

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

شیمی نیروگاه

رسوب و خوردگی در سیستم‌های مولد بخار
و روش‌های کنترل آنها

شیمی نیروگاه

رسوب و خوردگی در سیستم‌های مولد بخار
و روش‌های کنترل آنها

علی زارعی تل‌آباد

۱۳۹۶



۶۷۵

مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی

شیمی نیروگاه: رسوب و خوردگی در سیستم‌های مولد بخار و روش‌های کنترل آن‌ها
علی زارعی تل‌آباد

ویراستار: فروغ کاظمی
حروف‌نگار و صفحه‌آرا: سمیرا دهقان
طراح جلد: آرمان خرمک
ناظر چاپ: صفر ممیزاد
چاپ اول: ۱۳۹۶
شمارگان: ۵۰۰
قیمت: ۶۰۰.۰۰۰ ریال

کلیه حقوق برای دانشگاه شهید بهشتی محفوظ است.

سرشناسه:	زارعی تل‌آباد، علی، ۱۳۳۳-
عنوان و نام پدیدآور:	شیمی نیروگاه: رسوب و خوردگی در سیستم‌های مولد بخار و روش‌های کنترل آن‌ها/ علی زارعی تل‌آباد.
مشخصات نشر:	تهران: دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری:	چهل‌وشش، ۸۲۶ص: مصور، جدول.
فروست:	مرکز چاپ و انتشارات دانشگاه شهید بهشتی؛ ۶۷۵
شابک:	۹۷۸ ۹۶۴ ۴۵۷ ۴۰۹ ۲
وضعیت فهرست‌نویسی:	فیپا
یادداشت:	واژه‌نامه، کتابنامه، نمایه.
عنوان دیگر:	رسوب و خوردگی در سیستم‌های مولد بخار و روش‌های کنترل آن‌ها.
موضوع:	دیگ‌های بخار؛ Steam-boilers؛ رسوب‌زدایی؛ Sediment control؛ خوردگی -- کنترل؛ Corrosion control industry
شناسه افزوده:	دانشگاه شهید بهشتی، مرکز چاپ و انتشارات
شناسه افزوده:	Shahid Beheshti University. Printing & Publishing Center
رده‌بندی کنگره:	۱۳۹۶ ش ۹/ ۲/ ۲۸۵/ ۲۲
رده‌بندی دیویی:	۶۲۸/۱۸۳
شماره کتابشناسی ملی:	۵۰۳۹۴۶۵

کد ناشر ۱۰۰۱۷۳۴

www.pub.sbu.ac.ir
unipress@mail.sbu.ac.ir

به افتخارهای زندگی ام

همسر عزیزم اکرم، به دلیل همراهی‌ها، تشویق‌ها، پیگیری‌های دلسوزانه و وجدانه و ایجاد محیطی سرشار از آرامش، که اگر نبود این مجموعه کتاب‌ها هرگز به سرانجام مقصود نمی‌رسید.

فرزندان دلبندم پروا، پویا و پگاه که هر یک به تنهایی بزرگ‌ترین سرمایه معنوی زندگی ام به‌شمار می‌روند.

فهرست مطالب

پیشگفتارچهل و پنج

بخش اول: انواع سیستم‌های مولد بخار

۱. تولید	۳
۱.۱. مقدمه	۳
۲.۱. اجزای تشکیل دهنده سیستم مولد بخار	۳
۱.۲.۱. تجهیزات در درمان خارجی سیستم‌های مولد بخار	۵
۲.۲.۱. گرم‌کننده‌های هوازادای آب تغذیه	۵
۳.۲.۱. اکونومایزرها	۹
۴.۲.۱. سیستم‌های تخلیه آب تغلیظ‌شده	۱۱
۵.۲.۱. بویلرها	۱۴
۶.۲.۱. تجهیزات داخل درام بخار	۲۲
۷.۲.۱. سوپرهیترها	۲۵
۸.۲.۱. توربین‌ها	۲۷
۹.۲.۱. دستگاه‌های چگالنده بخار (کندانسورها)	۲۹
۱۰.۲.۱. تجهیزات فرایند	۳۰
۳.۱. هدف‌های درمان آب در سیستم‌های مولد بخار	۳۰
۴.۱. مراجع	۳۱
۵.۱. منابع	۳۱
۲. شیمی واکنش‌ها در محلول‌ها	۳۳
۱.۲. مقدمه	۳۳
۲.۲. شیمی واکنش‌ها در محلول‌ها	۳۴
۱.۲.۲. یک مدل ساده اتم	۳۴
۲.۲.۲. یون‌ها و ترکیبات	۳۵
۳.۲.۲. ترکیبات یونی در محلول	۳۶
۴.۲.۲. اسیدها و بازها	۳۸
۵.۲.۲. اندازه‌گیری مقدار pH	۴۰
۶.۲.۲. حلالیت و واکنش‌های رسوب‌نشینی	۴۱
۷.۲.۲. حاصل‌ضرب حلالیت	۴۲
۳.۲. خوردگی فلزات	۴۴

۴۶	۱.۳.۲. پیل الکتروشیمیایی
۴۶	۲.۳.۲. یک پیل ساده خوردگی
۴۹	۳.۳.۲. پتانسیل الکتروود و قطبیت جفت‌های دو فلزی
۵۱	۴.۳.۲. خوردگی دو فلزی
۵۲	۵.۳.۲. اثر پلاریزه‌شدن بر سرعت‌های خوردگی
۵۵	۶.۳.۲. خوردگی فلزات تنها
۵۶	۷.۳.۲. پیل اختلاف غلظتی اکسیژن
۵۷	۸.۳.۲. عوامل اثرگذار بر سرعت‌های خوردگی
۵۸	۴.۲. مراجع
۵۸	۵.۲. منابع
۵۹	۳. کنترل خوردگی پیش‌بویلر و بویلر
۵۹	۱.۳. مقدمه
۵۹	۲.۳. خوردگی و کنترل پیش‌بویلر
۶۰	۱.۲.۳. اکسیژن حل‌شده و چگونگی حذف آن
۶۶	۲.۲.۳. کنترل pH
۶۶	۳.۳. خوردگی بویلر و کنترل آن
۶۷	۴.۳. بخار کم‌فشار و سیستم‌های گرم‌کننده آب داغ
۶۸	۵.۳. حفاظت بویلرهای خارج از مدار سرویس
۶۹	۱.۵.۳. روش‌های نگهداری-خشک
۷۰	۲.۵.۳. روش‌های نگهداری-تر
۷۲	۳.۵.۳. نگهداری سمت آتش
۷۳	۶.۳. منابع
۷۵	۴. خوردگی لوله بویلر-بویلرهای درام‌دار
۷۵	۱.۴. مقدمه
۷۷	۲.۴. خوردگی کلرید اسیدی
۸۲	۳.۴. حمله ناشی از سود سوزآور
۸۴	۴.۴. ترک خوردن ناشی از خوردگی تنش
۸۵	۵.۴. تشکیل رسوب کریستالی
۸۷	۶.۴. مراجع
۸۷	۷.۴. منابع

۸۹.....	۵. خوردگی و رسوب‌گذاری در لوله بویلر: بویلرهای یکبارگذر.....
۸۹.....	۱.۵. خوردگی لوله بویلر در اثر ناخالصی‌های آب تغذیه.....
۹۱.....	۲.۵. سایش- خوردگی دو فازی.....
۹۳.....	۳.۵. راسب‌شدن ذرات اکسید در لوله‌های بویلر.....
۹۴.....	۴.۵. درمان شیمیایی آب بویلر برای مولدهای بخار گردش چرخه‌ای در رآکتورهای آب تحت فشار.....
۹۶.....	۶.۵. مراجع.....
۹۶.....	۷.۵. منابع.....
۹۷.....	۶. سیستم‌های بویلرهای فشار قوی.....
۹۷.....	۱.۶. مقدمه.....
۹۷.....	۲.۶. پدیده انتقال.....
۱۰۲.....	۳.۶. خوردگی زیر رسوبی.....
۱۰۳.....	۴.۶. خوردگی ناشی از سود.....
۱۰۴.....	۵.۶. کاهش هیدروکسید.....
۱۰۵.....	۱.۵.۶. کنترل مشارکتی فسفات -pH.....
۱۰۶.....	۲.۵.۶. کنترل نسبت تثبیت‌شده سدیم به فسفات.....
۱۰۸.....	۳.۵.۶. درمان با مواد فرآر.....
۱۰۹.....	۶.۶. درمان آب تغذیه.....
۱۱۰.....	۷.۶. مراجع.....
۱۱۱.....	۸.۶. منابع.....
۱۱۳.....	۷. کنترل رسوب‌نشینی و خوردگی در قسمت سرد انتهای.....
۱۱۳.....	۱.۷. مقدمه.....
۱۱۶.....	۲.۷. راه‌حل‌های مکانیکی و بهره‌برداری.....
۱۱۹.....	۳.۷. راه‌حل‌های شیمیایی.....
۱۲۰.....	۴.۷. ترکیبات منیزیم.....
۱۲۰.....	۵.۷. بازدارنده‌های خوردگی.....
۱۲۱.....	۶.۷. کنترل نمودن دوده اسیدی.....
۱۲۲.....	۷.۷. فنون ارزیابی و پایش.....
۱۲۴.....	۸.۷. منابع.....
۱۲۵.....	۸. خوردگی و رسوب‌نشینی سمت کوره بویلر: سوخت‌های مایع.....
۱۲۵.....	۱.۸. مقدمه.....
۱۲۵.....	۲.۸. منبع و ماهیت رسوب‌نشینی در سمت کوره.....

۱۲۸.....	۳.۸. درمان رسوب‌نشینی غیر کریستالی.....
۱۳۰.....	۴.۸. اصلاح دمای بخار سوپرهیت.....
۱۳۱.....	۵.۸. خوردگی دمای بالای سمت کوره.....
۱۳۴.....	۶.۸. کاتالیزورهای احتراق.....
۱۳۵.....	۷.۸. افزودنی‌های سوخت.....
۱۳۶.....	۸.۸. تزریق افزودنی‌های سوخت.....
۱۳۷.....	۹.۸. منابع.....
۱۳۹.....	۹. شکست تورمی فلز بویلر.....
۱۳۹.....	۱.۹. مقدمه.....
۱۳۹.....	۲.۹. علل شکنندگی ناشی از سود.....
۱۴۱.....	۳.۹. تعیین مشخصه‌های شکنندگی.....
۱۴۴.....	۴.۹. روش‌های درمان.....
۱۴۶.....	۵.۹. خلاصه.....
۱۴۶.....	۶.۹. منابع.....
۱۴۷.....	۱۰. شکست‌های لوله‌های بویلر.....
۱۴۷.....	۱.۱۰. مقدمه.....
۱۴۷.....	۲.۱۰. عملکرد نامناسب ناشی از رسوب‌نشینی کریستالی.....
۱۴۹.....	۳.۱۰. شکست‌های ناشی از خوردگی.....
۱۴۹.....	۱.۳.۱۰. ترک خوردن ناشی از خوردگی تنشی (SCC).....
۱۵۲.....	۲.۳.۱۰. اکسیژن حل شده.....
۱۵۳.....	۳.۳.۱۰. خوردگی مواد کمپلکس چنگکی‌ساز.....
۱۵۴.....	۴.۳.۱۰. حمله سود.....
۱۵۶.....	۵.۳.۱۰. مانع‌شوندگی بخار.....
۱۵۷.....	۶.۳.۱۰. حمله اسیدی.....
۱۵۹.....	۷.۳.۱۰. خوردگی ناشی از مس.....
۱۵۹.....	۸.۳.۱۰. حمله یا شکنندگی هیدروژنی.....
۱۶۱.....	۴.۱۰. لوله‌های اکونومایزر.....
۱۶۱.....	۵.۱۰. لوله‌های سوپرهیتر.....
۱۶۴.....	۶.۱۰. مشکلات مهم طراحی.....
۱۶۵.....	۷.۱۰. خلاصه.....
۱۶۶.....	۸.۱۰. منابع.....

۱۶۷	انتقال ذرات توسط بخار	۱۶۷
۱۶۷	۱.۱.۱ مقدمه	۱۶۷
۱۶۷	۲.۱.۱ تعریف مفاهیم	۱۶۷
۱۶۸	۳.۱.۱ اثرات انتقال ذرات توسط بخار	۱۶۸
۱۶۹	۴.۱.۱ علل انتقال ذرات توسط بخار	۱۶۹
۱۶۹	۱.۴.۱.۱ انتقال مکانیکی ذرات توسط بخار	۱۶۹
۱۷۱	۲.۴.۱.۱ انتقال شیمیایی ذرات توسط بخار	۱۷۱
۱۷۲	۵.۱.۱ پیشگیری از انتقال ذرات توسط بخار	۱۷۲
۱۷۳	۱.۵.۱.۱ مکانیکی	۱۷۳
۱۷۷	۲.۵.۱.۱ شیمیایی	۱۷۷
۱۷۹	۳.۵.۱.۱ مواد ضد کف	۱۷۹
۱۸۰	۴.۵.۱.۱ مطالعات در خصوص انتقال ذرات توسط بخار	۱۸۰
۱۸۱	۶.۱.۱ منابع	۱۸۱
۱۸۳	انتقال ذرات آب بویلر توسط بخار	۱۸۳
۱۸۳	۱.۱.۲ مقدمه	۱۸۳
۱۸۴	۲.۱.۲ ملاحظات طراحی	۱۸۴
۱۸۵	۳.۱.۲ اثرات بهره‌برداری	۱۸۵
۱۸۶	۴.۱.۲ ملاحظات شیمیایی	۱۸۶
۱۸۹	۵.۱.۲ استفاده از ضد کف‌های شیمیایی	۱۸۹
۱۸۹	۶.۱.۲ انتقال ذرات فرار توسط بخار	۱۸۹
۱۹۱	۷.۱.۲ راسب‌شدگی ناشی از بخار	۱۹۱
۱۹۲	۸.۱.۲ خارج کردن رسوبات	۱۹۲
۱۹۲	۱.۸.۱.۲ حذف رسوبات از سوپرهیتر	۱۹۲
۱۹۳	۲.۸.۱.۲ حذف رسوبات از توربین	۱۹۳
۱۹۳	۹.۱.۲ اندازه‌گیری ناخالصی‌ها در بخار	۱۹۳
۱۹۴	۱۰.۱.۲ تجزیه کیفی و کمی خلوص بخار	۱۹۴
۱۹۵	۱۱.۱.۲ نمونه‌برداری و جمع‌آوری بخار	۱۹۵
۱۹۶	۱۲.۱.۲ تجزیه کیفی و کمی نمونه	۱۹۶
۲۰۰	۱۳.۱.۲ طراحی و اجرای برنامه مطالعه بخار	۲۰۰
۲۰۱	۱۴.۱.۲ مراجع	۲۰۱
۲۰۲	۱۵.۱.۲ منابع	۲۰۲

