



جمهوری اسلامی ایران
وزارت امور اقتصادی و دارایی
اداره کل امور اقتصادی و دارایی خراسان شمالی

امکان سنجی تأسیس کارخانه عملیات حرارتی

منطقه ویژه اقتصادی بجنورد

مرکز خدمات سرمایه گذاری استان خراسان شمالی

بهار ۱۴۰۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فهرست مطالب

۱	..... خلاصه طرح	
۲	..... مطالعه بازار	فصل ۱:
۳	..... معرفی محصول یا محصولات	۱-۱
۳	..... معرفی پروژه	۲-۱
۳	..... ملاحظات اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی پروژه	۱-۲-۱
۴	..... مکان‌یابی پروژه	۳-۱
۵	..... قیمت مواد اولیه و فروش محصولات طرح	۴-۱
۵	..... بررسی روند عرضه و تقاضای فعلی و پیش‌بینی آتی آن‌ها (بازار داخلی و خارجی)	۵-۱
۸	..... برنامه فروش شرکت و تعیین بازار هدف	۶-۱
۸	..... تحلیل نهایی و جمع‌بندی مطالعات بازار	۷-۱
۹	..... مطالعات فنی	فصل ۲:
۱۰	..... هدف از اجرای طرح	۱-۲
۱۰	..... نوع محصول تولیدی و ظرفیت تولید	۲-۲
۱۰	..... مواد اولیه و بسته‌بندی	۳-۲
۱۰	..... روش تولید	۴-۲
۱۲	..... عملیات حرارتی‌های کامل (Through hardening)	۱-۴-۲
۱۴	..... عملیات حرارتی‌های سطحی (Case Hardening)	۲-۴-۲
۱۴	..... تجهیزات لازم و کارکرد آن‌ها در عملیات حرارتی	۳-۴-۲
۲۷	..... کنترل کیفیت	۵-۲
۲۸	..... تأثیرات طرح بر محیط‌زیست	۶-۲
۲۸	..... برآورد کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری طرح	۷-۲
۲۸	..... زمین	۱-۷-۲
۲۸	..... محوطه‌سازی و ساختمان	۲-۷-۲
۲۹	..... ماشین‌آلات و تجهیزات	۳-۷-۲
۲۹	..... تأسیسات	۴-۷-۲
۲۹	..... لوازم و تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی	۵-۷-۲
۳۰	..... وسایل نقلیه	۶-۷-۲
۳۰	..... تجهیزات و وسایل اداری و خدماتی	۷-۷-۲

۳۰.....	هزینه انرژی	۸-۷-۲
۳۱.....	هزینه تعمیرات و نگهداری	۹-۷-۲
۳۱.....	هزینه‌های نیروی انسانی	۱۰-۷-۲
۳۲.....	هزینه مواد اولیه	۱۱-۷-۲
۳۲.....	هزینه استهلاک	۱۲-۷-۲
۳۳.....	برآورد سرمایه ثابت	۱۳-۷-۲
۳۳.....	هزینه‌های قبل از بهره‌برداری	۱-۱۳-۷-۲
۳۳.....	هزینه‌های سرمایه‌ای	۲-۱۳-۷-۲
۳۳.....	سرمایه در گردش	۱۴-۷-۲
۳۴.....	برنامه زمان‌بندی اجرای پروژه	۱۵-۷-۲
۳۵.....	مطالعات مالی	فصل ۳:
۳۶.....	مفروضات اقتصادی	۱-۳
۳۷.....	هزینه‌های سرمایه‌گذاری	۲-۳
۳۷.....	هزینه‌های تولید	۳-۳
۳۷.....	جریان‌های نقدی پیش‌بینی شده به منظور برنامه‌ریزی	۴-۳
۳۸.....	جریان‌های نقدی پیش‌بینی شده	۵-۳
۳۹.....	نرخ بازده داخلی و دوره بازگشت سرمایه	۶-۳
۴۰.....	صورت سود و زیان پیش‌بینی شده	۷-۳
۴۰.....	تحلیل نقطه سربه‌سر	۸-۳
۴۱.....	ترازنامه پیش‌بینی شده	۹-۳
۴۱.....	نسبت‌های مالی	۱۰-۳
۴۲.....	تحلیل حساسیت نرخ بازده داخلی	۱۱-۳
۴۳.....	نتیجه‌گیری	۱۲-۳

برگه خلاصه مشخصات طرح		
عملیات حرارتی		نام طرح
عملیات سخت کاری روی فولاد (پایین دستی فولاد)		زمینه فعالیت
خراسان شمالی		استان محل اجرای طرح
منطقه ویژه اقتصادی بجنورد		شهرستان محل اجرای طرح
سخت کاری روی قطعات فولادی (خدماتی است و محصولی تولید نمی کند)		نام محصول / محصولات
۴۰۰	تن	ظرفیت تولید
قطعات مختلف فولادی جهت سخت کاری		مواد اولیه مورد نیاز
نفر	۱۷	اشتغال زایی
مترمربع	۴,۷۶۲	زمین مورد نیاز
مترمربع	۱,۷۳۰	زیربنا
مترمکعب در سال	۱۰,۰۰۰	انرژی و آب مورد نیاز
کیلووات	۲۴۰	
مترمکعب در سال	۳۰۰,۰۰۰	
میلیون ریال	۱۶۱,۸۳۵	سرمایه ثابت
میلیون ریال	۲,۵۶۱	سرمایه در گردش (سال اول)
سال	۵,۲	دوره بازگشت سرمایه (در %)
میلیون ریال	۸۶,۴۸۹	خالص ارزش فعلی (NPV)
درصد	%۳۲	نرخ بازده داخلی (IRR) (در %۲۰)
درصد	%۲۳	نرخ بازده تعدیل شده (MIRR)
درصد ظرفیت تولید	%۴۱	نقطه سربه سر
ریال	۲۴۰,۰۰۰	نرخ تسعیر ارز (دلار)

فصل ۱: مطالعه بازار

چکیده

در این بخش مطالعات بازار تولید محصول عملیات حرارتی به خصوص تحلیل دقیق میزان عرضه و تقاضای بازار داخلی و خارجی انجام می‌شود.

۱-۱ معرفی محصول یا محصولات

عملیات حرارتی محدوده گسترده‌ای از فعالیت‌ها را شامل می‌شود. در این طرح به دلیل کاربرد فراوان عملیات حرارتی روی فولاد ۴۰MO بیشتر مدنظر قرار گرفته است، البته لازم به ذکر است عملیات سخت‌کاری اکثر فولادهای رایج هم به صورت مشابه با خط تولید در نظر گرفته شده قابل انجام هست. فولادهای سخت شده دارای شکل‌های مختلف و کاربردهای متفاوت هستند و استانداردهای متفاوت برحسب کاربرد آن‌ها تعریف شده است. کاربرد فولادهای سخت شده به‌طور کلی برای صنایع نفت و گاز، پالایشگاهی، ابزارآلات و غیره هست. عمده‌ترین کاربرد این فولادها در صنایع نفت و گاز و فولاد ابزار و حتی در صنایع خودرو، صنایع نظامی و غیره هست. اطلاعات محصول موردنظر در جدول زیر آمده است.

جدول ۱: مشخصات عملیات حرارتی طبق طبقه‌بندی آیسپک

نام محصول	نام انگلیسی محصول	کد آیسپک	تعارف گمرکی	رده زیست‌محیطی
عملیات حرارتی	Heat treatment	۲۸۹۲۳۱۲۳۷۶	Service	۴

شایان گفتن است که به دلیل خدماتی بودن عملیات حرارتی کد گمرک ندارد.

۲-۱ معرفی پروژه

۱-۲-۱ ملاحظات اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و سیاسی پروژه

بر اساس نتایج و یافته‌های مطالعات متعدد نظری و تجربی، بین شاخص‌های کلیدی اقتصادی، همواره ارتباط معنادار، منطقی و چندوجهی وجود دارد. بر این اساس، در مناطق و استان‌های نسبتاً برخوردار و توسعه یافته، مجموعه شاخص‌های مهمی مانند میزان کنش جمعی عاملان و نهادهای نقش‌آفرین در فرایند توسعه، کیفیت حکمرانی، سهولت محیط کسب‌وکار و امنیت سرمایه‌گذاری، سهم منطقه یا استان از عاملان و نهادهای کلیدی مقررات‌گذار و سیاست‌گذار، سهم از اعتبارات تملک‌داری‌های سرمایه‌ای، میزان تولید سرانه، شاخص عمومی قیمت‌ها و تورم، مؤلفه‌های بازار نیروی کار (نرخ مشارکت اقتصادی، نرخ بیکاری، سهم اشتغال ناقص)، درآمد خانوار، شاخص‌های بانکی (منابع و مصارف بانکی و نسبت مصارف به منابع)، امید به زندگی و شاخص‌های اجتماعی (مشارکت، اعتماد، پرونده‌های قضایی، نزاع، سرقت، اعتیاد) از وضعیت نسبتاً مساعدی برخوردار می‌باشند و به‌عکس در مناطق و استان‌های کمتر برخوردار، مجموعه شاخص‌های مورد اشاره وضعیت نامساعدی را دارا می‌باشند.

بررسی و تحلیل آمارها و داده‌های کلیدی اقتصادی مانند تولید سرانه، تورم، سهم اشتغال ناقص، درآمد خانوار، نسبت مصارف به منابع بانکی و امید به زندگی، نشان می‌دهد خراسان شمالی به دلایل متعدد، از حیث

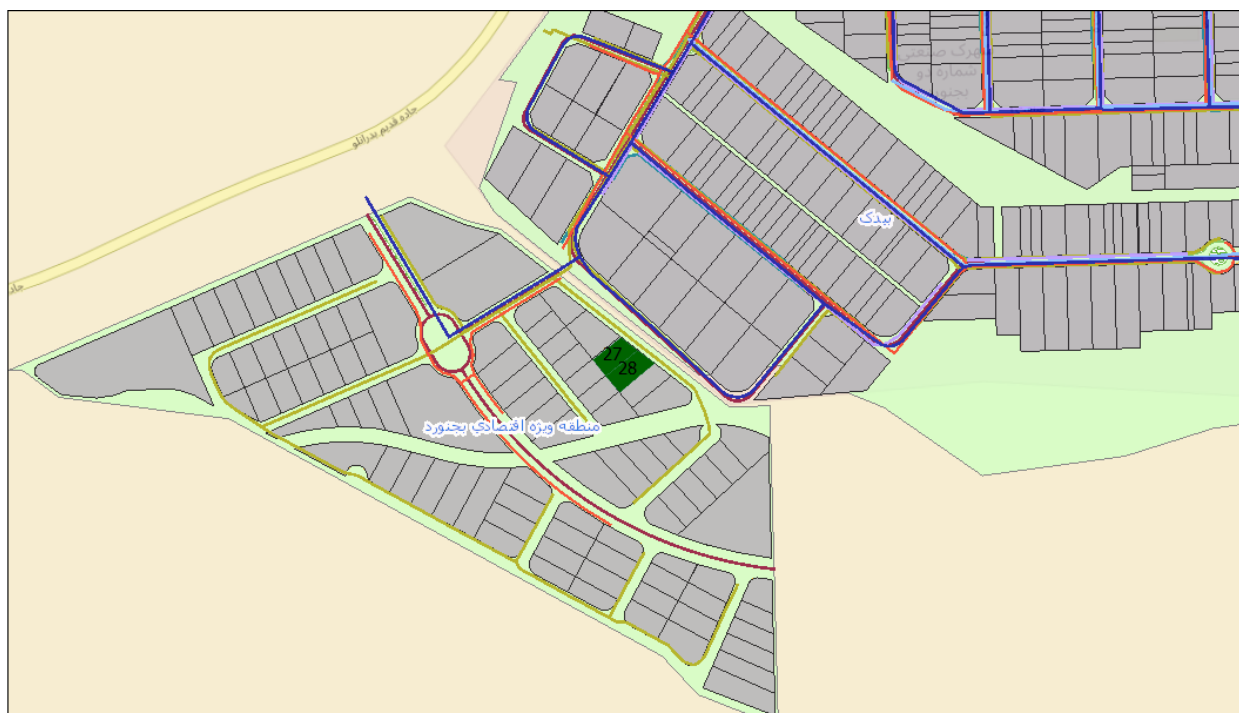
مجموعه شاخص‌های مورد اشاره، در بین استان‌های کشور جایگاه متناسب با توانمندی‌ها و ظرفیت‌های اقتصادی و فرهنگی خود ندارد.

وجود صنایع متنوع و در حوزه‌های مختلف زنجیره تأمین اعم از بالادست و پایین دست در حوزه فولاد و آهن در استان و قرار داشتن عملیات حرارتی در فهرست اولویت‌های وزارت صنعت، معدن و تجارت و کاربردهای متنوع آن با رویکرد جایگزینی واردات و ارزش افزوده ایجاد شده بیش از پیش بیانگر ضرورت اجرای این طرح خواهد بود.

۳-۱ مکان‌یابی پروژه

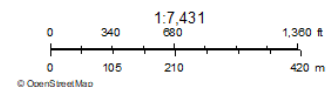
این پروژه در منطقه ویژه اقتصادی بجنورد قطعه‌های ۲۷ و ۲۸ با مختصات (۴۱۴۶۹۴۹,۵۲۱۵۶۸) اجرا خواهد شد و نقشه GIS محل پروژه در شکل زیر ارائه شده است.

نقشه ۱: موقعیت مکانی قطعه پیشنهادی نسبت به شهرک صنعتی بجنورد



بگشبه 08 فروردین 1400
62ddbe7a6367428fa43fe0ea3b78451d

- آماده تحویل
- خط آب
- خط فاضلاب



ISPO WebGIS
سازمان منابع طبیعی و شهرهای صنعتی ایران

اطلاعات و امکانات موجود محل پروژه بر اساس زیرساخت‌های مورد نیاز طبق جدول زیر است:

جدول ۲: فاصله زیرساخت مورد نیاز تا محل پیشنهادی طرح

ردیف	زیرساخت مورد نیاز	فاصله تا محل پروژه (کیلومتر)	توضیحات
۱	آب	۰	موجود است
۲	برق	۰	موجود است
۳	گاز	۰	موجود است
۴	تلفن	۰	موجود است

ردیف	زیرساخت مورد نیاز	فاصله تا محل پروژه (کیلومتر)	توضیحات
۵	راه اصلی	کمتر از ۱	
۶	راه فرعی	۰	
۷	فرودگاه بجنورد	۸	
۸	بندر امیرآباد بهشهر	۴۱۷	
۹	بندر عباس	۱,۴۹۳	
۱۰	ایستگاه راه آهن جوبین	۱۷۰	
۱۱	ایستگاه راه آهن جاجرم	۱۹۲	

۴-۱ قیمت مواد اولیه و فروش محصولات طرح

عملیات حرارتی یک فرایند است که صورت می گیرد بنابراین ماده اولیه ای نیاز ندارد، در هر حال مقداری ناچیز بابت هزینه های روغن حرارتی، گاز بی اثر و ... در نظر گرفته می شود که در قسمت هزینه ها در نظر گرفته شده است.

با توجه به ابعاد کوره که به صورت Pit type لحاظ شده با قطر ۸۰۰ میلی متر و عمق ۱,۲۵۰ میلی متر قطعاتی با حجم حداکثر ۰,۶۵ متر مکعب داخل آنجا می شوند که تقریباً وزن ۵۰۰ کیلوگرم را می توانند داشته باشند. لذا اگر متوسط وزن داخل کوره ها را ۳۵۰ کیلوگرم فرض کنیم با توجه به وجود چهار کوره در سال امکان سخت کاری ۴۰۰ تن قطعه فراهم هست.

جدول ۳: میزان مصرف توسط کارخانه (میلیون ریال)

ردیف	نام مواد اولیه	مصرف سالانه (تن)	هزینه هر تن	هزینه کل
۱	عملیات حرارتی	۴۰۰	۱۷۲,۵	۶۹,۰۰۰

۵-۱ بررسی روند عرضه و تقاضای فعلی و پیش بینی آتی آن ها (بازار داخلی و خارجی)

میزان عرضه داخلی یا تولید محصولات عملیات حرارتی بر اساس مجوز پروانه های بهره برداری مطابق اطلاعات وزارت صنعت، معدن و تجارت از سال ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۹ به صورت جدول زیر هست.

جدول ۴: میزان عرضه داخلی عملیات حرارتی

سال	ظرفیت اسمی (تن)
۱۳۹۴	۱۳,۲۵۹
۱۳۹۵	۱۴,۰۰۹
۱۳۹۶	۱۴,۰۰۹
۱۳۹۷	۲۰,۹۵۹
۱۳۹۸	۲۰,۹۵۹
۱۳۹۹	۲۰,۹۵۹

در جدول زیر اطلاعات واحدهای فعال در سال ۱۳۹۹ با توجه به اطلاعات اخذ شده از وزارت صنعت، معدن و تجارت ارائه می شود.

