

معادن آهن بونگ لیبریا، افریقای غربی

نوشته:

سید حسن بصیر

دانشیار دانشکده فنی دانشگاه تهران

چکیده:

اکنون که کشور ایران در حال توسعه اکتشافات و استخراج معادن آهن است اهمیت طراحی صحیح معادن پیش از هروقت دیگر مورد تأکید است. در این رهگذر باید از تجربیات دیگران استفاده کرد. مطالعه معادن مشابه و در حال کار میتواند در انتخاب روشها و ماشین آلات رهنمون باشد، نویسنده در مردادماه ۱۳۵۴ از معادن آهن بونگ (Bong) دیدن بعمل آورد و حاصل یادداشت‌های خود را بصورت این مقاله کوتاه در اختیار همکاران و اهل فن میگذارد باین امید که باشناسان یک معدن آهن جهان که در نوع خود بسیار جالب است، مفید واقع شده است.

تاریخچه:

اولین بار در سال ۱۹۳۵ سه زمین‌شناس اروپائی^۱ از وجود یک کانسار آهن در این منطقه گزارش کردند.

در سال ۱۹۵۷ یک شرکت آلمانی^۲ با همکاری دفتر منابع طبیعی و مساحی کشور لیبریا^۳ کانسار آهن ناحیه بونگ را مورد بررسی و اکتشاف قرارداد. شرکت معدنکاری بونگ^۴ BMC در سال ۱۹۶۱ تأسیس و عهده‌دار بهره‌برداری معادن آهن این ناحیه شد. سهامداران این شرکت یکی «شرکتهای تولید فولاد آلمان» بمیزان ۶۷٪ و دیگری شرکتهای تولید فولاد ایتالیا باندازه ۳۲٪ میباشند.

از سال ۱۹۶۲ عملیات ساختمانی، ایجاد راه آهن، ساختمان اسکله و بندر، نیروگاه، تأسیسات آبرسانی باز کردن معدن، کارخانه تغلیظ و تهیه مسکن آغاز گردید و سه سال بعد از اولین محموله سنگ آهن بداخل کشتی ریخته شد.

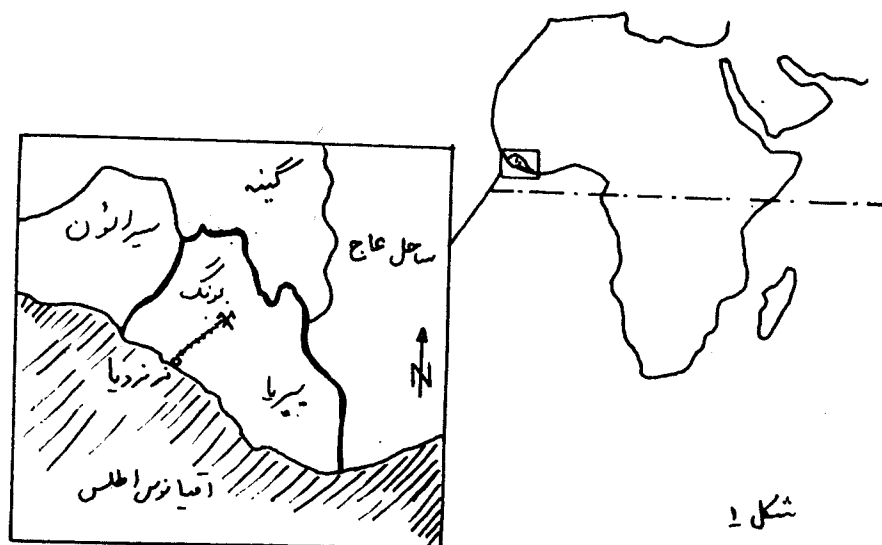
-
- 1 - Terpstra, Harloff, van Bevervoode
 - 2 - Gewerkschaft Exploration, Düsseldorf
 - 3 - Liberian Bureau of Natural Resources and Surveys
 - 4 - Bong Mining Company

همزمان با استخراج بمقدار کم دمسال طول کشید تا میزان محصول بمقدار پیش بینی شده رسید و کارخانه پلت نیز بنا شد و شروع بکار کرد.

