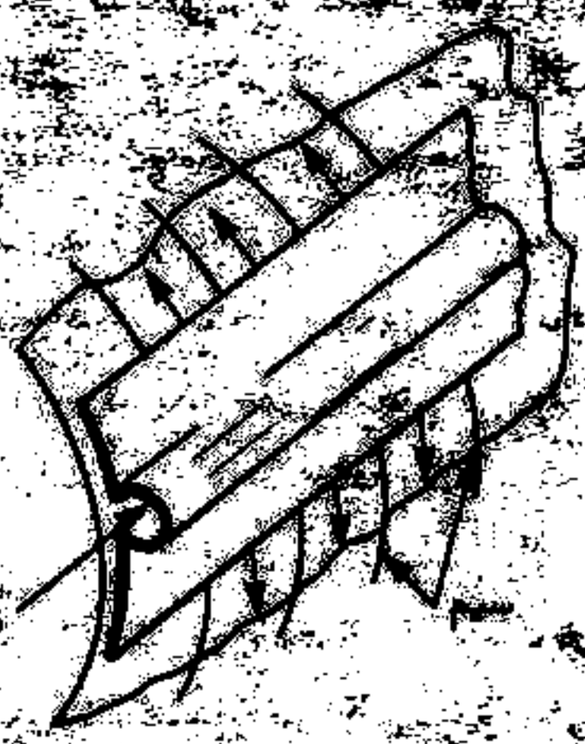
گرمای نوع آبی ، برای مثال ، دستگاهی که از رادیاتورهای آب گرم استفاده می‌کند .

طراحان منازل گرم شده خورشیدی که پرنده‌های نوع هوا و دستگاه‌های توزیع گرمای نوع هوا در طرح خود مشخص می‌کنند ، اغلب احیاناً گرمابند که بعنوان دستگاه ذخیره ، یک صندوقچه سنگ را بدلیل مساحت انتقال حرارت خیلی بزرگی که فراهم می‌آورد ، نیز مشخص کنند .

آیا هیچگونه خطای جدی در مورد صندوقچه سنگ وجود دارد؟

آری : گنجایش حرارتی بطور تاسف‌آور کوچک سنگها . برای مثال ، گرانیت را در نظر بگیرید ؛ طبق یک گزارش تفصیلی[1] ، در تغریبا"



هوا از اینجا تغذیه می‌شود

[illegible] یک دار با گرداری [illegible]

[illegible] ۵۰ [illegible]

گنجایش حرارتی آن ۰/۱۹ کالری بر گرم بر درجه [illegible] است در حالی که گنجایش حرارتی آب ۱ کالری بر گرم بر درجه است . بنابراین ، یک گرم آب می‌تواند ۵ برابر بیشتر از یک گرم سنگ گرانیت ، گرما ذخیره کند . بعلاوه ، چگالی آب ۱ گرم بر سانتیمتر مکعب است ، در حالی که چگالی گرانیت ۲/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب است . بنابراین ، یک متر مکعب آب ۲/۷ برابر بیشتر از یک متر مکعب سنگ گرانیت جرم دارد و گنجایش حرارتی آن در هر متر مکعب ۱۳/۵ برابر گنجایش حرارتی آن در هر متر مکعب سنگ خواهد بود . رقم ۳۲ از محاسبه زیر بدست می‌آید :

$$\frac{(2/65)(0/20)(1/00)}{(1)(1)(1)} = 0/72 \approx 32$$

آیا طراح می‌بایست یک صندوقچه بزرگ را با یک صندوقچه

1) "Geological Society of America Special Papers, No.36," 1/31/41, F.Birch,ed., p.235

کوچک انتخاب کند؟ او در انتخاب بین صخره سیلا[1] و گرداب شاریبدیس[2] (در انتخاب بطور برابر مناظر آسیب) گرگرفته است . صخره سیلا ، یک صندوقچه‌سنگی بزرگ را انتخاب می‌کند ، مثلا" ، ۱۰۰ تن متریک بکار می‌برد .

نقص عمده آن است که صندوقچه حجم خیلی بزرگی را می‌طلبد ، مثلا" ۲ متر × ۲/۱ متر × ۱/۸ متر اشغال می‌کند . $\frac{1}{2}$ یا $\frac{1}{3}$ زیر رس اشغال می‌شود . نقص دیگر صخره ساختن یک صندوقچه بزرگ محکم است ، با دیواره‌ای در بالا و پایین ، با ۱۵ سانتیمتر عایق دور تا دور ، و بدون نشت هوا . نقص دیگر هزینه تهیه سنگها ، حمل آنها ، و خشتوی آنهاست .

گرداب شاریبدیس : او یک صندوقچه کوچک ـ مثلا" در حدود ۲/۱ متر × ۲/۱ متر × ۱/۸ متر ـ انتخاب می‌کند (اکثر منازل خوشبختی صندوقچه‌ای در حدود این اندازه دارند .) نفس این انتخاب آن است که انتقال به بعد خیلی کوچک است . اگر ناحیه خالص واقعی سنگها ۱/۸ متر × ۱/۸ متر × ۰/۵ متر باشد ، حجم آن ۲/۹ متر مکعب است ، که معادل با تقریبا" ۱/۶ متر مکعب (۱۶۰۰ کیلوگرم) آب است . بنابراین ترتیب وقتی که صندوقچه سنگ از ۵۵°C به ۲۲°C خنک می‌شود ، مقدار گرمای آزاد شده تنها برابر با (۱۶۰۵) (۳۳) = تقریبا" ۵۰۰۰۰ کیلو کالری است . این مقدار [illegible] [illegible] [illegible]

ترتیب، پراکنده می‌تواند فضای زیادی را پر کرده حوزی کند. با این دیگر آن که اوهمان مقدار فضا را بکار ببرد و سه برابر بیشتر انرژی ذخیره کند.

مزایای دیگر استفاده از دستگاه ذخیره نوع آبی بجای صندوقچه سنگی عبارتند از:

از لایه‌بندی معکوس احتراز می‌شود. با یک صندوقچه سنگی، بالاترین ناحیه سنگها در اثنای دریافت گرما در یک روز گرم آفتابی گرمترین ناحیه است، ولی در اثنای دوره خروج گرمای مخزن که شب آن دوره دمای خارج پایین و آسمان تابان است، بالاترین ناحیه سنگها ممکن است از پایین‌ترین ناحیه سردتر باشد. چنین لایه‌بندی معکوسی مانع توزیع گرما به اطاق‌ها تداخل می‌کند و راندمان عرضه گرما را کاهش می‌دهد. در سیستم سازگاری با دستگاه توزیع گرمای از نوع آبی، داخل می‌شود. آب گرم از مخزن ذخیره می‌تواند مستقیماً به رادیاتورهای اطاق برگردش درآورده شود. احتمال در استفاده از دستگاه توزیع نوع هوای مرتفع می‌شود.

[illegible] آب گرم خانگی خیلی ساده می‌شود.

[illegible] آشکار به استفاده از یک مخزن آب (برای آن که برای [illegible] نوع هوا یا بادیک دستگاه توزیع گرمای نوع هوا بکار [illegible] مخزن را به طوری [illegible] بدون [illegible] یک مدل [illegible] کند که پیچیدگی را [illegible] یک مخزن فولادی پر از آب بزرگ [illegible] کردن مقدار زیادی [illegible] آورد [illegible] به مخزن خواهد بود.

[illegible] ولی (الف) جوشکاری گران است و [illegible] حرارت دیگر است. بعضی ناکافی بودن با طرح [illegible] نویسنده گمان می‌کند که بکار بردن یک بشکه بزرگ [illegible] چنان، که خود طراحی شده باشد، طرق [illegible] بهره‌برداری، بعضی از خوانندگان ممکن است با [illegible] زیاد باد گیرهای بعضی که در دهه ۱۹۲۰ توسط کمپنی [illegible] هوا نوردی جهت اصلاح هوا سرمایش موتورهای رادیال هوا بیما [illegible] آسان باشد. عمل قابل قبولی دیگ است برای [illegible] فولادی انجام داد.

طرح پیشنهادی

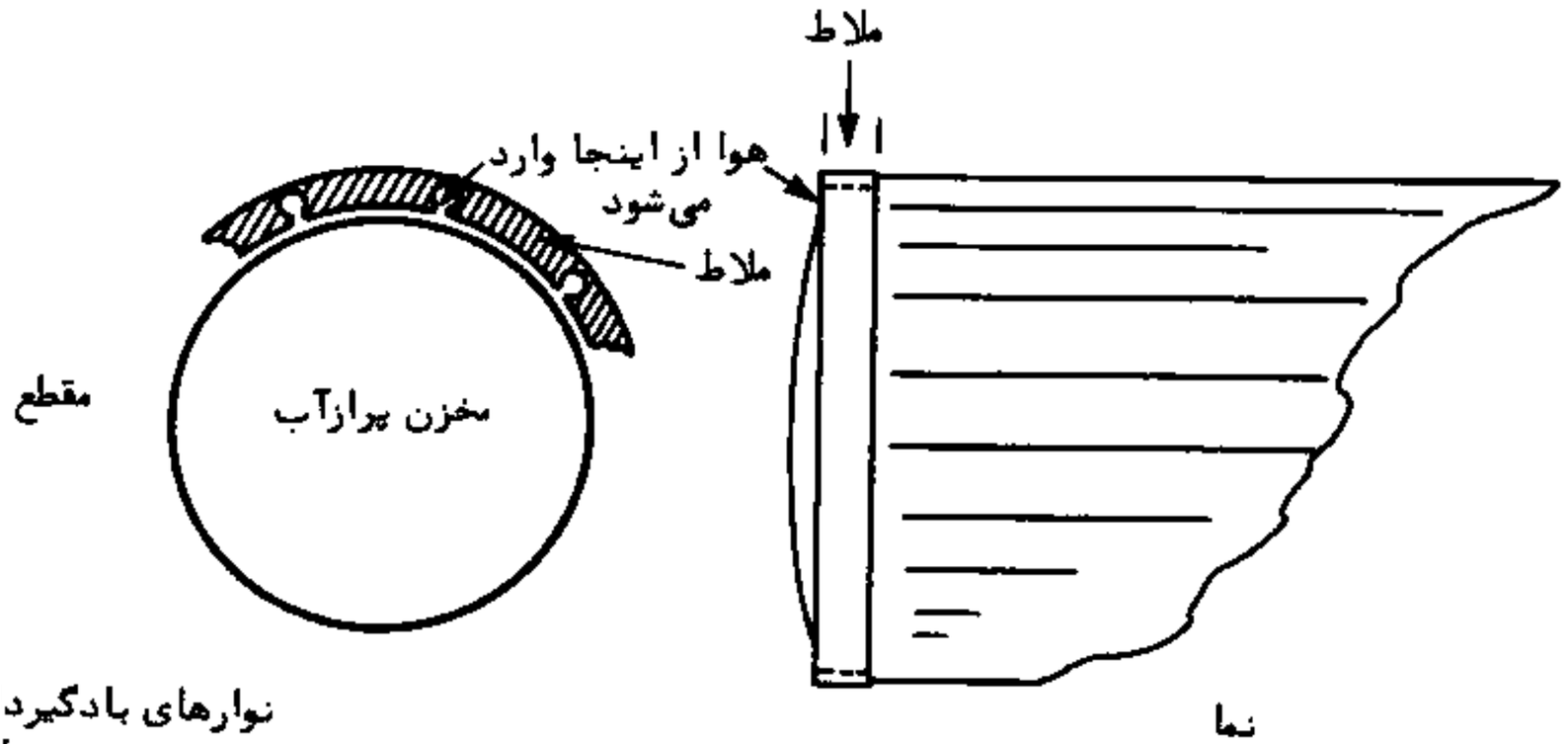
شکل ۱ طرحی را نشان می‌دهد که بنی (الف) یک مخزن فولادی پر از آب، اتفی، استوانه‌ای، به قطر ۲/۸ متر، به طول ۶ متر و (ب) یک جریان اجباری هوای گرم از کوره یا هوای سرد از [illegible] تأمین می‌کند. [illegible] اصلاح شده‌ای را فراهم می‌کند. [illegible] ۲۴ پیمانه بادگیردار، هر یک به پهنای ۱۵ سانتیمتر و [illegible] ۲ متر، در برگرفته است. هر یک از [illegible] مخزن برای است.

