیون ریال)
۱	برق مصرفی	کیلو وات ساعت	۵۲۵۰	۱۸۰	۳۰۰	۲۸۴
۲	آب مصرفی	مترمکعب	۵۰	۱۵۰۰		۲۲
۳	تلفن	-	-	-		۱۸
۴	سوخت(گازوییل)	لیتر	۱۰۰	۲۰۰		۶
۵	سوخت (بنزین)	لیتر	۲۰	۱۰۰۰		۶
۶	سوخت گاز	مترمکعب	۵۰۰	۲۰۰		۳۰
مجموع (میلیون ریال)						**۳۶۶**

جدول (۲۵): استهلاک سالیانه ماشین‌آلات، تجهیزات و ساختمان‌ها

ردیف	شرح	هزینه (میلیون ریال)	نرخ استهلاک (٪)	هزینه استهلاک (میلیون ریال)
۱	ساختمان‌ها، محوطه و...	**۵۷۴۰**	۵	۲۸۷
۲	ماشین‌آلات خط تولید	**۴۱۱۷**	۱۰	۴۱۱,۷
۳	تأسیسات	**۲۴۵۰**	۱۰	۲۴۵
۴	لوازم و تجهیزات اداری و خدماتی	**۱۹۴۵**	۱۵	۲۹۲
مجموع (میلیون ریال)				**۱۲۳۶**

جدول (۲۶): تعمیرات و نگهداری سالیانه ماشین‌آلات، تجهیزات مورد نیاز

ردیف	شرح	هزینه (میلیون ریال)	نرخ تعمیرات و نگهداری (٪)	هزینه تعمیرات و نگهداری (میلیون ریال)
۱	ساختمان	**۵۷۴۰**	۵	۲۸۷
۲	ماشین‌آلات خط تولید	**۴۱۱۷**	۱۰	۴۱۱,۷
۳	تأسیسات	**۲۴۵۰**	۷	۱۷۱,۵
۴	لوازم و تجهیزات اداری و خدماتی	**۱۹۴۵**	۱۰	۱۹۴,۵
مجموع (میلیون ریال)				**۱۰۶۵**

جدول (۲۷): هزینه تسهیلات دریافتی

ردیف	شرح	مقدار (میلیون ریال)	نرخ سود (٪)	سود سالیانه (میلیون ریال)
۱	تسهیلات بلند مدت (٪۷۰از ثابت)	۱۲۵۶۰	۱۲	۱۵۰۷,۲
۲	تسهیلات کوتاه مدت (٪۱۰ از مورد ۱)	۱۲۵۶	۱۲	۱۵۰,۷۲
مجموع (میلیون ریال)				**۱۶۵۸**

جدول (۲۸): هزینه‌های سالیانه

ردیف	شرح	هزینه سالیانه	
		میلیون ریال	دلار
۱	مواد اولیه	۳۹۵۷۴	
۲	نیروی انسانی	۱۷۶۴	
۳	آب، برق، تلفن و سوخت	۳۶۶	
۴	استهلاک ماشین‌آلات، تجهیزات و ساختمان‌ها	۱۲۳۶	
۵	تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات، تجهیزات و ساختمان	۱۰۶۵	
۶	هزینه تسهیلات دریافتی	۱۶۵۸	
۷	هزینه‌های فروش (۲ درصد کل فروش)	۱۴۵۷	
۸	هزینه بیمه کارخانه (۰/۲ درصد هزینه ثابت)	۳۶	
۹	پیش‌بین نشده (۵ درصد)	۲۳۵۸	
مجموع (میلیون ریال)		**۴۹۵۱۴**	