یکی از مسائل حائز اهمیت در تولید و فروش سنگ آهن انبار کردن سنگ معدن، کنسانتره (تغلیظ شده) و پلت (Pellets) است. در این معدن ضرورت ایجاد فضا ساختن تسهیلات لازم جهت انبار کردن ۸۰ میلیون تن کنسانتره و نیم میلیون تن پلت مشاهده شد و در سال ۱۹۷۳ تأسیسات لازم بنا گردید. در سال جاری، ۱۹۷۵، عملیات ساختمان مرحله چهارم توسعه استخراج، کارخانه فلوتاسیون، دومین کارخانه پلت، توسعه نیروگاه و منازل مسکونی آغاز گردیده است.

کانسار آهن

کانسار آهن در سلسله جبال بونگ و در ایالت «سالالا»^۱ در شمال کشور لیبیریا قرار دارد. کروکی شماره ۱ موقعیت معدن را نسبت به کشور لیبیریا و قاره افریقا نشان میدهد.



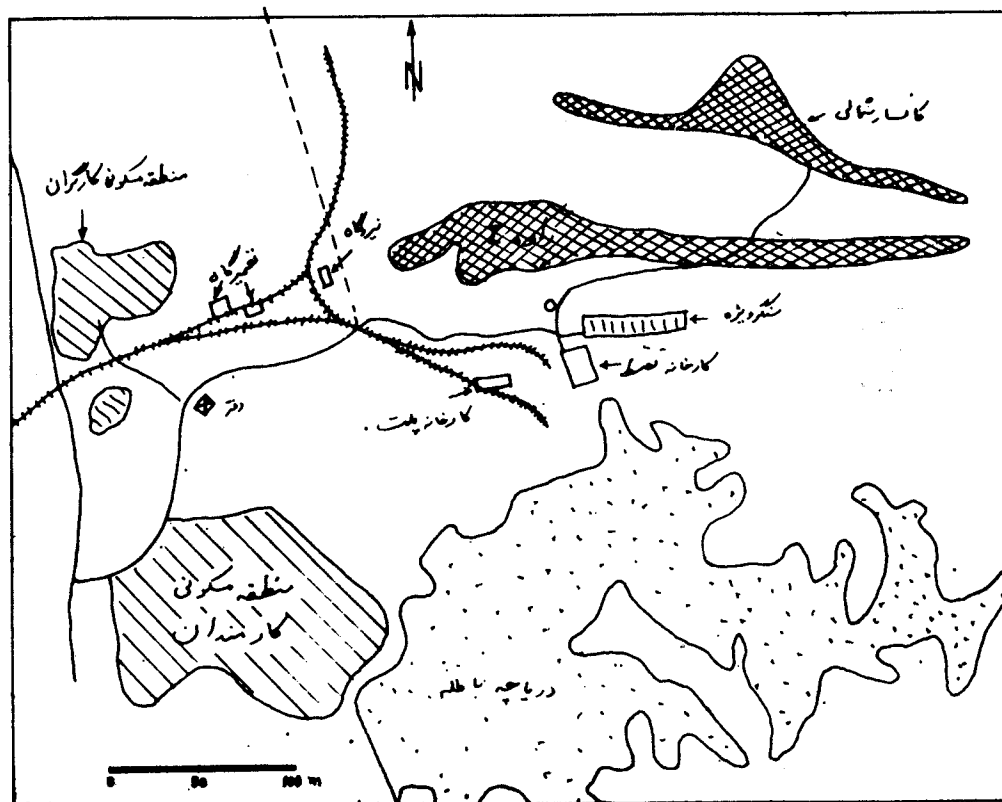
شکل ۱

سنگ آهن پرعیار شده و محصول کارخانه پلت توسط یک رشته راه آهن به طول ۸۰ کیلومتر که ویژه معدن ساخته شده است به بندر آزار مونرویا^۲ رسانده می شود.