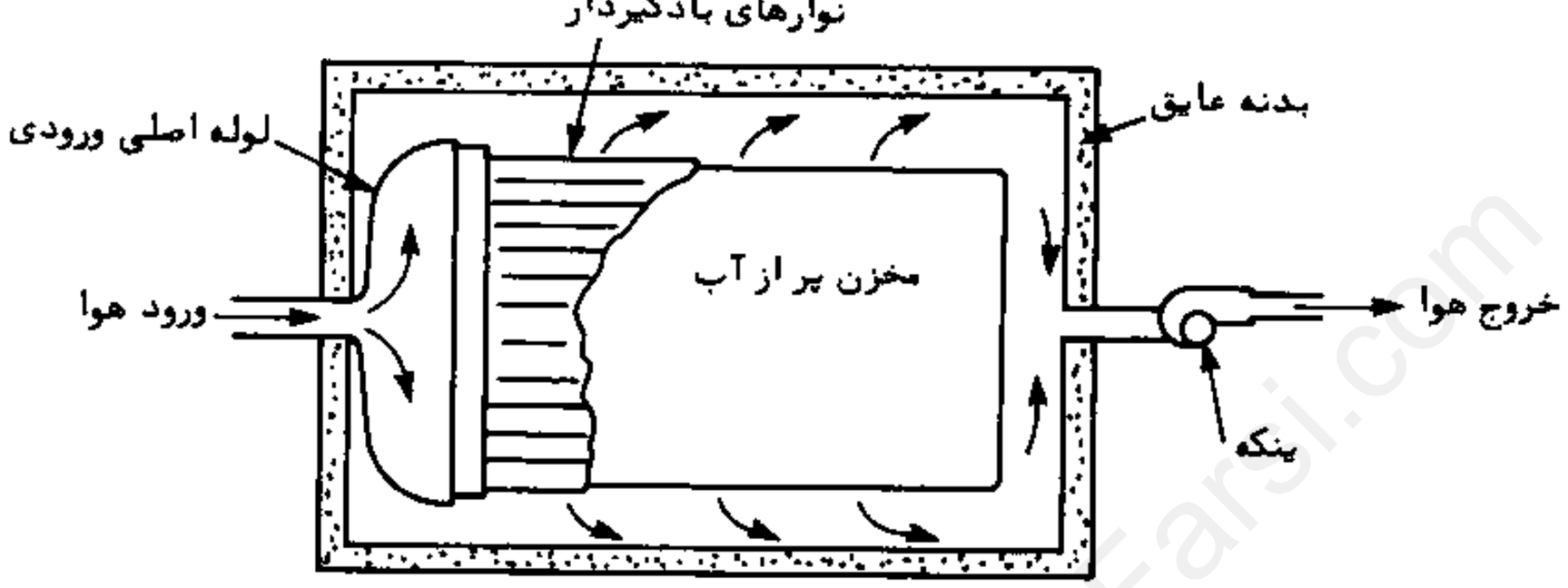
هر یک از واحدهای بادگیر دارای یک کانال مرکزی است که در یک انتها کوچک [illegible] شود و در سوی دیگر دارای یک [illegible] هوا از بشکه وارد دهانه بزرگ کانال می‌شود و انتهای دیگر کانال مسدود است. هوا بطور عرضی از کانال از طریق فاصله‌های ۰/۸ سانتیمتری بین پره‌ها و مخزن خارج می‌شود. فاصله‌ها بوسیله سیمی به قطر ۰/۸ میلیمتر که بطور مارپیچ بدور مخزن پیچیده شده است، حفظ می‌شود. بمنظور بالا بردن تلاطم میکروسکپی جریان هوا، سطح مخزن زبر شده است. یک لوله اصلی هوا را به تمام کانال‌ها، از طریق انتهای باز آنها، توزیع می‌کند. عمل جمع کردن هوایی که از زیر ۲۴ جفت پره مادر می‌شود، توسط بدنه عایق در برگیرنده مخزن انجام می‌شود.

توارهای بادگیردار، تولید شده در کارخانه مقوا سازی، از جنس طبقه نازک ایران یا مادیت است که [illegible] چسبیده تا بتوانند در محل خود [illegible] است که لازم نیست توارهای بادگیردار در کنار [illegible] شوند.

نصب کردن لوله اصلی ورودی در یک انتهای مخزن ساده خواهد بود، مشروط بر آنکه ابتدا شخص یک توار دور تا دوری از ملاط یا ساده پر کننده دیگر نصب کند تا یک مجموعه یکپارچه انتهایی برای مخزن استوانه‌ای [illegible] یک توار، بوجود آید. [illegible] لوله اصلی بادبزن فضائی شکل را می‌توان روی آن [illegible] که توارهای بادگیردار [illegible] راه‌اندازی هوایی را که از زیر توارهای بادگیردار خارج شده است جمع کند. سپس این هوا را می‌توان یک [illegible] بگردش درآورده می‌شود.

هشدار: ابعاد و تناسب‌های پیشنهاد شده در اینجا مبنی بر حدسیات است. ابعاد بهین احتمالاً با ابعادهای متفاوت خواهد بود. ابعاد بهین را احتمالاً باید بوسیله آزمایش تعیین کرد.

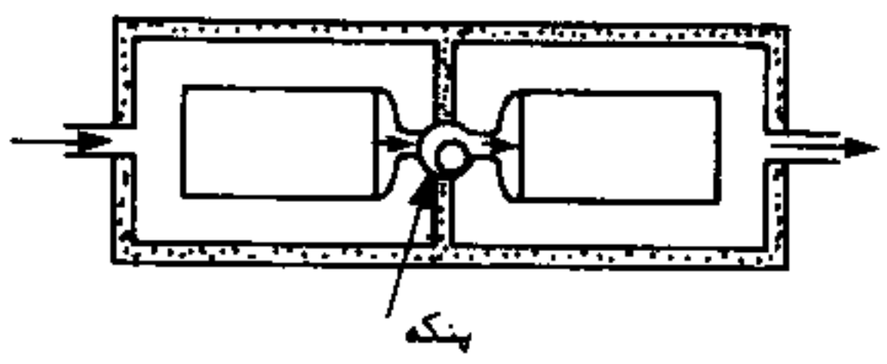




طرح S - ۱۵۰ a

در اینجا دو عدد از چنین مخـــزن‌هایی ، هر یک مجهز به نوارهای بادگیردار ، وجود دارند . دو مخزن در داخل یک بدنه منفرد بلند واقعند . پنکه در تیغه‌ای در وسط بدنه قرار داده شده است و برای بادگیرهای واقع در انتهای راســت مخزن سمت چــپ و بادگیرهای واقع در انتهای چپ مخزن سمت راست ، بکار می‌آید .

حسن بزرگ این دستگاه آن است که فشار هوا در هر دو انتهای بدنه تقریبا " یکسان است ، وممکن است درهردوی آندومکان برابربافشار جو ، یا نزدیک به فشار جو باشد . بدین ترتیب ، تمایل زیادی برای آن که نشت هوا در وسایل واقع در خارج از بدنه (مجراها ، گیرنده ، و غیره) رخ بدهد ، وجود نخواهد داشت .



طرحی که در آن دو مخزن بکار رفته است .
پنکه بطور قرینه بین آندو قرار دارد .

www.KetabFarsi.com

بخش ۶

دستگاههای ذخیره‌ای که از مواد تغییر فازدهنده استفاده می‌کنند

مقدمه

همانطور که تقریبا" همه می‌دانند، مواد تغییر فاز دهنده (م ت ف) می‌توانند مقدار فوق‌العاده زیادی گرما در فضای کوچکی ذخیره کنند. این امر برای طراحان منازل گرم شده‌ی خورشیدی، جذابیت زیادی دارد. با وجود این، بسیاری از این مواد دارای رفتار نامطلوبی هستند که تنها با مقداری دردسر و هزینه‌می‌تواند تصحیح شود.

یک مشکل بنیانی آن است که تعداد بسیار معدودی مواد که ارزان و باثبات‌اند در دمای مطلوب ــ مثلا"، ۳۲°C، ۵۰°C ۶۵° C، یا دمای دیگری در این محدوده کلی ــ تغییر فاز می‌دهند.

برخی ترکیبات مواد (برخی محلول‌ها) اکثر شرایط لازم را دارند. بعضی محلول‌های زودگداز[1] خصوصا" امید بخش بنظر می‌آیند. در بین اینها هیدرات‌های نمک گوناگونی است که در دهه‌ی ۱۹۴۰ و دهه‌های بعد توسط ماریا تلکز[2] انتخاب و آزمایش شده‌اند. مشهورترین در بین این هیدرات‌های نمک، نمک گلوبر است که سلفات دوسود ده‌آبه ($Na_2SO_4.10H_2O$) نیز نامیده می‌شود.

محلول زودگداز: تعریف و خواص اساسی

نویسنده در بدست آوردن یک درک متقن از این که محلول زودگداز چیست و خواص بر جسته آن کدامست، مشکل عظیمی داشته است.

نویسنده با کمک پروفسور پاول. دی. بارتلت[1] به‌تعریف زیر رسیده است:

فرض کنید ظرف مفروضی حاوی مایع گرم همگنی مشتمل بر دو یا چند ترکیب (برای مثال، نمک‌ها) است که بطور متقابل در یکدیگر حل شده‌اند. فرض کنید که محلول (مایع) بتدریج خنک می‌شود تا تبلور ظاهر شود. اگردر لحظه‌ٔ تبلور نسبت ترکیب‌ها در محلول چنان باشد که هر یک از ترکیب‌ها با ترکیب دیگر اشباع شده باشد، محلول زودگداز نامیده می‌شود.

فرض کنید که سپس بطور پیوسته از ماده مذکور انرژی گرفته شود. خواهیم یافت که:

* موقعی که تبلور آغاز می‌شود، برای تمام ترکیبها بطور همزمان آغاز می‌شود.
* در اثنای پیشرفت تبلور، نسبت‌های ترکیب‌ها در فاز مایع (بطور مشابه در فاز جامد) بدون تغییرباقی می‌ماند.
* موقعی که تبلور برای یک ترکیب کامل شود، برای تمام ترکیب‌ها کامل است.
* در سراسر مدتی که تبلور در جریان است، دمای ماده ثابت باقی می‌ماند.

هیچ ترکیب دیگری از این ترکیب‌ها دارای چنین دمای پایین تبلوری نیست.

نظم مطالب

در صفحات بعدی، عیوب استفاده از هیدرات‌های نمک فهرست

---

1) eutectic
2) Maria Telkes

---

1) Professor Paul D.Bartlett.

شده‌اند ، سپس دوطرح از نظر تجاری امید بخش در مورد بسته‌بندی چنین نمک‌هـایی ــ در سینی‌های پـلاستیکی ولوله‌های‌پلاستیکی ــ توصیف شده‌است . در آخر ، چندروش ممکن برای استفاده از نمک‌ها در ظرف‌های خیلی بزرگ توضیح داده شده است .