جدول ۵: اطلاعات واحدهای فعال در سال ۱۳۹۹

ردیف	نام واحد	شهرستان	سال مجوز	ظرفیت اسمی (تن)
۱	ایران پیچ	یزد	۱۳۹۷	۳,۳۷۵
۲	ایران پیچ	یزد	۱۳۹۷	۳,۳۷۵
۳	سهراب بیرقی	اراک	۱۳۹۲	۱۲
۴	صنایع مفتولی پیشرو صنعت دانشفهان	بوئین زهرا	۱۳۹۳	۳,۰۰۰
۵	درگاه رزمی	تبریز	۱۳۹۳	۴,۰۰۰
۶	صنعت ورق آراین پاژ	قم	۱۳۹۷	۲۰۰
۷	آذر فلز تبریز	تبریز	۱۳۹۲	۲۴۷
۸	فولاد گستر صبح امید تبریز	تبریز	۱۳۹۳	۴,۰۰۰
۹	روئین گران آلیاژ توس	مشهد	۱۳۹۴	۲,۰۰۰
۱۰	حبیب باغبان رضوان	تبریز	۱۳۹۵	۷۵۰

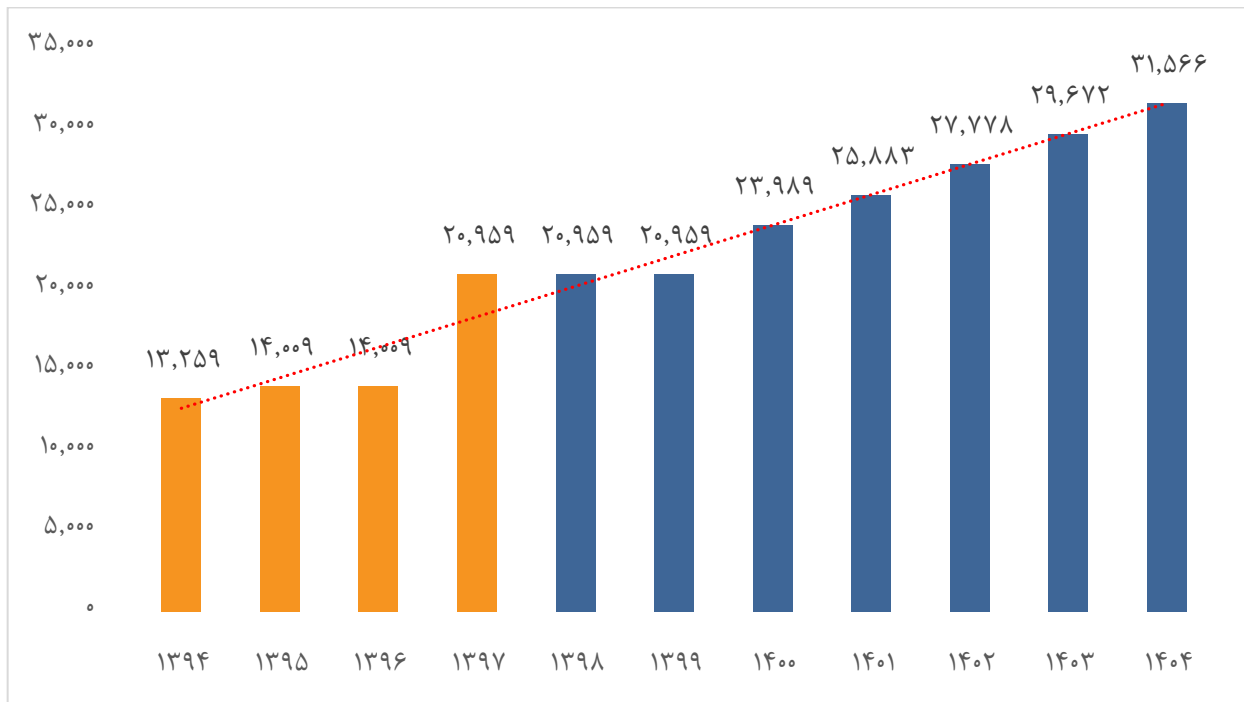
از آنجاکه اطلاعات ظرفیت تولید واقعی فقط در سال ۱۳۹۹ وجود دارد (با توجه به اطلاعات اخذ شده از وزارت صنعت، معدن و تجارت در اسفندماه ۱۳۹۹ در جدول فوق) و در سال های دیگر اطلاعاتی وجود ندارد لذا برای رفع این مشکل درصد کاهش ظرفیت اسمی واحدهایی که پروانه گرفته اند را نسبت به ظرفیت واحدهای فعال در سال ۱۳۹۹ (جدول فوق) به دست آورده سپس سال های دیگر را نیز در این درصد ضرب می کنیم که نتیجه آن مشخص شدن ظرفیت تولیدی تقریبی در سال های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸ هست، لذا با توجه به این که ظرفیت واحدهایی که پروانه برای آن ها صادر شده در سال ۹۹ برابر ۲۰,۹۵۹ تن و ظرفیت واقعی این سال ۲۰,۹۵۹ تن هست، از تقسیم این دو عدد ضریب ۱ به دست می آید لذا می توان نتیجه گرفت که ظرفیت تقریبی واقعی هر سال با ظرفیت بر اساس پروانه های بهره برداری یکسان بوده و مطابق جدول زیر هست.

جدول ۶: ظرفیت تولیدی واقعی واحدهای فعال در سال های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۸

سال	ظرفیت اسمی تقریبی (تن)
۱۳۹۴	۱۳,۲۵۹
۱۳۹۵	۱۴,۰۰۹
۱۳۹۶	۱۴,۰۰۹
۱۳۹۷	۲۰,۹۵۹
۱۳۹۸	۲۰,۹۵۹
۱۳۹۹	۲۰,۹۵۹

نمودار زیر پیش بینی میزان تقریبی تولید را مطابق جدول فوق تا سال ۱۴۰۴ بر اساس رگرسیون خطی نشان می دهد.

نمودار ۱: پیش بینی میزان تقریبی تولید



مقدار پیش‌بینی شده تولید داخلی از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۴ در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۷: مقدار پیش‌بینی شده تولید داخلی از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۴

سال	پیش‌بینی میزان تولید
۱۴۰۰	۲۳,۹۸۹
۱۴۰۱	۲۵,۸۸۳
۱۴۰۲	۲۷,۷۷۷
۱۴۰۳	۲۹,۶۷۲
۱۴۰۴	۳۱,۵۶۶

همچنان نمودار و جدول فوق نشان می‌دهند، میزان تولید کشور از سال ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۴ صعودی است. از آنجا که عملیات حرارتی کاری خدماتی و گسترده است کد گمرکی برای آن وجود ندارد لذا تحلیل این قسمت که شامل واردات، صادرات و تقاضا هست، حذف می‌شود.

حال برای بررسی دقیق نیاز کشور به تأسیس کارخانه جدید، اطلاعات واحدی که مجوز اخذ نموده‌اند اما هنوز به بهره‌برداری نرسیده‌اند، را تحلیل می‌کنیم. در جدول زیر این اطلاعات که از وزارت صنعت، معدن و تجارت اخذ شده است بر اساس میزان پیشرفت ارائه می‌شود.

جدول ۸: میزان پیشرفت طرح‌های نیمه‌تمام

ظرفیت تن	درصد پیشرفت
۳۴۰,۲۹۰	۲۵٪-۰٪
۳,۰۰۰	۵۰٪-۲۵٪
۱۷,۵۰۰	۷۵٪-۵۰٪

ظرفیت تن	درصد پیشرفت
۱۷,۵۰۰	۱۰۰٪-۷۵٪

با توجه به جدول فوق مجوز احداث تا ظرفیت ۳۴۰,۲۹۰ تن داده شده است در صورتی که میزان تولید کنونی کشور ۲۱,۰۰۰ تن هست لذا بدیهی است که نیاز کشور باید حداقل ۳۲۰,۰۰۰ تن باشد. بنابراین کارخانه این طرح با ظرفیت ۴۰۰ تن هیچ مشکلی برای فروش محصول خود ندارد.

۶-۱ برنامه فروش شرکت و تعیین بازار هدف

هر جا استحکام و سختی و مقاومت به سایش مطرح باشد فرایند عملیات حرارتی برای فولادها لازم می شود. به طور مثال برای فولاد مورد نظر کاربردهای زیر وجود دارد که نیاز به عملیات حرارتی دارند. لذا می توان ادعا کرد که بازار هدف سطح کشور است.

۷-۱ تحلیل نهایی و جمع بندی مطالعات بازار

با توجه به تحلیل بخش ۱-۵ و نمودارها و جدول های میزان تولید و کارخانه هایی که مجوز اخذ نموده اند اما هنوز به بهره برداری نرسیده اند، و محاسبه اختلاف بین آن ها به این نتیجه می رسیم که نیاز کنونی بازار کشور حداقل ۳۲۰,۰۰۰ تن هست. از آنجا که ظرفیت کارخانه این طرح ۴۰۰ تن هست لذا با قاطعیت می توان تضمین فروش محصولات را داد و مشکلی در بازاریابی وجود نخواهد داشت.

فصل ۲: مطالعات فنے

چکیده

در این فصل کلیه مطالعات فنی راه اندازی کارخانه عملیات حرارتی را مورد بررسی و تحلیل قرار می دهیم.

۱-۲ هدف از اجرای طرح

امروزه با صنعتی شدن روزافزون جوامع و گسترش استفاده از فلزات در مصارف متفاوت، این نیاز به وجود آمده که کیفیت فلزات بالاتر برده شود. در واقع عملیات حرارتی به سری فرآیندهایی گفته می شود که طی آن خواص مکانیکی فلزات مورد نظر تغییر یافته و اصلاح می شود. این عملیات دارای انواع مختلفی است که به روش های مختلفی انجام می گیرد و اهداف مختلفی نیز دارد. با توجه وجود صنایع مختلف در استان نیاز به عملیات حرارتی در اکثر صنایع احساس می شود به عبارتی از زیرساخت های صنایع دیگر هست.

۲-۲ نوع محصول تولیدی و ظرفیت تولید

در این بررسی به عملیات سخت کاری فولادهای کاربردی پرداخته می شود و محاسبات برای یکی از کاربردی ترین فولادها در صنایع ایران که داخل کشور هم تولید می شود انجام می شود فولاد مورد نظر به ۴۰MO معروف هست.

البته لازم به ذکر است عملیات سخت کاری اکثر فولادهای رایج هم به همین صورت انجام می شود. با توجه به ابعاد کوره که به صورت Pit type لحاظ شده با قطر ۸۰۰ میلی متر و عمق ۱,۲۵۰ میلی متر قطعاتی با حجم حداکثر ۰,۶۵ متر مکعب داخل آنجا می شوند که تقریباً وزن ۵۰۰ کیلوگرم را می توانند داشته باشند. اگر متوسط وزن داخل کوره ها را ۳۵۰ کیلوگرم فرض کنیم با توجه به وجود چهار کوره در سال امکان سخت کاری ۴۰۰ تن قطعه فراهم هست.

۳-۲ مواد اولیه و بسته بندی

با توجه به ماهیت کار نیاز به ماده خام احساس نمی شود و اگر هم باشد بسیار ناچیز هست در واقع هدف از کارخانه انجام یک فرایند حرارتی روی محصولات بقیه صنایع است.

۴-۲ روش تولید

عملیات حرارتی فولاد ۴۰MO: فولادهای کم آلیاژ ۴۰Mo که در استاندارد AISI به آن ها فولاد ۴۱۴۰ هم گفته می شود، در استاندارد DIN آلمان به نام فولاد ۷۷۲۲۵ معروف است. نام بهلری این فولاد نیز VCL ۱۴۰ است. از آلیاژهای کروم نیکل است. این آلیاژ به دلیل وجود کروم ترد و شکننده است که برای پیشگیری از این خاصیت به آن نیکل اضافه می کنند. نکته قابل توجه در فولادهای ۴۰Mo مقاومت آن ها تا حرارت ۵۰۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی گراد و مقاومت آن ها در برابر سایش هست.

جدول ۹: مشخصات فیزیکی و مکانیکی فولاد ۴۰Mo

سختی	HB۱۹۷
انرژی ضربه	J۳۰-۳۵

HB۱۹۷	سختی
۱۰-۱۲ درصد	افزایش طول
MPa ۱۳۰۰-۹۰۰	استحکام کششی
c ۸۰۰-۸۵۰	دمای آنیل
MPa ۹۵۰-۶۵۰	تنش تسلیم

از کاربردهای فولاد ۴۰ MO می‌توان به غلتک‌های صنایع سیمان و صنایع فولاد، شاتون، چرخ‌دنده، محورهای خودرو، دنده فرمان، پیچ‌های مقاوم، میله‌های اتصال، زره آسیاب‌های گلوله‌ای مواد خام، چکش آسیاب کلینگر، ظروف تحت فشار، سازه هواپیما و ... اشاره کرد.

فولاد آلیاژی AISI ۴۱۴۰ در دمای ۸۴۵ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شود و پس از آن کوئنچ می‌شود. قبل از سخت شدن، با گرم کردن آن در ۹۱۳ درجه سانتی‌گراد برای مدت زمان طولانی، و خنک شدن در هوا نرمالیزه می‌شود. فولاد آلیاژی AISI ۴۱۴۰ بسته به میزان سختی مورد نظر می‌تواند در دمای ۲۰۵ تا ۶۴۹ درجه سانتی‌گراد (۴۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه فارنهایت) تمپر شود. در صورت تمپر کردن این آلیاژ در دمای پایین، سختی آن افزایش می‌یابد. به عنوان مثال، اگر در دمای ۳۱۶ درجه سانتی‌گراد (۶۰۰ درجه فارنهایت) تمپر شود، استحکام کششی آن ۲۲۵ ksi می‌شود. در صورتی که اگر در دمای ۵۳۸ درجه سانتی‌گراد (۱۰۰۰ درجه فارنهایت) تمپر شود، استحکام کششی ۱۳۰ ksi را به دست می‌آورد.

فولاد آلیاژی AISI ۴۱۴۰ در دمای ۸۷۲ درجه سانتی‌گراد (۱۶۰۰ درجه فارنهایت) و در ادامه با سرد شدن آهسته در کوره آنیل می‌شود.

فولاد آلیاژی AISI ۴۰۴۰ به دلیل وجود کروم ترد و شکننده است که برای پیشگیری از این خاصیت به آن نیکل اضافه می‌کنند. بیشتر برای تولید قطعات صنعتی مانند چرخ‌های جرثقیل که در معرض ساییدگی هستند استفاده می‌شود. اما در شرایط کار، مقاومت آن‌ها در برابر سایش پس از مدتی به دلیل سختی کم آن کاهش می‌یابد. با افزایش ساییدگی، سائز قطعات کاهش یافته و برای اصلاح سطح نیاز به تعمیر دارند.

روکش کاری سخت، نوعی روش جوشکاری سطحی مدرن است. که در آن یک لایه تقریباً ضخیم از فلز با فازهای سخت بین فلزی مانند کاربردها با استفاده از جوشکاری، اسپری و سایر روش‌ها روی سطح اجزای صنعتی رسوب می‌گردد.

توجه به این نکته حائز اهمیت است که فولاد کم آلیاژ ۴۰ Mo در صنعت به صورت (تمپر و کوئنچ) یا (نرماله و تمپر) استفاده می‌شود. در این موارد، ریزساختار فولاد از مارتنزیت یا پیرلیت تشکیل شده است.

مشخصات دانش فنی تولید

در طی عملیات حرارتی فولاد، خواص فیزیکی، شیمیایی و متالورژیکی فولاد طی فرآیندهایی خاص تغییر می‌یابد و از این فولاد برای مصارف مختلف استفاده می‌شود. در واقع عملیات حرارتی فولاد به این منظور انجام می‌شود که خواص فیزیکی و شیمیایی قطعه فولادی به تعادل مورد نظر برسد و قطعه مورد نظر برای کاربردی که مدنظر

است بهترین کارایی ممکن را داشته باشد. عملیات حرارتی فولاد انواع متفاوتی داشته که طی هرکدام از آن‌ها، فلزات و خواص آن تغییرات خاصی می‌کنند و برای مصارف مختلفی استفاده می‌شود.

سختی و دیگر خواص مکانیکی بسیاری از فولادها و برخی فلزات غیر آهنی را می‌توان توسط عملیات حرارتی تغییر داد. فولاد، آلیاژی ساخته شده از آهن و کربن است. درصد جرمی کربن تعیین کننده قابلیت انجام عملیات حرارتی بر روی فولادها است. فولادهای کم-کربن حاوی ۰.۳٪ تا ۰.۳٪ درصد کربن، فولادهای کربن-متوسط حاوی ۰.۳۵٪ تا ۰.۵۵٪ درصد کربن و فولادهای پر-کربن حاوی ۰.۶٪ تا ۰.۷۵٪ درصد کربن هستند (چدن‌ها حاوی بیش از ۰.۲٪ کربن هستند). هرچه کربن فولاد بیشتر باشد قابلیت سخت کاری آن بیشتر می‌شود. فولادهای کم کربن حاوی مقدار کافی برای سخت کاری مؤثر نیستند و باید از روش‌های دیگری برای افزایش سختی سطح آن‌ها استفاده کرد.

