**کتاب: مهندسی زمستیک (کرایوژنیک)-جلد اول**

|  |  |
| --- | --- |
| فهرست عناوين | صفحه |

[1 چكيده ‌أ](#_Toc435987517)

[2 پیشگفتار 24](#_Toc435987518)

[3 مقدمه 24](#_Toc435987519)

[4 تاریخچه 25](#_Toc435987520)

[5 شناسایی مواد زمستیک،خصوصیات و مشخصات 28](#_Toc435987521)

 [29](#_Toc435987522)

[1.1.5 اکسیژن 31](#_Toc435987523)

[2.1.5 نیتروژن 31](#_Toc435987524)

[3.1.5 فلور 31](#_Toc435987525)

[4.1.5 هیدروژن 31](#_Toc435987526)

[5.1.5 هلیوم 32](#_Toc435987527)

[6.1.5 متان 32](#_Toc435987528)

[6 شناسایی روشهای تولید مواد زمستیک 33](#_Toc435987529)

[1.6 سرماسازی و مایعسازی 33](#_Toc435987530)

[2.6 چرخههای بهبوددهنده 40](#_Toc435987531)

[1.2.6 مایعسازی گازها 40](#_Toc435987532)

[1.1.2.6 اصول مایعسازی 41](#_Toc435987533)

[2.2.6 مروری بر روشهای متداول و فنآوریهای تولید 45](#_Toc435987534)

[1.2.2.6 تراکم بخار 45](#_Toc435987535)

[3.2.6 بازدهی مبدل حرارتی 53](#_Toc435987536)

[4.2.6 فرآیند فشار دوگانه 56](#_Toc435987537)

[1.4.2.6 انبساط آنتروپی ثابت 59](#_Toc435987538)

[2.4.2.6 ترکیب انبساط آنتروپی ثابت و آنتالپی ثابت 60](#_Toc435987539)

[5.2.6 دیگر چرخههای مایعسازی 61](#_Toc435987540)

[1.5.2.6 چرخه کلاود بهبود یافته 61](#_Toc435987541)

[2.5.2.6 چرخه برودتی مختلط 62](#_Toc435987542)

[6.2.6 سامانههای بزرگ 66](#_Toc435987543)

[3.6 چرخههای بازیاب 66](#_Toc435987544)

[1.3.6 چرخه استرلینگ 67](#_Toc435987545)

[1.1.3.6 خصوصیات اصلی 69](#_Toc435987546)

[2.3.6 سرماساز فیلیپس 74](#_Toc435987547)

[3.3.6 اهمیت بازدهی بازیاب برای سرماساز فیلیپس 78](#_Toc435987548)

[4.3.6 سرماساز سولوای 79](#_Toc435987549)

[5.3.6 سرماساز جیفورد-مکموهان 80](#_Toc435987550)

[6.3.6 سرماساز وولمییر 83](#_Toc435987551)

[4.6 سرماسازهای اریکسون و پوستل 87](#_Toc435987552)

[5.6 سرماساز پالس تیوب 88](#_Toc435987553)

[1.5.6 چهار نوع سرماساز پالس تیوب 90](#_Toc435987554)

[پالس تیوب تشدید شده: 90](#_Toc435987555)

[پالس تیوب اوریفیس: 91](#_Toc435987556)

[پالس تیوب چند مرحلهای: 92](#_Toc435987557)

[2.5.6 مقایسه با دیگر سرماسازها 93](#_Toc435987558)

[7 تجهیزات تولید 95](#_Toc435987559)

[1.7 مشکلات طراحی 95](#_Toc435987560)

[2.7 کمپرسورها 96](#_Toc435987561)

[1.2.7 اصول کار کمپرسور 97](#_Toc435987562)

[2.2.7 منحنی های مربوطه 97](#_Toc435987563)

[3.2.7 چند مرحلهای کردن 97](#_Toc435987564)

[4.2.7 بازدهی 98](#_Toc435987565)

[5.2.7 کمپرسورهای رفت و برگشتی 98](#_Toc435987566)

[6.2.7 کمپرسورهای گریز از مرکز 99](#_Toc435987567)

[3.7 پمپهای زمستیک 100](#_Toc435987568)

[1.3.7 پمپهای جابهجایی مثبت 101](#_Toc435987569)

[2.3.7 پمپهای گریز از مرکز 103](#_Toc435987570)

[4.7 مبادله کنندههای حرارتی زمستیک 109](#_Toc435987571)

[1.4.7 انواع مبدلهای حرارتی دما پایین 110](#_Toc435987572)

[2.4.7 مبدل حرارتی لوله مارپیچ 111](#_Toc435987573)

[3.4.7 مبدلهای حرارتی هم مرکز 113](#_Toc435987574)