یک روش جـالب برای استفاده از هیـدرات‌های نمک در یک دستگاه گرمایش خورشیدی غیر فعال در بخش ۱ توصیف شده است .

www.KetabFarsi.com

چهار نقص استفاده از فرمولهای نمك زودگداز برای ذخیره‌سازی انرژی در دستگاههای گرمایش خورشیدی

خلاصه

دستگاههای ذخیره حرارتی که از نمکهای زودگداز، مانند هیدرات‌های نمک مشهور به نمک گلوبر و هیپو، استفاده می‌کنند، بقدری گرمای زیاد در فضایی کوچک می‌توانند ذخیره کنند که طراحان دستگاههای گرمایش خورشیدی در همه جا تکمیل برنامه‌های فعلی توسعه و آماده بهره برداری سازی و آغاز تولید تجارتی در مقیاس بزرگ آنها را مشتاقانه انتظار می‌کشند.

با وجود این، می‌بایست بخاطر سپرد که حتی پس از فایق آمدن به مسائل فوق سرمایش، ته‌نشینی، بسته‌بندی، نشت، و غیره، دستگاههای ذخیره‌ای که از نمکهای زودگداز استفاده می‌کنند، باز هم دارای چهار نقص مهم بقرار زیر خواهند بود: (۱) نوع استفاده منفرد، (۲) نهایت عدم تحرک ماده، که نه می‌تواند گرما را بیاورد و نه میتواند گرما را برساند، (۳) تمایل نمک به جلوگیری از ورود و خروج گرما، و (۴) اشکال در تعیین آن که، در هر زمان مفروض، چه مقدار انرژی در دستگاه وجود دارد.

مقدمه

همانطور که تلکز در ۳۰ سال پیش خاطر نشان کرد، چندین فرمول زودگداز می‌توانند مقدار زیادی انرژی حرارتی در فضایی کوچک ذخیره کنند. برای مثال، هیدرات نمک مشهور به نمک گلوبر ($Na_2SO_4.10H_2O$) و، بطور مشابه، هیدارت نمک مشهور به هیپو ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) می‌توانند تقریبا" ۵ تا ۱۰ برابر حجم یکسانی از آب و ۱۵ تا ۳۰ برابر حجم یکسانی از سنگ، گرما ذخیره کنند. چنین هیدرات نمکی بطور عادی همراه با مقدار کمی عامل هسته‌ای کننده و همچنین مقدار کمی عامل سفت کننده مصرف می‌شود. نمک گلوبر در تقریبا" $32^{\circ}C$ ذوب (یا منجمد) می‌شود و هیپو در تقریبا" $50^{\circ}C$ جذب (یا منجمد) می‌شود. گفته می‌شود که تولید تجارتی جعبه‌های کم عمق، یا سینی‌های پر شده با فرمول‌های نمک در شرف انجام است ــ خبری که با استقبال فراوانی روبرو خواهد شد.

طبق اطلاع نویسنده نمک گلوبر، چنانچه در مقدار زیاد خریداری شود و درجه خلوص بالا نیاز نباشد، هر کیلوگرم تنها چند ریال قیمت دارد، بدون هزینه حمل؛ بعبارت دیگر هزینه آن در مقایسه با هزینه بسته‌بندی و حمل تقریبا" قابل چشم پوشی است. هیپو فقط مختصری بیش از نمک گلوبر هزینه بر می‌دارد.

ولی آیا بعضی نقایص فطری در استفاده از چنین موادی وجود دارد؟ آری، وجود دارد. نویسنده سعی می‌کند ذیلا" فهرستی از این نقایص، نه بمنظور بدنام کردن این مواد بلکه برای کمک به فراهم کردن منبایی برای درک بهتر چگونگی و محل استفاده از آنها، بیاورد.

نقایص

۱ ــ مجموعه‌ای از جعبه‌های کم عمق، یا سینی، پر شده با فرمول یک هیدرات نمک مناسب برای تامین گرما به یک منزل در زمستان نمی‌تواند برای کمک به خنک کردن منزل بطور مستقیم در تابستان مورد استفاده قرارگیرد. برای خنک کردن، می‌بایست از فرمول متفاوتی استفاده کرد. بعبارت دیگر، هر یک از فرمول ها احتمالا" دارای یک نوع مصرف است. (با وجود این، چون چنین دستگاه ذخیره‌ای کوچک است، استفاده از دو دستگاه متفاوت ــ یکی برای زمستان و یکی برای تابستان ــ ممکن است در بعضی مواقع عملی باشد.)

توجه کنید که آب دارای قابلیت تغییر بیشتری است. یک مخزن آب می‌تواند در زمستان برای کمک به گرم کردن منزل در تقریبا" $55^{\circ}C$ نگهداشته شود و در تابستان برای کمک به خنک کردن آن می‌تواند در تقریبا" $12^{\circ}C$ نگهداشته شود. همین مطلب درمورد صندوقچه سنگ نیز صادق است. بنابراین، چنین دستگاههای ذخیره‌ای قادرند برای دو نوع مقصود بکار بیایند، همانطور که تا کنون در ساختمان‌های مختلف گرم شده‌ی خورشیدی به اثبات رسیده است.

www.KetabFarsi.com

۲ ــ نمک هیدرات از جـایش تـکان نخواهد خورد . در تمام اوقات در سینی‌های منفذگیری شدهٔ خودش باقی می‌ماند . نمی‌توان آنرا به رادیاتورهای اطاق تغذیه کرد زیرا ممکن است در آنجا منجمد شده و جـریان بعد از آن را مسدود کند . بنابراین ، هیدرات نمک نمی‌تواند برای حمل و نقل گرما مورد استفاده قرار گیرد : نه می‌تواند گرما را از گیرنده بیاورد و نه می‌تواند گرما را به اطاق‌ها حمل کند . (در صورتی که دستگاههای انتقال حـرارت متعارفی که از جریـان اجباری هـوا یـا آب استفاده می‌کنند ، می‌توانند بطور موثر برای آوردن‌ها و رسانیدن‌های لازم مورد استفاده قرار بگیرند .)

توجه کنید که آب درون یک مخزن می‌تواند بوسیله یک پمپ از درون لـوله‌هایی بـه یک گیـرنده واقع در پشت بام یا بدرون لوله‌های رادیاتور در اطاق فرستاده شود . یعنی آنکه ، آب علاوه بر ذخیره سازی گـرما ، می‌تواند آن را بیاورد و برساند . باوجود این ، سنگ‌ها نمی‌توانند بیـاورند و بـرسانند ؛ ولـی آنها ، در مجموع ، مساحت سطح خیلی بزرگی دارند که بطور فاحشی تبادل گرما را تسهیل می‌کند . مساحت تبادل گرمای آن در حدود ۵۰ تا ۵۰۰ برابر مساحت مخزن یـا سینی پـر شده از نمک هیدراتی است که از نظر حرارتی معادل باشد .

۳ ــ موقعی که یک جریان هوای سرد شروع بگرفتن گرما از یک سینی پر شده از نمک هیدرات مایع می‌کند ، پوسته‌ای از ماده جامد ممکن است بـزودی در روی سطـوح داخلی سینی تشکیل شود و تا اندازه‌ای در برابر استخراج بیشتر گـرما ایجاد مقاومت کند . بطور مشابه ، اگـر شروع به دادن گرما به سینی پر از هیدرات نمک جامد بکنیم ، لایه‌های مایع تشکیل می‌شوند و تا اندازه‌ای در برابر جریان یافتن گرمای بیشتر ، به آن قسمت از محتوای سینی که جامد مانده است ، مقـاومت می‌کنند . (با جود این ، چنانچه ظرف‌هـا شامل سینی‌هایی نـازک و با مساحت بزرگ باشند ــ همانطور که معمولا" اینطوراست ــ انتقال حرارت درمیزانی که بحد کافی بالاست انجام خواهد گـرفت . طبق درک نویسنده هدایت حرارتی هیدرات نمک جامد بطـور تعجب آوری بالاست ، و از هدایت حرارتی ماده مایع بالاتر است .)

توجه کنید که آب داخل یک مخزن فوق‌العاده به روند انتقال حرارت کمک می‌کند . در داخل مخزن جریان جابجایی گرانشی بطور خودکار رخ می‌دهد و بطور فاحشی ورود و خروج گرما را تسهیل می‌کند . البته ، سنگ‌ها دارای چنین خاصیتی نیستند .

۴ ــ بطور عـادی ، تعیین سـریع و دقیق مقدار انرژی داخل یک دسته سینی پـر از هیدرات نمک تقریبا" غیر ممکن است . یک سینی مفروض ، چه حاوی ماده‌ای باشد که ۱۰% مایع است چه حاوی ماده‌ای باشد که ۹۰% مـایع است ، دمای آن عملا" یکسان خواهد بود . پس چگـونه شخص باید تعیین کند که چه کسری از ماده مایع است و چه مقدار انرژی ذخیره شده است ؟ برای بدتر شدن وضعیت ، در بعضی از سینی‌ها ماده ممکن است بطور عمده مایع باشد در عین آنکه در سایر سینی‌ها ممکن است بطور عمده جامد باشد . آیا ساکنین منزل تا اندازه‌ای ناراحت نخواهند بود اگر ندانند چه مقدار انرژی در انبـار ذخیره دارنـد ؟ (البته ، لازم نیست که خیلی ناراحت بشوند ، زیرا کوره آماده است که در هر لحظه روشن شود .)

توجه کنید که موقعی که گرما در یک مخزن آب ذخیره شده باشد ، یک یا دو اندازه‌گیری سادهٔ دما کفایت خواهد کرد . بطور مشابه ، اندازه‌گیری مقدار انرژی در یک صندوقچه سنگ آسان است .

در اصـول ، شخص می‌تواند توسط طرق زیر تعیین کند که چه کسری از ماده‌ی داخل یک مجموعهٔ سینی مایع است : (۱) استفاده از پراش اشعهٔ ایکس ، زیرا انکسار اشعهٔ ایکس برای فازهای مایع و جامد خیلی متفـاوت است ، (۲) آویـزان کـردن مجموعه سینی‌ها بوسیله سیم‌های قابل انعطاف و به نوسان درآوردن مجموعه (بطور خطی یا بطور چـرخشی) ؛ میـزان نـوسـان بمقـدار کمـی ــ و میرایش بمقـدار زیـادی ــ بستگی دارد بـه کسری از ماده که مایع است . روش‌های مختلف صوتی نیز می‌تواند بکار برود . ولی چنین روش‌هایی احتمـالا" گران خواهند بود . نویسنده هیچ روش سادهٔ قابل کاربردی برای مجموعه‌ای شامل تعداد زیادی سینی را نمی‌شناسد .

دو مرحلهٔ تکمیلی پیشرفته در بسته بندی هیدراتهای نمك

۱۹۷۸/۹/۲۹

شرکت والمونت انرژی سیستمز

خلاصه

لااقل دوگروه زیردر جهت تولید مستمر کارخانه‌ای هیدرات‌های نمک با بسته بندی خوب ، برای استفاده در دستگاههای ذخیره حرارتی ، سریعا" در حال پیشرفت‌اند : شرکت ولمونت انرژی سیستمز که سینی‌های پلاستیکی بکار می‌برد ، و انستیتوی تبدیل انرژی دانشگاه دلاور که از لوله‌های پلاستیکی استفاده می‌کند .

مقدمه

هیدرات‌های نمک ، که قادرند مقدار زیادی گرما در فضایی کوچک ذخیره کنند ، چنان گنجایش چشمگیر و فوق‌العاده با ارزشی در ذخیره انرژی حرارتی عرضه می‌کنند که گروههای دانشگاهی و صنعتی بسیاری سعی کرده‌اند دستگاههای ذخیره سازی عملی‌ای با استفاده از این مواد بوجود آورند .