کانسار آهن از چند سنگلیال کم عرض و طویل به طول تقریبی ۱۲ کیلومتر تشکیل می شود که امتداد کلی آن شرقی غربی است. تشکیلات ایتابریتی (Itabirite) این منطقه ۲۸ تا ۳۲ میلیارد سال سن دارد و روی سنگهای کنیس، میکا و میکا شایست و همچنین شایست های آمفیبل دار که قسمتی از آن با میکا شایست پوشیده شده است سنگهای باطله معدن از نوع آخر احجار ذکر شده است. کروکی شماره ۲ نقشه کلی معدن را نشان میدهد.

1 - Salala District

2 - Monrovia



شکل (۱۲)

ذخیره و عیار

در محدوده پروانه شرکت BMC کلاً ۵۰۰ میلیون تن سنگ آهن با عیار کمتر از ۴۰٪ Fe وجود دارد که نسبت منیتهت به هماتیت آن در این ذخیره ۳۹:۶۱ است.
در جدول شماره ۱ میزان ذخیره قسمتهای مهم کانسار ذکر شده است.

ذخیره به میلیون تن	قسمت کانسار
۱۸۸	زاویه I
۷۸	زاویه II
۱۱۰	قسمت شمالی
۱۲۴	بونگ پیک
۵۰۰	کل ذخیره

جدول شماره ۱

عیار آهن این کانسار کم است و این امر اهمیت تغلیظ را بیش از حد معمول جلوه گر کرده است.
جدول شماره ۲ میانگین عیار آهن و سایر مواد داخل سنگ معدن را که از تجزیه یکصد میلیون تن سنگ استخراج شده معدن بدست آمده است نشان میدهد.

ترکیب	%
Fe	۳۸٫۷
SiO ₂	۴۰٫۸
Al ₂ O ₃	۱٫۲
CaO	۰٫۷
MgO	۱٫۴
P	۰٫۰۶
S	۰٫۰۳

جدول شماره ۲

میزان محصول

محصول سالانه معدن بونگ حدود ۶ میلیون تن کنسانتره است که پس از تهیه ۲٫۴ میلیون تن پلت بقیه بصورت سنگ آهن پرعیار شده بفروش می‌رسد. خریدار محصولات این معدن شرکتهای اروپایی می‌باشند.

محصول روزانه سنگ آهن معدن حدود ۴ تن است و جهت استخراج این مقدار ماده معدنی معادل آن سنگ باطله جا بجا می‌شود.

متداستخراج روش کلاسیک پله‌ای است که ارتفاع آن ۱۰ متر می‌باشد. این رقم پس از مطالعه و بررسی نتایج حاصله از معدن مشابه بدست آمده است و بعنوان استاندارد ارتفاع پله استخراجی انتخاب شده است. محصول معدن پس از آتشباری بدست می‌آید که خود پس از حفرچالهای «بزرگ قطر» حدود ۲ تا ۳ سانتیمتر و خرجگذاری بروشهای سریع و پرتیر انجام می‌گیرد.

درهر آتشباری حدود یک میلیون تن سنگ یکجا کوه‌بری می‌شود.

سنگهای آتشباری شده بوسیله بیلهای مکانیکی با ظرفیت جام حدود ۴٫۶ و ۷٫۶ مترمکعب در دمپهای ۵ و ۱۲ تنی به محل سنگ‌شکن اولی حمل میشود. بولدوزرها و گریدر پر قدرت بکمک بیلهای مکانیکی فرستاده می‌شود تا حداکثر سرعت و اثر در عملیات بازگیری میسر باشد.

جدول بشماره ۳ تجهیزات معدن بونگ را بطور اختصار منعکس می‌کند. با بررسی این جدول می-

توان به درجه مکانیزاسیون این معدن پی‌برد.

مواد منفجره لازم این معدن را یک شرکت کانادائی لیبریائی تأمین میکند. این کارخانه با سرمایه

مشترک در کشور لیبریا بنا شده است و تمامی مصرف مواد منفجره کشور را جوا بگو می‌باشد.