۳ـ۵ـ سرمایه در گردش مورد نیاز طرح

سرمایه در گردش به نقدینگی اطلاق می‌شود که برای تهیه مواد و ملزومات مورد نیاز در جریان تولید نظیر مواد اولیه، نیروی انسانی و... هزینه می‌شود و به‌طور کلی شامل سرمایه‌ای است که باید کلیه هزینه‌های جاری واحد تولیدی را پوشش دهد و لازم است در هر زمان در دسترس باشد. مقدار سرمایه در گردش بستگی به توان بازرگانی و مدیریتی واحد تولیدی دارد به‌طور مثال اگر امکان دسترسی سریع به مواد اولیه در هر زمان وجود داشته باشد، نیاز کمتری به سرمایه برای تهیه آن است و برعکس در صورت طولانی بودن فرآیند دسترسی به آن، سرمایه در گردش برای خرید افزایش می‌یابد چراکه لازم است مواد مورد نیاز برای زمان بیشتری سفارش داده شود.

به‌طور معمول حداقل سرمایه در گردش مورد نیاز، معادل ۲۰ الی ۲۵ درصد کل هزینه‌های جاری سالیانه واحد تولیدی (معادل هزینه‌های ۲ الی ۳ ماه) است. این مسأله برای مواد اولیه خارجی که ممکن است فرآیند سفارش و خرید آن طولانی باشد دوازده ماه در نظر گرفته می‌شود تا ریسک توقف خط تولید به علت

فقدان مواد اولیه کاهش یابد. در جدول زیر سرمایه در گردش مورد نیاز برای انجام مطلوب جریان تولید محصول محاسبه شده است.

جدول (۲۹): برآورد سرمایه در گردش مورد نیاز

ردیف	شرح	مقدار مورد نیاز	ارزش کل	
			میلیون ریال	دلار
۱	مواد اولیه داخلی	۲ ماه	۶۵۹۶	
۲	مواد اولیه خارجی	۱۲ ماه	--	
۳	حقوق و مزایای کارکنان	۲ ماه	۲۹۴	
۴	آب و برق، تلفن و سوخت	۲ ماه	۶۱	
۵	تعمیرات و نگهداری	۲ ماه	۱۷۸	
۶	استهلاک	۲ ماه	۲۰۶	
۷	تسهیلات دریافتی	۳ ماه	۴۱۵	
۸	هزینه‌های فروش، بیمه، پیش‌بینی نشده	۳ ماه	۹۶۳	
مجموع (میلیون ریال)			**۸۷۱۳**	

۴ـ۵ـ کل سرمایه مورد نیاز طرح

کل سرمایه مورد نیاز برای احداث واحد تولید تنگستن شامل دو جزء سرمایه ثابت (جدول.....) و سرمایه در گردش (جدول....) است که به‌طور خلاصه در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۳۰): سرمایه‌گذاری کل

ردیف	شرح	ارزش کل (میلیون ریال)
۱	سرمایه ثابت	**۱۷۹۳۹**
۲	سرمایه در گردش	**۸۷۱۳**
مجموع (میلیون ریال)		**۲۶۶۵۲**

ـ نحوه تأمین سرمایه

برای تأمین سرمایه مورد نیاز طرح، از تسهیلات بلندمدت (۲ـ۵ ساله) برای تأمین ۷۰ درصد سرمایه ثابت مورد نیاز و از تسهیلات کوتاه مدت (۶ـ۱۲ ماهه) برای تأمین ۵۰ درصد سرمایه در گردش مورد نیاز استفاده می‌شود.

جدول (۳۱): نحوه تأمین سرمایه

نوع سرمایه	مبلغ (میلیون ریال)	تسهیلات بانکی		سهم سرمایه‌گذاران (میلیون ریال)
		سهم (درصد)	مقدار (میلیون ریال)	
سرمایه ثابت	**۱۷۹۳۹**	۷۰	۱۲۵۵۷	۵۳۸۲
سرمایه در گردش	**۸۷۱۳**	۵۰	۴۳۵۶/۵	۴۳۵۶/۵
مجموع (میلیون ریال)			۱۶۹۱۳/۵	۹۷۳۸/۵

۶ـ۵ـ شاخص‌های اقتصادی طرح

پس از ارائه جداول مالی سرمایه، هزینه و درآمد، جهت بررسی بیشتر مسائل اقتصادی طرح، لازم است شاخص‌های مهم مرتبط، از قبیل؛ قیمت تمام شده، سود ناخالص سالیانه، نرخ برگشت سرمایه، مدت زمان بازگشت سرمایه، درصد تولید در نقطه سر به سر، درصد سرمایه‌گذاری ارزی به سرمایه‌گذاری کل، سرانه سرمایه‌گذاری ثابت و... برای متقاضیان سرمایه‌گذاری طرح تولید تنگستن محاسبه شود که در ادامه ارائه می‌شود.