درسه دهه کارسخت دکتر ماریا تلکز با اشکالات زیادی در مورد هیدراتهای نمک مواجه شده است و بر تمام آن اشکالات فایق آمده است. در سال ۱۹۷۸ او در مقام مدیر مرکز توسعه ذخیره سازی حرارتی خورشیدی در دانشگاه آمریکن تکنولوژی[1] خدمت می‌کرد ، که در آنجا نامبرده به کوشش خود برای تولید در مقیاس زیاد دستگاههای ذخیره‌ای مقرون بصرفه و با دوام ، با استفاده از هیدرات‌های نمک ، ادامه می‌داد .

ذیلا" درمورد دو گروهی که اکنون در جهت تولید کارخانه‌ای چنین دستگاههایی در حال پیشرفتند ، بحث شده است . گروههای دیگری نیز ممکن است در حال پیشرفت باشند[2] ، ولی نویسنده قادر نبوده است که درمورد طرحهای آنها اطلاعات زیادی بدست بیاورد .

1)American Technology University,P.O.Box 1416,Killeen,TX 76541.

2)Solar Inc. of Mead, Nebraska.

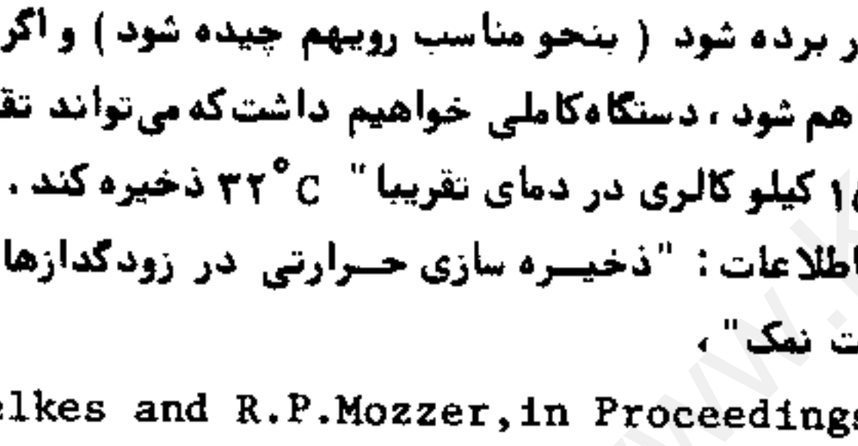
شرکت والمونت انرژی سیستمز

این شرکت ، واقع در ولی نیوانگلند[1] ، برشورهایی منتشر کرده که نشان می‌دهد این شرکت در حال آماده شدن برای تولید و فروش دستگاههای ذخیره ایست با استفاده از فرمول نمک گلوبر در سینی‌های بدون منفذ ضد رطوبت به ابعاد ۶۰ سانتیمتر × ۳۰ سانتیمتر × ۵ سانتیمتر. هر یک از سینی‌ها ، که از پلی اتیلین با چگالی بالا ساخته شده است ، حاوی تقریبا" ۹ کیلوگرم از فرمول مذکور است . در سطوح بالایی و پایینی هر سینی ، مجموعه‌هایی از کانال‌های موازی با اندازه نسبتا" بزرگ وجود دارد تا جریان آزاد هوا را موقعی که ۱۵ سینی رویهم چیده شود ، میسر سازد . هر کیلوگرم از نمک می‌تواند تقریبا" ۵۶ کیلو کالری گرمای نهان ذخیره کند و هر سینی می‌تواند ۵۰۰ کیلو کالری ذخیره کند . اگر ۳۰۰ سینی بکار برده شود (بنحو مناسب رویهم چیده شود) و اگر بدنه عایقی فراهم شود ، دستگاه کاملی خواهیم داشت که می‌تواند تقریبا" ۱۵۰/۰۰۰ کیلو کالری در دمای تقریبا" $32^{\circ}C$ ذخیره کند .

منابع اطلاعات : "ذخیره سازی حرارتی در زودگدازهای هیدارت نمک" ،

M.Telkes and R.P.Mozzer,in Proceedings of the Am-ISESAugust 1978 Conference in Denver.

همچنین بروشورهای شرکت ولمونت انرژی سیستمز؛ همچنین تماس‌های شخصی نویسنده با تلکز و شرکت ولمونت انرژی سیستمز .



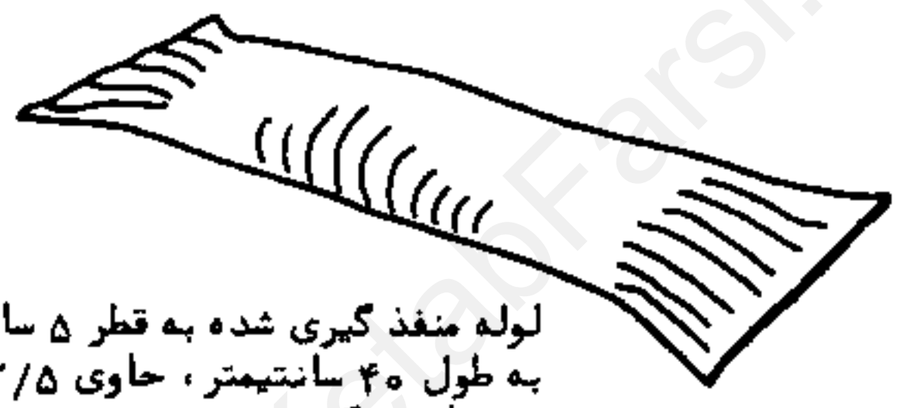
سینی کانال دار ، ۶۰ سانتیمتر × ۳۰ سانتیمتر × ۵ سانتیمتر ، حاوی ۹ کیلوگرم فرمول هیدرات نمک .

1)Valmont Energy Systems,Inc.Valley NE 68044

انستیتوی تبدیل انرژی در دانشگاه دلاور

در اواخر سال ۱۹۷۸، مهندسین انستیتوی فوق در شهر نیوارک، دلاور، و در آزمایشگاههای صنعتی همکاری کننده، مشغول تکمیل و توسعهٔ دستگاههای هیدرات نمکی بودند که در تقریبا " ۳۲°C یا دماهای متفاوتی در محدوده ۴°C تا ۳۲°C عمل می‌کنند. آنها از یک نوع بسته‌بندی با هزینه خصوصا " پایینی استفاده می‌کنند: مواد در داخل لوله‌های پلاستیکی سوسیس شکلی، به قطر ۴ تا ۵ سانتیمتر در طول ۴۰ سانتیمتر، گذارده شده منفذگیری می‌شود. پلاستیکی که بکار می‌رود یک ورق چهار لای ضد رطوبت سفت است. هریک ازلوله‌ها حاوی ۱/۵ تا ۲/۵ کیلوگرم از فرمول هیدرات نمک است. گویا هزینه تخمینی بسته بندی برای هر کیلوگرم از هیدرات نمک در حدود دو ریال است. در اواخر ۱۹۷۸، کارخانه‌ی تولید آزمایشی در مقدار متوسط در دست احداث بود. ماشین آلات این کارخانه، چنانچه با تمام ظرفیت کار کنند قادرند هر ساعت ۲ تن ماده را بسته‌بندی کنند. مذاکرات برای تولید در مقیاس زیاد و ارائه آن به بازار نیز در جریان بود؛ چندین شرکت بطور فعال در این مذاکرات درگیر بودند.

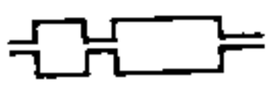
در یک دستگاه ذخیره کامل، تعداد خیلی زیادی از چنین لوله‌های پر شده‌ای، بکار برده می‌شود. لوله‌ها افقی قرار خواهند گرفت و بوسیله تورهایی یا شبکه‌هایی افقی یا بوسیله "پله‌های" باریکی از "نردبانهای" ریسمان نایلونی یا ماده دیگر، نگهداشته می‌شوند.



لوله منفذ گیری شده به قطر ۵ سانتیمتر و به طول ۴۰ سانتیمتر، حاوی ۲/۵کیلوگرم هیدرات نمک.

www.KetabFarsi.com

اصلاح عملکرد یک‌دستگاه ذخیرهٔ م ت ف‌بوسیلهٔ استفـاده از دوم ت ف‌که در دمـاهای متفاوت عمل می‌کنند



طرح ۱۲۵ – S
۱۹۷۸/۹/۲۲

خلاصه

عملکرد یک دستگاه ذخیره‌از نوع مادهٔ تغییر فاز دهنده (م ت ف) چنانچه دستگاه بـدو قسمت تقسیم‌شود و در این قسمت‌ها م ت ف هایی دارای دو دمـای عمل متفاوت بکار برود ، ممکن است اصلاح شود . اگر الگوهای مناسبی برای جریان هوا بکار برود ، دمای هوای برگشتی بـه گیرنده، در بسیاری از دوره زمـان‌های وسط زمستان ، پایین خواهد بود و نتیجتا" راندمان دریافت بالاتر خواهد بود .

طرح پیشنهادی

یک خانه‌گرم شدهٔ خورشیدی‌را در نظر بگیرید که دارای یک گیرنده نوع هوا ، یک دستگاه توزیع نوع هوا ، و یک دستگاه ذخیره م ت ف است . واضح است چنـانچه هوا را در راه برگشت به گیرنده بتوان سردترکرد ، رانـدمان دریافت را می‌توان افزایش داد . این عمـل را بوسیله بوجودآوردن مقداری جدا سازی جرارتی سودمند می‌توان انجام داد .

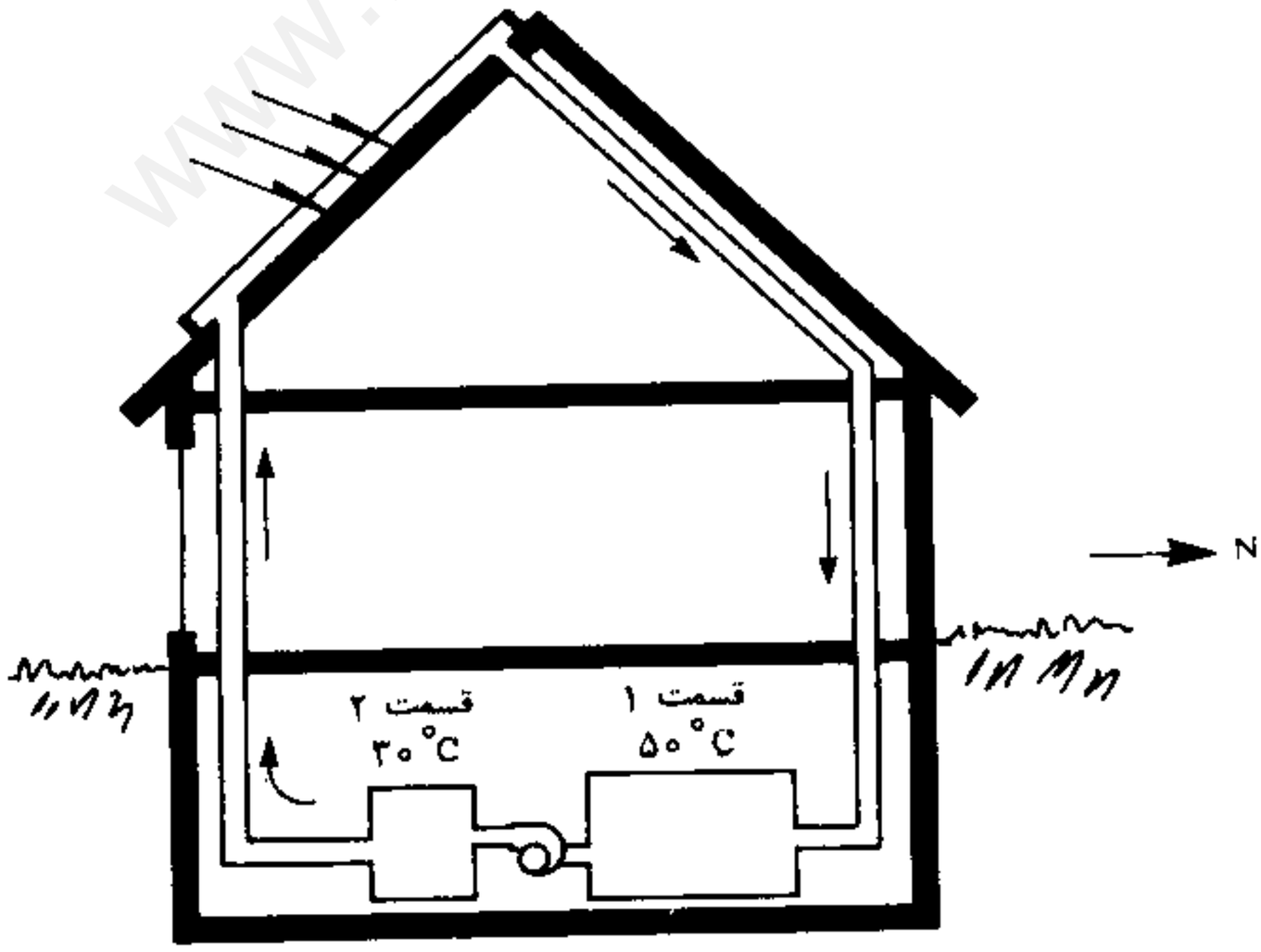
برای فراهم کردن مقداری جدا سازی حرارتی ، شخص می‌تواند :

(الف) یک دستگاه ذخیـره دو قسمتی ، یعنی ، دو صندوقچه‌ای ، بکار ببرد .