مواد منفجره مصرفی از نوع ANFO^۱ را بقیمت حدود ۱۹ دلار درازاء یکصد کیلوگرم و TNT

بقیمت حدود ۴ دلار برای هر یکصد کیلوگرم است. مقدار مصرف ماده ANFO بیش از ۹۰٪ کل مصرف است.

ماده منفجره توسط کامیونهای چندتنی به محل آتشباری رسانده میشود و در آنجا بداخل چال که حجم هر یک

1 — Ammonitral with fuel oil

تعداد	مشخصات	نوع ماشین
۳	قطر سرته $\frac{7}{8}$ و ۱۹۰ اینچ	ماشین چالزنی Bucyrus Eire 40R
۲	قطر سرته $\frac{7}{8}$ و $\frac{1}{4}$ و ۱۲ اینچ	ماشین چالزنی Bucyrus Eire 60R
۱	قطر سرته ۱۰ اینچ	ماشین چالزنی Gardner Denver GD120
۵	ظریف جام ۶ متر مکعب	بیل مکانیکی الکتریکی P & H 1600
۲	ظریف جام ۷٫۶ متر مکعب	بیل مکانیکی الکتریکی P & H 1900
۱	ظریف جام ۱۱٫۵ متر مکعب	بیل مکانیکی الکتریکی P & H 2100 BL
۱۲	ظریف ۴۱ تن	دمپر Euclid 45
۶	ظریف ۱۰۹ تن	دمپر Lectra Haul M 120-17
۳	—	بولدوزر کاترپیلار D8
۶	—	بولدوزر کاترپیلار D9
۲	—	گریدر
۱	ظرفیت جام ۷٫۶ متر مکعب	لودر چرخ دار 600 Dart