ـ قیمت تمام شده:

$$\frac{۴۹۵۱۴}{۳۱۵} = \text{قیمت تمام شده واحد کالا} \Rightarrow \frac{\text{هزینه سالیانه}}{\text{مقدار تولید سالیانه}} = \text{قیمت تمام شده واحد کالا}$$

میلیون ریال برای هر تن ۱۵۷,۱۸۷۳۰ = قیمت تمام شده واحد کالا

ـ سود ناخالص سالیانه:

میلیون ریال ۲۳۳۲۹,۷۵ = سود ناخالص سالیانه ⇒ هزینه کل ـ فروش کل = سود ناخالص سالیانه

ـ درصد سود سالیانه به هزینه کل و فروش کل:

$$\text{درصد سود سالیانه به هزینه کل} = \frac{\text{سود ناخالص سالیانه}}{\text{هزینه کل تولید}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{درصد ۴۷,۱۲ = سود سالیانه به هزینه کل}$$

$$\text{درصد سود سالیانه به فروش} = \frac{\text{سود ناخالص سالیانه}}{\text{فروش کل}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{درصد ۳۲,۰۳ = سود سالیانه فروش کل}$$

ـ نرخ برگشت سالیانه سرمایه:

$$\text{درصد برگشت سالیانه} = \frac{\text{سود سالیانه}}{\text{سرمایه‌گذاری کل}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{درصد ۸۸ = درصد برگشت سالیانه سرمایه}$$

ـ مدت زمان بازگشت سرمایه

$$\text{مدت زمان بازگشت سرمایه} = \frac{۱۰۰}{\text{درصد برگشت سالیانه سرمایه}} \Rightarrow \text{سال ۱,۱۳۶ = مدت زمان بازگشت سرمایه}$$

با در نظر گرفتن قیمت بالای کانسنگ که هزینه خردایش سنگ‌شکنی نیز بر آن اضافه شده باشد مدت زمان بازگشت سرمایه کمی افزایش می یابد.

ـ سرمایه‌گذاری ثابت سرانه:

$$\text{سرمایه‌گذاری ثابت سرانه} = \frac{\text{سرمایه‌گذاری ثابت}}{\text{تعداد کل پرسنل}} \Rightarrow \text{میلیون ریال ۴۶۰ = سرمایه‌گذاری ثابت سرانه}$$

ـ سرمایه‌گذاری کل سرانه:

$$\text{سرمایه‌گذاری کل سرانه} = \frac{\text{سرمایه‌گذاری کل}}{\text{تعداد کل پرسنل}} \Rightarrow \text{میلیون ریال ۶۸۳ = سرمایه‌گذاری کل سرانه}$$

۶ـ میزان مواد اولیه عمده مورد نیاز سالانه و محل تأمین آن از خارج یا داخل کشور قیمت ارزی و ریالی آن و بررسی تحولات اساسی در روند تأمین اقلام عمده مورد نیاز در گذشته و آینده