قسمت ۱ بزرگ‌است و در آن از م ت ف ای که در، مثلا" ، ۵۰° C عمل می‌کند ، استفاده می‌شود ، و قسمت ۲ کوچک است و در آن از م ت ف ای کـه در، مثـــلا" ، ۳۰° C عمل می‌کند ، استفاده می‌شود .

(ب) دو قسمت را ، نسبت به گیرنده، بطور سـری متصل کنـد. هوای گـرم از گیرنده ابتدا از درون قسمت ۱ (قسمت بزرگ گرم) جریان می‌یابد ، سپس ازدرون قسمت ۲، و بعد برگشت به گیرنده.

(ج) هر مـوقع کـه قسمت ۲ قادر است اطاق‌ها را بگرمی ۲۱° C نگهدارد ، اطاق‌ها را فقط توسط این قسمت گرم کند . موقعی



دستگاه گرمایش خورشیدی که دارای دو دستگاه ذخیره م ت ف است . مجراهایی که به اطاقها می‌روند نشان داده‌نشده است .

که‌این قسمت فاقد این قدرت باشد ، برای مثال ، در شب‌های سرد بهمن یا در روزهای ابری بهمن ، هر دو قسمت بکار می‌روند ؛ هوای اطاق ابتدا از درون قسمت ۲ و سپس از درون قسمت ۱ بگردش درآورده می‌شود .

با استفاده از چنین دستگاهی بدین طریق ، ساکنین خانه ممکن است موفق شوند که، در اثنای دوره‌های زمانی قابل توجهی در وسط زمستان ، دمای قسمت ۲ را در حدود $30^{\circ}C$ یا پایینتر نگهدارند . در نتیجه ، هوایی که به گیرنده فرستاده می‌شود بطور مشابه در حدود $30^{\circ}C$ یا پایینتر است و بنابراین راندمان دریافت خیلی بالا خواهد بود .

حالت‌های مختلف جریان هوا به اطاق‌ها بوسیله دریچه‌هایی کنترل می‌شوند این دریچه‌ها خود بنوبه بوسیله یک ترموستات اطاق که‌دارای اتصالی اضافی است ، کنترل می‌شوند . موقعی که ترموستات حدود $21^{\circ}C$ بخواند ، هوای اطاق تنها از درون قسمت ۲ بگردش درآورده می‌شود . ولی موقعی که ترموستات $20^{\circ}C$ یا پایینتر بخواند ، هوا از درون هر دو قسمت گردش داده می‌شود : ابتدا قسمت ۲ سپس قسمت ۱ .

بحث

در اینجا دو باره به ما یادآوری می‌شود که ، معمولا" ، استفاده‌از دستگاههایی که دارای مقادیر ثابتند ،اشتباه‌است . برای مثال ، موقع استفاده از صندوقچه سنگ ، استفاده از سنگ‌هایی با اندازه عمومی یکسان در سرتاسر صندوقچه اشتباه‌است . موقع استفاده از دیوار تروم ، اشتباه است که دیواری داشته باشیم که از یک قطعه منفرد تشکیل شده باشد ، یا آن که قطعات زیادی داشته باشیم که همه در یک صفحه منفرد واقع باشند ، یا آن که تمام قطعات دارای ضخامت یکسانی باشند . در اینجا ما نشان می‌دهیم ، که در طراحی یک دستگاه ذخیره م ت ف ، اشتباه است که یک دمای عمل منفرد داشته‌باشیم . یک دستگاه گرمایش خورشیدی چنانچه تعداد گوناگونی ابعاد و پارامترهای اساسی که روبهمرفته قادر به فراهم ساختن عملکرد قابل تغییر و قابل انعطافی باشند ، درآن تعبیه شود ، در بسیاری از جهات اصلاح خواهد شد . بعنوان مثال ، چنانچه سازنده‌ای از شما بخواهد که به دکان ابزار فروشی رفته و شش عدد پیچ گوشتی بخرید ، شش پیچ گوشتی مشابه انتخاب نکنید . یک مجموعهٔ متنوع ، سودمندتر خواهد بود .

پس، چنانچه یک‌طراح دستگاه ذخیره م ت ف سرگردان باشد که آیا نمک گلوبر با دمای عمل $32^{\circ}C$ بکار ببرد یا آن که هیپو با دمای عمل $49^{\circ}C$ ، بهتر است او استفادهٔ توام از هر دوی آنها را نیز در نظر بگیرد .

البته ، استفاده از هر دوی آنها پیچیدگی و هزینه اضافی در بر خواهد داشت . اینکه آیا استفادهٔ توام از هر دو به پیچیدگی و هزینهٔ اضافی آن بیارزد یا خیر ، به شرایط بسیاری بستگی دارد . برای تاسیسات خیلی بزرگ ، استفاده از دو فرمول ممکن است ارزش داشته‌باشد . برای تاسیسات کوچک ممکن است ارزش نداشته باشد .

بشکهٔ چرخان پر از م ت ف که در مخزن چوبی پر از آبی فرو برده شده است

طرح S — ۱۳۰
۱۹۷۶/۷/۷

خلاصه

مادهٔ تغییرفاز دهنده (م ت ف) در بشکه افقی استوانه‌ای‌فولادی بدون منفـذی جا داده شده است . بشکه درون مخزن چوبی پر از آبی قراردارد و بطور پیوسته توسط یک موتور برقی $\frac{1}{15}$ اسب بخار به‌آهستگی چرخـانده می‌شود تا آن که بتوان از مسائل ته نشینی احتراز کرد . آب داخل مخزن چوبی بعنوان یک اتصال سطح بیـن گیرنده و بشکه و بین دستگاه رادیاتورهای اطاق و بشکه بکار می‌آید و همچنین عمل ضربه‌گیری با ارزشی را تامین می‌کند . تغییر در فاز م ت ف درون بشکه‌فشاررا درآنجا تغییر می‌دهد ، و نتیجتا " فشار سنجی کـه فشار درون بشکه را اندازه‌گری کند ، سنجشی از محتوای انرژی م ت ف را فراهم خواهد کرد .

طرح S — ۱۳۰a ساده‌تر اسـت . یک پوشش نازک پر از آب بجای مخزن چوبی پر از آب بکار می‌رود .

طرح پیشنهادی

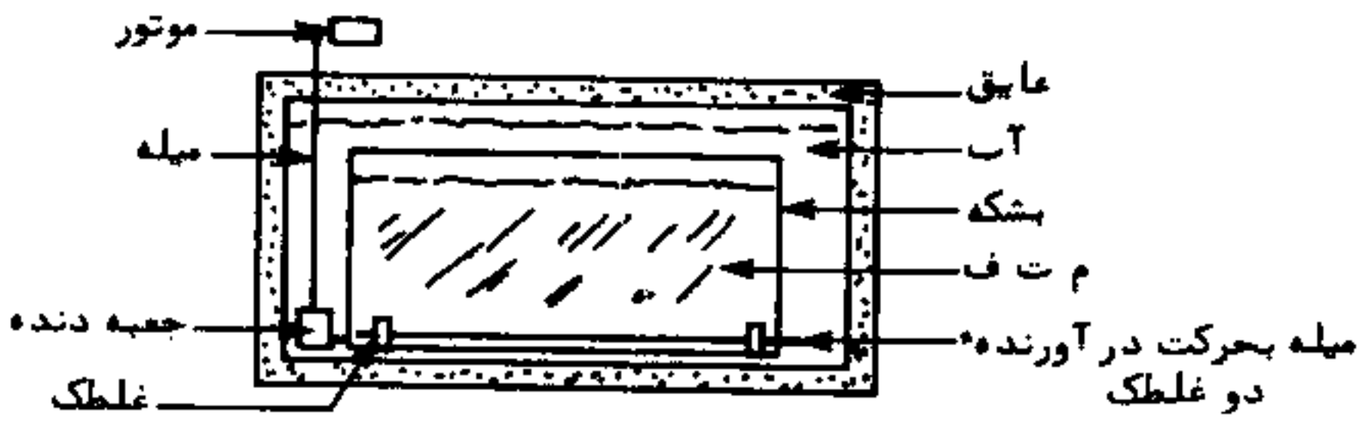
الف ـ طرح. جزء اصلی دستگاه پیشنهادی ، قابل کاربرد در مورد یک خانهٔ گرم شده‌ی خورشیدی دارای گیرنده نوع آبی ، بشکه ایست افقی ، استـوانه‌ای ، فـولادی ، بدون منفذ به قطر ۱/۲ متر و طول ۲/۷ متر که تا حدود ۸۵ یا ۹۰% با $Na_2S_2O_3 . 5H_2O$ یا با م ت ف دیگری ، مـانند آنهـایی که بطور موفقیت آمیز توسط تلکز آزمایش شده‌اند ، پر شده است . مقداری عامل هسته‌ای کننده (برای مثال ، بوراکس) و مقـداری عامل ضد زنگ نیز اضافه می‌شود . دمای تغییر فاز در حـدود ۵۰°C است . بشکه تماما " فرو برده شده است در ۳ تن آب داخل مخزن چوبی مستطیلی عایق‌کاری شده‌ای (با ابعاد خارجی در حـدود ۳ متر × ۱/۵ متر × ۱/۵ متر) که از زهوارهای چوبی ، تخته‌سه لا ، و یک آستری ضد آب ، ساخته شده است . بشکه روی چهار غلطک زنگ نزن تقریبا " بدون اصطکاک می‌نشیند . یـک جفت از غلطک‌ها ، که بوسیله میله مشترکی بیکدیگر ثابت شده‌اند ، توسط یک موتور برقی $\frac{1}{15}$ اسب بخـار با دنده کاهنده ، بطور پیوسته چرخانده‌می‌شود ؛ بنابراین خود بشکه‌بمیزان ، مثلا " ، ۴دوردر سـاعت می‌چرخد . فشار سنجی که‌به‌یک‌انتهای‌بشکه‌وصل‌شده‌است‌فشـار درون بشکه را نشان می‌دهد . قسمت عمده وسایل مذکور در کارخانه سـوا ر می‌شوند ، بـوسیله کامیونی تحویل می‌شوند و در منزل مورد بحث درجای مورد نظر پایین آورده می‌شوند (بوسیله جرثقیلی واقع در کامیون) .