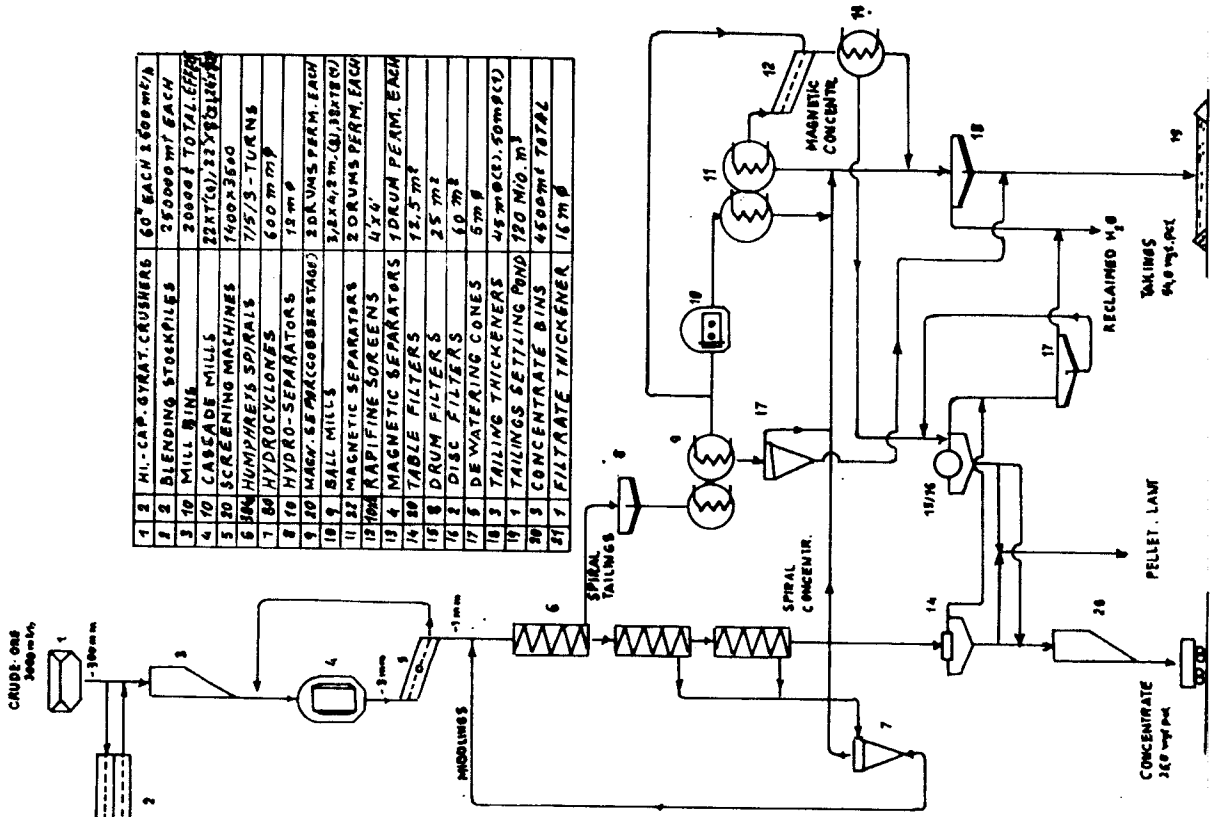
جدول شماره ۳

از آنها به ۱٫۱ متر مکعب میرسد تلمبه میشود. حدود ۸ متر از طول چال با مواد منفجره و ۷ متر بقیه با خاک غریبال شده (بقطر ذرات ۷ تا ۲ میلی متر) پر میشود.