[4.4.7 مبدلهای صفحه-تیغه 114](#_Toc435987575)

[5.4.7 مبدلهای حرارتی معکوس 116](#_Toc435987576)

[6.4.7 احیاکنندهها 117](#_Toc435987577)

[1.6.4.7 تعیین اختلاف دما 120](#_Toc435987578)

[7.4.7 وسایل انبساطی 120](#_Toc435987579)

[1.7.4.7 ملاحظات طراحی عمومی موتور انبساط 120](#_Toc435987580)

[2.7.4.7 انبساط دهندههای رفت و برگشتی 121](#_Toc435987581)

[3.7.4.7 موتورهای انباسط رفت و برگشتی بدون روانساز 123](#_Toc435987582)

[4.7.4.7 موتورهای رفت و برگشتی روانکاری شده 125](#_Toc435987583)

[8.4.7 توربینهای انبساطی 126](#_Toc435987584)

[1.8.4.7 توسعه 126](#_Toc435987585)

[5.7 شیرهای زمستیک 127](#_Toc435987586)

[1.5.7 شیرهای ژول-تامسون 131](#_Toc435987587)

[6.7 مخازن زمستیک 133](#_Toc435987588)

[1.6.7 بعضی فاکتورهای عمومی در سامانههای ذخیرهسازی 133](#_Toc435987589)

[2.6.7 مخازن عایق خلاء 133](#_Toc435987590)

[3.6.7 مخازن با عایق متخلخل 133](#_Toc435987591)

[1.3.6.7 مخازن با قطر ثابت و طول متفاوت 133](#_Toc435987592)

[2.3.6.7 مقایسه نرخ تبخیر در مقابل اندازه برای انواع مخازن 134](#_Toc435987593)

[3.3.6.7 دوئرهای هلیوم با سپر نیتروژن مایع 138](#_Toc435987594)

[4.6.7 دوئر بزرگ عایق با پودر هیدروژن مایع جهت ترابری 140](#_Toc435987595)

[5.6.7 سپرهای زمستیکی 142](#_Toc435987596)

[6.6.7 سپرهای سرشده با بخار 143](#_Toc435987597)

[7.6.7 مخازن هلیوم مایع 143](#_Toc435987598)

[8.6.7 ترکیب عایق خلاء با پودر 144](#_Toc435987599)

[1.8.6.7 مقایسه نشت حرارتی 144](#_Toc435987600)

[2.8.6.7 لولههای تهویه سرد شده با بخار 146](#_Toc435987601)

[9.6.7 سامانههای پایههای نگهدارنده 147](#_Toc435987602)

[10.6.7 مایع لبریز 149](#_Toc435987603)

[1.10.6.7 چینهبندی حرارتی 149](#_Toc435987604)

[8 عایقبندی زمستیک 150](#_Toc435987605)

[1.8 انتقال حرارت بوسیله تابش 150](#_Toc435987606)

[2.8 انتقال حرارت با گاز باقیمانده در خلاء 155](#_Toc435987607)

[1.2.8 Outgasing 157](#_Toc435987608)

[2.2.8 گازبرها 158](#_Toc435987609)

[3.8 انتقال حرارت از طریق پایههای نگهدارنده 158](#_Toc435987610)

[1.3.8 مواد پایههای نگهدارنده 158](#_Toc435987611)

[2.3.8 نگهدارندههای کششی 159](#_Toc435987612)

[4.8 عایق مواد متخلخل تخلیه شده 162](#_Toc435987613)

[5.8 پودرها و فیبرها 163](#_Toc435987614)

[1.5.8 دیگر خصوصیات پودرهای عایق 167](#_Toc435987615)

[2.5.8 عایق ریزکره 168](#_Toc435987616)

[3.5.8 پودرهای گاز پرشده و مواد فیبری 168](#_Toc435987617)

[4.5.8 فومهای جامد 170](#_Toc435987618)

[6.8 عایقهای چند لایه 173](#_Toc435987619)

[1.6.8 جداکننده 174](#_Toc435987620)

[2.6.8 مواد جداکنندهها 175](#_Toc435987621)

[3.6.8 سپرهای تابشی 177](#_Toc435987622)

[4.6.8 بازدهی نوعی عایق چندگانه 177](#_Toc435987623)

[7.8 محصورسازی ایمنی 188](#_Toc435987624)

[8.8 سپرهای مایع 189](#_Toc435987625)

[9.8 سپرهای بخار 189](#_Toc435987626)

[10.8 استفاده از سرماسازی بخار 190](#_Toc435987627)

[11.8 عایقبندی ترکیبی 191](#_Toc435987628)

[1.11.8 عایقبندی خارجی 192](#_Toc435987629)

[2.11.8 عایقبندی داخلی 193](#_Toc435987630)