ب ـ طرز کار. آب گرم از گیرنده به مخزن چوبی گردش داده می‌شود و گرما را به مخزن چوبی و (بطور غیر مستقیم) به م ت ف می‌رساند . مـوقعی کـه اطاق‌ها گرما نیاز دارند ، آب رادیاتورهای اطاق به‌مخزن چوبی گردش‌داده‌می‌شود ؛ بنابراین ، از مخزن چوبی ، و (بطور غیر مستقیم) از م ت ف گرما می‌گیرد . موتور به کار کردن ادامه می‌دهد و بشکه را همچنان می‌چرخاند .

فشار سنج بـه نشان دادن فشـار درون بشکه ادامه می‌دهد . فشار بطـور مستقیم با حجم جامد و مایع درون بشکه مرتبط است ، که خود بنوبه با مقدار گرمای نهان بشکه مرتبط است .

ازآن‌جایی‌که مقدار م ت ف بکار رفته‌دارای حجمی درحدود ۲/۸ مترمکعب ، چگالی ای در حدود ۱/۷۵ تن در متر مکعب ، جرم کلی درحدود ۵۰۰۰ کیلوگرم ، و گرمای نهان تغییر فازی در حدود

نمای انتهایی



۵۰ کیلوکالری در کیلو گرم است ، مقدار کل گرمای آزاد شده موقعی که م ت ف ازمایع به‌جامد تغییر فازدهد تقریبا " برابر با ۲۵۰/۰۰۰ کیلو کالری خـواهد بـود ، یعنی ، بحد کافی برای آن که منزلی با اندازهٔ متوسط و خوب عایق کاری شده‌ای را در آذربایجان به مدت دو روز ، در یـک دورهٔ زمانی بدون آفتاب معمولی در بهمن ماه ، گرم نگهدارد .

ج ــ بحث . چون بشکه در آب فرو رفته است ، نیروی بسمت پایینی که به غلطکهای نگهدارنده وارد می‌شود ، کوچک است .

چون غلطکها نـزدیک به دو انتهای بشکه واقعند ، انحنای قابل ملاحظه‌ای در دیوارهای بشکه بوجود نخواهد آمد .

چون دستگاه غلطکها تقـریبا " بدون اصطکاک است و میزان دوران بشکه‌آهسته است ، یک موتور برقی با توان کم کفایت خواهد کرد . در حـدود ۲ کیلو وات ساعت برق در روز مصرف می‌کند (به ارزش تقریبا " ۷ ریال) .

چون بشکه‌درحال‌چرخش است ، لایه‌راکدی ازآب درمجاورت سطح خارجی بشکه وجود ندارد . بگردش درآوردن آب از گیرنده یا رادیاتورهای‌اطاق به حصول اطمینان از این امر که در اینجا لایه راکدی وجود نداشته باشد ، کمک می‌کند .

بطور مشابه ، عموما " ، در مجاورت سطح داخلی دیوار بشکـه نیز لایه راکدی از مواد وجـود نخواهد داشـت . حـالت استثناء : موقعی که محتوای بشکه ۸۰ (؟) تا ۱۰۰٪ جامد است .

محدودیت جدی زیرین باید در مد نظر باشد : مساحت برای انتقال‌حرارت‌از م ت ف به‌آب درمخزن‌چوبی (و بالعکس) کوچک است . مقدار حرارتی که در مدت ۲۴ ساعت می‌تواند انتقال یابد ، ممکن است بطـور چشم‌گیری کـوچک بـاشد . (از نظر مقایسه : در دستگاهی که از صدها سینی کوچک استفاده می‌شود ، مساحت سطح برای انتقال حـرارت بمـراتب بزرگتر است ــ در حدود ۵۰ برابر بزرگتر . بـا وجود این ، در چنان دستگاهی ، میزان انتقال حرارت در واحد مساحت ممکن است بطور قابل توجهی پایینتر باشد .)

از آن جا کـه آب در مخزن چوبی بعنوان یک ضربه گیر عمل می‌کند ، یک‌عرضه فراوان ناگهانی حرارت از گیرنده به مخزن چوبی ممکن‌است بطورموثر پذیرفته‌شود . بدین‌معنی که ۳ تن آب می‌تواند یک ضربه ناگهانی ۳۰/۰۰۰ کیلو کالری را بگیرد و تنها ۱۰ درجـه سانتیگراد گرمتر شود . بطور مشابه ۳۰/۰۰۰ کیلو کالری حرارت تنها با افت کمی در دمـای آب ، می‌تواند بوسیله دستگاه رادیاتورهای اطاق درمدت‌زمان‌کوتاهی استخراج شود . بنابراین ، انتقال حرارت از مخزن چـوبی به بشکه ، یا بالعکس ، می‌تواند بطور آهسته بوقوع بپیوندد . بجهات متعدد ، ۳ تن آب بعنوان اتصال سطح ایده آلی بین (۱) محتـویات بشکه و (۲) گیرنده و یا دستگاه رادیاتورهای اطاق ، بکار می‌آید .

از آن جـایی که م ت ف در یک ظرف منفرد ساخته شده در کارخانه ، ازفولاد ضخیم ، بدون منفذ ، قرار گرفته است ، نشت مواد تقریبا " مطرح نیست . زنگ زدگی مسئله‌ای نخواهد بود : ماده‌ای برای جلوگیری از زنگ زدگی بکار می‌رود .

دستگاه ذخیره فشرده است : تقریبا " هیچ فضای هدر رفته‌ای ندارد .

توسط یک نـگاه به فشار سنج ، شخص می‌تـواند در هر زمانی مقدار گرمای نهان داخل بشکه را تخمین بزند .

ممکن است نیازی به وارد کردن یک عامل ضد ته نشینی ، به محتویات بشکه ، نباشد : چرخش مداوم بشکه از ته نشینی دایمی یا مضر جلوگیری می‌کند و درآمیختن مجدد مولفه‌های جامد و مایع را تشویق می‌کند .

آیا نیازی به عامل ضد فوق سرمایش (عامل هسته‌ای کننده) وجود دارد ؟ تـلاطم مختصری کـه در درون بشکـه بوسیله چرخش دایمی حفـظ می‌شود ، ممکن است از فـوق سرمایش جلوگیری کند . همچنین ، ممکن است تـرتیبی داده شود که هر گاه کسر ماده جامد به ، مثلا " ، ۵٪ کاهش یافت ، استخراج گرمـا از بشکه متوقف شود ؛ بعبارت دیگر ، در تمام اوقات یک مقدار اندک بحدکافی از بلورها (برای دانه تبلـور) می‌تواند در بشکه بـاقی گذاشته شود . ولی ، بهرجهت ، اضافه کردن چند درصدی بوراکس ساده است .

لوله‌هایی که‌آب را به مخزن چوبی می‌آورند یا از آن می‌برند ، از بـالا وارد می‌شوند . منفـذگیری‌های آب بنـدی شده (یعنی ، منفذگیری‌هایی درپهلوها یا در ته مخزن چوبی) مورد نیاز نیستند .

درک نویسنده آن است که مقدار مورد لزوم هیپو ، در حدود ۵۰۰۰ کیلو گرم ، چنانچه ماده با خلوص پایین قابل قبول باشد و به تعداد زیادی مصرف کننده توزیع شود ، در حدود ۲۵۰۰۰ ریال بدون در نظر گرفتن حمل آن هزینه بر می‌دارد .

آیا دستگاه‌پیشنهادی‌ازنظرهزینه مقرون بصرفه خواهد بود ؟ آیا از دستگاهی که‌درآن سینی‌های پر از م ت ف بکار برود ، مانند سینی‌هایی کـه هم اکنون توسط دو یا سه موسسه مختلف در دست تهیه‌اند ، بیشتر مقـرون بصرفه خواهد بود ؟ نویسنده گمان می‌کند دستگاه پیشنهاد شده در اینجا برای تاسیسات کوچک از نظر هزینه مقرون بصرفه نیست ، ولی ممکن است بـرای تاسیسات بزرگ از نظر هزینه مقرون بصـرفه بـاشد . (توجه کنید : اگر یک سینی ۹ کیلـو گرمی‌ماده ۱۰۰۰ ریال‌هزینه‌بردارد ، و ۵۰۰ کیلوکالری گرما ذخیره کند ، درآنصورت مقدار سینی‌های قادر به ذخیره سازی ۲۵۰/۰۰۰

کیلو کالری گرما ، ۵۰۰/۰۰۰ ریال هزینه بر خواهد داشت .)

د ــ تغییر و تبدیل‌های فرعی

۱ ــ بشکه و بطور مشابه مخزن چوبی را بمراتب کوچکتر بسازید . دستگاهی به اندازه یک گنجه ، بحد کافی برای یک روز بدون آفتاب در وسط زمستان گرما ذخیره خواهد کرد . بشکه‌ای با قطر کوچکتر دارای نسبت مساحت به حجم بهتری است .

۲ ــ موقعی که سازنده دستگاه ذخیره را تحویل می‌دهد ، بگذارید گرم تحویل بدهد ، یعنی پر از انرژی از قبل .

۳ ــ بشکه را فقط تا ۵۵ یا ۶۰% پر کنید بطوری که شناور باشد . در آنصورت نیازی به غلطک‌های تکیه‌دارنده نخواهد بود . محرک می‌تواند شامل یک موتور کوچک باشد که بوسیله اصطکاک در پیرامون بشکه آن را می‌راند . ولی البته ۴۰% حجم هدر رفته بشکه مایه افسوس خواهد بود .

۴ ــ برای مواقعی که محتوای انرژی بشکه خیلی پایین می‌آید ، وسیله‌ای برای گرمایش برقی بشکه در خارج از زمان حداکثر مصرف برق فراهم کنید .

۵ ــ درون بشکه چند دیسک فولادی لبه تیز که به‌آزادی می‌لغزند ، جا بدهید تا موادی را که بیم آن می‌رود به دیوار بشکه بچسبد ، شل کنند .

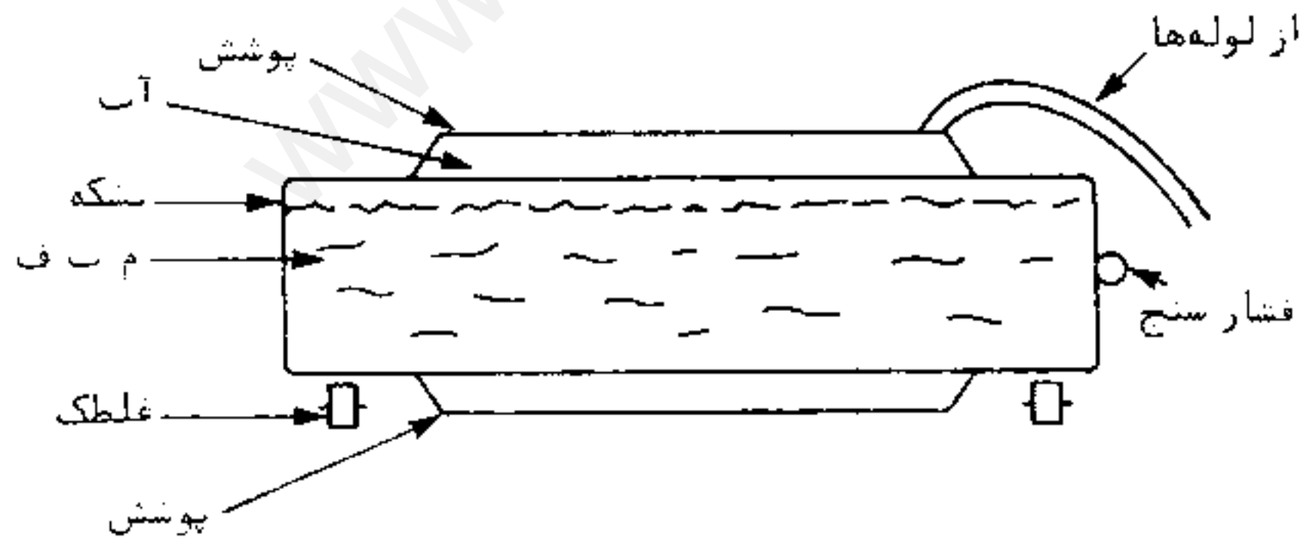
۶ ــ مقدار ۵ یا ۱۰% آب بیشتر به فرمول هیدرات نمک بیافزایید . بعضی آزمایش‌های ابتدایی که در سال ۱۹۷۶ توسط نویسنده با فرمول زودگداز هیپو و با فرمولی که به‌آن آب اضافی افزوده شده بود ، انجام شد ، نشان می‌دهد که ، موقعی که اندکی آب اضافی وجود داشت ، ماده بهنگام خنک شدن رفتار بمراتب بهتری داشت . بدین معنی که ماده ، بطور معمول ، به شکل ماده آبکی بود ، بجای آن که شامل یک توده بلوری سخت و محکم باشد . یک ماده آبکی را می‌توان هم زد ولی یک توده بلوری محکم ــ تا اندازه‌ای شبیه بتون جامد ــ را نمی‌توان هم زد . تغییر در نقطه ذوب و کاهش در گنجایش حرارتی کوچک است . بعضی نجس‌هایی که توسط بیسواس در دانشگاه کالیفرنیا بعمل آمده است ، نشان می‌دهد که رفتار فرمول نمک گلوبر با افزایش اندکی آب اضافی ، بطور قابل ملاحظه‌ای اصلاح می‌شود . به مرجع زیر رجوع کنید [1] .