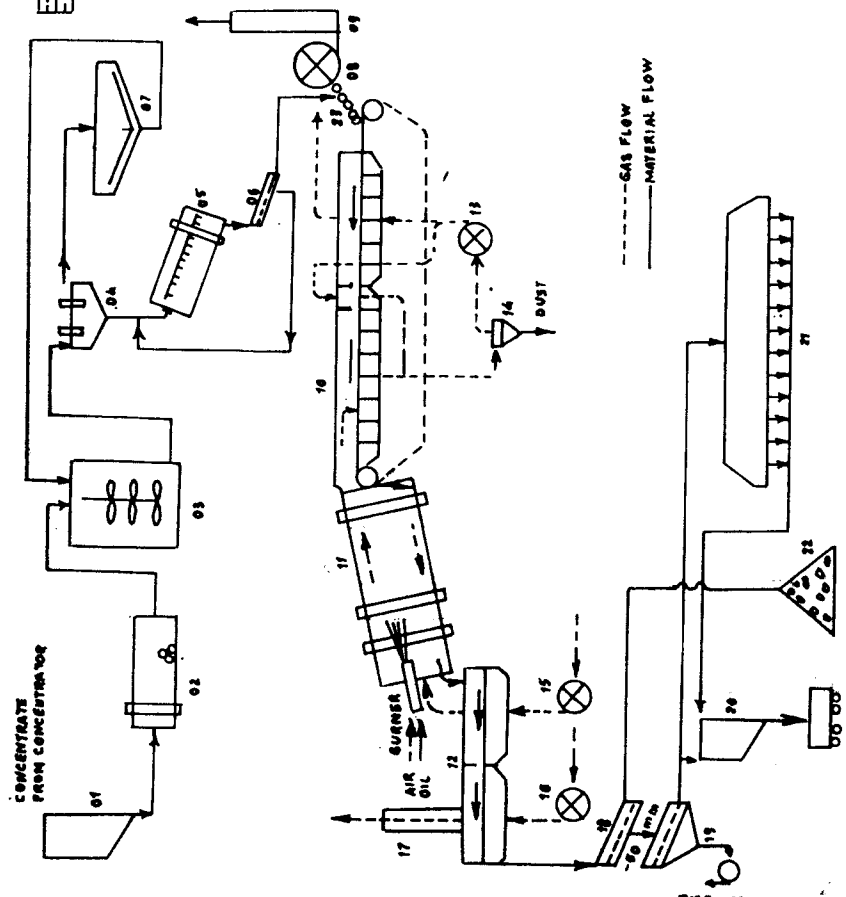
کارخانه تغلیظ

سنگ معدن آتشفشانی شده توسط دمپرها بداخل دو سنگ شکن مخروطی^۱ تا اندازه ۳۰۰ میلی متر شکسته میشود. چون سنگهای استخراج شده از نقطه نظرعیار، مقدار سنیثیت، سختی و دانه بندی دارای اندازه مشخصات متفاوتی میباشد جهت یکنواخت کردن تغذیه کارخانه به سنگری که بین سنگ شکن ها و کارخانه تغلیظ منظور گردیده است و وظیفه مخلوط کردن و یکنواخت ساختن سنگ معدن را داراست هدایت میشود هر یک از سنگرها (بابعاد ۴۰ × ۳۸ متر و ارتفاع ۱۲ و شیب ۴). میتواند یک ربع میلیون تن سنگ معدن ذخیره کند که محصول ۵ تا ۶ روز کارخانه را شامل میگردد. باراندازی و بارگیری سنگهای ویژه بقسمی طراحی شده است که بهسولت و سرعت عملیات سنگ ریزی و سنگ برداری انجام پذیر است. در حالیکه کنویورها^۳ (نوارهای باربری) از سنگ شکن مواد را به سنگر میآورند.

- 1 — Esch gyratory crushers
- 2 — Stockpiles
- 3 — Belt Conveyors



1	HL-CAP. STRAT. CRUSHERS	60" EACH	1600 mt/hr
2	BLENDING STOCKPILES	250000 mt EACH	
3	MILL WINE	20000 mt	TAL. EFF.
4	CASCADE MILLS	22X10, 22X8, 22X6	
5	SCREENING MACHINES	1400X3500	
6	HUMPHREYS SPIRALS	7/5/5 - TURNS	
7	HYDRO-CYCLONES	600 mt/hr	
8	HYDRO-SEPARATORS	18 mt/hr	
9	MAGR. SEP. (COBBER STAGE)	2 DRUMS PER M. EACH	
10	BALL MILLS	3/2X4/2 mt. (Q) 38X180"	
11	MAGNETIC SEPARATORS	2 DRUMS PER M. EACH	
12	RAPID FINE SCREENS	4'X6'	
13	MAGNETIC SEPARATORS	7 DRUM PER M. EACH	
14	TABLE FILTERS	25 mt/hr	
15	DRUM FILTERS	60 mt/hr	
16	DISC FILTERS	5 mt/hr	
17	DE-WATERING CONES	45 mt/hr (Q) 50 mt/hr (C)	
18	TAILINGS THICKENERS	280 Mt. (Q) 300 mt (C)	
19	TAILINGS SETTLING POND	65000 mt TOTAL	
20	CONCENTRATE BINS		
21	FILTRATE THICKENER	16 mt/hr	



12	1	COOLER	2,5, 217 mt
13	2	HOT GAS FANS	160 mt/hr
14	3	CYCLONES	1, 65 mt/hr
15	1	COOLING FAN 3A	95, 6 mt/hr
16	1	COOLING FAN 3B	95, 5 mt/hr
17	1	COOLER STACK	
18	2	PELLET SCREENS	1, 22X7, 000 mt
19	1	PELLET SCREEN	9, 2X3, 4 mt
20	4	LOAD OUT BINS	2, 100 mt TOTAL
21	1	PELLET STOCKPILE	40, 000 mt
22	1	LUMPS STOCKPILE	ca. 2000 mt
23	1	ROLLER FEEDER	

01	4	BALL MILL FEED BINS	5500 mt TOTAL
02	2	BALL MILLS	4, 4X2, 8 mt
03	1	STURRY TANK	8X8 mt
04	2	DISC FILTERS	70 DISCS
05	2	BALLING DRUMS	9'X2, 9'
06	2	SCREENS	7, 8X4, 85 mt
07	2	THICKENERS	15 mt/hr
08	1	OFF-GAS FAN	198 mt/hr
09	1	OFF-GAS STACK	975, 20 ft
10	1	GRATE	155 mt/hr
11	1	ROLLER FEEDER	6, 28X42, 5 mt

لودرهای چرخ جام‌دار سنگ معدن مخلوط شده را توسط کنویور دیگر بداخل یکی از ۱ بونکر کارخانه تغلیظ میریزند. البته هدایت سنگ معدن از سنگ شکن مستقیماً به بونکرهای کارخانه تغلیظ نیز میسر است و در مواقع لزوم مورد استفاده قرار میگیرد.