[12.8 مقایسه عایقها 194](#_Toc435987631)

[13.8 تکنولوژی خلاء برای عایقبندی زمستیک 200](#_Toc435987632)

[1.13.8 فشار بخار 202](#_Toc435987633)

[2.1.13.8 جریان گاز 205](#_Toc435987634)

[3.1.13.8 تخلیه حجم لامپ (حجمی که بتوان یکپارچه در نظر گرفت) 208](#_Toc435987635)

[2.13.8 پمپهای خلا 210](#_Toc435987636)

[1.2.13.8 پمپ مکانیکی با درزبند روغنی و پره چرخان 210](#_Toc435987637)

[2.2.13.8 پمپهای بوستر 212](#_Toc435987638)

[3.2.13.8 پمپهای جذب سطحی 214](#_Toc435987639)

[4.2.13.8 پمپهای پخش روغن 215](#_Toc435987640)

[5.2.13.8 پمپهای توربومولکولی 218](#_Toc435987641)

[6.2.13.8 پمپهای کشش مولکولی 220](#_Toc435987642)

[3.13.8 اجزا خلا دیگر 221](#_Toc435987643)

[4.13.8 گیجهای فشار 225](#_Toc435987644)

[2.4.13.8 گیج بوردن 226](#_Toc435987645)

[3.4.13.8 گیج دیافراگمی 227](#_Toc435987646)

[4.4.13.8 گیجهای رسانایی گرمایی 227](#_Toc435987647)

[5.4.13.8 گیج یونیزه کاتد داغ 229](#_Toc435987648)

[6.4.13.8 گیج کاتد سرد 231](#_Toc435987649)

[7.4.13.8 اندازهگیری فشار جزئی 232](#_Toc435987650)

[8.4.13.8 تشخیص دهندههای نشتی (LDs) 232](#_Toc435987651)

[9 تجهیزات ابزاردقیق زمستیک 233](#_Toc435987652)

[1.9 طراحی بهینه یک سامانه اندازهگیری 234](#_Toc435987653)

[2.9 تعیین اندازهگیری 234](#_Toc435987654)

[3.9 تفکیک پذیری 235](#_Toc435987655)

[4.9 پایداری یا باز تولیدپذیری یا درستی 235](#_Toc435987656)

[5.9 دقت 235](#_Toc435987657)

[6.9 انتخاب یک حسگر 235](#_Toc435987658)

[7.9 عدم قطعیت اندازهگیری 236](#_Toc435987659)

[1.7.9 تبدیلات عدم قطعیت به کمک حساسیتهای بدون بعد 236](#_Toc435987660)

[2.7.9 منابع عدم قطعیت اندازهگیری 237](#_Toc435987661)

[3.7.9 خود گرمایش حسگر 239](#_Toc435987662)

[1.3.7.9 عدم قطعیت تهییج 239](#_Toc435987663)

[2.3.7.9 نویز حرارتی 239](#_Toc435987664)

[3.3.7.9 ترموالکتریک و ولتاژهای اثر صفر 239](#_Toc435987665)

[4.3.7.9 حلقه های زمین شدگی و نویز الکترومغناطیسی 240](#_Toc435987666)

[5.3.7.9 عدم قطعیت کالیبراسیون 240](#_Toc435987667)

[4.7.9 ملاحظات موجود در سامانه های اندازهگیری 241](#_Toc435987668)

[1.4.7.9 سیم کشی 241](#_Toc435987669)

[2.4.7.9 روشهای اندازهگیری پالس 241](#_Toc435987670)

[3.4.7.9 مدار های کنترل 241](#_Toc435987671)

[4.4.7.9 الکترونیک سرد 242](#_Toc435987672)

[8.9 اندازهگیری کرنش زمستیک 242](#_Toc435987673)

[9.9 اندازهگیری دمای زمستیک 243](#_Toc435987674)

[1.9.9 مقاومتهای فلزی 248](#_Toc435987675)

[2.9.9 RTDهای پلاتینی 248](#_Toc435987676)

[3.9.9 حسگرهای خطی دمای زمستیک 249](#_Toc435987677)

[4.9.9 مقاومتهای نیمه رسانا 249](#_Toc435987678)

[5.9.9 ترمیستور 250](#_Toc435987679)

[6.9.9 دیودهای نیمهرسانا 250](#_Toc435987680)

[7.9.9 خازن ها 250](#_Toc435987681)

[8.9.9 ترموکوپل ها 251](#_Toc435987682)

[9.9.9 کالیبراسیون حسگر دما 251](#_Toc435987683)

[10.9 اندازهگیری فشار زمستیک 252](#_Toc435987684)

[1.10.9 حسگرهای فشارسنج کرنشی یا پیزو رزیستیو 252](#_Toc435987685)