فولادهای کربن-متوسط و پرکربن را می‌توان با روش‌های مناسب سخت کاری کامل کرد. (سخت کاری کامل یا Through hardening به معنای سخت کاری قطعه تا عمق کامل آن هست و در مقابل سخت کاری پوسته یا Case Hardening قرار دارد، عمق سخت کاری به میزان عناصر آلیاژی آن بستگی دارد.)

۴-۱-۲ عملیات حرارتی‌های کامل (Through hardening)

-کوئنچ کردن: برای سخت کاری فولادهای کربن-متوسط یا پرکربن، ابتدا قطعه را تا بیشتر از یک دمای بحرانی (در حدود ۷۶۰ درجه سلسیوس) گرم کرده و اجازه می‌دهند برای رسیدن به تعادل مدتی در آن دما باقی بماند، و سپس به طور ناگهانی آن را به داخل حمامی از آب سرد یا روغن فرومی‌برند تا دمای قطعه به دمای محیط برسد. این سرد کردن ناگهانی باعث ایجاد محلولی فوق اشباع به نام مارتنزیت می‌گردد که بسیار سخت هست. متأسفانه این فاز بسیار ترد و شکننده است. در حقیقت با افزایش سختی قطعه، استحکام آن کاهش می‌یابد.

-تمپر کردن: پس از عملیات کوئنچینگ می‌توان قطعه را دوباره تا دمای کمتری گرم کرده (در حدود ۲۰۰ تا ۷۰۰ درجه سلسیوس)، آن را Heat-Soak کرده، و سپس آن را به آهستگی خنک کرد. این کار باعث می‌شود مقداری از مارتنزیت دوباره به فریت و سمنتیت تبدیل شود. اگرچه این کار باعث کاهش سختی شده اما میزان داکتیلیته یا قابلیت شکل پذیری قطعه را تا حدودی بازگردانی می‌کند. با تغییر متغیرهای دما و زمان در این فرایند می‌توان انواع مختلفی از فولادها با خواص مختلف تولید کرد. یک مهندس مواد با تجربه می‌تواند از این طریق فولاد مورد نیاز کاربردهای مختلف را تولید کند.

-آنیلینگ: فرایندهای کوئنچ کردن و تمپر کردن را می‌توان توسط آنیلینگ بازگردانی کرد. قطعه تا دمای بحرانی گرم می‌شود (مانند فرایند کوئنچ) اما این بار اجازه داده می‌شود تا قطعه به آهستگی خنک شود. این کار باعث بازگردانی شرایط محلول و همچنین خواص مکانیکی قطعه قبل از عملیات سخت کاری می‌شود. معمولاً حتی اگر قطعه سخت کاری نشده باشد، برای حذف تنش‌های ایجاد شده در حین فرایند شکل دهی و ساخت قطعه آن را باز پخت می‌کنند. این کار باعث بازگشت قطعه به حالت «راحت» و بدون تنش می‌شود.

-نرماله کردن: نرمالیزه کردن شبیه به فرایند آنیلینگ هست با این تفاوت که زمان کمتری به آن حرارت داده شده و سریع تر خنک کاری می شود. این کار باعث ایجاد فولادی نسبتاً مستحکم تر و سخت تر از فولاد باز پخت کامل شده می گردد اما شرایط آن به فولاد تمپر شده نزدیک تر از فولاد آنیلینگ شده هست. معمولاً اگر نیازی به ساختاری کاملاً یکپارچه در تمام نقاط قطعه نباشد به جای آنیلینگ کامل (که طولانی تر بوده و نیاز به انرژی و در نتیجه هزینه بیشتری دارد) از نرماله کردن استفاده می شود.

-کروی کردن: هدف از عملیات حرارتی کروی کردن فولاد، افزایش قابلیت ماشین کاری و شکل پذیری قطعه فولادی است. فاز سمنتیت یا کاربید آهن (Fe₃C) در طی این مرحله از حالت لایه مانند به حالت کروی تغییر شکل می دهد. این امر به این خاطر است که نرم ترین حالتی که ساختار فولاد می تواند داشته باشد، حالت کروی است. ساختار کروی در عین حال که نرم ترین حالت ساختاری فولاد است، پایدارترین حالت نیز به حساب می آید. بنابراین قطعه فولادی که تحت عملیات کروی کردن قرار گرفته است، بسیار انعطاف پذیر خواهد بود. برای کروی کردن قطعه فولادی عملیاتی را انجام می دهند که تحت آن، ساختار پیوسته لایه های سمنتیت شکسته می شود و به صورت کروی درون زمینه رسوب می کنند. از جمله فواید عملیات حرارتی کروی کردن فولاد این است که فولاد کروی شده قابلیت شکل پذیری بالا و همچنین قابلیت ماشین کاری بالایی (به خصوص در نوع پرکربن فولادها) دارند. همین طور، کروی کردن فولاد باعث کاهش مصرف انرژی برای عملیات بعدی می شود.

-عملیات آستمپرینگ: یکی دیگر از عملیات حرارتی فولاد، آستمپر کردن است. این عملیات برای کاهش تنش هایی استفاده می شود که در حین عملیات سخت کردن فولاد ایجاد شده اند. هدف از عملیات حرارتی آستمپر کردن فولاد، افزایش انعطاف پذیری و استحکام در برابر ضربه و همین طور، کاهش یا حذف تنش های داخلی، تاب برداشتن، تغییر شکل و ترک های حاصل از عملیات کوئینچ کردن است. عملیات حرارتی آستمپر کردن شامل مراحل زیر است:

- فولاد را بسته به نوعی که دارد تا دمایی حدود ۷۹۰-۹۵۰ درجه سانتی گراد حرارت داده و آستینیت می کنند.
- آن را در حمام نمک مذاب با دمایی بین ۲۶۰-۴۰۰ درجه سانتی گراد، سریع سرد می کنند.
- مدتی در این دما نگه می دارند.
- آن را در هوا تا رسیدن به دمای اتاق سرد می کنند.

- عملیات مارتمپرینگ: به عملیات مارتمپرینگ فولاد، سریع سرد کردن غیر پیوسته یا مار کوئینچینگ هم می گویند. در طی این نوع از عملیات حرارتی، فولاد را تا دمای آستینیت گرم می کنند و در مرحله بعد، آن را به سرعت درون روغن داغ که دمای ۱۷۵ درجه سانتی گراد دارد سرد می کنند. باید توجه شود که به ازای هر ۱ سانتی متر ضخامت در قطعه، قطعه فولادی باید حدود ۲ تا ۴ دقیقه درون روغن داغ قرار بگیرد تا تمامی قسمت های قطعه فولادی به طور یکنواخت خنک شود. سرد کردن قطعه فولادی در روش مارتمپر کردن باید به گونه ای باشد که مرکز قطعه و سطح آن به طور هم زمان سرد شوند. در مرحله آخر، قطعه را تمپر می کنند.

۲-۴-۲ عملیات حرارتی‌های سطحی (Case Hardening)

-کربن دهی سطحی: در کربوریزه کردن یا کربن دهی فولاد کم-کربن در محیطی با گاز مونواکسید کربن یا در زیر زغال حرارت داده می‌شود، که باعث جذب کربن توسط سطح می‌گردد.

در این روش، لایه سطحی فولاد کم کربن را با استفاده از موادی که کربن دهی هستند، به طور سطحی کربن دهی و سخت می‌کنند. قطعه فولاد حاصله از این نوع از عملیات حرارتی به گونه‌ای است که سطحی سخت ولی حجم و درونی نرم دارد، یعنی سطح قطعه فولادی از فولاد پرکربن است و درون آن از فولاد کم کربن تشکیل شده است. عملیات حرارتی کربن دهی به پنج صورت زیر انجام می‌گیرد:

- کربن دهی جامد (پودری)

- کربن دهی مایع (کربن دهی در حمام نمک)

- کربن دهی گازی

- کربن دهی خلأ

- کربن دهی پلاسما

- نیتریده کردن: نیتروژن دهی فولاد، نوع دیگری از عملیات حرارتی فولاد بوده که طی آن، قطعات فولادی در محیط سرشار و غنی از نیتروژن تا دمای خاصی گرم می‌شوند و تا مدت معینی در این دما می‌مانند تا نیتروژن جذب کرده و سپس سرد می‌شوند. نفوذ نیتروژن به فولاد باعث ایجاد لایه‌ای سخت خواهد شد و دیگر نیازی به سخت کاری نیست. نیتروژن دهی فولاد نیز مانند کربن دهی دارای انواع نیتروژن دهی جامد، مایع، گازی و پلاسمایی است.

۲-۴-۳ تجهیزات لازم و کارکرد آن‌ها در عملیات حرارتی

با توجه به انواع مختلف فرایندهایی که در عملیات حرارتی صورت می‌گیرد که در بالا ذکر شد مهم‌ترین وسیله در انواع مختلف، کوره‌هایی است که استفاده می‌شود. بسته به نوع فولاد و خواسته نهایی عملیات حرارتی‌ها می‌توانند متفاوت باشند اما در همه آن‌ها کوره‌ها نقش اساسی بازی می‌کنند بنابراین در این قسمت به معرفی انواع کوره‌ها و وسایل موردنیاز پرداخته می‌شود

کوره‌های سخت کاری و کوینچ کردن

این نوع کوره‌ها از نظر ساختار دارای اشکال مختلفی هستند. اما مشخصات کلی آن‌ها مشابه هست. به عنوان مثال تمامی آن‌ها باید به دمای آستنیت برسند. با توجه به تنوع کوره‌های سخت کاری ما سعی می‌کنیم پرکاربردترین آن‌ها را معرفی کنیم.

به طور کلی کوره‌های سخت کاری به دودسته تقسیم می‌شوند.

الف - کوره‌هایی که تا ماکزیمم دمای حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شوند.

ب - کوره‌هایی که تا دمای حدود ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد گرم می‌شوند.

مسلماً بالا بودن دما تا حد ۱۳۰۰ درجه سانتی‌گراد نیاز به شرایط ویژه‌ای دارد که در ادامه توضیحات لازم در این زمینه بیان می‌شود.

کوره سخت‌کاری چندمنظوره:

همان‌گونه که از اسم این کوره مشخص است، این کوره برای سخت‌کاری فقط استفاده نمی‌شود. بلکه چندین وظیفه بر عهده دارد که یکی از اصلی‌ترین آن‌ها عملیات سخت‌کاری است. عملیات حرارتی قابل انجام توسط این کوره شامل: سخت‌کاری، نرماله، کربوره و نیترووره هست. این کوره قدرت گرم کردن کنترل‌شده را ندارد و در صورتی که بخواهیم در حین گرم شدن به آن پله‌های دمایی بدهیم باید این کار را دستی انجام دهیم. مشخصات کوره:

دمای کاری ۷۰۰ تا ۱۰۵۰ درجه سانتی‌گراد

(اتم‌سفر کوره گاز اندومات (اندومتريک)

سیستم گرم‌کننده گاز شهری یا برق: در سیستم گرم‌کننده توسط گاز شهر گاز متان با یک نسبت مشخص با هوا در لوله‌هایی با انتهای بسته (رادیان تیوب) محترق شده و گرما از این لوله‌ها به دیواره داده شده و داخل کوره گرم می‌شود. به عبارت ساده‌تر کوره دوجداره هست. یک جداره بیرونی فلزی و یک جداره داخلی آجرنسوز. بین این دو آجر لوله‌های احتراق تعبیه شده است. تعداد این لوله‌ها معمولاً ۸ عدد هست. که در هر طرف ۴ عدد تعبیه شده است. البته با توجه به حجم محفظه داخلی کوره این تعداد می‌تواند کمتر و یا بیشتر باشد.

تعداد محفظه: این کوره دارای ۲ محفظه سردکننده و گرم‌کننده هست. به عبارتی این کوره یک پیش‌محفظه دارد که به محفظه سردکننده معروف است. این محفظه در قسمت ورودی کوره قرار دارد. و محل سرد کردن قطعه توسط فن یا روغن انجام می‌شود. این محفظه تک‌جداره و از جنس فولاد نسوز است. محفظه اصلی که به محفظه گرم‌کننده معروف هست در قسمت دوم کوره قرار دارد و قطعات برای رسیدن به دمای آستنیت در آن محفظه قرار می‌گیرند. این محفظه دوجداره هست که در بین دوجداره لوله‌های احتراق قرار دارند. بین دو محفظه گرم‌کننده و سردکننده یک درب جداکننده قرار دارد که البته این درب ایزوله‌کننده دما و اتم‌سفر نیست.

سیستم گردش هوا: فن

جنس دیواره بیرونی: فولاد نسوز

دیواره داخلی: آجرنسوز

سیستم کنترل دما: کاملاً اتوماتیک

دارای سیستم کنترل دمای روغن: در مخزن روغن هیترهایی تعبیه شده است که می‌توانند دمای روغن را افزایش دهند. هنگامی که ما دمای مورد نظر خود را معمولاً بین ۴۰-۸۰ درجه سانتی‌گراد هست انتخاب کنیم، هیترها مسئول افزایش دما می‌باشند. جنس این هیترها از فلزات و آلیاژی نظیر فولاد معمولی، فولاد زنگ نزن و یا صفحات نیکلی با روکش قلع می‌باشند.

محیط سردکننده: این نوع کوره‌ها دارای دو نوع قدرت سردکنندگی می‌باشند.

الف - فن: در بالای محفظه سردکننده قرار دارد و اتمسفر داخل کوره را به آرامی حرکت می‌دهد. این نوع سرد کردن معمولاً جهت نرماله کردن و یا سخت کردن قطعات با سختی پذیری بالا استفاده می‌شود.

ب - محفظه روغن: حجم محفظه با توجه به حجم کوره و در نتیجه حجم قطعات تعیین می‌شود. حجم محفظه روغن باید به گونه‌ای باشد که در اثر کونج قطعات، به راحتی دمای روغن تغییر نکند. جهت کاهش دما، روغن داخل محفظه مرتباً از محفظه خارج شده و از یک لوله که در میان آن لوله‌های حامل آب وجود دارد عبور می‌کند و بدین ترتیب دمای روغن کاهش می‌یابد. در محفظه روغن پروانه و یا پمپ‌هایی قرار دارد که مسئول متلاطم کردن روغن و یکنواخت کردن دمای آن می‌باشند.

گازهای ورودی: علاوه بر گاز اندومات، گازهای دیگری نظیر متان، نیتروژن و دی‌اکسید کربن نیز بنا بر نیاز وارد کوره می‌شوند. به عنوان مثال هنگامی که فولاد عملیات حرارتی شونده دارای درصد کربن بالاتر از ۰٫۴ درصد باشد جهت جلوگیری از دگرپوره شدن سطح در هنگام فرایند باید به همراه گاز اندومات، گاز متان نیز وارد کوره کرد تا پتانسیل کربن کوره افزایش یافته و با درصد کربن فولاد تطابق داشته باشد. از طرفی در عملیات کربوره و کربونیترووره نیز باید پتانسیل کربن کوره افزایش یابد. البته با ورود گاز دی‌اکسید کربن نیز می‌توان افزایش داد. مقدار گاز متان ورودی به این کوره، گاز نیتروژن هست. هنگامی که می‌خواهیم عملیات کربونیترووره انجام دهیم باید پتانسیل نیتروژن کوره افزایش یابد که با ورود نیتروژن این کار عملی می‌شود. سیستم و حجم هر یک از این گازها می‌تواند دستی و یا اتوماتیک باشد.

سیستم کنترل پتانسیل کربن کوره: جهت کنترل پتانسیل کربن کوره معمولاً در این کوره‌ها دو سیستم اتوماتیک و دستی وجود دارد. در سیستم اتوماتیک پتانسیل کربن کوره توسط یک آنالیزکننده گاز کوره اندازه‌گیری می‌شود. در سیستم دستی یک نوار مخصوص از یک فولاد بسیار کم کربن که روی تجهیزات کوره موجود هست را در ابتدا وزن کرده و وزن آن را یادداشت می‌کنیم. سپس این نوار یک هدایت‌شونده متصل شده و توسط یک سوراخ که معمولاً در پشت کوره قرار دارد وارد محفظه گرم‌کننده می‌شود و به مدت زمان حدود چند دقیقه در محفظه باقی می‌ماند تا کربن به داخل سطح نفوذ کند. زمان نگهداری در مشخصات فنی کوره ذکر شده است. پس از بیرون آوردن نوار فولادی از کوره دوباره آن را وزن کرده و از اختلاف وزن نوار به درصد کربن پی می‌برند.