۲۰۳.....	۱۳. اندازه‌گیری خلوص بخار
۲۰۳.....	۱.۱۳. مقدمه
۲۰۳.....	۲.۱۳. چه چیزی اندازه‌گیری می‌شود؟
۲۰۴.....	۳.۱۳. خلوص بخار چگونه اندازه‌گیری می‌شود؟
۲۰۶.....	۴.۱۳. فنون ردیابی
۲۰۷.....	۱.۴.۱۳. تجزیه کیفی و کمی یون سدیم
۲۰۸.....	۲.۴.۱۳. طیف‌سنجی شعله سدیم
۲۰۹.....	۵.۱۳. تفسیر مقادیر سدیم
۲۰۹.....	۶.۱۳. نمونه‌برداری بخار شاخص
۲۱۰.....	۷.۱۳. نتیجه
۲۱۰.....	۸.۱۳. منابع
۲۱۱.....	۱۴. خلوص بخار
۲۱۱.....	۱.۱۴. منابع ناخالصی‌ها در بخار
۲۱۲.....	۲.۱۴. مشکلات ناشی از سطوح بالای ناخالصی‌ها در بخار
۲۱۳.....	۱.۲.۱۴. سیلیس در بخار
۲۱۵.....	۲.۲.۱۴. نمک‌های سدیم در بخار
۲۱۵.....	۱.۲.۲.۱۴. سدیم هیدروکسید در سوپرهیت‌های اوستینیتی-خوردگی تنشی
۲۱۷.....	۲.۲.۲.۱۴. راسب‌شدن نمک‌های سدیم در توربین‌ها
۲۱۷.....	۳.۲.۲.۱۴. راسب‌شدن سدیم سولفات در ری‌هیت‌های بخار
۲۱۸.....	۳.۱۴. مراجع
۲۱۸.....	۴.۱۴. منابع
۲۱۹.....	۱۵. خوردگی و رسوب‌گذاری در توربین بخار
۲۱۹.....	۱.۱۵. مقدمه
۲۱۹.....	۲.۱۵. خوردگی در زمان توقف و در قسمت‌های تر انتهایی
۲۲۰.....	۳.۱۵. سایش
۲۲۰.....	۴.۱۵. ترک‌خوردن ناشی از خوردگی تنشی
۲۲۱.....	۵.۱۵. رسوب‌نشینی در توربین
۲۲۳.....	۶.۱۵. خلوص بخار
۲۲۴.....	۷.۱۵. علل رسوب‌نشینی
۲۲۵.....	۸.۱۵. تبخیرشدن و راسب‌شدگی سیلیس
۲۲۹.....	۹.۱۵. پیشگیری از رسوبات سیلیسی
۲۳۰.....	۱۰.۱۵. خارج کردن رسوبات

۲۳۲	۱۱.۱۵ منابع
۲۳۳	۱۶. خوردگی سیستم بخار چگالیده شده
۲۳۳	۱.۱۶ مقدمه
۲۳۳	۲.۱۶ خوردگی آهن در آب
۲۳۴	۳.۱۶ خوردگی اکسیژن
۲۳۶	۴.۱۶ خوردگی اکسیژنی مس
۲۳۶	۵.۱۶ خوردگی دی اکسید کربن
۲۳۸	۶.۱۶ منابع آمونیاک
۲۳۸	۷.۱۶ درمان شیمیایی سیستم های بخار چگالیده شده
۲۳۹	۱.۷.۱۶ آمین های خنثی کننده
۲۴۲	۲.۷.۱۶ آمین های پوششی
۲۴۳	۳.۷.۱۶ هیدرازین
۲۴۴	۸.۱۶ منابع
۲۴۵	۱۷. خوردگی در سیستم های بخار چگالیده شده و تغذیه
۲۴۵	۱.۱۷ مقدمه
۲۴۵	۲.۱۷ خوردگی ناشی از کیفیت ضعیف آب تغذیه
۲۴۵	۱.۲.۱۷ سیستم های حاوی آلیاژهای پایه مس
۲۴۷	۲.۲.۱۷ سیستم های عاری از آلیاژهای پایه مس
۲۴۸	۳.۱۷ مشکلات خوردگی حاصل از وجوه طراحی سیستم تغذیه
۲۴۸	۱.۳.۱۷ خوردگی لوله های چگالنده بخار
۲۴۹	۲.۳.۱۷ سایش- خوردگی فولاد نرم اجزای سیستم تغذیه
۲۵۳	۴.۱۷ مراجع
۲۵۳	۵.۱۷ منابع
۲۵۵	۱۸. رسوبات در سیستم های مولد بخار
۲۵۵	۱.۱۸ مقدمه
۲۵۵	۲.۱۸ بخش پیش بویلر
۲۵۶	۱.۲.۱۸ کلسیم کربنات
۲۵۶	۲.۲.۱۸ رسوبات پایه فسفات
۲۵۷	۳.۲.۱۸ رسوبات ناشی از بخار چگالیده آلوده شده
۲۶۰	۴.۲.۱۸ راسب شدن محصولات خوردگی
۲۶۰	۳.۱۸ رسوبات بویلر

۲۶۳	۴.۱۸. سازوکار تشکیل شدن رسوب
۲۶۳	۱.۴.۱۸. رسوب کریستالی در مقایسه با لجن
۲۶۵	۲.۴.۱۸. شیمی تشکیل شدن رسوب
۲۶۷	۲.۴.۱۸. به هم چسباننده های رسوبات
۲۶۸	۵.۱۸. استفاده از ضد رسوب های کریستالی
۲۶۸	۱.۵.۱۸. واکنش دهنده های عمل کننده بر اساس نسبت مولی فورمولی (استوکیومتری)
۲۷۳	۲.۵.۱۸. واکنش دهنده های عمل کننده بر اساس غیرنسبت مولی فورمولی (غیراستوکیومتری)
۲۷۶	۶.۱۸. برنامه های کنترل رسوب نشینی
۲۷۷	۱.۶.۱۸. برنامه های راسب سازی
۲۷۹	۲.۶.۱۸. برنامه های حل کنندگی
۲۸۱	۷.۱۸. سایر مشکلات رسوب بویلر
۲۸۱	۱.۷.۱۸. آلوده سازی
۲۸۱	۲.۷.۱۸. قلیا شویی
۲۸۲	۳.۷.۱۸. رسوبات معدنی و فلزی
۲۸۳	۸.۱۸. مشکلات غیرشیمیایی رسوب بویلر
۲۸۳	۱.۸.۱۸. سوختن فلز در اثر حرارت بیش از حد بدن
۲۸۵	۲.۸.۱۸. استفاده منقطع
۲۸۵	۳.۸.۱۸. خارج کردن از مدار سرویس
۲۸۵	۴.۸.۱۸. بخش پس از بویلر
۲۸۶	۹.۱۸. منابع
۲۸۹	۱۰.۱۸. مراجع
۲۹۱	۱۹. رسوبات بویلر: علل ایجاد و نحوه کنترل (درمان آب بویلر فشار قوی)
۲۹۱	۱.۱۹. مقدمه
۲۹۳	۲.۱۹. رسوبات
۲۹۵	۳.۱۹. شناسایی رسوبات
۳۰۱	۴.۱۹. درمان شیمیایی
۳۰۱	۱.۴.۱۹. کنترل کربنات
۳۰۲	۲.۴.۱۹. کنترل فسفات
۳۰۲	۳.۴.۱۹. کنترل فسفات / پخش کننده رسوب
۳۰۵	۴.۴.۱۹. کنترل با مواد کمپلکس چنگکی ساز (کلانتها)
۳۰۷	۵.۴.۱۹. کنترل آهن با استفاده از مواد کمپلکس چنگکی ساز (کلانتها) / پلیمر
۳۱۱	۶.۴.۱۹. کنترل آب بویلر فشار قوی

..... منابع	۵.۱۹
..... ۳۱۴	
..... ۲۰. خوردگی سیستم‌های تولید برق (نیروگاه‌های) استفاده‌کننده از سوخت فسیلی	۳۱۵
..... ۱.۲۰. مقدمه	۳۱۵
..... ۲.۲۰. نیروگاه‌های بخاری	۳۱۶
..... ۳.۲۰. توربین‌های گازی	۳۲۰
..... ۴.۲۰. واحدهای چرخه ترکیبی	۳۲۱
..... ۵.۲۰. خوردگی دستگاه‌های چگالنده بخار	۳۲۱
..... ۱.۵.۲۰. سایش- خوردگی در چگالنده‌های بخار	۳۲۴
..... ۲.۵.۲۰. حمله سولفید	۳۲۵
..... ۳.۵.۲۰. آلیاژدایی	۳۲۶
..... ۴.۵.۲۰. خوردگی گوشه‌ای و حفره‌دارشدن	۳۲۷
..... ۵.۵.۲۰. خوردگی دو فلزی	۳۲۸
..... ۶.۵.۲۰. ترک خوردن محیطی	۳۲۹
..... ۷.۵.۲۰. خوردگی بخار چگالیده شده	۳۳۰
..... ۸.۵.۲۰. پیشگیری از خوردگی	۳۳۱
..... ۶.۲۰. خوردگی هوازداها و گرم‌کننده‌های آب تغذیه	۳۳۲
..... ۱.۶.۲۰. گرم‌کننده‌های بسته آب تغذیه	۳۳۳
..... ۱.۱.۶.۲۰. ترک خوردن ناشی از خوردگی تنشی	۳۳۳
..... ۲.۱.۶.۲۰. پوسته پوسته شدن	۳۳۴
..... ۳.۱.۶.۲۰. سایش- خوردگی	۳۳۵
..... ۴.۱.۶.۲۰. خوردگی حفره‌ای	۳۳۶
..... ۵.۱.۶.۲۰. خوردگی عمومی	۳۳۷
..... ۶.۱.۶.۲۰. خوردگی پوست‌ماری	۳۳۸
..... ۲.۶.۲۰. هوازداها	۳۳۸
..... ۷.۲۰. خوردگی بویلرهای دارای سمت بخار/ آب	۳۳۹
..... ۱.۱.۷.۲۰. واتروال‌ها و اکونومایزرها	۳۳۹
..... ۱.۱.۷.۲۰. رشد معمول Fe_3O_4 محافظ	۳۴۰
..... ۲.۱.۷.۲۰. سازوکار شکست حفاظت معمول	۳۴۰
..... ۱.۲.۱.۷.۲۰. خوردگی ناشی از سود	۳۴۱
..... ۲.۲.۱.۷.۲۰. خسارت هیدروژنی	۳۴۲
..... ۳.۲.۱.۷.۲۰. حفره‌دارشدن	۳۴۳
..... ۲.۷.۲۰. سوپرهیترها و ری‌هیترها	۳۴۴

۳۴۴	..... رشد معمول اکسید محافظ
۳۴۴	..... شکست اکسید محافظ معمول
۳۴۵	..... رشد اضافی و پوسته‌پوسته‌شدن
۳۴۶	..... ترک خوردن‌های ناشی از خوردگی تنش
۳۴۶	..... شیمی آب و بخار بویلر
۳۴۶	..... خوردگی توربین‌های بخار
۳۴۸	..... مشکلات عمده خوردگی در توربین‌های بخار
۳۴۹	..... خوردگی تنش دیسک‌های توربین‌های فشار ضعیف
۳۵۰	..... سایش-خوردگی
۳۵۱	..... مواد سازنده توربین
۳۵۲	..... محیط
۳۵۴	..... طراحی
۳۵۵	..... خوردگی داغ در بویلرهای با سوخت ذغال سنگ و مایع نفتی
۳۵۸	..... خوردگی فاز گازی
۳۵۹	..... خوردگی نمک ذوب‌شده
۳۶۰	..... پیشگیری از خوردگی
۳۶۲	..... خوردگی داغ در بویلرهای سوزاننده ضایعات جامد شهری
۳۶۲	..... خوردگی فاز گازی
۳۶۴	..... خوردگی نمک مذاب
۳۶۴	..... پیشگیری از خوردگی
۳۶۶	..... خوردگی سوپرهیترها و گرم‌کننده‌های هوای دمای بالا
۳۶۶	..... خوردگی سوپرهیتر در بویلرهای ذغال‌سوز
۳۶۷	..... ماهیت رسوب
۳۶۸	..... خوردگی در زیر رسوب
۳۶۹	..... پیشگیری از خوردگی
۳۷۱	..... خوردگی هیترهای هوای دمای بالا و سوپرهیترها در بستر به‌سیلان درآمده
۳۷۱	..... محیط درون‌بستری
۳۷۲	..... سازوکار خوردگی
۳۷۲	..... مواد تشکیل‌دهنده سوپرهیترها و هیترهای هوای درون‌بستری
۳۷۳	..... خوردگی توربین‌های احتراقی
۳۷۴	..... خوردگی دیسک‌ها و پره‌های کمپرسور
۳۷۵	..... خوردگی داغ پره‌ها و پره‌های جهت‌دهنده توربین
۳۸۲	..... اجزای حساس به خوردگی نقطه شبنمی

۳۸۳	..... مناطق حساس به حمله	۱.۱۳.۲۰
۳۸۳	..... پوسته فوقانی و بندهای نگهدارنده	۱.۱.۱۳.۲۰
۳۸۴	..... دو انتهای سرد گرم کننده هوا	۲.۱.۱۳.۲۰
۳۸۴	..... کانال هدایت گاز، اتصالات انبساطی، محل های بازرسی یا نمونه برداری، و دریچه های دسترسی	۳.۱.۱۳.۲۰
۳۸۷	..... راسب کننده های الکترواستاتیکی و محفظه های صاف کننده	۴.۱.۱۳.۲۰
۳۸۹	..... آب بندهای فن مکش اجباری	۵.۱.۱۳.۲۰
۳۸۹	..... اجزای دودکش	۶.۱.۱۳.۲۰
۳۹۰	..... کاهش آلام خوردگی نقطه شبنمی	۲.۱۳.۲۰
۳۹۲	..... انتخاب مواد	۱.۲.۱۳.۲۰
۳۹۳	..... بهره برداری واحد	۲.۲.۱۳.۲۰
۳۹۳	..... تعمیرات، نگهداری خوب و انحراف از مقادیر مجاز	۳.۲.۱۳.۲۰
۳۹۴	..... افزودنی ها	۴.۲.۱۳.۲۰
۳۹۴	..... راهنمایی برای بخش هایی خاص از یک واحد	۵.۲.۱۳.۲۰
۳۹۴	..... محفظه فوقانی و بندهای نگهدارنده	۱.۵.۲.۱۳.۲۰
۳۹۴	..... انتهای سرد گرم کننده هوا	۲.۵.۲.۱۳.۲۰
۳۹۴	..... انتقال گاز، اتصالات انبساطی، اجزای نمونه برداری و دریچه های دسترسی	۳.۵.۲.۱۳.۲۰
۳۹۵	..... راسب کننده های الکترواستاتیکی و محفظه های کیسه صافی	۴.۵.۲.۱۳.۲۰
۳۹۶	..... آب بندی کننده های فن مکنده جریان اجباری	۵.۵.۲.۱۳.۲۰
۳۹۶	..... دودکش ها	۶.۵.۲.۱۳.۲۰
۳۹۶	..... خوردگی سیستم های زدایش گوگرد از درون گاز احتراق	۱۴.۲۰
۳۹۷	..... مواد مورد استفاده در سیستم های FGD	۱.۱۴.۲۰
۳۹۸	..... فولاد کربنی با جداره داخلی بدون پوشش	۱.۱.۱۴.۲۰
۳۹۸	..... پوشش های جداره داخلی آلی	۲.۱.۱۴.۲۰
۳۹۹	..... مواد غیر فلزی معدنی	۳.۱.۱۴.۲۰
۴۰۰	..... ملات های پیوند شده شیمیایی	۴.۱.۱۴.۲۰
۴۰۱	..... بلوک شیشه ای بوروسیلیکات	۵.۱.۱۴.۲۰
۴۰۱	..... مواد اجزای خاص FGD	۲.۱۴.۲۰
۴۰۱	..... پیش پالایشگرهای دود	۱.۲.۱۴.۲۰
۴۰۲	..... جذب کننده ها	۲.۲.۱۴.۲۰
۴۰۳	..... کانال های خروجی	۳.۲.۱۴.۲۰
۴۰۵	..... دودکش ها	۴.۲.۱۴.۲۰

۴۰۷.....	۱۵.۲۰. خوردگی ژنراتورها.....
۴۰۷.....	۱.۱۵.۲۰. انواع شکل‌های خوردگی.....
۴۱۰.....	۱۶.۲۰. خوردگی سیستم‌های انتقال خاکستر.....
۴۱۱.....	۱.۱۶.۲۰. سیستم‌های خاکستر شناور.....
۴۱۱.....	۱.۱.۱۶.۲۰. سیستم‌های خشک خاکستر شناور.....
۴۱۲.....	۲.۱.۱۶.۲۰. سیستم‌های خاکستر شناور تر.....
۴۱۳.....	۲.۱۶.۲۰. سیستم‌های خاکستر مرطوب تحتانی.....
۴۱۴.....	۳.۱۶.۲۰. کاستن از مشکلات.....
۴۱۴.....	۴.۱۶.۲۰. آینده.....
۴۱۵.....	۱۷.۲۰. مراجع.....
۴۱۹.....	۱۸.۲۰. منابع.....