[11.9 اندازهگیری دبی زمستیک 254](#_Toc435987686)

[1.11.9 دبی سنج جرمی 254](#_Toc435987687)

[1.1.11.9 دبی سنجهای تکانه زاویهای 254](#_Toc435987688)

[2.1.11.9 دبی سنجهای انتقال نرخ حرارت 254](#_Toc435987689)

[3.1.11.9 دبی سنجهای حرارتی یا کالری متری 255](#_Toc435987690)

[4.1.11.9 دبی سنجهای حجمی 255](#_Toc435987691)

[5.1.11.9 دبی سنجهای جابهجایی داپلری 255](#_Toc435987692)

[6.1.11.9 دبی سنجهای شارهای 255](#_Toc435987693)

[7.1.11.9 دبی سنجهای جابه جایی مثبت 255](#_Toc435987694)

[8.1.11.9 دبی سنجهای پالس دمایی 256](#_Toc435987695)

[9.1.11.9 دبی سنجهای توربینی 256](#_Toc435987696)

[10.1.11.9دبی سنجهای اختلاف فشاری (تفاضلی) 256](#_Toc435987697)

[11.1.11.9دبی سنج صفحهای روزنه 257](#_Toc435987698)

[12.1.11.9دبی سنجهای ونتوری 257](#_Toc435987699)

[13.1.11.9اجزای دبی سنجهای ورقهای 258](#_Toc435987700)

[12.9 اندازهگیری سطح یا ارتفاع زمستیک 258](#_Toc435987701)

[10 نگهداری و انتقال مواد زمستیک 259](#_Toc435987702)

[1.10 مواد سازگار با شرایط زمستیک 259](#_Toc435987703)

[1.1.10 فولادهای ضدزنگ نوع 304، L304، N304، L316، 316 و 321 259](#_Toc435987704)

[2.1.10 آلياژهاي پايه نيکلي 259](#_Toc435987705)

[3.1.10 آلیاژهای آلومینیوم 260](#_Toc435987706)

[4.1.10 مس 260](#_Toc435987707)

[5.1.10 آلياژهاي کبالت 260](#_Toc435987708)

[6.1.10 آلياژهاي تيتانيوم 260](#_Toc435987709)

[7.1.10 الاستومرها 261](#_Toc435987710)

[8.1.10 روانکاری 261](#_Toc435987711)

[9.1.10 کامپوزیت 261](#_Toc435987712)

[10.1.10 درزگیر سرد 261](#_Toc435987713)

[11.1.10 تکیهگاه 263](#_Toc435987714)

[2.10 خط لوله انتقال زمآبگونها 263](#_Toc435987715)

[1.2.10 افزایش فشار ناخواسته 264](#_Toc435987716)

[2.2.10 جریان دوفاز 265](#_Toc435987717)

[3.2.10 سرد کردن 266](#_Toc435987718)

[4.2.10 عدم دریافت مایع در انتهای لوله 267](#_Toc435987719)

[5.2.10 انتقال از طریق خطوط غیرعایق 267](#_Toc435987720)

[6.2.10 خطوط انتقال عایق با مواد متخلخل 267](#_Toc435987721)

[7.2.10 خطوط انتقال عایق خلاء 268](#_Toc435987722)

[8.2.10 ملاحظات طراحی 271](#_Toc435987723)

[1.8.2.10 طراحی جداکننده 271](#_Toc435987724)

[2.8.2.10 تابش لوله داخلی 272](#_Toc435987725)

[3.8.2.10 انقباضات حرارتی 272](#_Toc435987726)

[4.8.2.10 انتخاب مواد لولهها 272](#_Toc435987727)

[5.8.2.10 تنشهای ناشی از انقباض حرارتی 273](#_Toc435987728)

[11 امکان سنجی فرآیند تولید در محل برای مواد زمستیک 274](#_Toc435987729)

[1.11 بررسی امکان دسترسی و هزینه دسترسی به مواد زمستیک 274](#_Toc435987730)

[1.1.11 شرکتهای داخلی تولیدکننده زمآبگون 274](#_Toc435987731)

[جدول ‏11‌.‌2 واحدهای تولید اکسیژن و نیتروژن گازی و مایع در ایران (متر مکعب در سال)] 8[. 275](#_Toc435987732)

[2.1.11 برخی شرکتهای بینالمللی تولیدکننده زمآبگون 278](#_Toc435987733)

[3.1.11 امکان سنجی اقتصادی تولید مواد زمستیک در محل (با احتساب هزینه زیرساخت) 279](#_Toc435987734)

[4.1.11 امکانسنجی فنی تولید مواد زمستیک در محل 282](#_Toc435987735)

[1.4.1.11 بررسی تجربیات مشابه در دنیا 282](#_Toc435987736)