در این طرح بنا بر این گذاشته شده که مواد اولیه تماما از داخل کشور تهیه گردد. سنگ معدن را از معدن نظام آباد با عیار ٪ ۰,۲ که ذخیره ای بالغ بر ۸۰۰۰ تن فلز تنگستن را داراست و مواد شیمیایی دیگر را هم از تولید کنندگان داخلی باید تهیه نمود. البته ناگفته پیداست که از آنجا که بالغ بر ۵۰ سال است که معدن نظام آباد فعالیتی نمی‌کند و جای دیگری درون کشور هم سنگ معدن تنگستن با عیار بالا موجود نیست، ممکن است قدری قیمت در نظر گرفته شده (۲۷۷۵۰۰ ریال برای هر تن خاک با عیار ٪ ۰,۲) دچار تفاوت باشد که قابل تخمین است. با توجه میزان تولید لحاظ شده یعنی ۲۵۰ فلز خالص که در قالب ۳۱۵ تن محصولات میانی عرضه خواهد شد، به سالانه ۱۴۰۰۰۰ تن سنگ معدن نیاز خواهیم داشت.

۷ـ پیشنهاد منطقه مناسب برای اجرای طرح

با توجه به مکان قرار گرفتن معادن سنگ معدن این فلز، به نظر می رسد نواحی و شهرک های صنعتی اطراف ساوه بهترین ناحیه برای این کار باشد. چرا که چه به لحاظ نزدیکی به معادن و هزینه های حمل و نقل و چه به لحاظ وجود امکانات مورد نیاز برای این کارخانه (برق، آب، سوخت، در دسترس بودن امکانات تاسیساتی و....) شرایطی مناسب فراهم خواهد شد.

۸ـ وضعیت تأمین نیروی انسانی و تعداد اشتغال

نیروی انسانی مناسب برای این کار باید با محوریت دانش آموختگان متالوژی و مواد در بخش‌های مدیریتی و همراهی تیمی مجرب از فارغ التحصیلان مهندسی مکانیک در بخش های فنی انجام گیرد.

ردیف	عنوان شغلی	تعداد	تخصص مورد نیاز
۱	مدیر ارشد	۱	کارشناسی یا کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد و متالوژی، مواد یا فراوری مواد معدنی با تجربه حداقل ۵ سال فعالیت مرتبط
۲	مدیر واحدها	۳	کارشناسی مهندسی مکانیک یا مواد با تجربه حداقل ۲ سال فعالیت مرتبط
۳	پرسنل تولیدی متخصص	۵	کارشناسی رشته مدیریت، حسابداری یا امور اداری با تجربه حداقل ۲ سال فعالیت مرتبط
۴	پرسنل تولیدی (تکنسین)	۵	کارشناسی یا کارشناسی ارشد رشته بازاریابی، بازرگانی یا حسابداری با تجربه حداقل ۵ سال فعالیت مرتبط
۵	کارگر ماهر	۱۰	کاردان یا کارشناس صنایع معدنی، مواد یا شیمی با تجربه حداقل ۲ سال فعالیت مرتبط
۶	کارگر ساده	۱۰	کاردان مکانیک و برق با تجربه حداقل ۲ سال آشنایی با دستگاه‌های خط تولید
۷	خدماتی	۵	دیپلم با الویت رشته‌های فنی حرفه‌ای و دارا بودن گواهی‌نامه رانندگی

۹ـ بررسی و تعیین میزان تأمین آب، برق، سوخت، امکانات مخابراتی و ارتباطی (راه ـ راه‌آهن ـ فرودگاه ـ بندر...) و چگونگی امکان تأمین آنها در منطقه مناسب برای اجرای طرح

در مناطق مذکور، شهرک‌های صنعتی اطراف ساوه که خود یک قطب صنعتی محسوب می‌شود مشکلی از نظر امکانات مخابراتی و ارتباطی و تامین سوخت باقی نمی گذارد. با توجه به ابعاد کارخانه که قابل اجرا در یک شهرک صنعتی می‌باشد، آب را از طریق شبکه لوله کشی شهرک صنعتی می‌توان تهیه نمود، ضمن اینکه به علت مصرف بالای آب، بد نیست که به حفر یک چاه نیز اقدام گردد تا هزینه های آب پایین تر آمده احیاناً مشکلی پیشآمد نکند. راه‌های دسترسی به کارخانه نیز از طریف همان شهرک صنعتی به راحتی با راه‌های اصلی و ترانزیتی مرتبط می‌گردد.