بخش دوم: روش‌های کنترل رسوب و خوردگی در سیستم‌های مولد بخار

۴۲۳.....	۲۱. انتخاب مواد.....
۴۲۳.....	۱.۲۱. مقدمه.....
۴۲۴.....	۲.۲۱. اجزای بویلر.....
۴۳۲.....	۳.۲۱. اجزای محفظه انجام واکنش هسته‌ای.....
۴۳۵.....	۴.۲۱. اجزای توربین-ژنراتور.....
۴۴۰.....	۵.۲۱. لوله‌کشی و شیرآلات.....
۴۴۱.....	۶.۲۱. توربین‌های گاز.....
۴۴۳.....	۱.۶.۲۱. مواد کمپرسور.....
۴۴۳.....	۲.۶.۲۱. محفظه‌های احتراق.....
۴۴۴.....	۳.۶.۲۱. دیسک‌های توربین.....
۴۴۴.....	۴.۶.۲۱. پره‌های توربین.....
۴۴۶.....	۷.۲۱. مراجع.....
۴۴۶.....	۸.۲۱. منابع.....
۴۴۷.....	۲۲. نگهداری مدارهای بخار / آب در حالت آماده‌باش.....
۴۴۷.....	۱.۲۲. مقدمه.....
۴۴۹.....	۲.۲۲. مراحل اجرایی نگهداری واحد.....
۴۴۹.....	۳.۲۲. نگهداری کوتاه/ متوسط مدت واحد- بدون نیاز به تخلیه.....
۴۴۹.....	۱.۳.۲۲. ازت‌پوشانی بویلرها.....
۴۵۱.....	۴.۲۲. نگهداری تر بویلرها.....

۴۵۱	۱.۴.۲۲. استفاده از آمونیاک (NH_3) و هیدرازین (N_2H_4)
۴۵۲	۲.۴.۲۲. استفاده از بوراکس/ نیتريت
۴۵۲	۳.۴.۲۲. سیستم‌های تغذیه و توربین‌ها
۴۵۳	۵.۲۲. خارج از مدار سرویس‌بودن کوتاه/ میان‌مدت- واحدی که باید تخلیه شود
۴۵۳	۱.۵.۲۲. نگهداری خشک- همهٔ بخش‌های مدار بخار/ آب
۴۵۴	۶.۲۲. روش‌های اجرایی پرکردن و خالی‌کردن- بویلر و سیستم‌های تغذیه
۴۵۵	۱.۶.۲۲. پرکردن ازت- بویلرها و سیستم‌های تغذیه
۴۵۵	۷.۲۲. نگهداری بلندمدت
۴۵۷	۸.۲۲. مراجع
۴۵۷	۹.۲۲. منابع
۴۵۹	۲۳. بازدارندگی از خوردگی در سیستم‌های مولد بخار
۴۵۹	۱.۲۳. مقدمه
۴۵۹	۲.۲۳. کنترل خوردگی اکسیژن
۴۶۱	۱.۲.۲۳. سدیم سولفیت
۴۶۳	۲.۲.۲۳. هیدرازین
۴۶۳	۱.۲.۲.۲۳. واکنش‌های هیدرازین
۴۶۶	۲.۲.۲.۲۳. رفتار هیدرازین در سیستم‌های مولد بخار
۴۶۶	۳.۲.۲.۲۳. کنترل هیدرازین
۴۶۷	۴.۲.۲.۲۳. نقل و انتقال هیدرازین
۴۶۷	۳.۲۳. کنترل خوردگی بخش پس از بویلر
۴۷۲	۱.۳.۲۳. درمان خارجی برای کنترل دی‌اکسیدکربن
۴۷۳	۲.۳.۲۳. بازدارنده‌های خنثی‌کننده
۴۷۶	۳.۳.۲۳. آمین‌های لایه‌ساز
۴۷۸	۴.۳.۲۳. هیدرازین کاتالیزه‌شده برای حفاظت از خوردگی بخش پس از بویلر
۴۷۹	۴.۲۳. کنترل خوردگی مس بخش پس از بویلر
۴۸۰	۵.۲۳. حملهٔ سود
۴۸۲	۶.۲۳. ترک‌خوردن ناشی از خوردگی تنشی
۴۸۲	۱.۶.۲۳. توربین‌ها
۴۸۳	۲.۶.۲۳. چگالنده‌ها
۴۸۴	۳.۶.۲۳. بویلرها
۴۸۵	۷.۲۳. صدمهٔ هیدروژنی
۴۸۷	۸.۲۳. حمله اسیدی

۴۸۸	۹.۲۳. شکست تورمی ناشی از سود
۴۹۰	۱۰.۲۳. حفاظت واحد در حالت آماده‌باش
۴۹۱	۱.۱۰.۲۳. حفاظت واحد در حالت آماده‌باش به‌طور کوتاه‌مدت با روش تر
۴۹۱	۱.۱۰.۲۳. بویلرها
۴۹۳	۲.۱۰.۲۳. اکونومايزرها
۴۹۳	۳.۱۰.۲۳. سوپرهیترها
۴۹۳	۴.۱۰.۲۳. توربین‌ها
۴۹۴	۵.۱۰.۲۳. گرم‌کننده‌های آب تغذیه
۴۹۵	۲.۱۰.۲۳. نگهداری بلندمدت
۴۹۵	۱.۲.۱۰.۲۳. نگهداری باز و خشک
۴۹۵	۲.۲.۱۰.۲۳. نگهداری خشک و بسته
۴۹۷	۳.۲.۱۰.۲۳. آماده‌سازی برای نگهداری خشک
۴۹۸	۱.۱.۲۳. مراجع
۴۹۹	۱.۲.۲۳. منابع
۵۰۱	۲۴. درمان آب تغذیه: بویلرهای دارای درام
۵۰۱	۱.۲۴. مقدمه
۵۰۱	۲.۲۴. کنترل ناخالصی‌های نامحلول در آب تغذیه
۵۰۱	۱.۲.۲۴. pH آب تغذیه-استفاده از قلیایی‌های فرآر
۵۰۳	۲.۲.۲۴. پایش و کنترل pH آب تغذیه
۵۰۴	۳.۲.۲۴. کنترل اکسیژن
۵۰۴	۱.۳.۲.۲۴. هوازدایی فیزیکی
۵۰۵	۲.۳.۲.۲۴. هوازدایی شیمیایی
۵۰۶	۳.۳.۲.۲۴. هوازدایی کاتالیزوری
۵۰۶	۱.۳.۳.۲.۲۴. اکسیژن‌زدایی با استفاده از هیدرازین و کربن فعال
	۲.۳.۳.۲.۲۴. اکسیژن‌زدایی با استفاده از هیدرازین یا هیدروژن و یک بستر کاتالیزوری
۵۰۷	پالادیوم
۵۰۷	۳.۲۴. ناخالصی‌های یونی محلول در آب تغذیه
۵۰۷	۱.۳.۲۴. منابع ناخالصی‌ها
۵۰۸	۲.۳.۲۴. نمونه‌برداری و پایش
۵۰۹	۱.۲.۳.۲۴. ناخالصی‌های نامحلول در آب تغذیه
۵۱۰	۴.۲۴. مراجع
۵۱۰	۵.۲۴. منابع

۵۱۱.....	۲۵. درمان آب بویلر و خلوص بخار.....
۵۱۱.....	۱.۲۵. مقدمه.....
۵۱۱.....	۲.۲۵. تشکیل لایه‌های اکسید محافظ.....
۵۱۵.....	۳.۲۵. منابع قلیائیت برای آب‌های بویلر.....
۵۱۸.....	۴.۲۵. درمان شیمیایی آب بویلر: بویلرهای درام‌دار.....
۵۲۲.....	۵.۲۵. خلوص بخار اشباع‌شده / سوپر هیت‌شده.....
۵۲۲.....	۶.۲۵. مراجع.....
۵۲۲.....	۷.۲۵. منابع.....
۵۲۳.....	۲۶. شیمی آب تغذیه: بویلرهای یکبارگذر.....
۵۲۳.....	۱.۲۶. رژیم‌های درمان آب تغذیه.....
۵۲۵.....	۱.۱.۲۶. درمان اکسیژن کم / pH بالا.....
۵۲۵.....	۲.۱.۲۶. درمان اکسیژن زیاد / هدایت الکتریکی کم.....
۵۲۶.....	۳.۱.۲۶. درمان مرکب.....
۵۲۷.....	۲.۲۶. به‌کارگیری در واحد در حال کار.....
۵۲۹.....	۳.۲۶. مراجع.....
۵۲۹.....	۴.۲۶. منابع.....
۵۳۱.....	۲۷. هوازدایی از آب تغذیه بویلر.....
۵۳۱.....	۱.۲۷. مقدمه.....
۵۳۲.....	۲.۲۷. تجهیزات.....
۵۳۶.....	۱.۲.۲۷. چگالنده‌های هوزدا.....
۵۳۷.....	۲.۲.۲۷. هوازدایی تحت خلأ.....
۵۳۷.....	۳.۲۷. کاربردها و مزایا.....
۵۳۸.....	۴.۲۷. محدودیت‌ها.....
۵۳۸.....	۵.۲۷. منابع.....
۵۳۹.....	۲۸. کنترل تخلیه آب تغلیظ‌شده بویلر.....
۵۳۹.....	۱.۲۸. مقدمه.....
۵۳۹.....	۲.۲۸. عوامل محدودکننده مؤثر در تخلیه آب تغلیظ‌شده.....
۵۴۲.....	۳.۲۸. تخلیه دستی آب تغلیظ‌شده.....
۵۴۳.....	۴.۲۸. تخلیه پیوسته آب تغلیظ‌شده.....
۵۴۳.....	۵.۲۸. صرفه‌جویی در انرژی.....
۵۴۹.....	۶.۲۸. تجهیزات به‌کار گرفته‌شده.....

۵۴۹.....	۱.۶.۲۸. تخلیه دستی آب تغلیظشده
۵۵۰.....	۲.۶.۲۸. تخلیه مستمر آب تغلیظشده
۵۵۱.....	۳.۶.۲۸. تخلیه خودکار آب تغلیظشده
۵۵۲.....	۷.۲۸. کنترل تخلیه آب تغلیظشده
۵۵۲.....	۱.۷.۲۸. جامدات کل
۵۵۳.....	۲.۷.۲۸. جامدات حل شده
۵۵۳.....	۳.۷.۲۸. سدیم، سولفات، سیلیس و قلیائیت
۵۵۴.....	۴.۷.۲۸. کلرید
۵۵۴.....	۵.۷.۲۸. وزن مخصوص
۵۵۴.....	۸.۲۸. نتیجه گیری
۵۵۵.....	۹.۲۸. منابع

بخش سوم: نمونه برداری، تغذیه، پایش

۵۵۹.....	۲۹. سیستم های تغذیه شیمیایی
۵۵۹.....	۱.۲۹. مقدمه
۵۶۰.....	۲.۲۹. تغذیه کننده های تر یا محلول
۵۶۰.....	۱.۲.۲۹. تغذیه کننده های ضربتی
۵۶۰.....	۲.۲.۲۹. تغذیه کننده ضربتی مخزنی
۵۶۱.....	۳.۲.۲۹. آب پرفشار مکنده
۵۶۲.....	۳.۲۹. تغذیه کننده های مستمر
۵۶۲.....	۱.۳.۲۹. پمپ جابه جایی مثبت
۵۶۳.....	۲.۳.۲۹. پمپ های پیستونی
۵۶۴.....	۳.۳.۲۹. پمپ دیافراگمی
۵۶۷.....	۴.۳.۲۹. پمپ دورانی
۵۶۷.....	۵.۳.۲۹. تغذیه کننده های کنترل کننده فشار
۵۶۸.....	۶.۳.۲۹. تغذیه کننده آب چکانی
۵۶۸.....	۷.۳.۲۹. تغذیه کننده مستمر کنار گذری
۵۶۸.....	۸.۳.۲۹. تغذیه کننده های فشار ثابت
۵۶۹.....	۹.۳.۲۹. تغذیه کننده های ریزشی
۵۷۱.....	۴.۲۹. تغذیه کننده های خشک
۵۷۱.....	۵.۲۹. تغذیه کننده های حجمی
۵۷۲.....	۶.۲۹. تغذیه کننده های وزنی

۵۷۲	تغذیه‌کننده‌های حل‌کننده	۷.۲۹
۵۷۳	سیستم‌های تغذیه	۸.۲۹
۵۷۳	مخازن تغذیه مواد شیمیایی	۱.۸.۲۹
۵۷۴	بسته‌های یکپارچه پمپ/مخزن	۲.۸.۲۹
۵۷۵	ضمائم	۹.۲۹
۵۷۵	افشانک‌های تزریق	۱.۹.۲۹
۵۷۶	مخلوط‌کننده‌ها	۲.۹.۲۹
۵۷۶	اعلام هشدار سطح	۳.۹.۲۹
۵۷۷	نقل و انتقال مواد شیمیایی	۱۰.۲۹
۵۷۷	پودرهای خشک	۱.۱۰.۲۹
۵۷۷	مواد شیمیایی مایع	۲.۱۰.۲۹
۵۷۷	بارگیری انبوه	۳.۱۰.۲۹
۵۷۹	تغذیه شیمیایی سیستم بویلر	۱۱.۲۹
۵۷۹	سولفیت	۱.۱۱.۲۹
۵۸۱	سولفیت کاتالیزه‌شده	۲.۱۱.۲۹
۵۸۱	هیدرازین	۳.۱۱.۲۹
۵۸۱	مواد کمپلکس چنگک‌ساز (کلانت)	۴.۱۱.۲۹
۵۸۲	آمین‌های لایه‌ساز	۵.۱۱.۲۹
۵۸۲	آمین‌های خنثی‌کننده	۶.۱۱.۲۹
۵۸۲	مواد پخش‌کننده فسفات	۷.۱۱.۲۹
۵۸۲	تغذیه شیمیایی سیستم خنک‌کننده	۱۲.۲۹
۵۸۳	سیستم‌های پیش‌ساخته‌شده	۱.۱۲.۲۹
۵۸۵	تغذیه اسید	۲.۱۲.۲۹
۵۸۵	نگهداری و نقل و انتقال	۳.۱۲.۲۹
۵۸۶	ایمنی	۴.۱۲.۲۹
۵۸۶	نقطه به‌کارگیری	۵.۱۲.۲۹
۵۸۷	مخازن، لوله‌کشی‌ها و پمپ‌ها	۶.۱۲.۲۹
۵۸۹	منابع	۱۳.۲۹
۵۹۱	پایش و کنترل درمان آب	۳۰
۵۹۱	مقدمه	۱.۳۰
۵۹۱	تجهیزات اندازه‌گیری الکتریکی خودکار	۲.۳۰