[2.4.1.11 بررسی تکنولوژیکی و اجرایی تولید در محل 286](#_Toc435987737)

[12 فرآیند مایعسازی گاز طبیعی 293](#_Toc435987738)

[1.12 خالصسازی 294](#_Toc435987739)

[1.1.12 رطوبتگیری 295](#_Toc435987740)

[2.1.12 حذف دی اکسید کربن و سولفید هیدروژن 298](#_Toc435987741)

[3.1.12 حذف ترکیبی آب و دی اکسید کربن 300](#_Toc435987742)

[4.1.12 جذب و خالصسازی دوگانه 301](#_Toc435987743)

[5.1.12 حذف جیوه 303](#_Toc435987744)

[2.12 بازیابی هیدروکربن 304](#_Toc435987745)

[1.2.12 بازیابی LPG 304](#_Toc435987746)

[2.2.12 بازیابی اتان و پس زنی نیتروژن 305](#_Toc435987747)

[3.2.12 استفاده از منبسط کنندههای توربو گاز طبیعی مایع (NGL) برای بازیابی هیدروکربن 306](#_Toc435987748)

[3.12 بهسازی زمستیک گاز طبیعی 307](#_Toc435987749)

[1.3.12 حذف نیتروژن 307](#_Toc435987750)

[2.3.12 بهسازی زمستیک گازهای پتروشیمیایی 308](#_Toc435987751)

[1.2.3.12 گازهای تهویه پتروشیمیایی/پالایش 309](#_Toc435987752)

[2.2.3.12 گاز تصفیه آمونیاک 309](#_Toc435987753)

[3.2.3.12 واحدهای بهسازی زمستیک 309](#_Toc435987754)

[3.3.12 بهسازی زمستیک گاز سنتز 309](#_Toc435987755)

[4.12 استخراج هلیوم، جداسازی نیتروژن و بازیابی هیدروکربن 310](#_Toc435987756)

[5.12 مایعسازی گاز طبیعی 311](#_Toc435987757)

[1.5.12 سیکلهای پایه 311](#_Toc435987758)

[1.1.5.12 سیکل آبشاری کلاسیک 311](#_Toc435987759)

[2.1.5.12 سیکل انبساط دهنده 314](#_Toc435987760)

[3.1.5.12 سیکل آبشاری با مبرد مختلط 318](#_Toc435987761)

[2.5.12 سیکل مایعسازی چند مبردی 319](#_Toc435987762)

[13 استانداردها و ملاحضات ایمنی 321](#_Toc435987763)

[1.13 ملاحضات ایمنی 321](#_Toc435987764)

[2.13 خطرات فیزیولوژیکی 321](#_Toc435987765)

[1.2.13 يخزدگي 321](#_Toc435987766)

[1.1.2.13 خفگي ناشي از نيتروژن 324](#_Toc435987767)

[2.1.2.13 اثرات اكسيژن خالص 324](#_Toc435987768)

[2.2.13 انفجار و اشتعالپذيري 324](#_Toc435987769)

[1.2.2.13 محدودههاي اشتعال مخلوطهاي نيتروژن – اكسيژن – متان 326](#_Toc435987770)

[2.2.2.13 خطرات اشتعالپذيري ناشي از نيتروژن 326](#_Toc435987771)

[3.2.2.13 خطرات اشتعالپذيري ناشي از اكسيژن 326](#_Toc435987772)

[4.2.2.13 تراكم بيدررو (آدياباتيك) به عنوان منبع جرقهزني 327](#_Toc435987773)

[3.2.13 فشار بيش از اندازه گاز 328](#_Toc435987774)

[4.2.13 اصول ایمنی عمومی 330](#_Toc435987775)

[1.4.2.13 شناسایی نشت هیدروژن 330](#_Toc435987776)

[2.4.2.13 تکنولوژی شناسایی 332](#_Toc435987777)

[3.4.2.13 سنسورهای احتراق کاتالیزوری 332](#_Toc435987778)

[4.4.2.13 سنسورهای هدایت گرمایی 332](#_Toc435987779)

[5.4.2.13 سنسورهای الکتروشیمیایی 332](#_Toc435987780)

[6.4.2.13 سنسورهای اکسیدی نیمه هادی 332](#_Toc435987781)

[7.4.2.13 طیف سنج جرمی 333](#_Toc435987782)

[8.4.2.13 کروماتوگرافی (جدا کردن عناصر رنگی از هم) گاز 333](#_Toc435987783)

[9.4.2.13 ردیاب نشت آلتراسونیک 333](#_Toc435987784)

[10.4.2.13گرمکن و سنسورهای حرارتی 333](#_Toc435987785)

[11.4.2.13تكنولوژي شناسايي 334](#_Toc435987786)