آسیاهای کارخانه تغلیظ از ده‌سیستم تقریباً یکسان تشکیل شده است. در مرحله اول سنگ معدن در آسیاهای ترا توژن^۲ کاسکاد^۳ نرم می‌شود سپس مواد از غربال گذشته با اندازه کوچکتر از یک میلی‌متر شده بداخل اسپرالهای همفری (مارپیچ‌های همفری) سه مرحله‌ای^۴ هدایت می‌شود. باطله اسپرالها متوسط جداکننده‌های مغناطیسی تغلیظ میشود.

شکل شماره ۳ طرح کارخانه تغلیظ را بطور شماتیک نشان میدهد.

نیروی لازم جهت تغلیظ سنگ معدن به کنسانتره حدود ۳ KWh در ازاء هر تن کنسانتره است. مقدار آب لازم ۳ متر مکعب برای هر تن کنسانتره است. از اینجا اهمیت تأمین نیروآبرسانی معدن مشهور می‌گردد. باطله‌های کارخانه تغلیظ که همراه مقدار زیادی آب است در سه تیکنر^۵ بدریاچه باطله که ظرفیت آن به ۱۲ میلیون متر مکعب میرسد هدایت میشود. تجزیه کنسانتره این معدن که روزانه حدود ۱ هزار تن است عبارتست از:

Fe: ۶۵/۰ ، SiO₂: ۶/۰ و ۷/۰ آب

کارخانه پلت^۶

از سال ۱۹۷۱ قسمتی از کنسانتره کارخانه تغلیظ به پلت که قطر دانه‌های آن حدود ۱۲ میلی‌متر است تبدیل میشود. در تجزیه پلت عیار آهن ۶۴٪-۶۳٫۵٪ و بی‌اکسید سیلیسیم کمتر از ۰٫۸۳٪ است. شکل شماره ۴ طرح ساده شده کارخانه پلت را نشان میدهد.

تعمیرگاهها

چون معدن بونگ به نهایت مکانیزاسیون عملیات معدنی با استاندارد جهانی رسیده است تقریباً کلیه کارها توسط ماشین انجام میگیرد. این امر اهمیت مواظبت و نگهداری و تعمیرکاری ماشین‌آلات را جلوه‌گر میکند.

در این معدن ماشین‌آلات با برنامه‌ای که قبلاً تنظیم شده است مورد بازرسی قرار میگیرد و قطعاتی که تعداد ساعت کار آنها به حد نصاب رسیده باشد بدون اینکه خراب و یا حتی آسیب دیده باشد تعویض میگردد. مثلاً موتورهای دیزلی دمپرها پس از هر ۳ تا ۴ هزار ساعت کار تعمیر اساسی و یا تعویض میگردد،

- 1 – Achet wheels
- 2 – Butogeneous grinding (wet)
- 3 – Cascade mills
- 4 – 3-Stage Humphrey's Spirals
- 5 – Thichner
- 6 – Pelletizing Plant

ویا لاستیکهای آن پس از چهار هزار ساعت کار تعویض می شود هر چند ظاهری آراسته داشته باشد.

تأمین آب

آب لازم جهت مصرف در کارخانه تغلیظ، پلت، خنک کن های موتور دیزلی در مرکز نیرو بمقدار ۴۲۰ مترمکعب در ساعت از رودخانه ای که در ۱ کیلومتری معدن قرار دارد توسط یک لوله بقطر ۸۰۰ میلیمتر بمعن تلمبه میشود. آب آشامیدنی از تصفیه خانه ای که باین منظور ساخته شده است تأمین میگردد

تأمین نیرو

چهار واحد دیزل ژنراتور که قدرت هر یک ۸ هزار کیلو است و چهار موتور دیزلی که توان هر یک معادل ۹ هزار کلهواست نیروی لازم را جهت این معدن تأمین میکند. کل ظرفیت نیروگاه ۶۸ هزار کیلوواست و برق تولید شد با فشارهای قوی معادل ۳ KV و ۹ KV و همچنین فشارهای ۴۴۰، ۳۸۰ و ۶۲ ولت به تأسیسات معدن توزیع می شود.