۵۹۱	۱.۲.۳۰. هدایت الکتریکی
۵۹۲	۲.۲.۳۰. pH
۵۹۴	۳.۳۰. تجزیه‌کننده‌های کیفی و کمی تر
۵۹۴	۴.۳۰. الکترودهای حسگر شیمیایی
۵۹۵	۵.۳۰. روش‌های کنترل
۵۹۵	۱.۵.۳۰. کنترل بازخوردی
۵۹۶	۲.۵.۳۰. کنترل حلقه باز
۵۹۷	۶.۳۰. أسلوب کنترل
۵۹۷	۱.۶.۳۰. أسلوب نرخ ثابت پیوسته
۵۹۸	۲.۶.۳۰. أسلوب خاموش روشن با نرخ ثابت
۵۹۹	۷.۳۰. کنترل هضم‌کننده تغییرات (مدوله)
۶۰۰	۸.۳۰. منابع
۶۰۱	۳۱. مواد شیمیایی تغذیه و کنترل درمان داخلی
۶۰۱	۱.۳۱. مقدمه
۶۰۲	۲.۳۱. مفاهیم تغذیه
۶۰۲	۱.۲.۳۱. تغذیه منقطع
۶۰۳	۲.۲.۳۱. تغذیه بیش‌ازحد نیاز
۶۰۳	۳.۲.۳۱. تغذیه مستمر
۶۰۴	۴.۲.۳۱. تغذیه ضربتی
۶۰۴	۳.۳۱. تجهیزات تغذیه شیمیایی
۶۰۴	۱.۳.۳۱. پمپ‌های اندازه‌گیر
۶۰۹	۲.۳.۳۱. تغذیه‌گرهای ضربتی
۶۰۹	۳.۳.۳۱. تغذیه‌کننده‌های متفرقه
۶۱۱	۴.۳.۳۱. کلرزنی
۶۱۱	۵.۳.۳۱. تغذیه اسید/قلیا
۶۱۲	۴.۳۱. روش‌های کنترل
۶۱۳	۱.۴.۳۱. کنترل خودکار هدایت الکتریکی
۶۱۴	۲.۴.۳۱. کنترل خودکار pH
۶۱۴	۳.۴.۳۱. کنترل خودکار متناسب جریان
۶۱۶	۴.۴.۳۱. کنترل خودکار توسط اندازه‌گیر زمان
۶۱۶	۵.۴.۳۱. روش‌های اضافی دیگر کنترل خودکار

۶۱۶	۵.۳۱. تغذیه شیمیایی بویلر
۶۱۹	۶.۳۱. تغذیه شیمیایی سیستم خنک کننده گردشی باز
۶۲۳	۷.۳۱. مراجع
۶۲۳	۸.۳۱. منابع
۶۲۵	۳۲. پایش شیمیایی: مدار بخار / آب
۶۲۵	۱.۳۲. مقدمه
۶۲۶	۲.۳۲. الزامات پایش شیمی مدار بخار/آب
۶۲۷	۱.۲.۳۲. واحد درمان آب جبرانی
۶۲۷	۲.۲.۳۲. دستگاه چگالنده بخار (کندانسور)
۶۲۷	۳.۲.۳۲. قسمت تخلیه پمپ‌کشنده بخار چگالیده شده
۶۲۸	۴.۲.۳۲. خروجی واحد پالایشگر بخار چگالیده شده
۶۲۸	۵.۲.۳۲. جریان پایین دست نقاط تزریق مواد شیمیایی
۶۲۸	۶.۲.۳۲. دستگاه هوازا
۶۲۸	۷.۲.۳۲. تغذیه نهایی
۶۲۸	۸.۲.۳۲. آب بویلر
۶۲۸	۹.۲.۳۲. بخار
۶۲۹	۳.۳۲. نمونه‌گیری و بهسازی شرایط نمونه
۶۳۳	۴.۳۲. سنجشگری الکترونیکی مواد شیمیایی
۶۳۳	۱.۴.۳۲. انتخاب و نصب تجهیزات
۶۳۴	۲.۴.۳۲. اندازه‌گیری هدایت الکتریکی
۶۳۹	۳.۴.۳۲. اندازه‌گیری‌های شیمیایی با استفاده از الکترودهای گزینش یون
۶۴۰	۱.۳.۴.۳۲. الکترودهای شیشه‌ای
۶۴۱	۲.۳.۴.۳۲. الکترودهای حالت جامد
۶۴۲	۳.۳.۴.۳۲. الکترودهای غشا- مایع
۶۴۲	۴.۳.۴.۳۲. الکترودهای حسگر گاز
۶۴۵	۴.۴.۳۲. تجزیه‌گری‌های کیفی و کمی با رنگ‌سنجی
۶۴۷	۵.۴.۳۲. سنجشگری‌ها با استفاده از پیل‌های الکتروشیمیایی
۶۵۰	۶.۴.۳۲. کروماتوگرافی یون
۶۵۳	۷.۴.۳۲. پردازش داده‌های شیمیایی
۶۵۴	۵.۳۲. مراجع
۶۵۵	۶.۳۲. منابع

۶۵۷	.....	۳۳. فرهنگ اصطلاحات خوردگی
۷۵۷	.....	۱.۳۳. مراجع
۷۵۸	.....	۲.۳۳. منابع
۷۵۹	.....	واژه‌نامه فارسی-انگلیسی
۷۸۷	.....	واژه‌نامه انگلیسی-فارسی
۸۱۳	.....	نمایه

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱.۲. عدد اتمی / وزن اتمی / ظرفیت. ۳۵.....
- جدول ۲.۲. رابطه میان غلظت یون‌های هیدروژن، pH و پتانسیل الکتروود هیدروژن در محلول‌های آبی در 25°C ۳۹
- جدول ۳.۲. حاصل ضرب یونی آب..... ۴۰
- جدول ۴.۲. حلالیت بعضی از ترکیبات مهم در آب در 25°C ۴۲
- جدول ۵.۲. پتانسیل‌های الکتروود استاندارد..... ۵۰
- جدول ۶.۲. سری‌های گالوانیکی فلزات و آلیاژها در آب دریا..... ۵۲
- جدول ۱.۴. خلاصه هدف‌های مورد انتظار برای بویلرهای درام‌دار. هدف‌های مطلوب (برحسب میکروگرم در هر کیلوگرم بیان می‌شوند مگر آنکه خلاف آن گفته شود) با عملکرد یکنواخت مرتبط است و در مقادیری تنظیم می‌شوند که در یک واحد خوب نگهداری‌شونده در ۹۵ درصد بهره‌برداری روزانه قابل تأمین و دسترس باشند. هرگونه انحرافی از این مقادیر باید غیرعادی تلقی و علت‌یابی و بررسی شود..... ۷۸
- جدول ۱.۵. هدف‌های مطلوب برای بویلرهای یکبارگذر-آب تغذیه در ورودی بویلر..... ۹۰
- جدول ۲.۵. خلاصه هدف‌های مطلوب برای مدار بخار / آب بویلرهای یکبارگذر AGR. هدف‌های مطلوب به‌طور ویژه به بهره‌برداری ثابت و یکنواخت مربوط می‌شوند و در مقادیری تنظیم شده‌اند که در یک واحد خوب نگهداری‌شونده برای ۹۵ درصد بهره‌برداری روزانه قابل تأمین و دسترسی باشند. هرگونه انحرافی از این مقادیر باید به‌عنوان حالت غیرعادی، تلقی و علت‌یابی و بررسی شود..... ۹۱
- جدول ۳.۵. یک نمونه از خطوط راهنمای شیمی آب مدار ثانویه برای بهره‌برداری در بار نرمال..... ۹۵
- جدول ۱.۷. مقایسه روش‌های ارزیابی نرخ خوردگی..... ۱۲۳
- جدول ۱.۸. اجزای حاصل از تجزیه نمونه سوخت نفتی باقی‌مانده..... ۱۲۶
- جدول ۱.۱۱. خطوط راهنمای کلی برای پرهیز از وقوع انتقال شیمیایی ذرات توسط بخار..... ۱۷۸
- جدول ۱.۱۲. راهنمای تشکیل شدن رسوب..... ۱۸۳
- جدول ۲.۱۲. استانداردهای انجمن امریکایی سازندگان بویلر (ABMA)..... ۱۸۷
- جدول ۱.۱۷. هدف‌های مورد انتظار در مورد آب تغذیه بویلرهای درام‌دار: هدف‌های مطلوب به‌طور ویژه به بهره‌برداری ثابت و یکنواخت مربوط می‌شود و در مقادیری تنظیم می‌شوند که در یک واحد خوب نگهداری‌شونده برای ۹۵ درصد بهره‌برداری روزانه قابل تأمین و دسترس باشند. هرگونه انحرافی از این مقادیر باید غیرعادی تلقی و علت‌یابی و بررسی شود..... ۲۴۶
- جدول ۱.۱۸. هدایت گرمایی رسوبات کریستالی مختلف و مواد دیگر..... ۲۶۲
- جدول ۲.۱۸. استفاده از عوامل کمپلکس‌چنگک‌ساز..... ۲۷۲
- جدول ۳.۱۸. اثر وزن ملکولی بر کاهش رسوب‌نشینی کریستالی..... ۲۷۶

جدول ۱.۱۹. اجزای بلورین تشکیل‌دهنده رسوب کریستالی که با روش تفرق اشعه ایکس شناسایی شده اند.	۲۹۷
جدول ۲.۱۹. کارایی فسفات/ پلیمر می‌تواند در سرعت‌های انتقال حرارت بالا از طریق انتخاب پلیمر مناسب حفظ شود.	۳۰۷
جدول ۳.۱۹. عدد $10/59$ عبارت است از لگاریتم ثابت پایداری کمپلکس (Ks). هرچه مقدار Ks بزرگ‌تر باشد، مقدار پایداری حلقه مواد کمپلکس چنگکی‌ساز (کلانت) بیشتر خواهد بود.	۳۱۰
جدول ۱.۲۰. سازوکارهای خوردگی که باعث بروز مشکلاتی در چگالنده‌های بخار نیروگاهی در شرایط معین شده‌اند.	۳۲۳
جدول ۲.۲۰. آلیاژ لوله‌های مورد استفاده در گرم‌کننده‌های بسته و سازوکارهای خوردگی مربوط به آن‌ها.	۳۳۳
جدول ۳.۲۰. سازوکارهای خوردگی در اجزای تشکیل‌دهنده توربین‌های بخار.	۳۴۹
جدول ۴.۲۰. محدوده‌های دمایی مواد سازنده لوله‌های سوپرهیتر مندرج در کدهای بویلر ASME.	۳۶۷
جدول ۵.۲۰. تغییرات در ترکیب شیمیایی خاکستر ذغال برحسب نوع ذغال مصرفی.	۴۱۲
جدول ۱.۲۱. مواد تشکیل‌دهنده اجزای بویلر.	۴۲۶
جدول ۲.۲۱. برخی از تفاوت‌های خواص فولادهای اوستنیتی و فریتی تشکیل‌دهنده لوله‌های بویلر.	۴۳۱
جدول ۳.۲۱. فولادهای مورد استفاده در محفظه انجام واکنش هسته‌ای خنک‌شونده با CO_2 .	۴۳۳
جدول ۴.۲۱. فولادهای مورد استفاده در محفظه‌های انجام واکنش هسته‌ای خنک‌شونده با آب.	۴۳۴
جدول ۵.۲۱. مواد مورد استفاده در توربین-ژنراتورها.	۴۳۶
جدول ۶.۲۱. کاهش در دمای انتقالی شکست ظاهری (FATT) برای فولادهای روتور سه و نیم درصد NiCrMoV.	۴۳۷
جدول ۷.۲۱. ترکیب آلیاژهای نوعی توربین گاز.	۴۴۳
جدول ۱.۲۳. کاهش در نرخ خوردگی (تست ایستا).	۴۶۵
جدول ۲.۲۳. هزینه نشتی‌های بخار.	۴۶۸
جدول ۳.۲۳. نسبت‌های توزیع.	۴۷۵
جدول ۱.۲۵. محدوده‌های کلرید در آب بویلر (میکروگرم در هر کیلوگرم سدیم کلرید)، در شرایطی که هدف‌های مطلوب تنظیمی برای اکسیژن از حد مجاز آن‌ها بیشتر شده باشد (در فشارهای بالای یکصد بار). در غیاب هرگونه اندازه‌گیری اکسیژن حل‌شده، مقدار حداکثر مجاز کلرید در آب تغذیه (در ورودی اکونومایزر) تا زمانی که دمای بهره‌برداری بویلر به دست آید، می‌تواند به کار گرفته شود. این جدول برای دو ساعت اول بهره‌برداری کاربرد دارد.	۵۲۱
جدول ۲.۲۵. محدوده‌های کلرید در آب بویلر (میکروگرم در هر کیلوگرم سدیم کلرید) به‌عنوان تابعی از غلظت اکسیژن برای بهره‌برداری در بار پایین. در غیاب اندازه‌گیری‌های اکسیژن حل‌شده در آب	

بویلر، مقدار حداکثر مجاز کلرید در آب تغذیه (در ورودی اکونومایزر) می‌تواند به کار گرفته شود. این جدول برای حداکثر تا یکصد ساعت بهره‌برداری در بار پایین کاربرد دارد. ۵۲۱

جدول ۱.۲۶. هدف‌های اصلی مطلوب برای بویلرهای یکبارگذر- آب تغذیه در ورودی بویلر..... ۵۲۴

جدول ۲.۲۶. خلاصه هدف‌های مطلوب اصلی تنظیمی برای مدار بخار/ آب بویلرهای یکبارگذر AGR.. هدف‌های مطلوب اصلی تنظیمی به‌طور ویژه‌ای با بهره‌برداری ثابت و یکنواخت مرتبطاند و در مقادیری تنظیم می‌شوند که در یک واحد خوب نگهداری‌شونده، برای ۹۵ درصد بهره‌برداری روزانه قابل تأمین و دسترسی باشند. هرگونه انحرافی از این مقادیر باید حالت غیرعادی تلقی و علت‌یابی و بررسی شود..... ۵۲۸