مشعل خروجی کوره: در این کوره یک مشعل جهت خروج گاز داخل کوره وجود دارد. در قسمت خروجی کوره این مشعل باعث می‌شود که هم گازهای خروجی بسوزند و هم از ورود هوا به داخل کوره جلوگیری به عمل آید. در صورتی که مشعل به هر دلیلی خاموش شود، جهت جلوگیری از ورود هوا به داخل کوره یک شیر یک طرفه پشت مشعل قرار دارد که باعث بسته شدن خروجی می‌شود. این کوره توان ارائه گراف عملیات دارد. جهت انجام هر یک از فرایندهای قابل انجام در این کوره مراحل زیر به ترتیب اجرا می‌شود.

قرارگیری قطعات در سبد: قطعاتی که می‌خواهند عملیات حرارتی شوند با یک چیدمان صحیح در سبد قرار می‌گیرند. در چیدمان قطعات باید به این نکته توجه کرد که قطعات باید به گونه‌ای در سبد قرار گیرند که بزرگ‌ترین قطعه از نظر ابعادی در محلی قرار گیرد که در مرحله عملیات بتوان آن را از چشمی کوره به راحتی مشاهده کرد. البته در یک عملیات مشابه باید قطعات از نظر ضخامت در یک محدوده قرار گیرند تا هم‌رنگی در یک‌زمان اتفاق بی‌افتد و زمان قرارگیری در آستنیت نیز یکسان باشد، ولی در عمل قطعات تا حدودی از نظر ضخامت با یکدیگر متفاوت هستند ولی سعی می‌شود که این تفاوت چشم‌گیر نباشد. پس از آن سبد توسط جرتقیل روی ترن قرار می‌گیرد.

مراحل فرایند کوره سخت‌کاری و کوینچ چندمنظوره

قرارگیری سبد قطعات در مقابل درب کوره: ترن حامل سبد قطعات به سمت کوره آمده و در مقابل کوره قرار می‌گیرد. جهت قرارگیری دقیق سبد در مقابل کوره از یک میکروسویچ که روی ریل نصب شده است کمک می‌گیرند. هنگامی که سبد کاملاً در مقابل درب کوره قرار گرفت، چرخ‌های ترن به این میکروسویچ برخورد کرده و حرکت ترن برای یک لحظه قطع می‌شود. در این لحظه سبد قطعات دقیقاً در مقابل درب کوره قرار گرفته است. باز کردن درب اصلی کوره: درب کوره معمولاً به صورت عمودی به سمت بالا حرکت می‌کند. این سیستم می‌تواند به صورت هیدرولیک و یا مکانیکی باشد که معمولاً این کار به راحتی توسط یک سیستم مکانیکی انجام می‌شود. در هنگام باز شدن درب کوره به طور اتوماتیک مشعلی در ورودی روشن می‌شود که پس از باز شدن درب، کل منطقه ورودی توسط شعله محافظت شود. با این کار اجازه ورود اتمسفر بیرون کوره به داخل کوره داده نمی‌شود.

ورود سبد حامل قطعات به داخل محفظه اولیه و بسته شدن درب: سبد قطعات توسط ریل به داخل کوره هدایت شده و پس از آن ترن به عقب حرکت کرده تا درب کوره بسته شود.

باز شدن درب میانی و ورود سبد به داخل محفظه اصلی: پس از ورود سبد به داخل کوره و بسته شدن درب کوره، چند لحظه صبر می‌کنیم تا هوای احتمالی محفظه از خروجی کوره خارج شود و در ادامه درب میانی (درب محفظه گرم‌کننده) باز شده و سبد قطعات به داخل محفظه اصلی هدایت شود. پس از ورود سبد، درب میانی نیز بسته می‌شود. سیستم باز و بسته شدن درب میانی معمولاً به صورت کشویی و دوطرفه است. لازم به ذکر است که درب میانی ایزوله نیست.

ارائه برنامه مورد نظر: در این مرحله دمای عملیات، دمای روغن و مقدار و نوع گازهای ورودی به کوره داده شده و فرایند شروع می‌شود. لازم به ذکر است که برخی از کوره‌ها زمان را به صورت اتوماتیک و برنامه‌ریزی شده مدنظر قرار می‌دهند، ولی در بعضی کوره‌ها زمان توسط اپراتور گرفته می‌شود.

کنترل قطعات: توسط یک چشمی که در قسمت عقب کوره قرار دارد، مرتباً داخل کوره دیده می‌شود. با این روش می‌توان هم‌رنگ شدن قطعات را تشخیص داد. زمانی که قطعات و سبد دیده نشود عملاً می‌توان به این نتیجه

رسید که قطعات به دمای کوره رسیده‌اند. و از این زمان به بعد می‌توان زمان قرارگیری در منطقه آستنیت را محاسبه کرد.

سرد کردن قطعات: پس از پایان عملیات، درب وسط باز شده و قطعات به محفظه سردکننده انتقال پیدا می‌کنند. در صورتی قطعات نیاز به کوئنچ روغن داشته باشند. سبد به سمت پایین حرکت کرده و وارد محفظه روغن می‌شود و پس از اطمینان از انجام استحاله‌های موردنظر می‌توان قطعات را از روغن خارج کرد. در این مرحله سبد به سمت بالا حرکت کرده و در جای اصلی خود قرار می‌گیرد و در عمل قطعات مدتی در این قسمت قرار می‌گیرند تا روغن آن‌ها به داخل محفظه کوئنچ بریزد.

خروج قطعات از کوره: با باز شدن درب اصلی به همراه ایجاد یک شعله در کل منطقه ورودی، سبد قطعات توسط ترن به بیرون کشیده شده و در ادامه درب کوره بسته می‌شود. سپس قطعات در یک مکان مشخص جهت انجام عملیات بعدی قرار می‌گیرند.

فولادهای قابل عملیات در این کوره

فولادهای کم کربن، فولادهای کربن متوسط، فولادهای پرکربن، فولاد زنگ نزن مارتنزیتی. قابل ذکر است که برای فولادهای با دمای آستنیت بیش از ۱۰۵۰ درجه سانتی‌گراد این کوره قابل استفاده نمی‌باشد.
(کوره سخت کاری خلاء)

امروزه از این کوره‌ها برای سخت کاری قطعات حساس و با دمای آستنیت بالا مانند قطعات از جنس فولاد ابزار گرم کار و فولادهای ابزار تند بر استفاده می‌شود. در محیط خلاء و یا به عبارت درست‌تر محیط کم فشار، سطح قطعات از کربوره و اکسید شدن در امان می‌ماند و قطعات پس از عملیات حرارتی، سطح بسیار تمیزی دارند. عملیات حرارتی‌های قابل انجام توسط این کوره شامل سخت کاری، نرماله و آنیل هست.
مشخصات کوره:

- دما حد/کثره ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد؛ با توجه به اینکه سیستم گرمایش این کوره‌ها توسط تشعشع هست کار با این کوره‌ها در دمای پایین از دقت کمی برخوردار است و بیشترین کاربرد آن‌ها برای استفاده در دماهای بالا هست.

- اتمسفر کوره خلاء/است: فشار لازم جهت کار با این کوره‌ها در حدود ۱۰ mmHg هست.

- سیستم گرم‌کننده پارچه‌های گرافیتی/است: در این سیستم در محفظه گرم‌کننده پارچه‌های گرافیتی مشکی رنگی قرار گرفته است که توسط هیت‌رهای گرم می‌شوند. در اثر گرم شدن پارچه‌ها، این پارچه‌ها تغییر رنگ داده و قرمز می‌شوند. قطعات که در وسط این پارچه‌ها قرار گرفته‌اند توسط تشعشع گرم می‌شوند.

- تعداد محفظه: این کوره دارای دو محفظه گرم‌کننده و سردکننده هست. به عبارتی این کوره یک پیش محفظه دارد که به محفظه سردکننده معروف است. این محفظه در قسمت ورودی کوره قرار دارد و

محل سرد کردن قطعه توسط فن و یا روغن هست. این محفظه تک جداره و از جنس فولاد نسوز هست. محفظه اصلی که به محفظه گرم کننده معروف است در قسمت دوم کوره قرار دارد و قطعات برای رسیدن به دمای آستنیتته در آن محفظه قرار می گیرند. در دیواره های این محفظه پارچه های گرافیتی نصب شده است و با گرم شدن این پارچه ها و ایجاد تشعشع، قطعات درون محفظه گرم می شوند. بین دو محفظه گرم کننده و سرد کننده یک درب جدا کننده قرار دارد که البته این درب ایزوله کننده دما و اتمسفر نیست.

- سیستم گردش هوا: فن
- جنس جداره بیرونی: فولاد نسوز
- سیستم کنترل دما: کاملاً اتوماتیک
- دارای سیستم کنترل دمای روغن: در مخزن روغن هیترهایی تعبیه شده است که می توانند دمای روغن را افزایش دهند. هنگامی که دمای مورد نظر خود را که معمولاً بین ۸۰-۴۰ درجه سانتی گراد هست انتخاب کنیم، هیترها مسئول افزایش دما می باشند. جنس این هیترها از فلزات و آلیاژیهای نظیر فولاد معمولی، فولاد زنگ نزن و یا صفحات نیکلی و با روکش قلع می باشند.
- محیط سرد کننده: این کوره ها دارای دو نوع قدرت سرد کنندگی می باشند.
 - الف - فن: معمولاً ۲ یا ۳ عدد فن در محفظه سرد کننده قرار دارد در هنگام سرد کردن، با ورود گاز نیتروژن تصفیه شده به داخل کوره این فن ها نیتروژن را در محیط به گردش در می آورند و قطعات را خنک می کنند. با توجه به نوع فولاد، شکل و سطح مقطع آن می توان سرعت های سرد کردن مختلف را انتخاب کرد.

○ ب - محفظه روغن: حجم محفظه با توجه به حجم کوره و در نتیجه حجم قطعات تعیین می شود. حجم محفظه روغن باید به گونه ای باشد که در اثر کوئچ قطعات، به راحتی دمای روغن تغییر نکند. جهت کاهش دما، روغن داخل محفظه مرتباً از محفظه خارج شده و از یک لوله که در میان آن لوله های حامل آب عبور می کند و بدین ترتیب دمای روغن کاهش می یابد. در محفظه روغن پروانه و یا پمپ هایی قرار دارد که مسئول متلاطم کردن روغن و یکنواخت کردن دمای آن می باشند. قابل ذکر است که روغن های خلاء دارای فشار بخار بسیار پایینی می باشند. این روغن ها دارای قدرت گرم شدن تا دمای ۲۰۰ درجه را نیز دارند و برای عملیات آستمپرینگ نیز قابل کاربرد هستند. در صورتی که بخواهیم قطعات را در روغن سرد کنیم دیگر نیازی به شکستن خلاء نمی باشد.

- گازهای ورودی: تنها گاز ورودی به این کوره نیتروژن تصفیه شده است. این گاز به ۲ منظور استفاده می شود. اول اینکه جهت سرد کردن قطعات توسط فن ها این گاز مورد استفاده می گیرد که در بالا توضیحات آن داده شد. دوم اینکه پس از پایان عملیات و شکستن خلاء کوره و باز شدن درب کوره

در صورتی که نخواهیم قطعه در کوره قرار دهیم، جهت حفظ و نگهداری پارچه‌های گرافیتی باید کوره همیشه تحت اتمسفر نیتروژن قرار داشته باشد. بدین منظور این گاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.

- این کوره قدرت گرم‌کنندگی بسیار فوق‌العاده‌ای دارد و از طرفی می‌توان به گونه‌ای به آن برنامه داد که با سرعت‌های مختلف گرم شده و در دما و زمان‌های مختلف توقف داشته باشد. از طرفی این کوره قدرت سرد شدن کاملاً کنترل شده‌ای دارد. بنابراین برای عملیات آنیل نیز بسیار مناسب است.
- این کوره توان ارائه گراف عملیات را دارد.

مراحل فرایند

جهت انجام هر یک از فرایندهای ذکر شده توسط این کوره مراحل زیر به ترتیب اجرا می‌شود.

قرارگیری قطعات در سبد: قطعاتی که می‌خواهند عملیات حرارتی شوند با یک چیدمان صحیح در سبد قرار می‌گیرند. در چیدمان باید به این نکته توجه کرد که قطعات باید به گونه‌ای در سبد قرار گیرند که بزرگ‌ترین قطعه از نظر ابعادی در محلی قرار گیرد که در مرحله عملیات بتوان آن را از چشمی کوره به راحتی مشاهده کرد. البته در یک عملیات مشابه باید قطعات از نظر ضخامت در یک محدوده قرار گیرند. تا هم‌رنگی در یک زمان اتفاق افتد. و زمان قرارگیری در آستنیت نیز یکسان باشد، ولی در عمل معمولاً ضخامت‌ها باهم متفاوت هستند. اما باید سعی شود که این تفاوت چشم‌گیر نباشد. از طرفی با توجه به اینکه عملیات گرم کردن در کوره خلاء توسط تشعشع انجام می‌گیرد، هر قسمتی از قطعه که در معرض تشعشع نباشد افزایش دمای بسیار کمی دارد. بنابراین باید قطعات به گونه‌ای در سبد چیده شوند که روی یکدیگر سایه نیندازد. پس از آن در این سبد توسط جرثقیل روی ترن قرار می‌گیرد.

قرارگیری سبد قطعات در مقابل درب کوره: ترن حامل سبد قطعات به سمت کوره حرکت کرده و در مقابل کوره قرار می‌گیرد. جهت قرارگیری دقیق سبد در مقابل کوره از یک میکروسویچ که روی ریل نصب شده است کمک می‌گیرند. هنگامی که سبد کاملاً در مقابل درب کوره قرار گرفت، چرخ‌های ترن به این میکروسویچ برخورد کرده و حرکت ترن برای یک لحظه قطع می‌شود. در این لحظه سبد قطعات دقیقاً در مقابل درب کوره قرار گرفته است.

باز کردن درب اصلی کوره: درب کوره معمولاً به صورت افقی و توسط یک سیستم هیدرولیک و یا سیستم مکانیکی روی ریل‌هایی حرکت کرده و به سمت راست و یا چپ می‌رود. البته در برخی کوره‌ها درب به صورت لولایی باز و بسته می‌شود. ولی در کوره‌های بزرگ به دلیل سنگین بودن درب، از همان سیستم بیان شده در بالا استفاده می‌شود.

ورود سبد حامل قطعات به داخل محفظه اولیه و بسته شدن درب: سبد قطعات توسط ریل به داخل کوره هدایت شده و پس از آن ترن به عقب حرکت کرده تا درب کوره بسته شود. پس از قرارگیری درب در جای خود، توسط چند بست دوطرفه و به کمک پیچ و مهره درب به بدنه کوره محکم می‌شود. قابل توجه است که در محل

اتصال درب و بدنه کوره اورینگ های مخصوص خلاء و دمای بالا قرارداد شده است. که وظیفه آب بندی درب کوره را به عهده دارند. البته درب میانی در این موارد از گریس خلاء نیز استفاده می شود.

باز شدن درب میانی و ورود سبده به داخل محفظه اصلی؛ پس از ورود سبده به داخل کوره و بسته شدن درب کوره، درب میانی (درب محفظه گرم کننده) باز شده و سبدها قطعاً به داخل محفظه اصلی هدایت می شود. پس از ورود سبدها، درب میانی نیز بسته می شود. سیستم باز و بسته درب میانی معمولاً به صورت کشویی و دوطرفه است. لازم به ذکر هست که درب میانی ایزوله نیست.

ارائه برنامه مورد نظر؛ در این مرحله دمای عملیات، نوع محیط کونج شامل فشار کونج توسط فن نیتروژن یا دمای محفظه روغن و مقدار خلاء مورد نیاز در سیستم کامپیوتری کوره وارد شده و فرایند شروع می شود. در ابتدا عملیات پمپ خلاء شروع به کاهش فشار در کوره کرده و فشار کوره را به فشار مورد نیاز می رساند. پس از رسیدن به خلاء مورد نیاز، فرایند آغاز می شود.

• **کنترل قطعات:** توسط یک چشمی که در قسمت عقب کوره قرار دارد، مرتباً داخل کوره دیده می شود. با این روش می توان هم رنگ شدن قطعات را تشخیص داد. وقتی که قطعات و سبدها دیده نشود عملاً می توان به این نتیجه رسید که قطعات به دمای کوره رسیده اند و از این زمان به بعد می توان زمان قرارگیری در منطقه آستنیت را محاسبه کرد.

• **سرد کردن قطعات:** پس از پایان عملیات، درب وسط باز شده و قطعات به محفظه سرد کننده انتقال پیدا می کنند. در صورتی که قطعات نیاز به کونج روغن داشته باشند، سبدها به سمت پایین حرکت کرده و وارد محفظه روغن می شود و پس از اطمینان از انجام استحاله های مورد نظر می توان قطعات را از روغن خارج کرد. در این مرحله سبدها به سمت بالا حرکت کرده و در جای اصلی خود قرار می گیرد. در عمل مدت زمانی در این قسمت قرار می گیرند تا روغن آنها به داخل محفظه کونج بریزد. در صورتی که نیاز به کونج توسط فن با فشار مورد نظر باشد، پس از قرارگیری در محفظه سرد کننده فن کوره با فشار مورد نظر شروع به کار کرده و عمل سرد شدن را انجام می دهد.