در مورد خطوط و اینترنت نیز که در شهرک های صنعتی مشکلی وجود ندارد.

۱۰ـ وضعیت حمایت‌های اقتصادی و بازرگانی

مهمترین معیارهای پذیرش طرح‌ها شامل قرار داشتن در راستای اهداف و اولویت‌های سازمان توسعه، تکراری نبودن، قابلیت و توانایی مجری طرح، وجود بازار یا مشتری بالقوه داخلی ـ خارجی، توجیه فنی اقتصادی ـ زیست محیطی، ایمنی و بهداشتی طرح، بکارگیری روش‌ها، ایجاد ارزش افزوده بیشتر ایجاد اشتغال مناسب، توسعه مناطق محروم و نیمه توسعه یافته و داشتن بیمه‌نامه و پوشش بیمه‌ای از صندوق سرمایه گذاری فعالیت‌های مزبور است.

با توجه به سطح تولید صفر این محصول در کشور وازطرفی با توجه به شکاف عمیق عرضه و تقاضا برای این ماده در سطح جهان، و نیز در نظر گرفتن تحریم های جهانی، عدم دسترسی به این ماده هر ساله هزینه های هنگفت و رو به تزایدی را به کشور تحمیل می‌کند. از طرفی آشنایی با مراحل تولید این ماده و دسترسی نسبی به مواد اولیه آن، هر گونه تاخیری در این اقدام را به ضرری مسلم تبدیل می نماید. ضمناً با توجهبه نیاز داخلی و نیز محدود بودن مواد اولیه داخلی، به نظر می رسد این طرح برای خودکفایی در این زمینه کافی باشد و زمینه مساعدی برای صادرات نداشته باشد مگر اینکه اقدام به واردات مواد اولیه گردد. از همین رو با فرض منتفی بودن صادرات این محصول، هزینه های فروش را پایین می آید.

ـ حمایت تعرفه گمرکی (محصولات و ماشین‌آلات) و مقایسه با تعرفه‌های جهانی

تجهیزات مورد نیاز طرح (به جز کوره های مورد نظر برای احیا که آن هم در فاز اولیه قرار نداشته و به فاز توسعه مربوط می‌شود) همگی در داخل کشور قابل تامین است و نیازی به واردات این ماشین آلات نیست، لذا مشمول هزینه ها و عوارض گمرکی نخواهد بود. همچنین برای آن دسته از ماشین ها مه احیانا نیاز به وارد کردن آنها هست (اعم از فاز اولیه و یا فاز توسعه)، ماشین آلات پس از تست های اولیه و عدم مشکلات فنی از طریق گمرک وارد کشور خواهند شد. حقوق گمرکی که در حال حاضر برای این گونه ماشین آلات وجود دارد حدود ۱۰ درصد قیمت ماشین آلات خارجی می‌باشد.

محصول طرح در داخل کشور مورد نیاز می‌باشد و کشور با کمبود شدید اینگونه مواد روبرو است. بنابراین بحث صادارت محصولات منتفی است و هزینه های فروش را پایین می آورد.

ـ حمایت‌های مالی (واحدهای موجود و طرح‌ها)، بانک‌ها ـشرکت‌های سرمایه‌گذار

بر طبق برنامه و مصوبات دولت در چند سال اخیر، حمایت از طرحهای زود بازده و در مقیاس کوچک، در دستور کار بوده که این حمایت با برنامه هایی همچون ارائه تسهیلات به طرحهای دارای توجیه اقتصادی پیوند خورده است. در حال حاضر طرحهای کوچک مقیاس زود بازده که دارای توجیه اقتصادی می‌باشند از طرف سازمان صنایع و معادن استانها به بانک معرفی شده و از تسهیلات لازم برخوردار می گردند. اهمیت اینگونه طرحها با نگاهی به مصوبات استانی هیات دولت بیش از پیش آشکار می‌گردد. بعلاوه این طرح از جهت تامین بخشی از نیاز داخلی و نیز از این جهت که امکان اجرایی شدن آن چندان به خارج از کشور متکی نیست، از شمایل توجیهی خوبی برخوردار است.

