فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

مقدمه ۷

فصل اول: مواد تغییر فاز دهنده و انواع آن ها ۸

۱- مقدمه ۸

۲- روش های ذخیره انرژی ۱۰

۲-۱- سیستم های ذخیره انرژی مکانیکی ۱۰

۲-۲- سیستم های ذخیره انرژی الکتریکی ۱۰

۲-۳- سیستم های ذخیره انرژی حرارتی ۱۱

۲-۳-۱- ذخیره انرژی حرارتی محسوس ۱۱

۲-۳-۲- ذخیره انرژی حرارتی نهان ۱۲

۲-۳-۳- ذخیره سازی انرژی ترمو شیمیایی ۱۳

۳- چگونگی عملکرد مواد تغییر فاز دهنده ۱۳

۴- خواص مواد تغییر فاز دهنده ۱۷

۴-۱- خصوصیات گرمایی ۱۷

۴-۲- مشخصات فیزیکی ۱۸

۴-۳- خواص سینتیکی ۱۸

۴-۴- خواص شیمیایی ۱۸

۴-۵-فاکتور اقتصادی ۱۹

فصل دوم: طبقه بندی مواد تغییر فاز دهنده ۲۰

۱- مقدمه ۲۰

۲- طبقه بندی بر مبنای محدوده دمایی ۲۱

۳- طبقه بندی بر مبنای حالت تغییر فاز ۲۱

۴- مواد تغییر فاز دهنده مایع- جامد ۲۲

۴-۱- مواد تغییر فاز دهنده آلی ۲۲

۴-۱-۱ - پارافین ۲۳

۴-۱-۲- مواد تغییر فاز دهنده غیر پارافینی ۲۳

۴-۲- مواد تغییر فاز دهنده غیر آلی ۲۷

۴-۲-۱- نمک های هیدراته ۲۸

۴-۲-۲- ترکیبات فلزی ۳۱
۵- اوتکتیک ۳۲
۶- کاربرد فناوری نانو در مواد تغییر فاز دهنده ۳۵
۶-۱- نانو و میکروکپسوله کردن ۳۵
۶-۲- نانو الیاف کربنی ۳۷
۶-۳- نانو گرافیت ۳۸
۷- اکسیدها و هیدروکسیدهای نانومتری ۳۸

فصل سوم: مواد تغییرفازدهنده و کاربردهای آن‌ها ۴۰
۱- مقدمه ۴۰
۲- کاربرد مواد تغییر فازدهنده در ساختمان ۴۲
۲-۱- کاربرد به عنوان مصالح ساختمانی ۴۵
۲-۲- کاربرد به عنوان یکی از اجزای ساختمان ۴۶
۲-۳- کاربرد در تجهیزات گرمایشی و سرمایشی ساختمان ۵۰
۳- ترکیب مواد تغییر فاز دهنده با منسوجات ۵۲
۳-۱- البسه ورزشی ۵۳
۳-۲- لوازم خواب ۵۴
۴- کاربردهای پزشکی ۵۵
۵- استفاده از ماده تغییر فازدهنده در سیستمهای خورشیدی ۵۶
۶- مواد تغییرفازدهنده در اتومبیل ۵۶
۷- مواد تغییرفازدهنده در فضاپیما ۵۷
۸- مورد استفاده بعنوان خنک کننده دستگاه های الکترونیکی ۵۹
۹- بازیافت اتلافات حرارتی در سیستم های تبرید تراکمی ۶۰

فصل چهارم: مروری بر تحقیقات انجام شده بر روی مواد تغییر فاز دهنده ۶۲
۱- تجزیه حرارتی به روش گرماسنجی پویشی تفاضلی ۶۲
۱-۱- روش کار با دستگاه ۶۳
۱-۲- شرح نمودار ۶۵
۲- تحقیقات ۶۷
۲-۱- محاسبات ترمودینامیکی ۸۸
مراجع ۱۰۴