[5.2.13 تجهيزات 335](#_Toc435987787)

[1.5.2.13 لولهکشی 335](#_Toc435987788)

[2.5.2.13 اتصالات و مفصلها 336](#_Toc435987789)

[3.5.2.13 شيلنگهاي انعطافپذير 336](#_Toc435987790)

[4.5.2.13 واشرها 337](#_Toc435987791)

[5.5.2.13 آببندها، و نشیمنگاه دریچهها 339](#_Toc435987792)

[6.5.2.13 شیرآلات 339](#_Toc435987793)

[7.5.2.13 پمپها و شیلنگها 340](#_Toc435987794)

[8.5.2.13 فشارسنجها 340](#_Toc435987795)

[9.5.2.13 سامانههای خروجی و آزادسازی ایمن 340](#_Toc435987796)

[3.13 ملاحظات ویژه اکسیژن 340](#_Toc435987797)

[1.3.13 استانداردهای عمومی اکسیژن (اصول اساسی استفاده از اکسیژن) 340](#_Toc435987798)

[2.3.13 منابع و مکانیزمهای سامانه جرقهزنی 341](#_Toc435987799)

[3.3.13 انتخاب مواد مناسب برای خدمات اکسیژنی 343](#_Toc435987800)

[4.3.13 استانداردهای اکسیژن 348](#_Toc435987801)

[1.4.3.13 استانداردهای برنامهریزی، طراحی و اجرا (تکنیکهای ساخت) 348](#_Toc435987802)

[2.4.3.13 تجهیزات خدمات اکسیژن 350](#_Toc435987803)

[5.3.13 استانداردهای کیفیت، نگهداری، و انتقال 351](#_Toc435987804)

[4.13 ملاحظات ویژه هیدروژن 351](#_Toc435987805)

[1.4.13 خطرات آتشسوزي و انفجار 351](#_Toc435987806)

[2.4.13 بررسي حوادث اتفاق افتاده در صنعت و هوافضا 352](#_Toc435987807)

[3.4.13 اشتعال 353](#_Toc435987808)

[4.4.13 آتشسوزی و انفجار 355](#_Toc435987809)

[5.4.13 نشتیها 356](#_Toc435987810)

[6.4.13 پراکندگی هیدروژن 356](#_Toc435987811)

[7.4.13 سامانه مکش و خروجی 356](#_Toc435987812)

[8.4.13 پاکسازی 356](#_Toc435987813)

[9.4.13 تراکم هوا 356](#_Toc435987814)

[دستورالعملهاي ايمني 356](#_Toc435987815)

[5.13 استانداردهای زمستیک 357](#_Toc435987816)

[1.5.13 راهکارهای مقدماتی ایمنی 357](#_Toc435987817)

[1.1.5.13 آموزش پرسنل 357](#_Toc435987818)

[2.1.5.13 اصول اساسی در استفادهی از اکسیژن 357](#_Toc435987819)

[3.1.5.13 سامانههای هشدار دهنده و کنترل 358](#_Toc435987820)

[4.1.5.13 بازبینی. 358](#_Toc435987821)

[2.5.13 ویژگیهای اکسیژن 359](#_Toc435987822)

[1.2.5.13 خطرات تماسی 359](#_Toc435987823)

[2.2.5.13 مکانیسم احتراق 359](#_Toc435987824)

[شرایط معمول احتراق در 3 مادهی زیر آمده است: 360](#_Toc435987825)

[مکانیسم احتراق پتانسیلها و منابع احتراق به صورت زیر قابل بررسی است 361](#_Toc435987826)

[ضربهی مکانیکی. 362](#_Toc435987827)

[ضربات پنوماتیکی. 362](#_Toc435987828)

[تقویت احتراق. 362](#_Toc435987829)

[ساییدگی و اصطکاک. 362](#_Toc435987830)

[تشدید. 362](#_Toc435987831)

[قوس الکتریکی. 363](#_Toc435987832)

[3.2.5.13 خلوص اکسیژن 363](#_Toc435987833)

[3.5.13 انتخاب مواد 364](#_Toc435987834)

[1.3.5.13 کلیات 364](#_Toc435987835)

[2.3.5.13 کنترل مواد 364](#_Toc435987836)

[3.3.5.13 مواد غیرفلزات. 365](#_Toc435987837)

[4.3.5.13 فلزات. 367](#_Toc435987838)

[نیکل و آلیاژهای نیکل. 367](#_Toc435987839)

[فولاد ضد زنگ 368](#_Toc435987840)

[مس ودیگرآلیاژهای مسی 368](#_Toc435987841)

[آلومینیم و آلیاژهای آلومینیم 368](#_Toc435987842)

[آلیاژ آهن 369](#_Toc435987843)

[محدودیت آلیاژها 369](#_Toc435987844)