فهرست تصویرها

- تصویر ۱.۱. سیستم مولد بخار برای تولید برق و حرارت ۴
- تصویر ۲.۱. حلالیت اکسیژن ناشی از هوای موجود در آب در دماها و فشارهای کل مختلف ۶
- تصویر ۳.۱. نوعی گرم‌کننده سینی‌دار طراحی شده برای هوازدایی مرحله اول و دوم ۷
- تصویر ۴.۱. هوازدای پاششی برای گرم کردن اولیه و هوازدایی ثانویه ۸
- تصویر ۵.۱. اکونومایزرهای چدنی، با سطوح گسترش داده شده، اغلب پیش از گرم‌کننده‌های هوا و خارج از بویلر مستقر می‌شوند. ۱۰
- تصویر ۶.۱. مشخصه‌های فنی تأسیسات دارای آهن زاویه‌دار ۱۳
- تصویر ۷.۱. بویلر افقی لوله برگشتی، درام معلق جوشکاری شده از جنس فولاد دارد که مستقل از ساختمان آجرچینی شده، کوره و محفظه عقبی آن را تشکیل می‌دهد. جلوی سازه فولادی دارای دریچه‌های خروج دود برای تمیزسازی کوره است. ۱۵
- تصویر ۸.۱. بویلر از نوع اسکاج از یک سازه جوشکاری شده بهره می‌گیرد. احتراق در کوره داخلی دارای صفحه‌های موجدار رخ می‌دهد، محفظه پشتی دارای پوشش‌های دیرگداز، جریان را برمی‌گرداند، و گاز حاصل احتراق را در داخل لوله‌ها به سمت محفظه خارج‌کننده دود واقع در جلوی کوره هدایت می‌کند. ۱۶
- تصویر ۹.۱. در یک مدار ساده آب درون لوله‌ای، حباب‌های بخار روی سمت گرم شده تشکیل می‌شود. وزن مخلوط بخار- آب کمتر از آب سردتر واقع بر سمت گرم نشده است و براین اساس جابه‌جایی صورت می‌پذیرد. در درام، حباب‌های بخار به سطح آب می‌روند و بخار آزاد می‌شود. ۱۸
- تصویر ۱۰.۱. در بویلر نوع D انعطاف‌پذیری بیشتری وجود دارد. لوله‌های بالابرنده، بخار فعال بیشتری را در نزدیکی خط آب به درون درام وارد می‌کنند. مشعل‌ها در دیواره‌های انتهایی یا در میان لوله‌های خمیده شده قسمت D بویلر، به صورت عمود بر درام، قرار دارند. ۱۹
- تصویر ۱۱.۱. بویلر نوع O نیز یک مولد بخار متراکم شده یکپارچه است. عملیات انتقال، ارتفاع کوره را محدود می‌کند و برای ظرفیت مساوی، اغلب بویلر بزرگ‌تری نیاز است. ۲۰
- تصویر ۱۲.۱. بویلر نوع A دارای دو درام یا جمع‌کننده پایینی کوچک‌تر است. درام بالایی بزرگ‌تر است و آب و بخار را جدا می‌کند. بیشترین بخار در لوله‌های دیواره‌ای مرکز کوره تولید می‌شود. ۲۲
- تصویر ۱۳.۱. جدایی مکانیکی بخار در درام بویلر توسط جداکننده‌های گریز از مرکزی و صفحه‌های موجدار کنگره‌ای که به درام نصب می‌شوند. با ورود مخلوط آب و بخار به درون جداکننده‌های گریز از مرکزی، به دلیل نیروی گریز از مرکز قطرات آب از مخلوط جدا و به دیواره پرتاب می‌شوند: با بالارفتن بخار، صفحه‌های خارج‌کننده ناخالصی‌ها از درون بخار کار نهایی را به انجام می‌رسانند. ۲۵
- تصویر ۱.۲. شبکه یونی در سدیم کلرید جامد ۳۷
- تصویر ۲.۲. اثرات دما بر حلالیت ترکیبات مختلف ۴۳

- تصویر ۳.۲. یک پیل دانیل ۴۷
- تصویر ۴.۲. یک پیل ساده خوردگی در محلول سدیم کلرید دارای هوا ۴۸
- تصویر ۵.۲. کاهش پتانسیل پیل و سرعت خوردگی در اثر پلاریزه شدن الکترودها ۵۴
- تصویر ۶.۲. حفاظت کاتدی زوج آهن/ برنج ۵۴
- تصویر ۷.۲. خوردگی فولاد در اسید تیئروکلریک در اثر شکست در لایه اکسید ۵۶
- تصویر ۸.۲. خوردگی گوشه‌ای ناشی از اختلاف مقدار هوا در لوله‌کشی فولادی حامل محلول الکترولیت ۵۷
- تصویر ۱.۳. مدت زمان انجام واکنش در مورد سه نوع آب مختلف ۶۲
- تصویر ۲.۳. مقایسه سدیم سولفیت با سدیم سولفیت کاتالیزه شده ۶۳
- تصویر ۳.۳. اثر درجه حرارت بر تجزیه هیدرازین در غلظت 0.5 ppm ۶۴
- تصویر ۴.۳. سرعت تجزیه هیدرازین در $60^{\circ}F$ ۶۴
- تصویر ۵.۳. رابطه بین زمان/ دما برای خارج کردن ۹۰ درصد اکسیژن توسط هیدرازین در pH ۹/۵ ۶۵
- تصویر ۶.۳. برای از مدار سرویس خارج شدن‌های کوتاه مدت بویلرهای فشار قوی، می‌توان از پوشش ازت استفاده کرد. ۷۲
- تصویر ۱.۴. جوشش فتیله‌ای ۷۶
- تصویر ۲.۴. خوردگی از جنس اکسیدهای آهن دلمه‌ای ورقه‌ورقه‌شده (الف) مشخصه حمله کلرید اسیدی روی لوله بویلر. (ب) سطح مقطع محصولات خوردگی نشان‌دهنده ورقه‌ورقه شدن ۸۰
- تصویر ۳.۴. بخش کربن‌زدایی شده لوله بویلر ۸۰
- تصویر ۴.۴. تخریب دهانه ضخیم در اثر کربن‌زدایی ۸۱
- تصویر ۵.۴. حمله به فولاد نرم معمولی توسط اسید و قلیا در $310^{\circ}C$ ۸۳
- تصویر ۶.۴. خوردگی نوک‌منقاری ناشی از سود سوزآور (مؤسسه پژوهش نیروی برق) ۸۳
- تصویر ۷.۴. سطح اکسید فلزی نشان‌دهنده صفحات کوچک مگنتیت (x300) ۸۴
- تصویر ۸.۴. ترک خوردن خوردگی تنشی از نوع میان‌دانه‌ای ۸۵
- تصویر ۱.۵. منحنی تغییرات pH برحسب تغییرات کیفیت بخار در آب بویلر آمونیاکی شده در دمای $260^{\circ}C$ ۹۲
- تصویر ۲.۵. منحنی تغییرات pH برحسب تغییرات کیفیت بخار در آب بویلر قلیایی شده با آمین‌ها در دمای $260^{\circ}C$ ۹۳
- تصویر ۱.۶. جدایش مرزی جریان مغشوش در دیواره لوله ۹۸
- تصویر ۲.۶. گسترش «لایه تغلیظ‌شونده» روی لوله بویلر تمیز در اثر جذب حرارت ۹۹
- تصویر ۳.۶. تغییرات به‌وجودآمده در انتقال گرما از فلز به مایع تحت شرایط جوشش و عدم جوشش ۱۰۰
- تصویر ۴.۶. تغییرات به‌وجودآمده در ضریب انتقال حرارت نسبت به دما ۱۰۱
- تصویر ۵.۶. مثال‌هایی از شیاهای نوک‌منقاری خوردگی ناشی از سود ۱۰۴

- تصویر ۶.۶. منحنی تغییرات pH نسبت به تغییرات غلظت فسفات برای محلول تری‌سدیم فسفات. ۱۰۶
- تصویر ۷.۶. مقادیر pH محلول‌های اورتوفسفات دارای نسبت‌های مولی مختلف سدیم به فسفات. ۱۰۸
- تصویر ۱.۷. دماهایی که در آن‌ها خوردگی دمای پایین سمت کوره احتمال حضور خواهد داشت. ۱۱۵
- تصویر ۲.۷. نقطه شبنم سولفوریک اسید به‌عنوان تابعی از هوای اضافی کوره (برای سوخت‌های مایع حاوی کمتر از سه درصد گوگرد)..... ۱۱۸
- تصویر ۳.۷. اثرپذیری نقطه شبنم سولفوریک اسید از احتراق با استفاده از سوخت گاز طبیعی و سوخت مایع دارای یک درصد گوگرد. ۱۱۹
- تصویر ۴.۷. وسیله سنجش نرخ رسوب‌نشینی اسیدی. وسیله اندازه‌گیری‌کننده چندنقطه‌ای خوردگی ۱۲۳
- تصویر ۵.۷. دستگاه اندازه‌گیری دمای نقطه شبنم اسیدی ۱۲۴
- تصویر ۱.۸. اثر دمای بخار بر انتقال حرارت در توربین ۱۳۰
- تصویر ۲.۸. خاکستر رسوبی موجود در یک سوپرهیتر آویزان با محصولات خوردگی واقع در زیر آن ۱۳۲
- تصویر ۳.۸. این دیواره انتهایی یک بویلر ذغال‌سوز غنی از خاکستر رسوبی متشکل از سیلیکات‌های آلومینیم، به‌همراه مقداری اکسید آهن ۱۳۷
- تصویر ۱.۹. عکس میکروسکوپی حمله میان‌دانه‌ای به فولاد توسط غلظت‌های بالای سود..... ۱۴۰
- تصویر ۲.۹. ترک‌های به‌وجودآمده در انتهای خمیده‌شده یک لوله در اثر شکنندگی ناشی از سود... ۱۴۱
- تصویر ۳.۹. وسیله تشخیص‌دهنده شکنندگی ۱۴۲
- تصویر ۴.۹. یک قطعه آزمایشی اسقاط شده در برابر تست شکنندگی..... ۱۴۳
- تصویر ۵.۹. رابطه متقابل pH، فسفات، قلیابیت و سود آزاد ۱۴۵
- تصویر ۱.۱۰. عایق‌کنندگی گرمایی ناشی از انباشتگی رسوبات، به سوختگی ناشی از حرارت بیش‌ازحد دیدن لوله بویلر منجر شده است..... ۱۴۹
- تصویر ۲.۱۰. ازهم‌گسیختگی دهانه نازک به‌وجودآمده در اثر سوختگی سریع ناشی از حرارت زیاد ۱۵۱
- تصویر ۳.۱۰. ترک‌های عرضی به‌وجودآمده در لوله مولد بخار در اثر تنش مکانیکی. ساختمان فلز به شکل کنار دانه‌ای ۱۵۱
- تصویر ۴.۱۰. جداکننده سیکلونی به‌علت تزریق بیش از حد طولانی مدت مواد کمپلکس چنگکی‌ساز ناخالص؛ حمله‌ای معمول به یک فلز تحت تنش ۱۵۴
- تصویر ۵.۱۰. نمونه‌ای از رسوبات شیاری ناشی از حمله قلیایی سود که زیر رسوب چسبنده اولیه به‌وجود آمده است. به‌گودشدگی‌ها و فرورفتگی‌های نامنظم و رسوبات سفیدرنگ (Na_2CO_3) باقی مانده در اطراف لبه‌های سطح رسوب اولیه توجه کنید..... ۱۵۵
- تصویر ۶.۱۰. در این شکل جدایش فاز آب/بخار در یک نمونه مانع‌شوندگی بخار در یک لوله بویلر نشان داده شده است. رسوبات سفید باقی‌مانده‌های حمله سود هستند که در انهدام فلز سهیم‌اند. ۱۵۸
- تصویر ۷.۱۰. لوله بویلر نشان‌دهنده اثرات حمله اسیدی ۱۵۸

تصویر ۸.۱۰. لوله سوپرهیتر نشان‌دهنده اثرات اکسیدشدن مستقیم سطوح داخلی هنگامی که دمای فلز از 482°C (900°F) بیشتر می‌شود، فولاد با بخار ترکیب شده و رسوبات مگنتیت (Fe_3O_4) و هیدروژن، که به همراه بخار آزاد می‌شود، تولید می‌کند. ۱۶۲

تصویر ۹.۱۰. شکست از نوع خزش بلندمدت به وقوع پیوسته در یک لوله سوپرهیتر به دلیل سوختگی ناشی از حرارت بیش از حد حد دیدن تناوبی. به گسست از نوع لب‌کلفت و همچنین ترک‌های خزشی روی سطح بیرونی، که معمول سوختگی ناشی از حرارت بیش از حد و سردشدن پی‌درپی است، توجه کنید. لوله‌های مولد بخار نیز هنگامی که رسوبات یا سایر شرایط پیرامونی در انتقال حرارت اختلال ایجاد می‌کنند دچار این مشکل می‌شوند. ۱۶۴

تصویر ۱۰.۱۰. نمونه عکس‌های میکروسکوپی (A, B, C, D) از لوله‌های بویلر از جنس فولاد کربنی. ۱۶۶

تصویر ۱۰.۱۱. آسیب‌دیدگی لوله سوپرهیتر در اثر سوختگی ناشی از حرارت بیش از حد در نتیجه رسوب‌نشینی. ۱۶۸

تصویر ۲.۱۱. اثر یک صفحه مانع ساده بر تفکیک مخلوط بخار-آب واردشونده به درام. ۱۷۴

تصویر ۳.۱۱. نمونه‌هایی از چند جداکننده مقدماتی متداول. ۱۷۵

تصویر ۴.۱۱. ترتیب چیدمان جداکننده‌های اولیه و ثانویه در یک درام بخار بویلر فشار قوی. ۱۷۷

تصویر ۵.۱۱. نتایج آزمایش‌های نشان‌دهنده اثر عامل ضد کف. ۱۸۰

تصویر ۶.۱۱. نمونه‌ای از درام بخار که برای شست‌وشوی قلیایی تجهیز شده است. ۱۸۱

تصویر ۱.۱۲. وزن مخصوص‌های بخار و آب در دمای بخار اشباع‌شده در فشار اتمسفری تا بحرانی. ۱۸۶

تصویر ۲.۱۲. منحنی تغییرات مقدار حداکثر غلظت سیلیس موجود در آب بویلر نسبت به تغییرات فشار درام در pH انتخاب‌شده آب بویلر (براساس تأمین و حفظ حداکثر ۰/۰۲ ppm سیلیس در بخار). ۱۹۱

تصویر ۳.۱۲. نمودار طرح کلی تجزیه‌کننده کیفی و کمی Larson-Lane. ۱۹۷

تصویر ۴.۱۲. نمودار طرح کلی جریان آب و گاز در تجزیه‌کننده کیفی و کمی یون سدیم. ۱۹۹

تصویر ۱.۱۳. دستگاه تجزیه‌کننده کیفی و کمی یون سدیم در یک واحد مورد بررسی. ۲۰۷

تصویر ۲.۱۳. دستگاه طیف‌سنجی شعله برای اندازه‌گیری در خط خلوص بخار تنظیم و به کار گرفته می‌شود. ۲۰۸

تصویر ۱.۱۴. حلالیت بخار (نمودار شعاعی). ۲۱۲

تصویر ۲.۱۴. سطوح سیلیس در آب بویلر در فشارهای مختلف برای اطمینان از نبودن بیشتر از $\mu\text{g}/\text{kg}$ ۲۰ سیلیس در بخار. ۲۱۴

تصویر ۱.۱۵. توربین باید در زمان بازرسی از نظر رسوب‌نشینی و خوردگی به دقت آزمایش و بررسی شود. ۲۲۳