فهرست شکل ها **صفحه**

شکل۱: نمونه ای از مواد تغییر فاز دهنده ۹
شکل۲: نمای کلی از روش های عمده ذخیره سازی انرژی حرارتی ۱۱
شکل۳: ظرفیت گرمایی مواد مختلف در مقایسه با مواد تغییر فاز دهنده ۱۴
شکل۴: شمای کلی تغییر حالات ماده در مواد تغییر فاز دهنده ۱۵
شکل۵: نمودار عملکرد ماده تغییر فازدهنده ۱۶
شکل۶: تغییر دما طی فرایند ذوب و انجماد ۱۷
شکل۷: طبقه بندی مواد تغییر فاز دهنده ۲۲
شکل۸: نقطه انجماد مخلوط تترادنس و هگزادنس ۳۳
شکل۹: دمای تغییر فاز (ذوب) سیستم باینری CA-MA ۳۴
شکل ۱۰: تصویر چپ شماتیک کپسول و تصویر راست: انواع کپسول های مورد استفاده براب مواد تغییر فاز دهنده ۳۶
شکل ۱۱: روش کپسوله کردن مواد تغییر فاز دهنده با روش شیمیایی و هیدرولیز ۳۷
شکل ۱۲: الف) یک فوم گرافیتی متخلخل، ب) فوم گرافیتی پس از پر شدن با PCM ۳۸
شکل ۱۳: انواع مختلف مواد تغییر فاز دهنده و محدوده دمای ذوب آنها ۴۲
شکل ۱۴- مواد تغییر فازدهنده به صورت میکروکپسول (سمت راست) و ماکروکپسول (سمت چپ) ۴۴
شکل ۱۵: مواد تغییر فازدهنده مورد استفاده به صورت میکروکپسول در بتن و پانلهای گچی ۴۶
شکل ۱۶: نمونه ای از کاربرد مواد تغییر فاز دهنده به صورت رولهای انعطاف پذیر و پانلهای دیوار ۴۷
شکل ۱۷: مواد تغییر فاز دهنده جاسازی شده در پانلهای سخت دیواری و سقفی و نحوه عملکرد آنها ۴۷
شکل ۱۸: کاربرد مواد تغییر فاز دهنده در ساختمان ۴۸
شکل ۱۹: کاربرد مواد تغییر فاز دهنده در فواصل جداره های ساختمان و به صورت لایه میانی بلوکهای آجری ۴۸
شکل ۲۰: کاربرد مواد تغییر فاز دهنده در فواصل میان شیشه ها ۴۹
شکل ۲۱: استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در فواصل میان شیشه ها ۵۰
شکل ۲۲: ماکروکپسول های مواد تغییر فاز دهنده به صورت گویهای کروی، پاکتهای پلاستیکی و پانلهای سخت ساخته شده از پلی اتیلن با دانسیته بالا ۵۱
شکل ۲۳: پوشش میکروکپسول های ماده تغییر فاز دهنده روی سطح الیاف ۵۲
شکل ۲۴: مقادیر میانگین ضربان قلب در هنگام فعالیت (A) و فعالیت سبک(B) ۵۳
شکل ۲۵: پلی یورتان حاوی n- هگزادکان (الف: بزرگنمایی ۱۰۰۰ و ب: بزرگنمایی ۱۰۰۰۰) ۵۵
شکل ۲۶: برش عرضی از لایه های مختلف کلاه ۵۷
شکل ۲۷: کاربرد مواد تغییر فاز دهنده در فضا ۵۸
شکل ۲۸: تاثیر استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در کاهش دما ۵۹
شکل ۲۹: استفاده از مواد تغییر فاز دهنده در وسایل الکتریکی ۶۰
شکل ۳۰: بازیافت گرمای خروجی حاصل چگالش مبرد در کندانسور بکمک مواد تغییر فاز دهنده ۶۱
شکل ۳۱: شمای کلی دستگاه کالریمتری روبشی تفاضلی و اجزای آن ۶۴
شکل ۳۲: دمای ذوب برای سیستم دوتایی اسیدهای میریستیک-استئاریک ۶۵
شکل ۳۳: نمونه نمودار حاصل از دستگاه روبشی تفاضلی ۶۶
شکل ۳۴: نمودار گرماسنجی پویشی تفاضلی لوریک، پالمتیک ۴۳/۴۱ درصد اسید لوریک ۶۹