[4.5.13 اصول طراحی 370](#_Toc435987845)

[1.4.5.13 رویکرد طراحی. 370](#_Toc435987846)

[بازنگری طراحی اولیه، شامل بازنگری مواد و خصوصیات. 371](#_Toc435987847)

[جمع بندی مدهای خرابی و آنالیز اثرات و آنالیز خطرات. 371](#_Toc435987848)

[بازنگری طراحی بحرانی . 372](#_Toc435987849)

[آنالیز ایمنی سامانه/ بازنگری ایمنی 372](#_Toc435987850)

[بازنگریهای دیگری به صورت زیر انجام می شوند: 372](#_Toc435987851)

[آزمایشات پیشرفتهی اولیه. 372](#_Toc435987852)

[2.4.5.13 طراحی سامانههای اکسیژنی برای فشارهای بالا. 373](#_Toc435987853)

[مواد. 373](#_Toc435987854)

[مکانیسم احتراق. 373](#_Toc435987855)

[راهبردهای اضافی مواد 373](#_Toc435987856)

[3.4.5.13 طراحی سامانههای زمستیک 377](#_Toc435987857)

[4.4.5.13 دستورالعملهای مورد نیاز برای طراحی 378](#_Toc435987858)

[سامانه لولهکشی برای اکسیژن مایعLOX. 379](#_Toc435987859)

[سامانههای لوله کشی GOX. 380](#_Toc435987860)

[مخازن 380](#_Toc435987861)

[تجهیزات کاهش فشار 381](#_Toc435987862)

[سیلندرها 382](#_Toc435987863)

[5.5.13 پاکسازی 382](#_Toc435987864)

[1.5.5.13 حالت کلی. 382](#_Toc435987865)

[2.5.5.13 ایمنی پاکسازی 383](#_Toc435987866)

[3.5.5.13 فرایند پاکسازی 384](#_Toc435987867)

[4.5.5.13 نگهداری سوابق 388](#_Toc435987868)

[6.5.13 روشهای عملیاتی 388](#_Toc435987869)

[1.6.5.13 راهبرد کلی. 388](#_Toc435987870)

[2.6.5.13 پرسنل 388](#_Toc435987871)

[کلیات 389](#_Toc435987872)

[لباس ایمنی 389](#_Toc435987873)

[ماسک 389](#_Toc435987874)

[تجهیزات کمکی 389](#_Toc435987875)

[3.6.5.13 سرد سازی و فرایند بارگیری 389](#_Toc435987876)

[4.6.5.13 آزمایشات 390](#_Toc435987877)

[7.5.13 برنامه ریزی و اجرای تاسیسات 390](#_Toc435987878)

[1.7.5.13 کلیات 390](#_Toc435987879)

[2.7.5.13 خطرها و بازبینیها 392](#_Toc435987880)

[عملکرد اشتباه پمپ و کمپرسور- که میتواند سبب اشتعال و آتشسوزی شود. 392](#_Toc435987881)

[خرابی سامانههای اکسیژن مایع و گاز 392](#_Toc435987882)

[خرابی عایق 392](#_Toc435987883)

[سلولهای آزمایشی 392](#_Toc435987884)

[هوای مایع 393](#_Toc435987885)

[3.7.5.13 سامانههای انبار 393](#_Toc435987886)

[4.7.5.13 مجراهای ذخیره 394](#_Toc435987887)

[5.7.5.13 سامانههای حفاظت آتش برای محیطهای اکسیژنی شده 395](#_Toc435987888)

[اتوماتیک 395](#_Toc435987889)

[دستی 395](#_Toc435987890)

[عمومی 395](#_Toc435987891)

[آب 396](#_Toc435987892)

[دیاکسید کربن 396](#_Toc435987893)

[6.7.5.13 موانع 396](#_Toc435987894)

[7.7.5.13 راهنمای کمیت-فاصله برای ذخیره اکسیژن مایع 397](#_Toc435987895)

[8.7.5.13 راهنمای کمیت-فاصله برای ذخیره اکسیژن گازی 405](#_Toc435987896)

[9.7.5.13 آشکارسازی اکسیژن 406](#_Toc435987897)

[10.7.5.13سامانههای تخلیه و خروجی 407](#_Toc435987898)

[8.5.13 نقل و انتقالات 408](#_Toc435987899)

[1.8.5.13 کلیات 408](#_Toc435987900)

[2.8.5.13 انتقالات در معابر عمومی 408](#_Toc435987901)

[3.8.5.13 نقل و انتقالات در معابر کنترل شده 409](#_Toc435987902)

[راهنماییهای عمومی 409](#_Toc435987903)

[نیازمندیهای سرویس بزرگراه 409](#_Toc435987904)

[عمومی 410](#_Toc435987905)