تصویر ۲.۱۵. اثر فشار و pH آب بویلر بر میزان فرآیند سیلیس. ۲۲۶

- تصویر ۳.۱۵. بیشترین مقدار سیلیس آب بویلر برای فشارها و pH های مختلف برای حفظ ppm ۰/۰۲
 سیلیس در بخار ۲۲۷
- تصویر ۴.۱۵. توزیع سیلیس در توربین‌های بخار ۲۲۸
- تصویر ۵.۱۵. حلالیت سیلیس در بخار برای شرایط موجود در توربین بخار ۲۲۸
- تصویر ۶.۱۵. رسوبات سیلیسی موجود در توربین‌های بخار ۲۲۹
- تصویر ۷.۱۵. فراوانی سیلیس در آب‌های طبیعی ۲۳۲
- تصویر ۱.۱۶. نمونه خوردگی اکسیژنی در خط بخار چگالیده شده ۲۳۶
- تصویر ۲.۱۶. لایه محافظ اکسید مس می‌تواند توسط عوامل کمپلکس‌سازی مانند آمونیاک تخریب شود. ۲۳۶
- تصویر ۳.۱۶. بخشی از خط بخار چگالیده شده که با خوردگی دی‌اکسید کربن (pH کم) تخریب شده
 است. از بین رفتگی فلز در یک سطح نسبتاً وسیع گسترده شده و به نازک‌شدگی منجر می‌شود. ۲۳۸
- تصویر ۴.۱۶. تعیین آهن آب تغذیه یکی از روش‌های پایش میزان مؤثر بودن عملکرد برنامه درمان
 استفاده‌کننده از آمین است. ۲۳۹
- تصویر ۵.۱۶. منحنی‌ها نشان می‌دهند که چگونه نسبت‌های توزیع سیکلوهاگزیل آمین و دی اتیل
 آمینو اتانول با فشار تغییر می‌کنند. ۲۴۰
- تصویر ۶.۱۶. وسیله مورد آزمایش شماره ۳۸۱، همان‌طور که توسط سطح خیس‌نشده نشان داده شده
 است، دارای لایه اکتادسیل آمین خوبی است. وسیله آزمایشی شماره ۳۸۰ تحت درمان قرار نگرفته
 است. ۲۴۳
- تصویر ۷.۱۶. وسیله آزمایش نصب‌شده در مسیر کنارگذر برای پایش درمان با آمین استفاده می‌شود.
 دستگاه سنجش خوردگی در سمت راست تصویر مقادیر خوردگی لحظه‌ای را اندازه می‌گیرد. ۲۴۴
- تصویر ۱.۱۷. خوردگی لوله هیتز تغذیه از جنس آلیاژ مس: (الف) نقش‌های هلالی برجسته حاصل
 خوردگی بر سطوح مورد ابتلا. به پوسته‌پوسته شدن محصول خوردگی توجه کنید. (ب) اثر
 آزادکنندگی روی سطح سمت بخار در پایین عنصر (ج) مرزهای انتقالی کاملاً تعریف شده در بخش
 پایینی یک شکاف موجود روی سطح بیرونی تر منطبق بر صفحه لوله. ۲۴۷
- تصویر ۲.۱۷. سایش-خوردگی تک فاز فولاد نرم معمولی ۲۵۰
- تصویر ۳.۱۷. وابستگی جریان دما با نرخ‌های سایش-خوردگی ۲۵۱
- تصویر ۴.۱۷. منحنی تغییرات نرخ سایش-خوردگی بر حسب تغییرات مقدار pH در 140°C ۲۵۲
- تصویر ۱.۱۸. رسوب‌نشینی در یک خط لوله آب تغذیه ۲۵۶
- تصویر ۲.۱۸. انباشتگی رسوب در شیر یک‌طرفه به دلیل انتقال قطرات آب بویلر توسط بخار ۲۵۸
- تصویر ۳.۱۸. نمودارهایی که نشان می‌دهند چگونه ایجاد یک لایه بسیار نازک رسوب کریستالی در
 سطح داخلی لوله باعث افزایش خطرناک دماهای فلز لوله می‌شود. ۲۶۱
- تصویر ۴.۱۸. یک لوله بویلر آسیب‌دیده ۲۶۱

- تصویر ۵.۱۸. حلالیت تری سدیم فسفات به‌عنوان تابعی از دما ۲۶۵
- تصویر ۶.۱۸. نسبت میان کربنات-سولفات برای آب‌های بویلر ۲۶۹
- تصویر ۷.۱۸. واکنش EDTA با کلسیم ۲۷۱
- تصویر ۸.۱۸. واکنش NTA با کلسیم ۲۷۱
- تصویر ۹.۱۸. اولین امتیاز ثبت‌شده برای درمان آب بویلر در اداره ثبت اختراعات امریکا (سال ۱۸۴۶) ۲۷۴
- تصویر ۱۰.۱۸. زنجیرهای پلیمری که از راسب‌شدن رسوبات کریستالی پیشگیری می‌کنند ۲۷۵
- تصویر ۱۱.۱۸. عکس‌های میکروسکوپی نشان‌دهنده ساختمان رسوب کریستالی کلسیم درمان‌نشده (سمت چپ) درمان‌شده با ایزوکوئست HT (سمت راست) به‌صورت ESM 300X ۲۷۶
- تصویر ۱۲.۱۸. اثر ضربه‌ای ناشی از برخورد شعله با فلز ۲۸۴
- تصویر ۱.۱۹. رسوبات موجود بر سمت آب بویلر ماهیتاً بلورین یا بی‌شکل هستند. ۲۹۲
- تصویر ۲.۱۹. غلظت‌های بالای جامدات و افزایش دمای موضعی باعث فوق اشباع‌شدن و راسب‌شدن موضعی نمک‌های تشکیل‌دهنده رسوبات کریستالی می‌شوند. ۲۹۲
- تصویر ۳.۱۹. رسوب‌نشینی به‌عنوان کاهش‌دهنده انتقال حرارت از گازهای حاصل احتراق به آب بویلر عمل می‌کند. رسوبات اغلب چنان حدی از عایق‌سازی به‌وجود می‌آورند که باعث سوختن ناشی از حرارت بیش‌ازحد دیدن فلز لوله می‌شوند. ۲۹۵
- تصویر ۴.۱۹. نیروهای مخالف روی ذرات حمل‌شونده توسط آب عمل می‌کنند. بارهای سطحی اغلب تمایل دارند ذره را به رسوب جذب کنند. جریان آب برای جلوگیری از راسب‌شدن ذرات عمل می‌کند. ۲۹۶
- تصویر ۵.۱۹. طیف‌سنجی نشری برای تعیین عناصر تشکیل‌دهنده رسوب استفاده می‌شود. ۲۹۶
- تصویر ۶.۱۹. یک نمونه طیف حاصل از روش تفرق اشعه ایکس که برای شناسایی انواع خاص رسوبات کریستالی استفاده می‌شود. ۲۹۸
- تصویر ۷.۱۹. تولید بخار در یک مدار تمیز ۲۹۹
- تصویر ۸.۱۹. تولید بخار در یک مدار دارای رسوب سنگین ۲۹۹
- تصویر ۹.۱۹. آرایش گردشی یو شکل لوله‌ها می‌تواند به‌سهولت در این بویلر مشاهده شود. سمت سرد در قسمت چپ، و سمت گرم و داغ در قسمت راست تصویر قرار دارد. ۳۰۰
- تصویر ۱۰.۱۹. منحنی تغییرات سرعت گردش آب برحسب گرمای منتقل‌شده در مدار بویلر ۳۰۱
- تصویر ۱۱.۱۹. (سمت چپ تصویر) عکس اسکن‌شده گرفته‌شده با میکروسکوپ الکترونی (چهار هزار مرتبه بزرگ‌تر شده) از بلورهای کلسیم فسفات-منیزیم سیلیکات تشکیل‌شده در آب بویلر بدون آنکه با یک ماده پخش‌کننده رسوب درمان شده باشد. (سمت راست تصویر) همان بلورها وقتی با یک پلیمر سولفونات‌تازه ابداع‌شده درمان شده‌اند، رشد بلور کنترل شده است. ۳۰۴

تصویر ۱۲.۱۹. درحالی که پلیمرهای بسیاری برای به‌کارگیری در درمان آب بویلر در دسترس قرار دارند، اما آنها کارایی یکسانی ندارند. ۳۰۴

تصویر ۱۳.۱۹. ترکیب مادهٔ کمپلکس چنگکی‌ساز/ پلیمر می‌تواند مناسب‌ترین شرایط ایجاد یک محیط عاری از رسوب در یک روش کنترل درمان داخلی را تأمین کند. ۳۰۶

تصویر ۱۴.۱۹. بویلرهای ساخته‌شده برای انجام آزمایش‌های عملی راه برای ارزیابی عملکرد برنامه‌های درمان با استفاده از مواد شیمیایی در شرایط سخت به‌کار گرفت. ۳۰۸

تصویر ۱۵.۱۹. بیشتر فلزهای نشان داده شده در سمت چپ تصویر دارای شش موضع فعال کوردیناسیونی پیوندپذیرنده هستند. اتیل‌دی آمین‌تترااستیک اسید (EDTA) می‌تواند به‌طور مؤثری به درون هریک از این مواضع شش‌گانهٔ کوردیناسیونی وارد شود و یک کمپلکس پایدار به‌وجود آورد. ۳۰۸

تصویر ۱۶.۱۹. ترکیب مواد کمپلکس چنگکی‌ساز/ پلیمر می‌تواند به مقدار زیادی حفاظت از تشکیل شدن رسوبات آهنی را تأمین کند. اما در عین حال، انتخاب پلیمر مناسب نیز مهم است. حتی خانوادهٔ یکسانی از پلیمرها مانند پلی‌متاکریلات (PMA) می‌تواند متشکل از اجزایی با محدوده وسیع کارایی‌های متفاوت باشد. ۳۱۰

تصویر ۱۷.۱۹. رسوبات متخلخل شرایطی را به‌وجود می‌آورند که باعث تغلیظ بسیار بالای جامدات آب بویلر، مانند سدیم هیدروکسید (NaOH)، می‌شوند. ۳۱۱

تصویر ۱۸.۱۹. سطوح انتقال حرارت یک بویلر ویژهٔ آزمایشات عملی که در معرض آب تغذیهٔ دارای ناخالصی آهن قرار داده شده است (بزرگ‌نمایی ۸۰۰ برابر). رسوب‌نشینی سنگین اکسید آهن هنگامی که پلیمری به‌کار گرفته نشده است (سمت چپ تصویر) رخ داده است. با استفاده از پلیمر کروکسیلاته‌شده (سمت راست تصویر) یک سطح عملاً تمیز تأمین شده است. ۳۱۳

تصویر ۱.۲۰. یک نمودار طرح کلی از یک نیروگاه ذغال‌سوز ۳۱۶

تصویر ۲.۲۰. یک نمودار طرح کلی از یک نمونه چگالنده در یک واحد تولید جریان برق ۳۲۲

تصویر ۳.۲۰. سایش-خوردگی بعد از غلاف درون‌لوله‌ای نایلونی تعبیه‌شده در داخل لولهٔ چگالندهٔ بخار از جنس برنج آلومینیومی خنک‌شونده با آب دریا. ۳۲۴

تصویر ۴.۲۰. نمونه‌ای از حفره‌دارشدن در فولاد ضد زنگ استینلس از نوع AISI-316 که در محیط آب دریا به‌خدمت گرفته شده است. ۳۲۷

تصویر ۵.۲۰. خوردگی دو فلزی یک صفحهٔ لوله از جنس مونترمتال، که به لوله‌هایی از جنس فولاد ضد زنگ Al6X متصل شده است، پس از یک سال سرویس‌دهی. ۳۲۸

تصویر ۶.۲۰. مثال‌هایی از حملهٔ آمونیاک به آلیاژ برنج آدمیرالتی. (a) انتهای لوله که مورد حمله واقع نشده (سمت چپ تصویر) توسط صفحهٔ لوله حفاظت شده است. (b) شیاردارشدن ناشی از بخار چگالیده‌شده که در یک سمت یک صفحهٔ نگهدارنده روی داده است. ۳۳۱

- تصویر ۷.۲۰.** نمودار طرح کلی یک گرم‌کننده آب تغذیه سه‌ناحیه‌ای-ناحیه‌ها عبارت‌اند از: دی‌سوپرهیت‌کننده، چگالنده، و زیرخنک‌کننده..... ۳۳۲
- تصویر ۸.۲۰.** پوسته‌پوسته‌شدن لوله‌ها در یک گرم‌کننده بسته آب تغذیه..... ۳۳۵
- تصویر ۹.۲۰.** سایش-خوردگی لوله‌هایی از جنس فولاد کربنی در یک گرم‌کننده بسته آب تغذیه. با کسب مجوز ارائه از مؤسسه پژوهشی انرژی الکتریکی (EPRI)..... ۳۳۶
- تصویر ۱۰.۲۰.** سطح پوست‌ماری تشکیل‌شده توسط دوباره راسب‌شدگی محصولات خوردگی مس روی لوله‌های گرم‌کننده مجدد بخار از جنس آلیاژ مس. با کسب مجوز از مؤسسه پژوهشی انرژی الکتریکی (EPRI)..... ۳۳۸
- تصویر ۱۱.۲۰.** اثر pH بر سرعت خوردگی فولاد در آب با دمای $310^{\circ}C$. تغییرات ناگهانی و غیرمنتظره در شیمی آب که باعث افزایش یا کاهش pH آب بویلر یا رسوبات دیواره‌ای کوره بشود می‌تواند به خوردگی لوله‌های آب دیواره‌ای (واتروال) منجر شود..... ۳۴۱
- تصویر ۱۲.۲۰.** نمودار طرح کلی سازوکار خوردگی ناشی از سود. تغییرات ناگهانی سود در شرایط آب بویلر می‌تواند به تغلیظ یون‌های هیدروکسید در رسوب و تولید گاز هیدروژن واردشونده به درون آب بویلر منجر شود..... ۳۴۲
- تصویر ۱۳.۲۰.** طرح کلی سازوکار خوردگی از نوع آسیب‌دیدگی هیدروژنی. اسیدی‌شدن (pH پایین) شرایط آب بویلر می‌تواند به تغلیظ شدن یون‌های هیدروژن در رسوب و تولید اتم‌های هیدروژن در درون ماده تشکیل‌دهنده لوله منجر شود..... ۳۴۳
- تصویر ۱۴.۲۰.** یک نمودار طرح کلی نشان‌دهنده محل‌های خوردگی در اجزای توربین بخار P، معرف خوردگی حفره‌دار شدن؛ CF، معرف خوردگی خستگی؛ SCC، معرف ترک‌های ناشی از خوردگی تنش؛ C، معرف خوردگی شیاری؛ G، معرف خوردگی دو فلزی؛ E، معرف سایش؛ E-C، معرف سایش-خوردگی؛ SPE، معرف سایش ناشی از ذرات جامد..... ۳۴۸
- تصویر ۱۵.۲۰.** نمودار مولی‌یر نشان‌دهنده خط انبساطی توربین بخار فشار ضعیف، نواحی ترمودینامیکی تغلیظ‌شدن ناخالصی‌ها (که مقدار ناخالصی‌ها در داخل پرانتزها داده شده است)، و مکانیزم‌ها و سازوکارهای خوردگی..... ۳۵۳
- تصویر ۱۶.۲۰.** نمونه‌ای از شیاردار شدن در لوله‌های دیواره‌ای (واتروال). به ضخیم‌بودن و چسبندگی رسوبات کریستالی باقی‌مانده در بعضی مناطق توجه کنید..... ۳۵۷
- تصویر ۱۷.۲۰.** سطح مقطع ترک‌های پیرامونی روی سطح سمت آتش یک لوله دیواره‌ای (واتروال) کوره بویلر (مرجع ۷۲)..... ۳۵۷
- تصویر ۱۸.۲۰.** سطح مقطع سمت آتش یک لوله دیواره‌ای (واتروال) که در تماس با شرایط احتراق زیر نسبت مولی فورمولی احیاکننده قرار گرفته است. از چپ به راست: میکروگراف نوری رسوب و به ترتیب نقشه‌های نقطه‌ای عنصری اشعه ایکس آهن، کروم، و گوگرد، آورده شده است..... ۳۵۸