۱۱ـ تجزیه و تحلیل و ارائه جمع‌بندی و پیشنهاد نهایی در مورد احداث واحدهای جدید

بطور کلی موارد قابل ذکر در طرح احداث کارخانه تولید فراورده های تنگستن به شرح ذیل می‌باشد.

- مطالعات انجام گرفته نشان دهنده آن است که با گسترش توان نظامی و دفاعی کشور و نیز توسعه صنایع مختلف از جمله نوری و فولادی، میزان مصرف این ماده در حال افزایش است. همچنین مطالعات نشان دهنده سود دهی خوب این واحدها هستند.
- مواد اولیه معدنی و کانسنگ ورودی به کارخانه ازطریق معادن داخلی تأمین می‌گردد، بنابراین این طرح، جزء طرحهای کوچک مقیاس و زود بازده بوده و بدین جهت از حمایتهای خاص دولتی و تسهیلات مناسب برخوردار است.
- محصولات طرح از نیازهای کشور است و تولید آن، مشکلات تامین آن از خارج و واردات را کاهش می دهد.
- منابع تنگستن در ایران فراوان نیست و از این رو بهتر است برای برداشت از این منابع با برنامه ای بلند مدت که بیش از هر چیز، رفع نیاز سالانه تا حداقل ربع قرن آینده را مد نظر دارد، این صنعت را هدایت و برنامه ریزی کرد.
- به جهت مشکلات اشتغال در کشور این طرح می تواند بصورت مستقیم و غیر مستقیم بخشی از مشکلات موجود را تعدیل کند.
- با توجه به محاسبات فنی و اقتصادی برای انجام این طرح مدت زمان برگشت سرمایه در حدود ۱/۳ سال می‌باشد که با توجه به سرمایه مورد نظر و نیاز کشور به این ماده، احداث کارخانه تولید تنگستن در کشور را نه تنها منطقی بلکه به فوریتی لازم تبدیل می نماید.

۱۲ـ منابع و ماخذ

۱. اداره کل اطلاعات و آمار وزارت صنایع و معادن.
۲. مرکز اطلاعات و آمار وزارت بازرگانی.
۳. کتاب "مقررات صادرات و واردات سال ۱۳۸۶"، انتشارات شرکت چاپ و نشر بازرگانی.
۴. پایگاه اطلاع‌رسانی مرکز آمار ایران.
۵. پایگاه اطلاع‌رسانی مرکز پژوهش‌های مجلس جمهوری اسلامی ایران.
۶. سازمان توسعه تجارت ایران
۷. سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران
۸. سازمان توسعه و نوسازی صنایع معدنی ایران
۹. شرکت تهیه و تولید مواد معدنی ایران
۱۰. شرکت ملی پتروشیمی ایران
۱۱. پایگاه اینترنتی www.itia.org.uk
۱۲. کتاب اول
۱۳. Erik Lassner, Wolf-Dieter Schubert, “Tungsten”; Properties, Chemistry, Technology of the Element, Alloys, and Chemical Compounds, Vienna University of Technology, Vienna, Austria
۱۴. پایگاه اینترنتی پایگاه اطلاعات صنعتی ایران: http://www.vic.ir/industry
۱۵. استفاده از گزارش: World Mineral Production, ۲۰۰۲-۰۶
۱۶. استفاده از گزارش: China & south east asia Mineral Production, ۲۰۰۱-۰۵
۱۷. استفاده از سند راهبرد توسعه صنعتی کشور
۱۸. پایگاه ملی داده های علوم زمین www.ngdir.ir
۱۹. استفاده از پایگاه اینترنتی www.minemakers.com.au
۲۰. استفاده از گزارش
Andrew Drummond, “The Mining ۲۰۰۷ resources convention”