[عملیات تعمیر 410](#_Toc435987906)

[عملیات تخلیه 410](#_Toc435987907)

[بازرسی، گواهی و بازگواهی لولههای سیار 410](#_Toc435987908)

[4.8.5.13 اضطرارات نقل و انتقالات 411](#_Toc435987909)

[9.5.13 پروسههای اضطراری 411](#_Toc435987910)

[1.9.5.13 انواع اضطرارات 411](#_Toc435987911)

[خطر اولیه 411](#_Toc435987912)

[اکسیژن گازی 411](#_Toc435987913)

[اکسیژن مایع 412](#_Toc435987914)

[2.9.5.13 برنامهها و پروسههای کمک اضطراری 413](#_Toc435987915)

[3.9.5.13 روشهای مقابله با آتش 413](#_Toc435987916)

[10.5.13 روشهای آزمون مواد 413](#_Toc435987917)

[1.10.5.13دادههای آزمون غیرفلزی 414](#_Toc435987918)

[6.13 نمونههای طراحی 421](#_Toc435987919)

[1.6.13 کاربرد مواد نمونه 421](#_Toc435987920)

[1.1.6.13 پلیمرها 422](#_Toc435987921)

[2.1.6.13 کامپوزیتها 422](#_Toc435987922)

[3.1.6.13 سرامیک و شیشه 423](#_Toc435987923)

[2.6.13 نیازمندیهای عمومی طراحی 423](#_Toc435987924)

[1.2.6.13 ضربه ذرات 423](#_Toc435987925)

[2.2.6.13 ضربه پنوماتیک 423](#_Toc435987926)

[3.2.6.13 ضربه مکانیکی 423](#_Toc435987927)

[4.2.6.13 گرم شدن اصطکاکی 424](#_Toc435987928)

[5.2.6.13 جرقه زدن الکتریکی 424](#_Toc435987929)

[6.2.6.13 حذف برآمدگیها و لبههای تیز 424](#_Toc435987930)

[7.2.6.13 کم کردن ذرات ایجاد شده درحین استفاده 424](#_Toc435987931)

[8.2.6.13 اجتناب از دسته ولو چرخان 424](#_Toc435987932)

[9.2.6.13 حذف مسیرهای کور و شکافها 424](#_Toc435987933)

[10.2.6.13جلوگیری از چرخش درزگیرها و چرخش در مقابل محفظهها 425](#_Toc435987934)

[11.2.6.13حذف دیوارههای نازک 425](#_Toc435987935)

[12.2.6.13جریان سرد و بیرون زدن درزگیرها 425](#_Toc435987936)

[3.6.13 بهینهسازی ریسک 425](#_Toc435987937)

[7.13 وسایل تحت فشار آزمایش، بازرسی، و تایید مجدد 426](#_Toc435987938)

[1.7.13 کلیات 426](#_Toc435987939)

[2.7.13 آزمایش 426](#_Toc435987940)

[1.2.7.13 آزمایش کنترل کیفیت و پذیرش. 426](#_Toc435987941)

[2.2.7.13 تست فشار 426](#_Toc435987942)

[3.2.7.13 تست عملکرد 427](#_Toc435987943)

[4.2.7.13 تست جوشکاری 427](#_Toc435987944)

[5.2.7.13 تست هوا و فضا (پرواز- وزن) مخازن تحت فشار. 427](#_Toc435987945)

[3.7.13 بازرسى. 428](#_Toc435987946)

[8.13 جمعآوری و دستهبندی استانداردها 429](#_Toc435987947)

[14 جمعبندی و نتایج 435](#_Toc435987948)

[1.14 دستورالعمل طراحی پایهای سایتهای زمستیک 435](#_Toc435987949)

[1.1.14 استانداردها و ملاحظات ایمنی 435](#_Toc435987950)

[2.1.14 ابتدا باید مشخص شود نوع سیال زمستیک چیست. 436](#_Toc435987951)

[3.1.14 میزان مصرف روزانه 436](#_Toc435987952)

[4.1.14 فرآیند تولید 436](#_Toc435987953)

[5.1.14 نگهداری در مخازن 438](#_Toc435987954)

[6.1.14 خطوط انتقال و جابجایی زمآبگونها 440](#_Toc435987955)

[2.14 مایعسازی گاز طبیعی 441](#_Toc435987956)

[پیوست 1 شناسنامه فنی مواد زمستیک 443](#_Toc435987957)

[اکسیژن 443](#_Toc435987958)

[نیتروژن 463](#_Toc435987959)

[فلور 477](#_Toc435987960)

[هیدروژن 480](#_Toc435987961)

[هلیوم 495](#_Toc435987962)

[متان 513](#_Toc435987963)

[منابع و مراجع 523](#_Toc435987964)