تصویر ۱۹.۲۰. سرعت‌های خوردگی فولاد کربنی در دو دما در یک بویلر زباله‌سوز شهری ۳۶۳

تصویر ۲۰.۲۰. لایه‌های رسوبی تشکیلی روی یک لوله سوپرهیتر یا ری‌هیتر در حال خورده‌شدن ۳۶۸

تصویر ۲۱.۲۰. نرخ‌های خوردگی آلیاژها در یک تست آزمایشگاهی با استفاده از خاکستر مصنوعی (۳۷/۵ درصد مولی سدیم سولفات، ۳۷/۵ درصد مولی پتاسیم سولفات، و ۲۵ درصد مولی اکسید فریک) در یک گاز حاصل احتراق مصنوعی (۸۰ درصد نیتروژن، ۱۵ درصد دی‌اکسید کربن، ۴ درصد اکسیژن، و ۱ درصد دی‌اکسید گوگرد اشباع‌شده در آب). مدت زمان تماس: پنجاه ساعت ۳۷۰

تصویر ۲۲.۲۰. سه شکل از خوردگی داغ در پره‌های توربین از جنس یودیمت 710 Udimet. (الف) نوع لایه‌ای (ب) نوع انتقالی و گذرا (ج) نوع غیرلایه‌ای ۳۷۶

تصویر ۲۳.۲۰. یک نمودار طرح کلی از محصولات خوردگی تشکیل‌شده در سه نوع خوردگی داغ پره‌های توربین. (الف) نوع لایه‌ای (ب) نوع انتقالی و گذرا (ج) نوع غیرلایه‌ای ۳۷۷

تصویر ۲۴.۲۰. تنزل در مدت زمان مقاومت در برابر گسسته‌شدن برای سوپرآلیاژهای مختلف به دلیل قرار گرفتن در معرض خوردگی داغ در 705°C ۳۸۲

تصویر ۲۵.۲۰. نمودار طرح کلی یک بویلر فسیلی سوز مولد جریان برق نشان‌دهنده سطوح حساس به خوردگی نقطه شبنمی (سطوح سیاه‌رنگ‌شده) ۳۸۴

تصویر ۲۶.۲۰. طرح کلی یک جعبه یکپارچه هنگر بار (hanger bar packing box) که سطوح حساس به خوردگی را نشان می‌دهد ۳۸۵

تصویر ۲۷.۲۰. نمودار طرح کلی یک گرم‌کننده هوا از نوع ژانگستروم که مواضع خورده‌شونده در محل آب‌بندی هوا و در محل حلقه سرد انتهایی را نشان می‌دهد ۳۸۶

تصویر ۲۸.۲۰. نمودار طرح کلی یک راسب‌کننده الکترواستاتیکی که سطوح در معرض خوردگی اضافی (سایه‌زده‌شده در شکل) را نشان می‌دهد ۳۸۸

تصویر ۲۹.۲۰. نمودار طرح کلی یک دودکش که مواضع مبتلا شونده به خوردگی (به‌صورت سایه‌زده‌شده) در آن نشان داده شده است ۳۹۰

تصویر ۳۰.۲۰. منحنی تغییر شکل داده‌شده نشان‌دهنده نرخ خوردگی یک سطح فولاد کربنی تخت تمیز شده که در یک تست آزمایشگاهی در تماس با یک گاز حاصل احتراق عاری از گرد و خاک قرار داده شده است. زیاد شدن نرخ خوردگی در دماهای پایین‌تر در حضور کلریدریک / اسید در شکل نشان داده شده است. تغییر رفتار خوردگی نقطه شبنمی کلاسیک در نیروگاه‌های ذغال‌سوز نیز نشان داده شده است ۳۹۱

تصویر ۳۱.۲۰. نمودار طرح کلی یک سیستم FGD تر. (۱) کانال واردکننده، (۲) ورودی قسمت جاذب، (۳) بدنه قسمت جاذب، (۴) قسمت حذف‌کننده قطرات آب موجود در گاز، (۵) خروجی قسمت جاذب، (۶) کانال خروجی، (۷) بازگرم‌کننده‌ها و کانال مربوطه، (۸) مسیر ورودی به دودکش، (۹) مخازن مواد قلیایی، (۱۰) مخازن بازیافت، (۱۱) لوله‌کشی محلول دوغابی، (۱۲) نازل‌های پاشش‌کننده محلول دوغابی، (۱۳) میزان‌کننده‌های جریان گاز خروجی ۳۹۷

- تصویر ۳۲.۲۰. نمودار طرح کلی یک دودکش نمونه ۴۰۶
- تصویر ۳۳.۲۰. نرخ رشد ترک برحسب شدت تنش برای دو حلقه نگهدارنده فولادی ژنراتور در سه محیط مختلف. در هیدروژن خشک، هیچ‌یک از مواد به‌کار گرفته‌شده رشد ترکی در K تا $100MP_a\sqrt{m}(91ksi\sqrt{in.})$ از خود نشان نمی‌دهند. اما در همین حال، آلیاژ Cr5-Mn18 در هیدروژن مرطوب و آب رشد ترک را به نمایش می‌گذارد، حال آنکه فولاد Cr18-Mn18 چنین عملی را انجام نمی‌دهد. ۴۰۹
- تصویر ۱.۲۱. خواص شکست تنشی فولاد دارای یک درصد کروم، یک‌چهارم درصد مولیبدن. منحنی‌های شکست تنشی از توابع چندنمایی مشتق شده‌اند که نشان داده شده‌اند که با منحنی‌های پارامتریک ایزو (سازمان استانداردهای بین‌المللی) همخوانی دارند. برای طول عمرهای بالاتر از ۱۰۰ هزار ساعت، منحنی‌ها از طریق برون‌یابی گسترش‌یافته به‌دست آمده‌اند. منحنی‌ها را به‌طور مناسبی به‌عنوان تابعی چندنمایی از لگاریتم تنش بیان کرد که می‌تواند به‌سهولت برای پیش‌بینی عمر شکست خزشی اجزای دما بالا محاسبه شود. چنین داده‌هایی برای مواد تشکیل‌دهنده لوله‌ها و سیستم‌های لوله‌کشی معمول در دسترس قرار دارند. ۴۲۷
- تصویر ۲.۲۱. ۱۰۰ هزار ساعت تحت تنش‌های گسستگی قراردادن مواد تشکیل‌دهنده بویلر. در یک تنش معین برای هر فولادی یک محدوده‌ی حدی دمایی وجود دارد و مقاومت خزشی به‌ترتیب زیر اصلاح و گسترش می‌یابد: فولاد کربنی، فولادهای فریتی کم‌آلیاژ، فولادهای استینلس فریتی، فولادهای استینلس اوستنییتی. ۴۲۸
- تصویر ۳.۲۱. منحنی نوعی طراحی برای فولاد کربنی. تنش طراحی انتخابی کمترین مقدار سه کمیت زیر است: الف) $\left[\frac{\text{تنش کششی} - (\text{حداقل دمای معمول محیط})}{۲/۷} \right]$ برای فولادهای کربنی و کم‌آلیاژ. ب) $\left[\frac{\text{حداقل } 1\% \text{ تنش در دمای معمول فولادهای اوستنییتی}}{۱/۳۵} \right]$ ج) $\left[\frac{\text{تنش متوسط برای گسست در عمر مفید طراحی‌شده در دمای معین}}{۱/۳} \right]$. تجربه نشان داده است که دو خاصیت یک ماده سازنده که در طراحی یک بویلر با عمر مفید احتمالاً بالاترین اهمیت را دارا هستند. عبارتند از: حداقل تنش قابل تحمل و تنش متوسط برای گسست در عمر طراحی‌شده برای یک جزء ۴۲۹
- تصویر ۴.۲۱. مقایسه مقاومت در برابر خوردگی تنشی مواد حلقه انتهایی ۴۳۹
- تصویر ۵.۲۱. یک مجموعه مولد جریان برق متشکل از یک توربین گاز (Rolls Royce) 30MW ۴۴۲
- تصویر ۱.۲۲. خوردگی اختلاف غلظتی اکسیژن در یک قطره آب ۴۴۸
- تصویر ۲.۲۲. انتخاب فرایندهای نگهداری ۴۵۰
- تصویر ۳.۲۲. سیستم تأمین هوای رطوبت‌زدایی شده ۴۵۶
- تصویر ۱.۲۳. حفره‌دار شدن اکسیژنی در یک لوله بویلر فولاد کربنی ۴۶۰
- تصویر ۲.۲۳. خارج کردن اکسیژن توسط هیدرازین ۴۶۴
- تصویر ۳.۲۳. خارج کردن اکسیژن توسط هیدرازین ۴۶۴

- تصویر ۴.۲۳. خارج کردن اکسیژن توسط هیدرازین ۴۶۵
- تصویر ۵.۲۳. خارج کردن اکسیژن توسط آمیزین در pH های مختلف ۴۶۵
- تصویر ۶.۲۳. رابطه قلیائیت pH و دی‌اکسیدکربن آزاد ۴۷۰
- تصویر ۷.۲۳. خوردگی فولاد نرم مرتبط با غلظت دی‌اکسیدکربن ۴۷۱
- تصویر ۸.۲۳. کربنیک اسید علت خورده شدن رزوه لوله ۴۷۱
- تصویر ۹.۲۳. خوردگی توربین در اثر دی‌اکسیدکربن موجود در بخار ۴۷۲
- تصویر ۱۰.۲۳. اثر نسبت آمین / دی‌اکسیدکربن بر روی pH آب دارای ۱۵ ppm دی‌اکسیدکربن ۴۷۴
- تصویر ۱۱.۲۳. بازدارنده آمین فرآر / لایه‌ساز ۴۷۷
- تصویر ۱۲.۲۳. بویلر ترک‌دار شده توسط حمله سود ۴۸۱
- تصویر ۱۳.۲۳. بخشی از صفحه پوسته که با حمله سود ترک‌دار شده است. ۴۸۱
- تصویر ۱۴.۲۳. ایجاد شکست بسیار سریع در فولاد اوستنیتی از نوع ۳۱۶ در اثر خوردگی تنش که با آب دارای مقادیر زیاد هالوژن و اکسیژن در تماس قرار می‌گیرد. ۴۸۵
- تصویر ۱۵.۲۳. تورم هیدروژنی، نوعی خوردگی است که در بویلرهای فشار قوی روی می‌دهد. مشخصه این نوع خوردگی ایجاد رسوب کریستالی اکسید آهن مگنتیکی چگال و سنگین در سطوح متمرکز موضعی است که در اثر آن فلز فولاد کربنی کربن‌زدایی شده و به صورت بین‌دانه‌ای اکسیده می‌شود. ۴۸۶
- تصویر ۱۶.۲۳. اثر حمله خوردگی بر فلز قرار گرفته در زیر یک رسوب رسوب اکسیدی ۴۸۷
- تصویر ۱۷.۲۳. شکست تورمی ناشی از سود، نوعی خوردگی است که در فشارهای پایین یا بالا روی می‌دهد و به شیارهایی مربوط می‌شود که سود می‌تواند در آن‌ها تغلیظ شود. این نوع خوردگی در حالت کلی یک حمله بین‌دانه‌ای است، اگرچه می‌تواند به صورت کنار دانه‌ای نیز گسترش یابد. ۴۸۹
- تصویر ۱.۲۴. رابطه هدایت الکتریکی، pH و آمونیاک در 25°C ۵۰۲
- تصویر ۱.۲۵. حمله به فولاد نرم توسط اسید و قلیا در 310°C ۵۱۲
- تصویر ۲.۲۵. سازوکار جریان متخالف رشد لایه محافظ مگنتیت ۵۱۴
- تصویر ۳.۲۵. لایه اکسید محافظ روی فولاد نرم (لایه دوتایی) ۵۱۴
- تصویر ۴.۲۵. لایه اکسید محافظ روی فولاد دارای کروم (لایه سه‌تایی) ۵۱۴
- تصویر ۵.۲۵. منحنی روش درمان «کنترل مشارکتی فسفات» پیشنهادی برای عملکرد بین ۶۹ و ۱۲۴ بار ۵۱۶
- تصویر ۶.۲۵. منحنی روش درمان «کنترل مشارکتی فسفات» پیشنهادی برای عملکرد بین ۱۲۴ و ۱۷۹ بار ۵۱۷
- تصویر ۷.۲۵. منحنی روش درمان «کنترل مشارکتی فسفات» پیشنهادی برای عملکرد بین ۱۷۹ و ۲۰۰ بار ۵۱۷
- تصویر ۱.۲۶. بویلر یکبارگذر ۵۲۴

تصویر ۲.۲۶. وابستگی میان خوردگی برنج و مقدار pH هنگامی که با آمونیوم هیدروکسید قلیایی شده است.....	۵۲۶
تصویر ۱.۲۷. نمای درون یک درام بویلر.....	۵۳۳
تصویر ۲.۲۷. حلالیت اکسیژن حل شده در آب.....	۵۳۳
تصویر ۳.۲۷. گرم کننده هوازداى از نوع سینی دار.....	۵۳۴
تصویر ۴.۲۷. گرم کننده هوازداى از نوع سینی دار.....	۵۳۴
تصویر ۱.۲۸. اثبات جبری فرمول تعیین تخلیه آب تغلیظ شده.....	۵۴۰
تصویر ۲.۲۸. خطوط راهنما برای کیفیت آب در بویلرهای آب درون لوله‌ای صنعتی مدرن برای یک عملکرد قابل اطمینان مستمر.....	۵۴۱
تصویر ۳.۲۸. اثر غلظت ماده ضد کف بر خلوص بخار.....	۵۴۲
تصویر ۴.۲۸. صرفه جویی‌های ناشی از نصب تجهیزات خودکار تخلیه آب تغلیظ شده.....	۵۴۵
تصویر ۵.۲۸. یک سیستم بازیافت گرما از تخلیه آب تغلیظ شده بویلر با استفاده از یک مخزن تبخیر ناگهانی و یک مبدل حرارتی.....	۵۴۶
تصویر ۶.۲۸. محاسبه صرفه جویی‌های احتمالی به وجود آمده در مقدار سوخت مصرفی از طریق بازیافت انرژی گرمایی از آب تغلیظ شده به طور مستمر تخلیه شونده. اساس- تعیین مقدار صرفه جویی در یک روز.....	۵۴۷
تصویر ۷.۲۸. بخار تبخیرشدنی قابل بازیافت از سیستم‌های تخلیه مستمر آب تغلیظ شده.....	۵۴۸
تصویر ۸.۲۸. محاسبه صرفه جویی‌های احتمالی به وجود آمده در مقدار سوخت مصرفی با انجام کاهش در مقدار تخلیه آب تغلیظ شده. اساس- تعیین مقدار صرفه جویی در یک روز.....	۵۴۹
تصویر ۹.۲۸. یک درام بخار نوعی نشان دهنده محل استقرار تخلیه مستمر آب تغلیظ شده.....	۵۵۰
تصویر ۱۰.۲۸. تنظیم خودکار تجهیزات تخلیه آب تغلیظ شده بویلر.....	۵۵۲
تصویر ۱.۲۹. تغذیه کننده مخزنی نصب شده در امتداد یک پمپ.....	۵۶۱
تصویر ۲.۲۹. دستگاه مکنده از نوع آب پرفشار.....	۵۶۲
تصویر ۳.۲۹. مکنده، لوله و جمع کننده استفاده شونده برای برداشتن و ترکردن پودرهای پلی الکترولیت.....	۵۶۳
تصویر ۴.۲۹. پمپ دیافراگمی با نیروی محرکه حالت جامد.....	۵۶۵
تصویر ۵.۲۹. پمپ دیافراگمی برای کاربردهای فشار قوی.....	۵۶۶
تصویر ۶.۲۹. پمپ دیافراگمی هوامحرکه‌ای.....	۵۶۶
تصویر ۷.۲۹. پمپ دوار.....	۵۶۸
تصویر ۸.۲۹. نمودار جریان یک تغذیه کننده فشار ثابت استفاده کننده از یک تنظیم کننده فشار معکوس و یک پمپ.....	۵۶۹