تغییر و تبدیلهای اصلی

طرح S - ۱۳۰ a

این یک‌نوع ساده‌تر طرح فوق است . بشکه بلند باریکی بکار ببرید . پوششی فراهم کنید که بیشتر سطح استوانه‌ای بشکه را در بر بگیرد . بین پوشش و سطح بشکه ناحیه‌ٔ نازکی وجود دارد که در آن آب گردش می‌کند . آب از گیرنده و یا آب از رادیاتورهای اطاق . بشکه و پوشش بسیار سبک ساخته شده‌اند . با یکدیگر می‌چرخند . هر موقع این سرکیب $\frac{1}{2}$ دور چرخید . جهت چرخش معکوس می‌شود . وسیله معکوس کننده‌ای در روی موتور برقی یا در روی دستگاه محرک دنده آن بکار رفته است . پوشش دارای لوله‌های ورودی و خروجی است که برای گیرنده یا مجموعه رادیاتورهای اطاق بکار می‌روند لوله‌ها به "پیچش" ادامه نمی‌دهند ، زیرا جهت چرخش بشکه به معکوس شدن ادامه می‌دهد ؛ مقدار خالص پیچش هرگز به یک دور نمی‌رسد . تمامی دستگاه ذخیره در عایق حرارتی پوشانده شده است ؛ این عایق می‌تواند به مخزن و پوشش آن چسبیده باشد و همراه آنها بچرخد ؛ یا آن که ممکن است جدا و ثابت باشد .

توجه کنید که مخزن چوبی وجود ندارد . پوشش بجای آن



بکار می‌آید . همچنین ، مقدار زیادی آب درگیر نیست . غلطک‌ها ، دنده‌ها ، و غیره ، در هوا واقعند . دستگاه ساده و فشرده است ، ولی دارای حجم بزرگی از آب ضربه‌گیر نیست (مگر آن که مخزن ضربه‌گیر جداگانه‌ای تعبیه شود) . و در اینجا نیز ، سطح کل برای انتقال حرارت از محتویات مخزن ، یا برای انتقال به آن ، خیلی کوچکتر از مقدار مطلوب است .

---

1) E.R.Biswas, Solar Energy, 19,99(1977).

مخزن فولادی پر از م ت ف که تنها از بالاترین سطحش گرما تأمین می‌کند، این سطح بطوردوره‌ای با استفادهٔ کوتاه مدت آب داغ، از پیوستهٔ چسبندهٔ م ت ف آزاد می‌شود

طرح S — ۱۳۶
۱۹۷۸/۸/۱۳

خلاصه

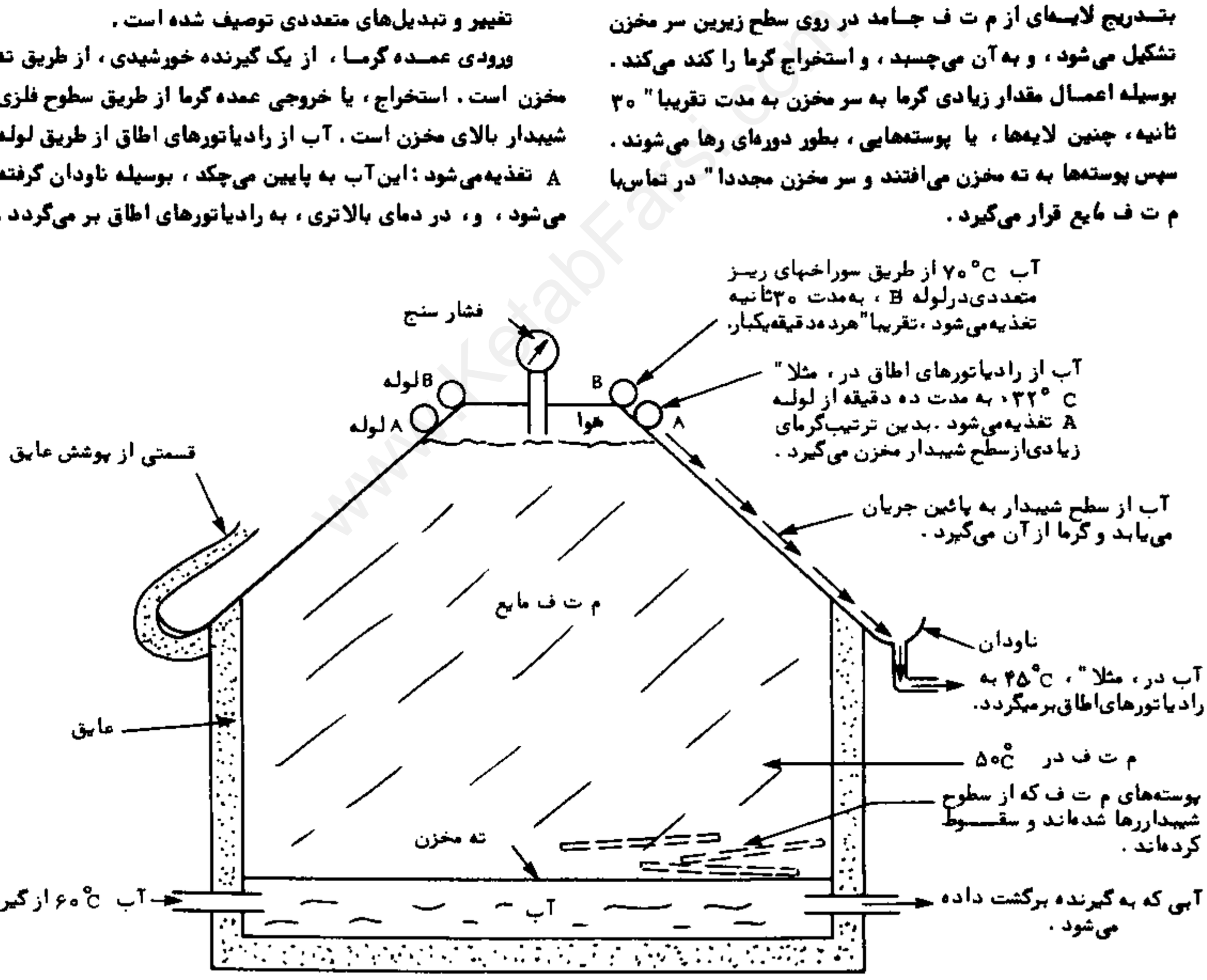
گرما از سطح شیبدار بالایی مخزن فولادی پر از م ت ف بوسیله آبی که از روی این صفحه به پایین می‌چکد، استخراج می‌شود. بتدریج لایه‌ای از م ت ف جامد در روی سطح زیرین سر مخزن تشکیل می‌شود، و به آن می‌چسبد، و استخراج گرما را کند می‌کند. بوسیله اعمال مقدار زیادی گرما به سر مخزن به مدت تقریبا" ۳۰ ثانیه، چنین لایه‌ها، یا پوسته‌هایی، بطور دوره‌ای رها می‌شوند. سپس پوسته‌ها به ته مخزن می‌افتند و سر مخزن مجددا" در تماس با م ت ف مایع قرار می‌گیرد.

مقدار گرمای نهان در مخزن ذخیره در هر لحظه می‌تواند به وسیله فشار سنج بطور مخصوص مدرج شده‌ای که فشار هوای محبوس در بالای مخزن را حس می‌کند، تعیین شود.

ورودی گرما به مخزن از طریق ته فولادی مخزن است.

تغییر و تبدیل‌های متعددی توصیف شده است.

ورودی عمده گرما، از یک گیرنده خورشیدی، از طریق ته مخزن است. استخراج، یا خروجی عمده گرما از طریق سطوح فلزی شیبدار بالای مخزن است. آب از رادیاتورهای اطاق از طریق لوله A تغذیه‌می‌شود: این آب به پایین می‌چکد، بوسیله ناودان گرفته می‌شود، و، در دمای بالاتری، به رادیاتورهای اطاق بر می‌گردد.



مقطع عمودی دستگاه ذخیره پیشنهادی

در فـواصل تقریبا" ۱۰ دقیقه‌ای، جریان از طریق لوله A متوقف می‌شود و، برای حـدود ۳۰ ثانیه، جریان آب خیلی داغ از طریق لوله B آغاز مـی‌شود ــ سطوح شیبدار و بالاترین ۰/۰۲۵ میلیمتراز پوسته م ت ف در تماس با آنجا راگرم می‌کند، و اندکی ذوب شدگی ایجاد می‌کنـد و بـدین ترتیب پوسته را (که ممکن است، مثلا"، بضخامت ۳ میلیمتر باشد) رها می‌سازد.

مقدمه

طرحهای سادهٔ گوناگون در مورد استفاده از یک ماده تغییر فاز دهنده (م ت ف)، برای مـثال هـیپـو ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) سـلفـات دو سـود پنج آبه)، در اثر تمایل م ت ف به جامد شدن در روی ــ و بطور محکم چسبیدن به ــ سطحی که از درون آن گرما استخراج می‌شود، بـا شکست روبـروی می‌شوند. اگـر لایه‌ای از م ت ف به ضخامت ۲/۵ تـا ۵ سانتیمتر در روی آن سطح تشکیل شود، میزان استخراج گرما شدیدا" کم می‌شود.

در اصول، شخص می‌تواند لایه چسبنده را توسط طرق مکانیکی جدا سازد، بـرای مثال، بوسیله یک خـراشنده مکانیکی (مثلا"، وسیله‌ای شبیه بـرف پاک کن مـاشین). ولی لایه چسبنده بقدری سخت، بقدری محکم، و بقدری غیر قابل دسترسی است که احتمالا" این استراتژی با شکست روبرو خواهد شد. همچنین، خراشنده خود موقعی کـه عملا" تمام م ت ف در مخزن مورد سوال جامد باشد، ممکن است بی حرکت بشود.

راه‌حل مقدور دیگری آن است که سطح فلزی با ماده‌ای اندود شود که م ت ف جامد به آن نچسبد. ولی پیدا کردن ماده‌ای که در چنین نقشی بـه مدت ده سال عملکـرد خوبی داشته باشد، ممکن است مشکل باشد.