شکل ۳۵: نمودارDSC سیستم های دوتایی اسید پالمتیک، میریستیک اسید ۷۰
شکل ۳۶: نمودارDSC سیستم های دوتایی لوریک اسید و کاپریک اسید ۷۱
شکل ۳۷: نمودارDSC سیستم اتوکتیک لوریک اسید-میریستیک اسید (۳۶۰ چرخه) ۷۳
شکل ۳۸: نمودار منحنی DSC برای سیستمهای متیل پالمیتات، متیل استارات و اوتکتیک آنها ۷۶
شکل ۳۹: نمودارDSC سیستم های دوتایی لوریک-پالمیتیک ۷۸
شکل ۴۰: نمودار DSC برای اسیدهای مختلف ۷۹
شکل ۴۱: نمای بیرونی از جلوی مبدل حرارتی لابات و همکاران ۸۲
شکل ۴۲: طرح شماتیکی از سیستم ذخیره سازی انرژی حرارتی مصطفی و همکاران ۸۳
شکل ۴۳: سیستم آزمایشگاهی پابلو و همکاران ۸۴
شکل ۴۴: نمونه ای از مدل فیزیکی مورد بررسی وانگ و یانگ ۸۵
شکل ۴۵: وضعیت آنتالپی و دمای ذوب زوج ترکیب آندسیلیک و پنتادسیلیک در نقطه اوتکتیک (بدون سیکل) .. ۸۶
شکل ۴۶: وضعیت آنتالپی و دمای ذوب زوج ترکیب آندسیلیک و پنتادسیلیک در نقطه اوتکتیک (۵۰۰ سیکل) ۸۷
شکل ۴۷: وضعیت آنتالپی و دمای ذوب زوج ترکیب آندسیلیک و پنتادسیلیک در نقطه اوتکتیک (۵۰۰ سیکل) ۸۸
شکل ۴۸- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله Wilson برای کاپریک اسید و پنتادکانوئیک ۸۹
شکل ۴۹- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله Wilson برای آندسیلیک اسید و پنتادکانوئیک ۹۰
شکل ۵۰- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله Wilson برای پنتادسیلیک اسید+ مارگاریک ۹۱
شکل ۵۱- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله Wilson برای پنتادسیلیک اسید+ استئاریک ۹۱
شکل ۵۲- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله NRTL برای آندسیلیک اسید+ استئاریک ۹۲
شکل ۵۳- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله NRTL برای پنتادسیلیک اسید+ مارگاریک ۹۲
شکل ۵۴- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله NRTL برای پنتادسیلیک اسید+ استئاریک ۹۳
شکل ۵۵- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله NRTL برای مارگاریک اسید+ استئاریک ۹۳
شکل ۵۶- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله UNIQUAC برای آندسیلیک + پنتادسیلیک ۹۴
شکل ۵۷- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادلهUNIQUAC برای آندسیلیک + مارگاریک ۹۴
شکل ۵۸- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادلهUNIQUAC برای آندسیلیک + استئاریک ۹۵
شکل ۵۹- مقایسه داده های تجربی با نتایج حاصل از معادله UNIQUAC برای پنتادسیلیک + مارگاریک ۹۵
شکل ۶۰- منحنی حاصل از دستگاه DSC برای ترکیب پنتادکانوئیک و مارگاریک در نقطه اوتکتیک ۹۷
شکل ۶۱- منحنی حاصل از دستگاه DSC برای ترکیب پنتادکانوئیک و استئاریک در نقطه اوتکتیک ۹۸
شکل ۶۲- منحنی حاصل از دستگاه DSC برای ترکیب مارگاریک و استئاریک در نقطه اوتکتیک ۹۸
شکل ۶۳- منحنی حاصل از دستگاه DSC برای ترکیب کاپریک و آندسیلیک در نقطه اوتکتیک ۹۹
شکل ۶۳- نمودارآنتالپی بر حسب غلظت برای زوج ترکیب کاپریک اسید و اندسیلیک اسید ۱۰۰
شکل ۶۳- نمودارآنتالپی بر حسب غلظت برای زوج ترکیب کاپریک اسید و پنتادکانوئیک اسید ۱۰۱
شکل ۶۳- نمودار آنتالپی بر حسب غلظت برای زوج ترکیب آندسیلیک اسید و پنتادسیلیک اسید ۱۰۲
شکل۶۴: مقایسه بین آنتالپی های تجربی (حاصل از DSC) و نتایج تئوری ۱۰۳