• **خروج قطعات / از کوره:** با باز شدن درب اصلی، سبدها توسط ترن به بیرون کشیده شده و در ادامه درب کوره بسته می شود. قطعات در یک مکان مشخص جهت انجام عملیات بعدی قرار می گیرند.

(کوره تمپر:

همان طور که از اسم این کوره مشخص است، هدف اصلی در طراحی این کوره انجام عملیات تمپر هست. ولی با توجه به اینکه دامنه حرارتی فرایند تمپر و تنش زدایی بر یکدیگر تطابق دارند، از این کوره می توان برای عملیات تنش زدایی هم استفاده کرد. در یک خط کوره حتماً یک یا دو کوره تمپر در کنار یک کوره سخت کاری وجود دارد. زیرا تمامی قطعات سخت شده نیاز به عملیات تمپر دارند و با توجه به اینکه امکان طولانی بودن عملیات تمپر وجود دارد، بنابراین در کنار هر کوره سخت کاری می تواند دو کوره تمپر وجود داشته باشد.

مشخصات کوره

دمای کاری: حداکثر ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد

اتم‌سفر کوره: گاز خنثی نیتروژن

سیستم گرم‌کننده: برقی از نوع المنتی، المنت‌های حرارتی در بین دوجداره فولاد نسوز این کوره قرار گرفته‌اند. زیرا در صورتی که المنت‌ها در محفظه اصلی قرار گیرند، امکان برخورد قطعات و یا سبد به این المنت‌ها وجود دارد و این باعث آسیب رساندن به المنت‌ها می‌شود. این کوره‌ها معمولاً توسط برق ۳ فاز کار می‌کنند.

سیستم گردش هوا: فن

سیستم کنترل دما: کاملاً اتوماتیک

گازهای ورودی: تنها گاز ورودی به این کوره نیتروژن هست. جهت جلوگیری از اکسیداسیون سطح قطعات در حین عملیات، این گاز در کوره وارد می‌شود.

این کوره توان ارائه‌گراف عملیات را دارد.

مراحل فرایند

جهت انجام هر یک از فرایندهای تمپر و یا تنش‌زدایی در این کوره مراحل زیر به ترتیب اجرا می‌شود.

قرارگیری قطعات در سبد: در عملیات تنش‌زدایی و یا تمپر نوع قرارگیری قطعات از اهمیت زیادی برخوردار نیست، ولی سعی می‌شود قطعات به صورت ایستاده عملیات شوند.

قرارگیری سبد قطعات در مقابل درب کوره: ترن حامل سبد قطعات به سمت کوره حرکت کرده و در مقابل کوره قرار می‌گیرد. جهت قرارگیری دقیق سبد در مقابل کوره از یک میکروسویچ که روی ریل نصب شده است کمک می‌گیرند. هنگامی که سبد کاملاً در مقابل درب کوره قرار گرفت، چرخ‌های ترن به این میکروسویچ برخورد کرده و حرکت ترن برای یک لحظه قطع می‌شود. در این لحظه سبد قطعات دقیقاً در مقابل درب کوره قرار گرفته است. باز کردن درب اصلی کوره: درب کوره به صورت افقی و یا عمودی و توسط یک سیستم هیدرولیک و یا یک سیستم مکانیکی باز می‌شود.

ورود سبد حامل قطعات به داخل محفظه و بسته شدن درب: سبد قطعات توسط ریل به داخل کوره هدایت شده و پس از آن ترن به عقب حرکت کرده تا درب کوره بسته شود. پس از بسته شدن درب کوره فرایند آغاز می‌شود.

ارائه برنامه موردنظر: در این مرحله دما و زمان تنظیم شده و عملیات شروع می‌شود. عموماً در این نوع کوره‌ها دمای قطعات به همراه کوره افزایش می‌یابد. البته در صورتی که دمای کوره از قبل بالا باشد نیز می‌توان قطعات را در کوره قرارداد. پس از رسیدن دما به دمای موردنظر، زمان فرایند محاسبه می‌شود. زمان لازم برای عملیات تمپر و یا تنش‌زدایی به ازای هر یک اینچ ضخامت ۱ ساعت است و البته این زمان حداقل یک ساعت در نظر

گرفته می‌شود. با بالا رفتن دما در حد ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد شیر ورود نیتروژن به صورت دستی و با فلوی دلخواه باز می‌شود. با توجه به حساسیت قطعات ما می‌توانیم مقدار نیتروژن ورودی به کوره را تنظیم کنیم. سرد کردن قطعات: با باز شدن درب، سبد توسط ترن به بیرون کشیده شده و در ادامه درب کوره بسته می‌شود. قطعات در یک مکان مشخص جهت انجام عملیات بعدی قرار می‌گیرند.

(کوره نیتراسیون گازی

این کوره جهت انجام عملیات سطحی نیتراسیون و نیتروکربوراسیون استفاده می‌شود. با انجام هر یک از این عملیات می‌توان سطح قطعات را سخت کرده بدون اینکه مغز این قطعات از نظر خواص مکانیکی تغییری بکند. مشخصات کوره

دمای کاری: حداکثر ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد

اتم‌سفر کوره: با توجه به نوع عملیات، اتم‌سفر کوره انتخاب می‌شود. در عملیات نیتراسیون گازهای نیتروژن و آمونیاک وارد کوره می‌شوند. با توجه به اینکه جهت انجام عملیات نیتراسیون فرایندهای مختلفی تعریف شده است بنابراین این نوع گازهای ورودی و درصد هر یک متغیر هست.

سیستم گرم‌کننده: برقی از نوع المنتی المنت‌های حرارتی در دیواره‌های این کوره قرار گرفته‌اند زیرا در صورتی که المنت‌ها در محفظه اصلی قرار گیرند، امکان برخورد قطعات و یا سبد به این المنت وجود دارد و این باعث آسیب رساندن به المنت‌ها می‌شود. این کوره‌ها محتملاً توسط برق ۳ فاز کار می‌کنند. تعداد محفظه:

الف – محفظه عملیات: در این محفظه که از جنس فولاد نسوز هست، فیکسچر به همراه قطعات قرار داده می‌شود.

ب – محفظه گرم‌کننده: این محفظه که به صورت ثابت در زمین تعبیه شده، حاوی المنت‌هایی در دیواره هست. محفظه اصلی حاوی قطعات در آن قرار گرفته و فرایند انجام می‌شود.

سیستم گردش هوا: فن

سیستم کنترل دما: کاملاً اتوماتیک به همراه ۳ عدد ترموکوپل

این کوره دارای دو محفظه اضافی جهت آماده کردن شارژ بعدی هست.

سیستم تجزیه‌کننده: توسط این سیستم می‌توان درصد تجزیه آمونیاک و نیتروژن و هیدروژن را اندازه‌گیری کرد. در این روش با استفاده از یک بورت تفکیکی و قرارگیری آن در قسمت خروجی کوره، گازهای خروجی مجبور به عبور از این بورت شده و باید از یک ستون آب با حجم مشخص عبور کنند. در این صورت نیتروژن و هیدروژن در آب حل نشده و از خروجی بورت خارج می‌شوند ولی گاز آمونیاک تجزیه نشده موجود در گاز خروجی و در نتیجه درجه تفکیکی گاز آمونیاک اندازه‌گیری می‌شود.

جنس دیواره بیرونی محفظه حاوی قطعات: فولاد نسوز

محیط سردکننده: قطعات عملیات شده در این کوره در داخل محفظه کوره و توسط گردش آرام نیتروژن روی آن‌ها سرد می‌شوند.

فرایندهای قابل انجام در این کوره: این کوره قابلیت انجام فرایندهای نیتراسیون - نیتروکربوراسیون - و آنیل را دارد.

این کوره توان ارائه گراف عملیات را دارد.

مراحل فرایند

قرارگیری قطعات در فیکسچر مناسب: قطعاتی که می‌خواهند عملیات نیترووره و یا نیتروکربوره شوند در فیکسچر مناسبی قرار می‌گیرند. قطعات باید به‌گونه‌ای در فیکسچر مناسب قرار داده شوند که سطح آن‌ها با یکدیگر تماس نداشته باشند.

قرارگیری فیکسچر در محفظه کوره: فیکسچر توسط جرثقیل سقفی به درون محفظه عملیات وارد شد و درب محفظه بسته می‌شود. سپس محفظه توسط جرثقیل سقفی به درون محفظه گرم‌کننده می‌رود و پس از آن ورودی‌های موردنظر به درب متصل می‌شود.

تخلیه هوای داخل محفظه توسط گاز نیتروژن: دبی تخلیه حدوداً ۱۰ تا ۱۲ مترکعب بر ساعت است.

پس از رسیدن دما به حدود ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد، ابتدا گاز N توسط گاز NH با دبی ۳ مترکعب در ساعت از محفظه خارج و پس از آن دبی آمونیاک تنظیم می‌گردد.

پس از رسیدن دمای کوره به دمای عملیات که معمولاً در محدوده ۵۰۰-۶۰۰ درجه سانتی‌گراد است در صورتی که عملیات ما نیتروکربوره است باید گاز دی‌اکسید کربن را با دبی موردنظر وارد کوره کرد.

در پایان زمان عملیات، گاز N با دبی ۱۲ مترکعب بر ساعت به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه وارد کوره می‌شود تا از خروج گازهای NH و CO₂ از محفظه اطمینان حاصل شود.

انتقال محفظه به قسمت سردکننده: این کوره‌ها به‌طور کلی دارای دو محفظه تعبیه شده در زمین می‌باشند که یکی از محفظه‌ها به‌عنوان محفظه گرم‌کننده و محفظه دیگر جهت سرد کردن قطعات استفاده می‌شود. پس از انجام عملیات، محفظه حاوی قطعات توسط جرثقیل از محفظه گرم‌کننده خارج شده و وارد محفظه سردکننده می‌شود. در این قسمت گاز نیتروژن تصفیه شده با دبی ۵ مترکعب بر ساعت وارد محفظه حاوی قطعات شده و قطعات را به آهستگی سرد می‌کند.

فشار کوره در طول سیکل ۲۰ تا ۳۰ میلی بار هست که این فشار توسط خروجی کوره کنترل می‌شود.

خروج از کوره: پس از پایان سیکل عملیات و سرد شدن قطعات، درب کوره و قطعات خارج می‌شوند. در این کوره مقدار گازهای آمونیاک و دی‌اکسید کربن توسط فلومتر و تنظیم و کنترل می‌گردد. همچنین فشار کوره توسط فشارسنج مایع کنترل می‌شود.

(کوره نیتراسیون پلاسمایی

تکنیک‌های نیترووره و نیتروکربوره پلازما در دهه ۱۹۳۰ در آلمان ابداع شدند. اما از پیشرفت بیشتر آن‌ها در هنگام جنگ جهانی دوم جلوگیری شد و تا اوایل دهه ۱۹۷۰ از این فرایند استفاده تجاری نمی‌شد. با گسترش این تکنیک‌ها تلاش زیادی به منظور شناخت مکانیسم‌های حاکم بر تخلیه الکتریکی گازها صورت گرفته و بسیاری از جنبه‌های بمباران اتمی قبل از پوشش دادن و در خلال آن شناخته شده است.

پلازما یا گاز یونی به محیطی گفته می‌شود که در آن اتم‌ها یا مولکول‌های گاز به اجزایی باردار تشکیل دهنده اتم، الکترون و یون تجزیه شده و این ذرات باردار بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند. تکنیک پلازما به وسیله تخلیه‌های هاله‌ای روی سطح قطعه مشخص می‌شود. این هاله در فشارهای پایین هنگامی که بین قطعه کار و دیواره‌های کوره یک اختلاف ولتاژ برقرار شود به وجود می‌آید، به نحوی که قطعه کار پتانسیل منفی (اتد) و دیواره فلزی کوره پتانسیل مثبت (آند) دارد.

کوره در ابتدا توسط پمپ، خلأ می‌شود و پس از آن با یک مخلوط گاز به فشار ۱ torr تا ۱۰ می‌رسد. همچنین یک ولتاژ ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ ولت به کار برده می‌شود که در نتیجه آن گازها در مجرای بین قطعه و دیواره یونیزه می‌شوند. اختلاف پتانسیل به کار برده شده باعث شتاب یون‌ها به طرف سطح قطعه کار می‌شود. و در نتیجه سطح قطعه بمباران یونی شده که می‌تواند باعث تغییر ساختار و یا ترکیب شیمیایی سطح شود. وقتی که یون‌ها شتاب می‌گیرند و به سطح اصابت می‌کنند حدود ۹۰٪ انرژی سینتیکی آن‌ها تبدیل به گرما شده و به این ترتیب دمای قطعه کار افزایش می‌یابد.

ساختار لایه ترکیبی و عمق منطقه نفوذی را می‌توان به وسیله تغییر مخلوط گاز کنترل نمود. به طور طبیعی لایه ترکیبی فقط شامل فاز است. برای رسیدن به یک لایه ترکیبی شامل فاز، روی فولادها و چدن‌ها از ترکیب گاز نیتروژن، هیدروژن و متان استفاده می‌شود. شدت بمباران یونی و سرعت گرم شدن به فشار کوره و ولتاژ مورد استفاده بستگی دارد. استفاده از ولتاژ بالا باعث ایجاد تخلیه هاله‌ای یکنواخت روی سطح قطعه شده و عمق نیترووره و ضخامت لایه ترکیبی یکنواختی تولید می‌کند. باید تخلیه کرد که هاله همیشه روی کاتد تشکیل شود و بزرگ شدن منطقه کاتد باعث کاهش عمق نیترووره یا نیتروکربوره می‌شود.

در این فرایند ابتدا نیتروژن در داخل شبکه حل شده و در ادامه با افزایش مقدار نیتروژن در شبکه، این عنصر به صورت نیتريد های اپسیلن و یا گاما پرایم رسوب می‌کند. بنابراین در لایه بیرونی نیتريد های آهن و در صورتی که فولاد ما آلیاژی باشد. نیتريد های آلیاژی همچون نیتريد کروم، نیتريد آلومینیم، نیتريد تنگستن، نیتريد مولیبدن، نیتريد وانادیم و نیتريد تیتانیم داریم. که با توجه به عناصر آلیاژی موجود در فولاد این نیتريد ها تشکیل می‌شوند.

در صورتی که روی قطعات سوراخ‌های ریزی وجود داشته باشد امکان تداخل هاله در داخل سوراخ وجود دارد که این مورد باعث بالا رفتن موضعی دما و ایجاد جرقه می‌شود. این موضوع هنگامی که قطعات بیش از حد به هم

نزدیک باشند نیز می‌تواند اتفاق بیافتد. این پدیده به نام Hollow Chathode معروف هست. استفاده از ولتاژ پالسی از ایجاد اثر Hollow Chathode جلوگیری می‌کند.

با تغییر پارامترهای عملیات شامل ولتاژ، فرکانس پالس و غیره می‌توان ضخامت لایه ترکیبی یکنواخت و عمیقی به دست آورد. نیتروکربوره پلاسما می‌تواند برای انواع فولادها استفاده شود. مشخصات کوره:

دمای کاری: حداکثر ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد.

اتم‌سفر کوره: با توجه به نوع عملیات، اتم‌سفر کوره انتخاب می‌شود. در عملیات نیتراسیون پلاسمایی نیتروژن و هیدروژن وارد کوره شده و در عملیات نیتروکربوره، گازهای نیتروژن، هیدروژن و دی‌اکسید کربن وارد کوره می‌شود. با توجه به اینکه جهت انجام عملیات نیتراسیون فرایندهای مختلفی تعریف شده است. بنابراین نوع گازهای ورودی و درصد هر یک متغیر هست.

سیستم گرم‌کننده: هاله پلاسما. به‌طور کلی کوره‌های پلاسما به دو نوع دیواره گرم و دیواره سرد تقسیم می‌شوند. به عبارتی کوره دیواره سرد معمولاً تک‌جداره و کوره دیواره گرم دوجداره هست. در کوره‌های دیواره گرم در بین دو دیواره سیستم آب‌گرم وجود دارد. یکی از علت‌های اصلی دوجداره بودن این کوره‌ها تغییر لحظه‌ای آند و کاتد هست. به بیان دیگر در یک لحظه دیواره کوره کاتد و محل قرارگیری قطعات آند می‌شود. در این حالت نیاز است که جداره را عایق کرد و بنابراین از محفظه دوجداره استفاده می‌شود. بیان شده است که علت تغییر جای آند و کاتد جلوگیری از مسمومیت گازها در حین فرایند هست. البته از این روش به منظور تمیز کردن دیواره کوره نیز استفاده می‌شود.