راه آهن

یک رشته راه آهن به طول ۸ کیلومتر و بعرض استاندارد جهانی محصولات معدن را به بندر آزاد مونرویا میرساند. در طول خط در دوراهی بین مسیر منظور شده است تا بدین وسیله رفت و آمد قطارها بخوبی انجام پذیر باشد.

تجهیزات لازم جهت باربری مواد معدنی و ماشین آلات در مسیر مذکور در جدول شماره ۴ ذکر

شده است.

تعداد	مشخصات	تجهیزات
۴	دیزل الکتریکی ۲۰۰۰ اسب بخار	لکوسوتیو
۱۷۶	پوژی چهارمحوری ظرفیت ۶۵ تن	واگن
۲	۲۲۵ اسب بخار دیزل هیدرولیکی	لکوسوتیومانور
۱	۱۵۰۰ اسب بخار دیزل هیدرولیکی	لکوسوتیومانور
۱	اتوماتیک	ماشین تنظیم شیب خط
۷		واگن تانک
۲۳		واگن باربری مصالح
۲		واگن حمل تجهیزات جهت تعمیرات

جدول شماره ۴

قطار وارده به بندر بدون جدا شدن واگنها توسط یک واگن برگردان بظرفیت ۲۰۰۰ تن در ساعات خالی میگردد و از آنجا کنسائره بکمک کنویورها به چهار سنگریزید. سنگر کنسائره جهت ۸ میلیون تن و سنگریلت برای نیم میلیون تن ظرفیت طراحی شده است.

1 - Lining tamping, light rail vehicles

بارگیری کشتیها توسط یک لودر چرخ جام دار باتوان بارگیری ۲۰۰ تن در ساعت و یک لودر دیگر بقدرت بارگیری ۴۰۰ تن در ساعات مواد را از سنگ بر روی کنویور از آنجا بکشتی های اقیانوس پیما میرساند.

چون عمق آب در بندر مورزردیا حدود ۱۰ متر است ظرفیت کشتیهاییکه سنگ آهن حمل میکنند به ۹ هزار تن با مرده محدود میشود.

سرمایه گذاری و هزینه ها

مطالعه میزان سرمایه در معادن آهن جهان میتواند راهنمای ذیقیمتی جهت برآورد مقدار سرمایه لازم در استخراج معادن آهن ایران باشد.

جدول شماره ۰ سرمایه گذاری معدن بونگه را که بالغ بر یکصد و نود میلیون دلار است نشان میدهد:

نوع تأسیسات	هزینه به میلیون دلار
معدن روباز	۱۴۰۳
سنگر ویژه	۲۰۵
کارخانه تغلیظ	۳۶۰۲
کارخانه پلت	۲۴۰۳
محوطه سازی	۱۱۰۴
نیروگاه	۱۹۰۱
آبرسانی	۸۰۵
راه آهن	۲۹۰۱
بندر	۱۲۰۶
تهیه مسکن	۱۸۰۱
هزینه اکتشافات و طراحی	۱۴۰۹
جمع کل	۱۹۱۰۰

جدول شماره ۰

در معدن روباز هزینه استخراجی بطریق زیر تقسیم می شود:

چالزنی ۱۰٪ آتشباری ۳۰٪ بارگیری ۱۷٪ باربری ۲۵٪ و سایر

هزینه ها ۱۸٪

در این معدن سهم مصرف مصالح و استهلاك ماشین آلات ۶٪ کل هزینه ها را شامل می شود.

هزینه از جانب اجرت ها و حقوق کارکنان ۲۰٪ و سهم هزینه سرویس و سایر خدمات نیز ۱۵٪ کل هزینه است.