- تصویر ۹.۲۹. تغذیه‌کننده تناسبی از نوع ریزشی ۵۷۰
- تصویر ۱۰.۲۹. مخزن پلی‌اتیلنی با قاب فولادی نگهدارنده ۵۷۴
- تصویر ۱۱.۲۹. افشانکی برای تزریق مواد شیمیایی مایع به درون یک جریان گازی ۵۷۵
- تصویر ۱۲.۲۹. یک مخزن بزرگ درون واحدی برای نگهداری درمانگر شیمیایی مایع ۵۷۸
- تصویر ۱۳.۲۹. لوله‌کشی نوعی کنترل شیمیایی سیستم بویلر ۵۸۰
- تصویر ۱۴.۲۹. تزریق شیمیایی به درون یک سیستم برج خنک‌کننده ۵۸۴
- تصویر ۱۵.۲۹. یک سیستم پیش ساخته شده کنترل آب خنک‌کننده ۵۸۴
- تصویر ۱۶.۲۹. تأسیسات انتقال انبوه سولفوریک اسید تجارتي ۵۸۶
- تصویر ۱۰.۳۰. بویلر خودکار مستقر شده میان تجهیزات کنترل کننده و دستگاه اندازه‌گیری جریان ۵۹۳
- تصویر ۲.۳۰. تغییرات pH در یک سیستم برج خنک‌کننده ۵۹۳
- تصویر ۳.۳۰. حسگر pH درون جریانی ۵۹۴
- تصویر ۴.۳۰. سیستم کنترل مقدار آب برای برج خنک‌کننده ۵۹۷
- تصویر ۱.۳۱. پمپ دیافراگمی دوتایی به‌طور هیدرولیکی فعال شده ۶۰۶
- تصویر ۲.۳۱. پمپ پیستونی یک طرفه ۶۰۶
- تصویر ۳.۳۱. پمپ دیافراگمی به‌طور مکانیکی فعال شده ۶۰۷
- تصویر ۴.۳۱. الف. مجموعه سوار شده افشانک و متوقف‌کننده جریان ۶۰۷
- تصویر ۴.۳۱. ب. شیر تحتانی (foot valve) ۶۰۷
- تصویر ۴.۳۱. ج. صافی یگانه (یک واشره) ۶۰۸
- تصویر ۵.۳۱. شیر ضد سیفونی ۶۰۸
- تصویر ۸.۳۱. شیر آزادکننده فشار دیافراگمی از نوع پی وی سی ۶۰۸
- تصویر ۵.۳۱. یک بسته‌بندی یکپارچه سیستم تغذیه شیمیایی ۶۰۹
- تصویر ۶.۳۱. اجزای یک سیستم تغذیه ضربتی ۶۱۰
- تصویر ۷.۳۱. تغذیه‌کننده کنارگذری ۶۱۰
- تصویر ۸.۳۱. دستگاه گاز کلرزی عمل کننده تحت خلأ ۶۱۱
- تصویر ۹.۳۱. کنترل خودکار تخلیه مستمر آب تغلیظ شده بویلر ۶۱۳
- تصویر ۱۰.۳۱. یک نمونه دستگاه کنترل کننده تحلیلگر pH آب خنک‌کننده ۶۱۵
- تصویر ۱۱.۳۱. سیستم تغذیه اندازه‌گیر/ قطع و وصل کننده/ اندازه‌گیر زمان ۶۱۵
- تصویر ۱۲.۳۱. یک نمونه از سیستم مولد بخار فشار متوسط ۶۱۸
- تصویر ۱۳.۳۱. یک واحد تجزیه کیفی و کمی آب ۶۱۸
- تصویر ۱۴.۳۱. یک نمونه از چیدمان تغذیه ۶۱۹
- تصویر ۱۵.۳۲. یک نمونه از سیستم خنک‌کننده گردشی باز ۶۲۰

- تصویر ۱۶.۳۱. یک نمونه از سیستم خنک‌کننده گردشی باز. کنترل pH و هدایت الکتریکی به‌طور خودکار انجام می‌شود. تزریق مواد بازدارنده و ضد رسوب غیر کریستالی به‌طور مستمر و کنترل آن‌ها به‌صورت دستی انجام می‌شود. ۶۲۱
- تصویر ۱۷.۳۱. یک نمونه از سیستم کلرزنی به آب خنک‌کننده با کنترل خودکار روشن-خاموش ... ۶۲۱
- تصویر ۱۸.۳۱. یک نمونه از سیستم خودکار تغذیه و کنترل برج خنک‌کننده ۶۲۲
- تصویر ۱.۳۲. محل نمونه‌برداری و نقاط تزریق اصلی برای سیستم‌های بویلر درام‌دار ۶۲۶
- تصویر ۲.۳۲. محل نمونه‌برداری و نقاط تزریق اصلی برای سیستم‌های بویلر یکبارگذر ۶۲۷
- تصویر ۳.۳۲. دستگاه نمونه‌گیر برای استفاده در مورد نمونه‌برداری‌هایی که نرخ جریان و فشار در آن‌ها توسط شیرها کنترل می‌شود. ۶۳۰
- تصویر ۴.۳۲. دستگاه نمونه‌گیری مویینه‌ای برای سیستم‌های فشار قوی ۶۳۱
- تصویر ۵.۳۲. یک نوع چیدمان تجهیزات برای بهسازی شرایط نمونه ۶۳۳
- تصویر ۶.۳۲. یک نمونه از تجهیزات الکترونیکی سنجشگری شیمیایی نصب‌شده ۶۳۵
- تصویر ۷.۳۲. نمای جانبی یک پیل هدایت الکتریکی خط ساده جریان (ABB Kent-Taylor) ۶۳۶
- تصویر ۸.۳۲. تغییرات هدایت الکتریکی با دما برای آب خالص با ضرایب دمایی به‌کار گرفته‌شده ۰/۰۲ و ۰/۰۴ برای هر °C ۶۳۸
- تصویر ۹.۳۲. ترتیب چیدمان تجهیزات پیش و پس از اندازه‌گیری‌های هدایت الکتریکی کاتیونی ... ۶۳۹
- تصویر ۱۰.۳۲. انواع الکترودهای گزینش یون ۶۴۱
- تصویر ۱۱.۳۲. الکتروُد مرجع کالومل ۶۴۳
- تصویر ۱۲.۳۲. نمودار جریان برای یک تجزیه‌کننده کیفی و کمی سدیم (ABB Kent-Taylor) ۶۴۴
- تصویر ۱۳.۳۲. نمودار جریان برای یک تجزیه‌کننده کیفی و کمی سیلیس (ABB Kent-Taylor) ۶۴۶
- تصویر ۱۴.۳۲. ساختمان حسگر اکسیژن از نوع Mackereth ۶۴۸
- تصویر ۱۵.۳۲. اصول عملکرد حسگر اکسیژن از نوع Mackereth ۶۴۸
- تصویر ۱۶.۳۲. دستگاه حسگر هیدرازین ۶۴۹
- تصویر ۱۷.۳۲. اجزای مهم دستگاه کروماتوگراف یون ۶۵۱
- تصویر ۱۸.۳۲. یک نمونه از کروماتوگرام یون برای جدایش ساده آنیونی ۶۵۲

پیشگفتار

مطالب مندرج در مجموعه کتاب‌هایی با عنوان شیمی نیروگاه، یا در واقع *دایرةالمعارف شیمی نیروگاه*، تنها به صنعت نیروگاه اختصاص ندارند، بلکه به هر صنعتی که در آن یک یا چند عامل از عواملی مانند آب، بخار، گاز حاصل احتراق، مواد فلزی و غیرفلزی، گازهای خورنده، هوا و غیره در تماس با یکدیگر قرار داشته باشند مرتبطاند. در صنعت نیروگاه، به دلیل شرایط خاص عملکرد نیروگاه‌ها، مشکلات در بالاترین سطح وجود دارند و پیشرفته‌ترین فناوری‌ها برای حل آن‌ها به کارگرفته می‌شوند، در واقع تقریباً مهم‌ترین مسائل صنایع کوچک و بزرگ دیگر و گسترده‌ترین راه‌حل‌ها، زیرمجموعه‌ای از مطالب شیمی نیروگاه به‌شمار می‌آید و شیمی نیروگاه در بالاترین سطح آن‌ها را تحت پوشش قرار می‌دهد. در نظر است مجموعه کتاب‌های شیمی نیروگاه، موضوع‌ها، مشکلات و کنترل آن‌ها در سیستم‌های خنک‌کننده؛ سیستم‌های مولد بخار؛ رزین‌های معاوضه یون؛ اسمز معکوس؛ روش‌های کنترل شیمیایی؛ پالایش بخار چگالیده‌شده؛ تمیزسازی فیزیکی و شیمیایی؛ سوخت‌ها و روغن‌ها؛ اصول شیمیایی کاربردی در شیمی نیروگاه؛ فرهنگ اصطلاحات شیمی نیروگاه را شامل شود. حال کدام صنعت کوچک و بزرگ است که با یک یا چند یا با همه این موضوع‌ها دست‌به‌گریبان نباشد و به‌دنبال راه‌حل این مشکلات نگردد؟

در هر کتاب از مجموعه کتاب‌های شیمی نیروگاه روال بر این خواهد بود که یک موضوع به‌طور مستند از زوایا و دیدگاه‌های مختلف بحث شود تا شناختی نسبتاً جامع نسبت به موضوع مورد بررسی، مسائل مبتلابه آن و روش‌های کنترل آن‌ها به‌دست آید.

نخستین کتاب از این مجموعه، با عنوان رسوب، خوردگی و میکروارگانیسم‌ها در انواع سیستم‌های آب خنک‌کننده و روش‌های کنترل آن‌ها در دانشگاه شهید بهشتی چاپ شده است. کتاب پیش روی، دومین کتاب از این مجموعه با عنوان رسوب و خوردگی در سیستم‌های مولد بخار و روش‌های کنترل آن‌هاست. در این کتاب موضوع مورد مطالعه در سه بخش بررسی می‌شود.

در بخش نخست، از فصل ۱ تا ۲۰، پس از معرفی و شرح اجزای سیستم‌های مولد بخار، انواع مشکلات مبتلابه هر جزء و روش‌های پیشگیری از بروز آن‌ها به‌طور کلی و از دیدگاه‌های مختلف بررسی می‌شوند.

در بخش دوم، از فصل ۲۱ تا ۲۸، روش‌های کنترل رسوب و خوردگی در سیستم‌های مولد بخار، به‌صورت تفصیلی و اختصاصی، از دیدگاه‌های مختلف مطالعه می‌شوند.

در بخش سوم، از فصل ۲۹ تا ۳۲، موضوع بسیار مهمی که تا به حال کمتر به آن پرداخته شده، یعنی نمونه‌برداری، تغذیه و پایش مواد شیمیایی بررسی می‌شوند. امیدوارم این کتاب بتواند اهمیت موضوع رسوب و خوردگی در سیستم‌های مولد بخار و همه سیستم‌های مرتبط با این موضوع را برای فعالان و دست‌اندرکاران این‌گونه سیستم‌ها روشن کند و روش‌های کنترل ارائه‌شده، الگوهای نمونه‌ای باشند که آن‌ها را در حل مشکلاتشان یاری رسانند.

از صاحب‌نظران محترمی که نکات مورد نظر خود را در مورد مطالب کتاب از بنده دریغ نمی‌دارند، پیشاپیش تقدیر و تشکر می‌شود. (ali.zarei.t@gmail.com)

تدوین این کتاب جز با محبت‌ها، حمایت‌ها و تشویق‌های همسر و فرزندان عزیز و گرمی‌ام میسر نمی‌شد، به‌همین خاطر تا آخر عمر رهین محبت‌های آن‌ها خواهم بود، زیرا اوقاتی که به آن‌ها اختصاص داشت با پیگیری مجدانه و با ایثار و از خودگذشتگی و پافشاری خود آن‌ها صرف تهیه این کتاب‌ها شد.

علی زارعی تل‌آباد
زمستان ۱۳۹۶

بخش اول
انواع سیستم‌های مولد بخار

۱. تولید

۱.۱. مقدمه

نیاز روزافزون صنعت به انرژی، اهمیت بخار را به‌عنوان عامل اساسی انتقال انرژی برجسته کرده است. افزایش اخیر بهای نفت و تداوم تهدید و خطر نبود و کاهش منابع انرژی، بر اهمیت کارایی تولید بخار، افزوده است.

در زمینه طراحی بویلر و کارایی تجهیزات کمکی آن، روند اصلاحی به‌طور یکنواخت و تدریجی پیموده شده است. افزایش استفاده از «گرمای تلف‌شده» و بخار چگالیده‌شده برگشتی^۱ از راهکارهای ویژه‌ای هستند که در تولید بخار و تأمین هدف‌های فوق به‌کار گرفته شده‌اند. به‌طور مشابه، استفاده از پیش‌درمان‌های کامل‌تر و پالایش بهتر بخار چگالیده‌شده یا آب تغذیه^۲، مزایای بسیار زیادی فراهم می‌کنند، به‌ویژه هنگامی که با برنامه‌های درمان شیمیایی داخلی^۳، افزایش کارایی و انعطاف‌پذیری سیستم‌های مدرن تولید بخار^۴ همراه می‌شوند. در این فصل مشکلات موجود در تأمین افزایش کارایی و تجربه ناشی از به‌کارگیری روش‌های درمان شیمیایی داخلی ارائه خواهد شد.

۲.۱. اجزای تشکیل‌دهنده سیستم مولد بخار

پیش از بررسی روش درمان آب بویلر، بهتر است که بر کارکرد اجزای مهم یک سیستم نمونه مولد بخار^۵ توجه کنیم. در تصویر ۱.۱، سیستم نمونه فشار قوی (۶۰۰ psig و بالاتر) نشان داده شده است. در ادامه اجزای تشکیل‌دهنده این سیستم و نقش و عملکرد هر کدام به اجمال بررسی خواهد شد.

-
1. waste heat and returned condensate
 2. pretreatment and condensate or feedwater polishing
 3. internal chemical treatment programs
 4. efficiency and flexibility of the modern steam generating system
 5. steam generation system