سیستم گردش هوا: فن

سیستم کنترل دما: کاملاً اتوماتیک

جنس جداره کوره: فولاد نسوز

محیط سردکننده: قطعات در کوره سرد می‌شوند.

فرایندهای قابل انجام در این کوره: این کوره قابلیت انجام فرایندهای نیتراسیون، نیتروکربوراسیون، نیتراسیون - اکسیداسیون و نیتروکربوراسیون - اکسیداسیون را دارد.

در این کوره تمامی مراحل عملیات ضبط شده و توان ارائه گراف عملیات وجود دارد.

مراحل فرایند

تمیز کردن کوره و قطعات: در کوره‌های آزمایشگاهی با سمباده زنی و تمیز کردن توسط استن، محفظه داخلی کوره برای فرایند آماده می‌شود. از طرفی فیکسچرهای مورد نظر نیز به‌طور مشابه تمیز می‌شوند. در کوره‌های صنعتی این کار با تغییر محل آند و کاتد انجام می‌گیرد. قطعات باید حتماً قبل از قرارگیری در کوره توسط استن به خوبی شستشو داده شوند.

قرارگیری قطعات در فیکسچر مناسب: قطعاتی که می‌خواهند عملیات نیترووره و یا نیتروکربوره شوند در فیکسچر مناسبی قرار می‌گیرند. قطعات باید به گونه‌ای در فیکسچر قرار داده شوند که سطح آن‌ها با یکدیگر تماس نداشته باشند.

قرارگیری فیکسچر در محفظه کوره: فیکسچر توسط جرثقیل سقفی به درون محفظه عملیات وارد شده. روبری پایه کاتد قرار گرفته و سپس درب کوره بسته می‌شود.

خلأ کردن: سیستم خلأ روشن شده و اجازه داده می‌شود که کوره به خلأ پایین برسد.

ورود گاز آرگون: پس از رسیدن به خلأ مورد نظر، گاز آرگون با فلوی زیاد به درون کوره رفته و به مدت حدود ۵ دقیقه اجازه می‌دهیم تا محفظه به طور کامل شستشو داده شود. و مطمئن شویم که محفظه فقط حاوی گاز آرگون است.

روشن شدن محفظه تغذیه: با روشن شدن منبع تغذیه دیواره آند و قطعات کاتد می‌شود.

تنظیم فشار: با تنظیم ورودی و خروجی سیستم، فشار کوره را در محدوده ۱ تا ۱۰ میلی بار نگه داشته و عمل پراکنش به مدت نیم تا یک ساعت انجام می‌شود.

افزایش دما با ولتاژ: پس از انجام عملیات پراکنش، با افزایش ولتاژ کوره، دما را افزایش می‌دهیم.

ورود گاز مورد نیاز: با رسیدن دما تا حدود ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد، به طور تدریجی گاز آرگون را قطع کرده و گازهای مورد نیاز جهت انجام عملیات را وارد کوره می‌کنیم.

محاسبه زمان عملیات: پس از رسیدن کوره به دمای عملیات و پایدار شدن شرایط، زمان عملیات محاسبه می‌شود.

در طول عملیات باید تمامی پارامترهای تحت کنترل قرار داشته باشد.

کاهش دما و خاتمه عملیات: در پایان عملیات پس از قطع ولتاژ و گازهای ورودی، به کوره اجازه کاهش دما داده و در نهایت پس از شکستن خلأ درب کوره را باز کرده و قطعات را از کوره خارج می‌کنیم.

۵-۲ کنترل کیفیت

با توجه به اینکه فعالیت انجام شده عملیات حرارتی روی فولاد هست و از طریق این عملیات ما محصول جدیدی نخواهیم داشت بلکه همان محصول را با کیفیت متفاوت خواهیم داشت. لذا انجام این خدمات دارای استاندارد خاصی نیست و بیشترین عملیات در رسیدن به خواص مورد نظر جنبه تجربه را دارا هست ولی محصولی که حاصل می‌گردد باید استانداردهای محصولی خود را داشته باشد.

به طور کلی فاکتورهایی مانند سختی سنجی حجمی و سختی سنجی سطحی و کنترل متالوگرافی مهم‌ترین پارامترهای کنترلی هستند در تست محصول نهایی معمولاً وسایل زیر استفاده می‌شوند

۶-۲ تأثیرات طرح بر محیط زیست

ایجاد حرارت و رساندن فولادها به دمای بالا انرژی برهست و باعث ایجاد دود می شود اما این دود آن قدر زیاد نیست که مشکل ساز شود همچنین گازهایی که عموماً استفاده می شود گازهای موجود در هواست آنگون نیتروژن و دی اکسید کربن که باعث آلاینده های حادی نخواهند شد.

البته لازم به ذکر است که در صورتی که از شوینده های مناسب استفاده نشود آلودگی فاضلاب ایجاد شده زیاد است که نیاز به تصفیه دارد.

۷-۲ برآورد کل هزینه های سرمایه گذاری طرح

به طور کلی در دو مرحله اجرای طرح و بهره برداری از طرح، سرمایه گذاری صورت می گیرد. سرمایه مورد نیاز در دوران اجرای طرح، سرمایه ثابت و سرمایه مورد نیاز در دوران بهره برداری از طریق سرمایه در گردش تأمین می شود. دارایی های ثابت در مرحله اجرای طرح خریداری و طی دوران بهره برداری مورد استفاده قرار می گیرند.

۱-۷-۲ زمین

جدول ۱۰: میزان و هزینه خرید زمین (میلیون ریال)

شرح	استان	شهرستان	مساحت (مترمربع)	قیمت واحد	قیمت کل
زمین	خراسان شمالی	منطقه ویژه اقتصادی	۴,۷۶۲	۰,۶	۲,۸۵۷

۲-۷-۲ محوطه سازی و ساختمان

جدول ۱۱: میزان و هزینه محوطه سازی (میلیون ریال)

شرح	مقدار کار	واحد	قیمت واحد	کل هزینه
خاک برداری و تسطیح	۱,۵۰۰	مترمکعب	۰,۳	۴۵۰
حصار کشی و درب	$2 \times (45 + 95) = 290$	متر	۹	۲,۶۱۰
آسفالت و محوطه سازی (۵ درصد مقدار زمین)	۲۳۸	مترمربع	۷	۱,۶۶۶
ایجاد فضای سبز و روشنایی (۱ درصد مقدار زمین)	۴۸	مترمربع	۸	۳۸۴
جمع کل				۵,۱۱۰

جدول ۱۲: میزان و هزینه ساختمان سازی (میلیون ریال)

شرح	نوع ساختمان	مساحت	قیمت واحد	هزینه کل
سالن تولید	سوله	۱,۲۰۰	۲۵	۳۰,۰۰۰
انبار	سوله	۳۰۰	۳۰	۹,۰۰۰
ساختمان اداری	آجر و تیرچه و پوشش	۲۰۰	۴۵	۹,۰۰۰
نگهبانی	-	۳۰	۴۵	۱,۳۵۰
جمع کل				۵۴,۳۵۰

۳-۷-۲ ماشین‌آلات و تجهیزات

قیمت‌ها براساس قیمت ۱۳۹۹،۱۱،۰۵ و ۱۳۹۹،۱۱،۱۵ از شرکت‌های سازنده که در مشخصات فنی ذکر شده گرفته شده است. برای خریدهای دلاری نرخ دلار ۲۴۰۰۰ تومان لحاظ شده است و هزینه شایممنت بیمه گمرکی و... ۳۰ درصد لحاظ شده است.

جدول ۱۳: هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات (میلیون ریال)

ردیف	نام ماشین‌آلات و تجهیزات	مشخصات فنی	تعداد	قیمت واحد	کل هزینه
۱	حمام کوبیچ	شرکت متالورژ D ۱۵۰۰، ۱۵۰۰	۲	۴۰۰	۸۰۰
۲	کوره سخت کاری	شرکت متالورژ، ۶۰ کیلو وات، ۱۰۰۰ درجه، ۸۰۰ لیتر	۴	۵،۱۰۰	۲۰،۴۰۰
۳	کوره تمپر	۶۵۰ لیتر شرکت متالورژ، ۲۰ کیلو وات، ۶۰۰ درجه	۵	۳،۸۰۰	۱۹،۰۰۰
۱۲	جرثقیل سقفی	شرکت سپانو، ۳ تن، پل ۲۰ متر	۲	۳،۰۰۰	۶،۰۰۰
۱۳	جک پالت	۳ تنو مدل DBA ۳۰	۱	۸۰	۸۰
۱۴	ابزار آلات متفرقه	سنگ فرز، دریل، قالب، ...		۲،۰۰۰	۲،۰۰۰
جمع کل					۴۸،۲۸۰

قیمت‌ها براساس قیمت ۱۳۹۹،۱۱،۰۵ و ۱۳۹۹،۱۱،۲۱ از شرکت‌های سازنده که در مشخصات فنی ذکر شده گرفته شده است.

۴-۷-۲ تأسیسات

با توجه به حق بهره‌برداری‌ها نیمه دوم سال ۱۳۹۹ که در مورد گاز و برق هزینه ثابت شرکت برق و گاز به آن اضافه می‌شود.

جدول ۱۴: هزینه تأسیسات (میلیون ریال)

عنوان	شرح	قیمت
برق رسانی	برق مورد نیاز ۲۴۰ کیلو وات در نظر گرفته شده است	۷۸۰
آب رسانی	انشعاب ۰،۷۵ اینچ صنعتی لحاظ گردید	۱۱
سوخت رسانی	ظرفیت ۱۶۰ مترمکعب لحاظ شده است	۱۰۱
وسایل سرمایش و گرمایش	چیلر حدود ۲۵۰ تن تبرید مورد نیاز است	۲۵،۰۰۰
کمپرسور هوای فشرده	محک ۹۰۰ لیتری	۲۴۰
هزینه انتقال آب برق و گاز	انتقال مصرف کننده داخل کارخانه	۱،۰۰۰
جمع کل		۲۷،۱۳۲

۵-۷-۲ لوازم و تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی

کلیه تجهیزات از شرکت koopa به تاریخ ۱۲ ام بهمن سال ۱۳۹۹ قیمت گرفته شده است.

جدول ۱۵: هزینه لوازم و تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی (میلیون ریال)

ردیف	شرح وسایل	مشخصات فنی	تعداد	قیمت واحد	جمع کل
۱	سختی سنج راکول	یونیورسال UV شرکت Koopa	۱	۱,۳۴۰	۱,۳۴۰
۲	سختی سنج پرتابل	شرکت Koopa و ۶DO	۱	۲۳۰	۲۳۰
۳	پولیشر	شرکت Koopa	۱	۲۶۰	۲۶۰
۴	مانت گرم دیجیتال	شرکت Koopa	۱	۲۶۰	۲۶۰
۵	میکروسکوپ	یاکسون ۱۲AK	۱	۷۰	۷۰
۶	دستگاه برش	شرکت Koopa	۱	۲۶۰	۲۶۰
۱۰ درصد موارد فوق					۲۳۵
جمع کل					۲,۶۵۵

۲-۷-۶ وسایل نقلیه

جدول ۱۶: هزینه وسایل نقلیه (میلیون ریال)

ردیف	شرح وسایل	مشخصات فنی	تعداد	قیمت واحد	قیمت کل
۱	خودروی سواری	خانواده پژو	۱	۱,۴۰۰	۱,۴۰۰
۲	وانت	زامیاد	۱	۲,۵۰۰	۲,۵۰۰
جمع کل					۳,۹۰۰

۲-۷-۷ تجهیزات و وسایل اداری و خدماتی

جدول ۱۷: هزینه تجهیزات و وسایل اداری و خدماتی (میلیون ریال)

ردیف	شرح وسایل	مشخصات فنی	تعداد	قیمت واحد	قیمت کل
۱	کامپیوتر		۷	۳۰	۲۱۰
۲	پرینتر	۱۲۱۲HP laserjet M	۵	۸۵	۴۲۵
۳	تلفن	پاناسونیک بیسیم ۲۱۰KX-TGC	۱۱	۱۱	۱۲۱
۴	میز اداری	مدل کارو T-۱۴S	۱۱	۱۱,۲	۱۲۳,۲
۵	صندلی اداری	مدل K-۲۰۴۰	۱۱	۸,۸	۹۶,۸
جمع کل					۹۷۶

۲-۷-۸ هزینه انرژی

جدول ۱۸: میزان مصرف و هزینه آب و انرژی

ردیف	شرح	واحد	مصرف سالانه	قیمت واحد (ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۱	آب مصرفی	مترمکعب	۱۰,۰۰۰	۷,۰۰۰	۷۰
۲	برق مصرفی	کیلووات ساعت	۱,۰۰۰,۰۰۰	۱,۱۰۰	۱,۱۰۰
۳	گاز مصرفی	مترمکعب	۳۰۰,۰۰۰	۱,۲۰۰	۳۶۰
۴	بنزین	لیتر	۳,۶۰۰	۳۰,۰۰۰	۱۱۰

ردیف	شرح	واحد	مصرف سالیانه	قیمت واحد (ریال)	هزینه کل (میلیون ریال)
۵	پیش بینی نشده		۵ درصد موارد فوق		۱۵۷
جمع کل					۱,۷۹۷

۲-۷-۹ هزینه تعمیرات و نگهداری

جدول ۱۹: هزینه های تعمیرات و نگهداری

ردیف	شرح	ارزش دارایی (میلیون ریال)	درصد	هزینه کل تعمیرات سالیانه (میلیون ریال)
	محوطه سازی	۵,۱۱۰	٪۲	۱۰۲
	ساختمان	۵۴,۳۵۰	٪۲	۱,۰۸۷
	ماشین آلات و تجهیزات	۴۸,۲۸۰	٪۴	۱,۹۳۱
	تأسیسات	۲۷,۱۳۲	٪۱۰	۲,۷۱۳
	لوازم و تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی	۲,۶۵۵	٪۱۰	۲۶۶
	وسایل حمل و نقل	۳,۹۰۰	٪۲۰	۷۸۰
	تجهیزات و وسایل اداری و خدماتی	۹۷۶	٪۱۰	۹۷
جمع کل				۶,۹۷۶

۲-۷-۱۰ هزینه های نیروی انسانی

جدول ۲۰: هزینه های نیروی انسانی (کارکنان اداری) (میلیون ریال)

ردیف	شرح	تعداد	متوسط حقوق ماهیانه	جمع حقوق سالیانه براساس ۱۸ ماه
۱	مدیرعامل	۱	۷۰	۱,۲۶۰
۲	مدیر مالی و اداری	۱	۵۰	۹۰۰
۳	مدیر بازرگانی و فروش	۱	۵۰	۹۰۰
۴	کارمند اداری و مالی	۱	۳۰	۵۴۰
۵	مسئول تدارکات	۱	۳۵	۶۳۰
۶	نگهبانی	۲	۳۰	۱,۰۸۰
جمع کل				۵,۳۱۰

جدول ۲۱: هزینه های نیروی انسانی (کارکنان تولید) (میلیون ریال)

ردیف	شرح	تعداد	متوسط حقوق ماهیانه	جمع حقوق سالیانه براساس ۱۸ ماه*
۱	مدیر تولید	۱	۵۰	۹۰۰
۲	مدیر کنترل کیفیت	۱	۵۰	۹۰۰
۳	سرپرست انبار	۱	۴۰	۷۲۰
۴	سرپرست خط و نگهداری و تعمیرات	۱	۴۰	۷۲۰
۵	کارشناس کنترل کیفیت	۱	۴۰	۷۲۰
۶	کارگر ماهر	۵	۳۰	۲,۷۰۰
جمع کل				۶,۶۶۰

تبصره*: حقوق سالانه ۱۸ ماه محاسبه می شود (۱۲ ماه حقوق و ۲ ماه پاداش، عیدی، ۱ ماه سنوات و ۳ ماه بیمه سهم کارفرما)

جدول ۲۲: هزینه های نیروی انسانی

شرح	تعداد نفرات	حقوق سالیانه * (میلیون ریال)
کارکنان اداری	۷	۵,۳۱۰
کارکنان تولید	۱۰	۶,۶۶۰
جمع کل		۱۱,۹۷۰

*: کار در یک شیفت و با ۳۰۰ روز کاری در سال در نظر گرفته می شود.

۱۱-۷-۲ هزینه مواد اولیه

با توجه به ماهیت کار نیاز به ماده خام احساس نمی شود و اگر هم باشد بسیار ناچیز هست در واقع هدف از کارخانه انجام یک فرایند حرارتی روی محصولات بقیه صنایع است.

جدول ۲۳: هزینه مواد اولیه (میلیون ریال)

ردیف	نام مواد اولیه و مشخصات فنی	محل تأمین	مصرف سالانه (تن)	هزینه هر تن	هزینه کل
۱	متفرقه	داخلی			۱,۲۰۰
جمع کل					۱,۲۰۰

۱۲-۷-۲ هزینه استهلاک

جدول ۲۴: هزینه استهلاک به روش مستقیم (میلیون ریال)

شرح	ارزش	درصد استهلاک	درصد اسقاط	هزینه کل سالانه
زمین	۲,۸۵۷	۰	۱۰۰	-
محوطه سازی	۵,۱۱۰	۷	۱۰	۳۲۲
ساختمان	۵۴,۳۵۰	۷	۱۰	۳,۴۲۴
ماشین آلات و تجهیزات	۴۸,۲۸۰	۱۰	۱۰	۴,۳۴۵
لوازم و تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی	۲,۶۵۵	۱۰	۱۰	۲۳۹
تأسیسات	۲۷,۱۳۲	۱۰	۱۰	۲,۴۴۲
وسایل حمل و نقل	۳,۹۰۰	۲۰	۱۰	۷۰۲
تجهیزات و وسایل اداری و خدماتی	۹۷۶	۲۵	۱۰	۲۲۰
هزینه های قبل بهره برداری	۱,۸۶۳	۱۰	۰	۱۸۶
هزینه های پیش بینی نشده (۱۰ درصد اقلام بالا)	۱۴,۷۱۲	۱۰	۱۰	۱,۳۲۴
جمع				۱۳,۲۰۴

۲-۷-۱۳ برآورد سرمایه ثابت

۲-۷-۱۳-۱ هزینه‌های قبل از بهره‌برداری

در برآورد هزینه‌های قبل از بهره‌برداری می‌بایست کلیه اموری که باید از ابتدای فراهم آوردن امکانات برای اجرای طرح و دوران اجرای آن و حصول به بهره‌برداری تجاری (که منتج به تولید محصول قابل فروش خواهد شد) انجام می‌گیرد مشخص و سپس برآورد هزینه لازم به عمل آید.

جدول ۲۵: هزینه قبل از بهره‌برداری

شرح	هزینه (میلیون ریال)
هزینه‌های تهیه طرح مشاوره و اخذ مجوز حق ثبت قراردادهای بانکی	۱,۰۰۰
هزینه آموزش کارکنان (۲ درصد کل حقوق سالانه)	۲۳۹
هزینه راه‌اندازی و تولید آزمایشی (۱۵ روز هزینه‌های آب، برق، سوخت، مواد اولیه، حقوق و دستمزد)	۶۲۴
جمع کل	۱,۸۶۳

۲-۷-۱۳-۲ هزینه‌های سرمایه‌ای

جدول ۲۶: میزان هزینه‌های سرمایه‌ای

شرح	مبلغ (میلیون ریال)
زمین	۲,۸۵۷
محوطه‌سازی	۵,۱۱۰
ساختمان	۵۴,۳۵۰
ماشین‌آلات و تجهیزات	۴۸,۲۸۰
لوازم و تجهیزات آزمایشگاهی و کارگاهی	۲,۶۵۵
تأسیسات	۲۷,۱۳۲
وسایل حمل‌ونقل	۳,۹۰۰
تجهیزات و وسایل اداری و خدماتی	۹۷۶
هزینه‌های قبل از بهره‌برداری	۱,۸۶۳
هزینه‌های پیش‌بینی نشده (۱۰ درصد اقلام بالا)	۱۴,۷۱۲
جمع کل	۱۶۱,۸۳۵

۲-۷-۱۴ سرمایه در گردش

جدول ۲۷: سرمایه در گردش

عنوان	شرح	هزینه کل (میلیون ریال)
مواد اولیه و بسته‌بندی	۲ ماه هزینه مواد اولیه و بسته‌بندی	۲۰۰
حقوق و دستمزد	۲ ماه حقوق و دستمزد	۱,۹۹۵
تنخواه‌گردان	۱۵ روز هزینه‌های آب، برق، سوخت و تعمیرات	۳۶۶
جمع کل		۲,۵۶۱

۲-۷-۱۵ برنامه زمان بندی اجرای پروژه

جهت اجرای طرح به طور هماهنگ، منظم و پیوسته، لازم است در مورد هر یک از عملیات اجرایی مانند کسب مجوزهای لازم و عقد قراردادها، خرید و آماده سازی زمین، عملیات ساختمانی و محوطه سازی، سفارش، خرید و حمل ماشین آلات، نصب و راه اندازی، تأسیسات، استخدام و آموزش کارکنان، بهره برداری آزمایشی، تأخیرهای پیش بینی نشده و غیره، برنامه زمان بندی خاصی تهیه گردد.

جدول ۲۸: زمان بندی اجرای طرح

ماه	۲۴	۲۳	۲۲	۲۱	۲۰	۱۹	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۴	۱۳	۱۲	۱۱	۱۰	۹	۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲	۱	
خرید زمین																									
اجرای ساختمان																									
اجرای تأسیسات																									
خرید و نصب ماشین آلات																									
محوطه سازی																									
خرید مواد اولیه و راه اندازی آزمایشی																									

فصل ۳: مطالعات مالے

چکیده

در این فصل برنامه مالی پروژه سرمایه‌گذاری ارائه می‌شود. این برنامه، نتایج مالی پیش‌بینی شده پروژه را ارائه می‌دهد و شامل صورت‌های مالی پیش‌بینی شده، تحلیل دوره بازگشت سرمایه، تحلیل سربه‌سر و تحلیل سایر نسبت‌های مالی است.

۳-۱ مفروضات اقتصادی

سال شروع ساخت فروردین ماه ۱۴۰۰ است.

دوره بهره‌برداری ۱۵ است (با این وجود، گزارش‌های ارائه‌شده در این قسمت تنها برای ۵ سال اول بهره‌برداری ارائه می‌شود).

ظرفیت تولید سالانه ثابت و برابر ۴۰۰ تن است و کل تولید سالانه به فروش می‌رسد.

کل سرمایه اولیه شرکت توسط سرمایه‌گذاران تأمین می‌شود.

سرمایه لازم برای خرید زمین، ساختمان‌سازی و مخارج قبل از تولید (شامل هزینه ثبت شرکت و غیره) در ابتدای سال اول تأمین می‌شود. بقیه هزینه‌های سرمایه‌گذاری در ابتدای سال دوم تأمین می‌شود. نرخ تقسیم سود نقدی در پنج سال اول بهره‌برداری صفر و پس از آن ۱۰۰ درصد است.

در محاسبات مربوط به سرمایه گردش، با لحاظ کردن محافظه‌کاری، ضریب گردش حساب‌های دریافتی و حساب‌های پرداختی به ترتیب ۱۲ و صفر در نظر گرفته شده است. بر این اساس، فرض شده است که پرداخت هزینه‌های تولید مانند خرید مواد اولیه و هزینه دستمزد بلافاصله و به صورت نقدی انجام می‌شود.

جدول ۲۹: مفروضات اقتصادی محاسبات کامفار

سایر مفروضات کلی	
۲۰٪	نرخ تنزیل کل سرمایه‌گذاری
۲۵٪	نرخ تنزیل حقوق صاحبان سهام
صفر	نرخ مالیات (۵ سال اول بهره‌برداری)
۲۵٪	نرخ مالیات (پس از ۵ سال از بهره‌برداری)
صفر	تورم دوره ساخت
۱۰٪	تورم دوره بهره‌برداری

نرخ تنزیل کل سرمایه‌گذاری: حداقل مقدار مناسب این نرخ برابر نرخ بهره وام‌های بلندمدت در بازار سرمایه سپرده‌های بانکی است. نرخ تنزیل کل حقوق صاحبان سهام: این نرخ برابر نرخ بهره وام‌های بلندمدت + ریسک (احتمال از دست دادن تمام یا قسمتی از سود و یا اصل سرمایه) است.

شرکت‌های تازه تأسیس در منطقه محروم و منطقه ویژه اقتصادی خراسان شمالی حداقل ۵ سال از مالیات معاف هستند.

۲-۳ هزینه‌های سرمایه‌گذاری

هزینه‌های سرمایه‌گذاری در دوره ساخت و پنج سال اول بهره‌برداری به شرح زیر است.
جدول ۳۰: مجموع هزینه‌های سرمایه‌گذاری (میلیون ریال)

سال‌های بهره‌برداری					سال‌های ساخت		کل دوره تولید	کل دوره ساخت	هزینه‌های سرمایه‌گذاری
پنجم	چهارم	سوم	دوم	اول	دوم	اول			
۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۲,۷۶۵	۵۷,۲۰۷	۰	۱۵۹,۹۷۲	کل هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱,۸۶۳	۰	۱,۸۶۳	کل مخارج پیش از تولید
۶۶۴	۶۰۳	۵۴۸	۴۹۹	۴,۹۸۶	۰	۰	۱۸,۹۳۵	۰	افزایش در سرمایه در گردش خالص
۶۶۴	۶۰۳	۵۴۸	۴۹۹	۴,۹۸۶	۱۰۲,۷۶۵	۵۹,۰۷۰	۱۸,۹۳۵	۱۶۱,۸۳۵	کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری

۳-۳ هزینه‌های تولید

هزینه‌های تولید و درصد هزینه‌های متغیر و ثابت آن در جدول زیر ارائه شده است. در سال اول بهره‌برداری، بهای هر تن محصول نهایی برابر ۸۷,۷۷ میلیون ریال است که سهم هزینه متغیر ۲۹,۵۲ میلیون ریال و هزینه ثابت ۸۰,۳۱ میلیون ریال است. براین اساس، به دلیل عدم وجود هزینه مواد خام مصرفی، هزینه‌های ثابت بیشترین سهم در هزینه‌های تولید را تشکیل می‌دهند.

جدول ۳۱: هزینه‌های تولید و درصد هزینه‌های متغیر و ثابت آن (میلیون ریال)

سال‌های بهره‌برداری					هزینه‌های سال اول		درصد		هزینه‌های تولید
پنجم (٪۱۰۰)	چهارم (٪۱۰۰)	سوم (٪۱۰۰)	دوم (٪۹۰)	اول (٪۸۰)	ثابت	متغیر	متغیر ثابت	ثابت	
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰					درصد به‌کارگیری ظرفیت تولید (٪)
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰٪	۱۰۰٪	مواد خام
۲,۶۳۱	۲,۳۹۲	۲,۱۷۴	۱,۹۷۷	۱,۷۹۷	۳۵۹	۱,۴۳۸	۲۰٪	۸۰٪	انرژی و بیوتیلیتی
۱۰,۲۱۴	۹,۲۸۵	۸,۴۴۱	۷,۶۷۴	۶,۹۷۶	۱,۳۹۵	۵,۵۸۱	۲۰٪	۸۰٪	تعمیرات و نگهداری
۱۷,۵۲۵	۱۵,۹۳۲	۱۴,۴۸۴	۱۳,۱۶۷	۱۱,۹۷۰	۸,۳۷۹	۳,۵۹۱	۷۰٪	۳۰٪	دستمزد
۱۲,۹۸۴	۱۳,۲۰۴	۱۳,۲۰۴	۱۳,۲۰۴	۱۳,۲۰۴	۱۳,۲۰۴	۰	٪۱۰۰	٪۰	استهلاک
۴۵,۱۱۱	۴۲,۴۱۰	۳۹,۷۵۵	۳۷,۳۴۱	۳۵,۱۴۷	۲۳,۳۳۸	۱۰,۶۰۹			کل هزینه‌های تولید
۱۱۲,۷۸	۱۰۶,۰۳	۹۹,۳۹	۹۳,۳۵	۸۷,۸۷	۵۸,۳۴	۲۶,۵۲			هزینه هر واحد

۴-۳ جریان‌های نقدی پیش‌بینی شده به‌منظور برنامه‌ریزی

جریان‌های نقدی پیش‌بینی شده به شرح زیر است. همچنان که مشاهده می‌شود کسری وجه نقد در هیچیک از سال‌های ساخت و بهره‌برداری مشاهده نمی‌شود. جریان‌ات نقدی ورودی در سال اول و دوم ساخت توسط سرمایه‌گذاران تأمین شده است و صرف سرمایه‌گذاری در دارایی‌های ثابت و غیره شده است.

جدول ۳۲: جریان های نقدی پیش بینی شده به منظور برنامه ریزی (میلیون ریال)

سال بهره برداری					سال ساخت		جریان های نقدی پیش بینی شده
پنجم	چهارم	سوم	دوم	اول	دوم	اول	
۱۰۱,۰۲۳	۹۱,۸۳۹	۸۳,۴۹۰	۷۵,۹۰۰	۶۹,۰۰۳	۱۰۵,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	کل جریان های نقدی ورودی
۰	۰	۰	۰	۳	۱۰۵,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	جریان های نقدی ورودی وجوه
۱۰۱,۰۲۳	۹۱,۸۳۹	۸۳,۴۹۰	۷۵,۹۰۰	۶۹,۰۰۰	۰	۰	جریان های نقدی ورودی عملیاتی
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	سایر درآمدها
۳۲,۷۹۱	۲۹,۸۱۰	۲۷,۱۰۰	۲۴,۶۳۶	۲۶,۹۳۳	۱۰۲,۷۶۵	۵۹,۰۷۰	کل جریان های نقدی خروجی
۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۲,۷۶۵	۵۹,۰۷۰	افزایش دارایی های ثابت
۶۶۴	۶۰۴	۵۴۹	۴۹۹	۴,۹۹۰	۰	۰	افزایش دارایی های جاری
۳۲,۱۲۷	۲۹,۲۰۶	۲۶,۵۵۱	۲۴,۱۳۷	۲۱,۹۴۳	۰	۰	هزینه عملیاتی
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	هزینه بازاریابی
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	مالیات (شرکت)
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	هزینه های تأمین مالی
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	بازپرداخت وام
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	سود سهام
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	استرداد مالکان
۶۸,۲۳۲	۶۲,۰۳۰	۵۶,۳۹۰	۵۱,۲۶۴	۴۲,۰۷۱	۲,۲۳۵	۹۳۰	وجوه اضافی (کسری)
۲۸۳,۱۵۲	۲۱۴,۹۲۰	۱۵۲,۸۹۰	۹۶,۵۰۰	۴۵,۲۳۶	۳,۱۶۵	۹۳۰	مانده وجوه نقد تجمعی

۳-۵ جریان های نقدی پیش بینی شده

جریان های نقدی پیش بینی شده پروژه در جدول زیر ارائه شده است. به طور کلی، جریان های نقدی پیش بینی شده نشان می دهد که در طول دوره بهره برداری، وجوه نقدی حاصل از عملیات برای پشتیبانی از عملیات کفایت می کند. همچنین خالص جریان های نقدی تجمعی پس از ۵ سال از شروع پروژه مثبت می شود که نشان می دهد سرمایه اولیه بعد از ۲ سال از شروع بهره برداری از محل درآمدهای عملیاتی شرکت بازیافت می شود.

جدول ۳۳: جریان های نقدی پیش بینی شده (میلیون ریال)

دوره بهره برداری					دوره ساخت		جریان های نقدی پیش بینی شده
سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	
۲۴۷,۹۳۷	۲۲۵,۳۹۷	۲۰۴,۹۰۶	۱۸۶,۲۷۸	۱۶۹,۳۴۴	۰	۰	کل جریان های نقدی ورودی
۲۴۷,۹۳۷	۲۲۵,۳۹۷	۲۰۴,۹۰۶	۱۸۶,۲۷۸	۱۶۹,۳۴۴	۰	۰	جریان های نقدی عملیاتی
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	سایر درآمدها
۱۳۲,۸۲۰	۱۲۰,۷۴۵	۱۰۹,۷۶۹	۹۹,۷۹۰	۱۰۲,۳۱۷	۱۵۵,۹۸۹	۷۳,۷۲۳	کل جریان های نقدی خروجی

دوره بهره‌برداری					دوره ساخت		جریان‌های نقدی پیش‌بینی شده
سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	
۰	۰	۰	۰	۰	۱۵۵,۹۸۹	۷۳,۷۲۳	افزایش دارایی‌های ثابت
۱,۶۹۸	۱,۵۴۴	۱,۴۰۳	۱,۲۷۶	۱۲,۷۵۹	۰	۰	افزایش سرمایه در گردش
۱۳۱,۱۲۲	۱۱۹,۲۰۲	۱۰۸,۳۶۵	۹۸,۵۱۴	۸۹,۵۵۸	۰	۰	هزینه‌های عملیاتی
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	هزینه‌های بازاریابی
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	مالیات بر سود شرکت
۱۱۵,۱۱۷	۱۰۴,۶۵۱	۹۵,۱۳۸	۸۶,۴۸۹	۶۷,۰۲۷	(۱۵۵,۹۸۹)	(۷۳,۷۲۳)	خالص جریان‌های نقدی
۲۳۸,۷۱۰	۱۲۳,۵۹۳	۱۸,۹۴۲	(۷۶,۱۹۶)	(۱۶۲,۶۸۵)	(۲۲۹,۷۱۲)	(۷۳,۷۲۳)	خالص جریان‌های نقدی تجمعی
۳۲,۱۲۷	۳۵,۰۴۸	۳۸,۲۳۴	۴۱,۷۰۹	۳۸,۷۸۹	(۱۰۸,۳۲۶)	(۶۱,۴۳۶)	خالص ارزش فعلی
۱۶,۱۴۵	(۱۵,۹۸۲)	(۵۱,۰۲۹)	(۸۹,۲۶۳)	(۱۳۰,۹۷۳)	(۱۶۹,۷۶۲)	(۶۱,۴۳۶)	خالص ارزش فعلی تجمعی

۳-۶ نرخ بازده داخلی و دوره بازگشت سرمایه

نرخ بازده داخلی (IRR)، نرخ رشد سالانه یک سرمایه‌گذاری را نشان می‌دهد و معیاری است که در تحلیل‌های مالی برای ارزیابی سودآوری سرمایه‌گذاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. نرخ بازده داخلی محاسبه شده برای این پروژه ۳۲ درصد است. بر این اساس، نرخ رشد پروژه سرمایه‌گذاری بیشتر از نرخ هزینه تأمین مالی آن است (نرخ بهره وام‌های بلندمدت ۲۰ درصد در نظر گرفته شده است) و سرمایه‌گذاری سودآور تلقی می‌شود. نرخ بازده داخلی تعدیل شده (MIRR) ۲۳ درصد است. در محاسبات نرخ بازده داخلی تعدیل شده نرخ استقراض و نرخ بازسرمایه‌گذاری متفاوت از نرخ بازده داخلی در نظر گرفته شده است.

دوره بازگشت سرمایه عادی این پروژه سرمایه‌گذاری تقریباً ۵ سال است. بر این اساس، پس از شروع پروژه در ابتدای سال ۱۴۰۰، سرمایه‌گذاری اولیه در سال ۱۴۰۵ از محل جریان‌های نقدی عملیاتی بازیافت می‌شود. با توجه به این که سرمایه اولیه تنها ۳ سال پس از بهره‌برداری بازیافت می‌شود، سرمایه‌گذاری دارای یک نرخ بازده تقریباً ۳۱ درصد است. همچنین دوره بازگشت سرمایه متحرک، که ارزش زمانی پول را نیز در محاسبات لحاظ می‌کند، ۷,۶۶ سال است.

جدول ۳۴: نرخ بازده داخلی و دوره بازگشت سرمایه

شاخص مالی		
خالص ارزش فعلی (NPV)	در ۲۰٪	۸۶,۴۸۹ ریال
نرخ بازده داخلی (IRR)	۳۲٪	
نرخ بازده داخلی تعدیل شده	۳۳٪	
دوره بازگشت سرمایه عادی	در ۰٪	۵,۲۰ سال
دوره بازگشت سرمایه متحرک	در ۲۰٪	۷,۶۶ سال
خالص ارزش فعلی محاسبه می‌شود برای: سال صفر		

۳-۷ صورت سود و زیان پیش بینی شده

سود و زیان پیش بینی شده برای دوره بهره برداری در جدول زیر ارائه شده است. همچنان که این جدول نشان می دهد، انتظار می رود عملیات شرکت در کلیه سال های مورد بهره برداری سودآور باشد. سود شرکت در دوره بهره برداری حداقل ۳۳ هزار میلیون ریال است که تقریباً معادل ۲۱ درصد کل هزینه های سرمایه گذاری اولیه است. اختلاف سود و جریان های نقدی عملیاتی به دلیل وجود اقلام تعهدی مانند هزینه های غیرنقدی مانند استهلاک است. در دوره بهره برداری، نسبت سود به فروش حداقل ۴۹ درصد است. بالا بودن این نسبت به دلیل عدم وجود هزینه مواد خام مصرفی است.

جدول ۳۵: صورت سود و زیان پیش بینی شده (میلیون ریال)

دوره بهره برداری					سود و زیان پیش بینی شده
سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	
۶۹,۰۰۰	۷۵,۹۰۰	۸۳,۴۹۰	۹۱,۸۳۹	۱۰۱,۰۲۳	درآمد فروش
(۱۱,۸۰۹)	(۱۲,۹۹۰)	(۱۴,۲۸۹)	(۱۵,۷۱۸)	(۱۷,۲۹۰)	منهای هزینه های متغیر
(۲۳,۳۳۸)	(۲۴,۳۵۱)	(۲۵,۴۶۶)	(۲۶,۶۹۲)	(۲۷,۸۲۱)	منهای هزینه های ثابت
۳۳,۸۵۳	۳۸,۵۵۹	۴۳,۷۳۵	۴۹,۴۲۹	۵۵,۹۱۲	سود خالص قبل از مالیات
-	-	-	-	-	مالیات
۳۳,۸۵۳	۳۸,۵۵۹	۴۳,۷۳۵	۴۹,۴۲۹	۵۵,۹۱۲	سود خالص
۴۹,۰۶	۵۰,۸۰	۵۲,۳۸	۵۳,۸۲	۵۵,۳۵	% از درآمد فروش

۳-۸ تحلیل نقطه سربه سر

نقطه سربه سر، سطحی از فروش است که در آن سطح، هزینه های ثابت سالانه پروژه از محل حاشیه فروش عملیاتی سالانه آن پوشش داده می شود. همچنان که جدول زیر نشان می دهد، انتظار می رود در کل پنج سال اول بهره برداری، با فروش حداکثر و حداقل ۴۱ و ۳۳ درصد از ظرفیت تولید سالانه شرکت، کل هزینه های ثابت سالانه بازبایی شوند. ارزش فروش در نقطه سربه سر در سال اول، ۲۸ هزار میلیون ریال است.

جدول ۳۶: تحلیل نقطه سربه سر

دوره بهره برداری					عنوان
سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم	
۶۹,۰۰۰	۷۵,۹۰۰	۸۳,۴۹۰	۹۱,۸۳۹	۱۰۱,۰۲۳	درآمد فروش
۱۱,۸۰۹	۱۲,۹۹۰	۱۴,۲۸۹	۱۵,۷۱۸	۱۷,۲۹۰	هزینه متغیر
۵۷,۱۹۱	۶۲,۹۱۰	۶۹,۲۰۱	۷۶,۱۲۱	۸۳,۷۳۳	حاشیه سود
۸۳	۸۳	۸۳	۸۳	۸۳	نسبت حاشیه سود (%)
۲۳,۳۳۸	۲۴,۳۵۱	۲۵,۴۶۶	۲۶,۶۹۲	۲۷,۸۲۱	هزینه ثابت
-	-	-	-	-	هزینه تأمین مالی

دوره بهره‌برداری					عنوان
سال پنجم	سال چهارم	سال سوم	سال دوم	سال اول	
۳۳,۵۶۶	۳۲,۲۰۳	۳۰,۷۲۴	۲۹,۳۷۹	۲۸,۱۵۷	ارزش فروش در نقطه سربه‌سر
۳۳	۳۵	۳۷	۳۹	۴۱	نسبت سربه‌سر (%)
۳,۰	۲,۹	۲,۷	۲,۶	۲,۵	نسبت پوشش هزینه‌های ثابت

۹-۳ ترازنامه پیش‌بینی شده

ترازنامه پیش‌بینی شده در طی دوره ساخت و بهره‌برداری به شرح زیر است.

جدول ۳۷: ترازنامه پیش‌بینی شده (میلیون ریال)

سال‌های بهره‌برداری					سال‌های ساخت		عنوان
پنجم	چهارم	سوم	دوم	اول	دوم	اول	
۲۹۰,۴۵۸	۲۲۱,۵۶۱	۱۵۸,۹۲۸	۱۰۱,۹۸۸	۵۰,۲۲۵	۳,۱۶۵	۹۳۰	دارایی‌های جاری
۹۶,۰۳۵	۱۰۹,۰۱۹	۱۲۲,۲۲۳	۱۳۵,۴۲۷	۱۴۸,۶۳۱	۱۶۱,۸۳۵	۵۹,۰۷۰	دارایی‌های ثابت (خالص)
۳۸۶,۴۹۲	۳۳۰,۵۸۰	۲۸۱,۱۵۱	۲۳۷,۴۱۵	۱۹۸,۸۵۶	۱۶۵,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	جمع کل دارایی‌ها
۵	۴	۴	۴	۳	۰	۰	بدهی جاری
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	بدهی غیر جاری
۱۶۵,۰۰۰	۱۶۵,۰۰۰	۱۶۵,۰۰۰	۱۶۵,۰۰۰	۱۶۵,۰۰۰	۱۶۵,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	حقوق صاحبان سهام
۱۶۵,۵۷۶	۱۱۶,۱۴۷	۷۲,۴۱۲	۳۳,۸۵۳	۰	۰	۰	سود انباشته ابتدای دوره
۵۵,۹۱۲	۴۹,۴۲۹	۴۳,۷۳۵	۳۸,۵۵۹	۳۳,۸۵۳	۰	۰	سود باقی‌مانده
۳۸۶,۴۹۲	۳۳۰,۵۸۰	۲۸۱,۱۵۱	۲۳۷,۴۱۵	۱۹۸,۸۵۶	۱۶۵,۰۰۰	۶۰,۰۰۰	جمع بدهی و حقوق صاحبان سهام

۱۰-۳ نسبت‌های مالی

نسبت‌های مالی در طی دوره بهره‌برداری در جدول زیر ارائه شده است. همچنان که مشاهده می‌شود نسبت سود خالص به حقوق صاحبان سهام (ROE) در سال اول بهره‌برداری تقریباً ۲۰ درصد است اما به تدریج این نسبت بهبود می‌یابد و در سال پنجم بهره‌برداری به تقریباً ۳۴ درصد می‌رسد. این نرخ بازده برای سرمایه‌گذاران مطلوب تلقی می‌شود زیرا بیشتر از نرخ بازده‌ای است که می‌توانند از طریق سپرده‌گذاری بانکی دریافت کنند. دلیل بهبود بازده حقوق صاحبان سهام سهم عمده هزینه‌های ثابت (مانند هزینه استهلاک) در هزینه‌های تولید است که با نرخ رشد کمتری نسبت به رشد درآمدها به دلیل تورم افزایش می‌یابند.

نسبت فروش به کل سرمایه و نسبت سرمایه‌گذاری به هزینه‌های پرسنلی، که کارایی سرمایه‌گذاری را مورد سنجش قرار می‌دهد، قابل قبول ارزیابی می‌شوند. نسبت فروش به کل سرمایه حداقل ۰٫۴ است. نسبت سرمایه‌گذاری به هزینه‌های پرسنلی نشان می‌دهد که سهم دستمزد در عملیات شرکت اندک است.

جدول ۳۸: نسبت های مالی در مدت بهره برداری

نسبت	سال اول	سال دوم	سال سوم	سال چهارم	سال پنجم
نسبت سود خالص به حقوق صاحبان سهام (درصد)	۲۰,۵٪	۲۳,۴٪	۲۶,۵٪	۳۰,۰٪	۳۳,۹٪
نسبت سود خالص به ثروت خالص	۱۷,۰٪	۱۶,۲٪	۱۵,۶٪	۱۵,۰٪	۱۴,۵٪
نسبت سود به فروش	۴۹,۱٪	۵۰,۸٪	۵۲,۴٪	۵۳,۸٪	۵۵,۳٪
نسبت فروش به کل سرمایه	۰,۴٪	۰,۵٪	۰,۵٪	۰,۵٪	۰,۶٪
نسبت سرمایه گذاری به هزینه های پرسنلی	۱۳,۹٪	۱۲,۷٪	۱۱,۶٪	۱۰,۶٪	۹,۷٪

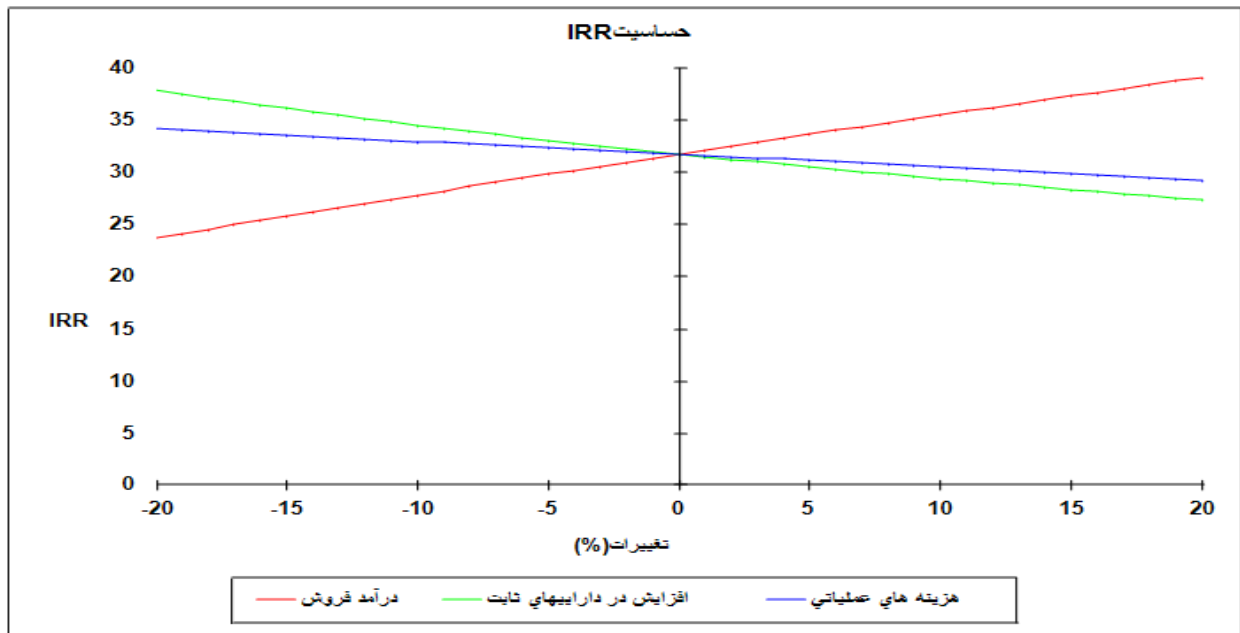
۳-۱۱ تحلیل حساسیت نرخ بازده داخلی

جدول و نمودار زیر حساسیت نرخ بازده داخلی به تغییر انفرادی در سه فاکتور درآمد فروش، دارایی های ثابت و هزینه های عملیاتی را نشان می دهد. نرخ بازده داخلی پروژه سرمایه گذاری حاضر، با فرض عدم تغییر در فاکتورهای یاد شده و همچنانکه در بخش های قبل مشاهده شد، برابر ۳۲ درصد است. مطابق نمودار حساسیت IRR، حساسیت نرخ بازده داخلی نسبت به تغییر هزینه های ثابت به صورت معنی داری بیشتر از تغییر هزینه های عملیاتی است. این حساسیت بیشتر به خاطر نبود هزینه متغیر مواد خام است. مطابق جدول، نرخ بازده داخلی با افزایش ۱۲ درصدی در هزینه دارایی های ثابت برابر ۳۰ درصد خواهد بود. همچنین، برای کسب یک نرخ بازده داخلی حداقل ۳۰ درصدی، هزینه های عملیاتی تقریباً تا ۲۰ درصد امکان افزایش و درآمدهای فروش تقریباً تا ۴ درصد امکان کاهش دارد.

جدول ۳۹: حساسیت نرخ بازده داخلی به تغییر انفرادی در سه فاکتور

تغییرات (%)	درآمد فروش	افزایش در دارایی های ثابت	هزینه های عملیاتی
-۲۰,۰۰٪	۲۴٪	۳۸٪	۳۴٪
-۱۶,۰۰٪	۲۵٪	۳۶٪	۳۴٪
-۱۲,۰۰٪	۲۷٪	۳۵٪	۳۳٪
-۸,۰۰٪	۲۹٪	۳۴٪	۳۳٪
-۴,۰۰٪	۳۰٪	۳۳٪	۳۲٪
۰,۰۰٪	۳۲٪	۳۲٪	۳۲٪
۴,۰۰٪	۳۳٪	۳۱٪	۳۱٪
۸,۰۰٪	۳۵٪	۳۰٪	۳۱٪
۱۲,۰۰٪	۳۶٪	۲۹٪	۳۰٪
۱۶,۰۰٪	۳۸٪	۲۸٪	۳۰٪
۲۰,۰۰٪	۳۹٪	۲۷٪	۲۹٪

نمودار ۲: تحلیل حساسیت نرخ بازده داخلی به تغییرانفرادی در سه فاکتور



۳-۱۲ نتیجه گیری

با توجه به اطلاعات این بخش به خصوص دوره بازگشت سرمایه ۵٫۲ سال از زمان شروع ساخت کارخانه و ۳٫۴۵ سال بعد از بهره برداری کارخانه و IRR برابر ۳۷ درصد، ایجاد کارخانه مذکور توجیه اقتصادی دارد. از آنجا که در فصل اول بازاریابی محصول و فروش آن هم بدون مشکل بود لذا پیشنهاد می شود که احداث این کارخانه در اولویت قرار گیرد.