طرح پیشنهادی

در اینجا نـویسنده راه حـل از ریشه متفاوتی را پیشنهاد می‌کند که ویژگی‌های بنیانی آن را در سال ۱۹۷۶ ابداع کرده است.

در طرح پیشنهادی، سطح استخراج گرمایی که از آن استفاده می‌شود بـالاترین سطح اسـت. در ضمنِ استخراج گرما از اینجا از طریق صفحهٔ فولادی شیبدار، پوسته جامدی از م ت‌ف در روی سطح زیرین این صفحه تشکیل خواهد شد. از آن جایی که م ت ف جامد از فاز مـایع م ت ف چگالتر است، پـوسته شنـاوری منفی دارد، یعنی آن که، تمایل به فرورفتن دارد. اگر بتوان آن را بطور مکانیکی از سطح فلزی مورد بحث رها کرد، بسمت ته مخزن فرو خواهد رفت. م ت ف بی که بلافاصله پس از آن با سطح مورد بحث در تماس است م ت ف مایع است، و بنابراین، انتقال حرارت در میزان بالایی از سر گرفته می‌شود.

لایه جامد م ت ف را که بـه سطح زیرین صفحه بالایی فلزی مخزن مـی‌چسبد، می‌تـوان بوسیله جـاری ساختن آب خیلی داغ بمدت کوتـاهی در امتـداد سطح *بالایی* صفحه بالایی مخزن، رها ساخت. اگر م ت ف هیپو است، ممکن است آب C °۷۰ را به مدت ۳۰ ثـانیه در روی صفحهٔ بالایی مخزن جاری کنیم تا پیوند بین م ت ف و فولاد را شل (ذوب) کند.

استخراج گرما می‌تواند برای، مثلا"، ده دقیقه برقرار باشد، و سپس پوسته چسبنده حاصل می‌تواند بطور مشابه بوسیله جریان ۳۰ ثانیه‌ای آب خیلی داغ، رها شود.

آب خیلی داغ گرمای خود را از، مثلا"، یک گیرنده خورشیدی نوع متمرکز کننده بدست می‌آورد؛ یا از یک بخاری نفتی یا برقی. طبق بهترین حدس نویسنده، مقدار گرمای استخراج شده از مخزن ۵۰ برابر مقـدار گرمای مورد نیاز برای رهاساختن پوستهٔ چسبنده است. بهر تقدیر، این گرمای اخیر هدر نمی‌رود؛ مآلا" به گرمایی که بطور عادی استخراج شده است، می‌پیوندد.

جریان عمدهٔ گرما به مخزن

جریان عمـده گرمـا بـه مخزن بعنوان یک کل (جریان از گیرنده خورشیدی) از طـریق سطح پایینی مخـزن است. معمولا" مقداری م ت ف جامـد وجـود دارد که در تـه مخزن مـی‌نشیند و گرما را گـرفتـه و ذوب می‌شود. مایع حاصل دارای چگالی کمتری از ماده جامد است؛ بنابراین، مایع بالا خواهد رفت و ماده جامد بیشتری پایین خـواهد آمـد و بر روی ته مخزن خواهد نشست. همینطورکه گرمای بیشتر و باز هم بیشتری به مخزن رسانیده شود، مآلا" تمام م ت‌ف مایع خواهد شد. دینامیک کلی، یا نقل وانتقالات روندهای درون مخزن بسیار مطلوب است.

در بالای مخزن فضای هوایی با اندازهٔ بحدکافی بزرگ وجود دارد که جا برای افزایش حجمی که بهنگام ذوب شدن م ت ف رخ می‌دهد، تامین می‌کند.

موقعی که گرما از مخزن استخراج می‌شود، و مقدار بیشتر و باز

هم بیشتری از م ت ف جامد می‌شود ، حجم م ت ف کاهش می‌یابد و حجم فضای هوا در بالای مخزن افزایش می‌یابد . تغییر حجم در حدود ۵% حجم کل مخزن است ، یعنی آن که ، نسبتا " زیاد است .

دستگاهی برای نشان دادن مقدار انرژی در مخزن

در بالای مخزن فشار سنجی وجود دارد که فشار هوای محبوس شده در آنجا را نشان می‌دهد . بطور واضح ، این فشار با کسر م ت ف مایع مرتبط است ، اگر فشار سنج بنحو مناسبی مدرج شود ، می‌تواند مستقیما " *مقدار انرژی موجود در انبار* را نشان دهد ــ بشرط آن که م ت ف در ، یا تقریبا " در ، دمای ذوب خود باشد ، یعنی آن که ، موقعی که انرژی مورد بحث بصورت گرمای نهان ذوب باشد ، نه بصورت گرمای قابل لمس.

بحث

متاسفانه مساحت‌های سطوح برای ورود و خروج گرما نسبتا " کوچک اند . همچنین ، دستگاه تا اندازه‌ای پیچیده است : از دو نوع آب چکنده استفاده می‌شود ــ *خیلی داغ* و *گرم* ــ که به تناوب جاری می‌شوند . ولی از بعضی جهات نیز ساده است : در داخل مخزن بزرگ قسمت‌های متحرکی وجود ندارد . هیچ چیز بجز م ت ف مایع و جامد حرکت نمی‌کند ، و چنین حرکت‌هایی به خودی خود آغاز می‌شوند و سودمندند .

در اثنای ورود گرما و همچنین دراثنای خروج گرما ، طول مسیر جریان گرما فوق‌العاده کوتاه است . مسیر تنها به طول ضخامت ورق فلزی است ، یا شاید تنها ۳ میلیمتر طویلتر (در اثنای خروج گرما) چنانچه پوسته جامد چسبنده ۳ میلیمتر ضخیم بشود .

جالب است که چنانچه تمام م ت ف مایع باشد ، و استخراج گرما آغاز شود ، و قسمتی از م ت ف شروع به‌جامد شدن بکند ، این قسمت که بالاترین قسمت است ــ قسمت دارای کمترین چگالی خواهد بود ، یعنی ، قسمتی که دارای بیشترین آب است ، قسمتی که دارای پایینترین نقطه ذوب است . ولی بنظر نویسنده این امر نیز خود باعث خوشوقتی است .

پایین آمدن پشت سر هم صفحات م ت ف جامد به بهم زدن و همگن کردن م ت ف مایع کمک می‌کند . البته ، این امر سودمند است .

تغییر و تبدیلهای فرعی

۱ ــ مخزن ضربه‌گیری برای خروج گرما از مخزن اصلی تعبیه کنید . مخزن ضربه‌گیر ، که ممکن است حجمی برابر با ۱۰۰۰ لیتر داشته باشد ، هر گاه که این مخزن سردتر از $45^{\circ}C$ باشد و همچنین نیاز فوری به فرستادن گرما به رادیاتورهای اطاق نباشد ، گرما دریافت می‌کند . مخزن اصلی ذخیره اصلی را فراهم می‌کند ، و مخزن ضربه‌گیر مقدار کمی گرمای فوری را فراهم می‌آورد . بنابراین ، روند استخراج گرما از مخزن اصلی حتی اگر رادیاتورها تنها ۸ ساعت در روز به آب گرم نیاز دارند ، می‌تواند ۲۴ ساعت در روز ادامه داشته باشد (با فرض آن که بحد وفور گرما در این مخزن‌وجود دارد) .

۲ ــ فشار سنج را با یک ارتفاع سنج شناور ساده جایگزین کنید . ولی یک بخاری برقی ۱۰ واتی در داخل خود شناورِ ارتفاع سنج تعبیه کنید تا شناور همیشه خود را در تماس با م ت ف مایع بیابد ، حتی موقعی که م ت ف ۹۹% جامد است . هر چه شناورِ ارتفاع سنج بالاتر باشد ، مقدار گرمای موجود در ذخیره بیشتر است .

۳ ــ فوران ناگهانی گاه بهگاهی گرمای مورد نیاز برای رها سازی لایه‌های م ت ف جامد ، می‌تواند بطرق زیر تامین شود : بوسیله فواره‌ای از بخار ، بوسیله یکدسته لامپ‌های گرم کننده ، بوسیله میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس بالا ، یا بوسیله یک دسته سیم‌های نیکرومی[1] نازک که در آنها جریان برقی به مدت ۳۰ ثانیه جریان بیابد .

۴ ــ از نوسان‌کننده‌های مکانیکی می‌توان برای کمک به رها ساختن و جدا ساختن پوسته‌های چسبنده‌ٔ م ت ف ، استفاده کرد .

۵ ــ می‌توان بعنوان م ت ف از نمک گلوبر ، بجای هیپو ، استفاده کرد . م ت ف های مختلف دیگری نیز می‌تواند بکار برود .

تغییر و تبدیلهای اصلی

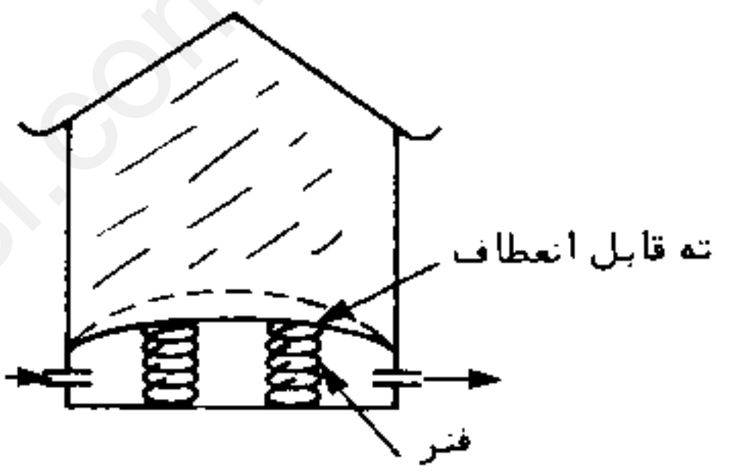
طرح S ـ ۱۳۶ a

می‌توان فضای هوای بالای مخزن را حذف کرد . یعنی ، می‌توان مخزن را در تمام اوقات تا بالاترین حد آن با م ت ف پر کرد ، بطوری که

---

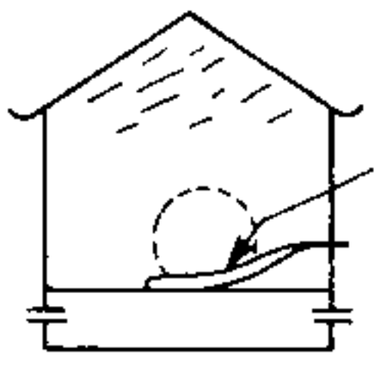
۱ ــ نیکروم (nichrome) آلیاژی از نیکل ، آهن و کروم دارای مقاومت الکتریکی و حرارتی بالا (م) .

در تمـام اوقات تمامی سطح بـالایی شیبدار برای استخراج گرما از مخزن در دسترس باشد. بوسیله تا اندازه‌ای قابل انعطاف ساختن ته مخزن و اعمـال نیروی رو به بالای دایمی به آن ــ نیرویی کافی برای پرنگهداشتن مخزن تا بالا با م ت ف در تمام اوقات ــ می‌توان جا بـرای حجم تغییر کننـده م ت ف تامین کرد. قسمت مرکزی ته مخزن ممکن‌است موقعی که م ت ف تماما" جامد است، ۲/۵ سانتیمتر بالاتر از مـوقعی باشد کـه م ت ف تماما" مایع است. اندازه‌گیری ارتفاع قسمت وسط ته مخزن، اندازه‌گیری مقدار گرمای استخراج شده از م ت ف خواهد بود. نیروی رو به بالای مذکور می‌تواند بوسیلـه فنرهای مارپیچی، یا بوسیله فشارهیدرولیکی یا بادی، اعمال شود.



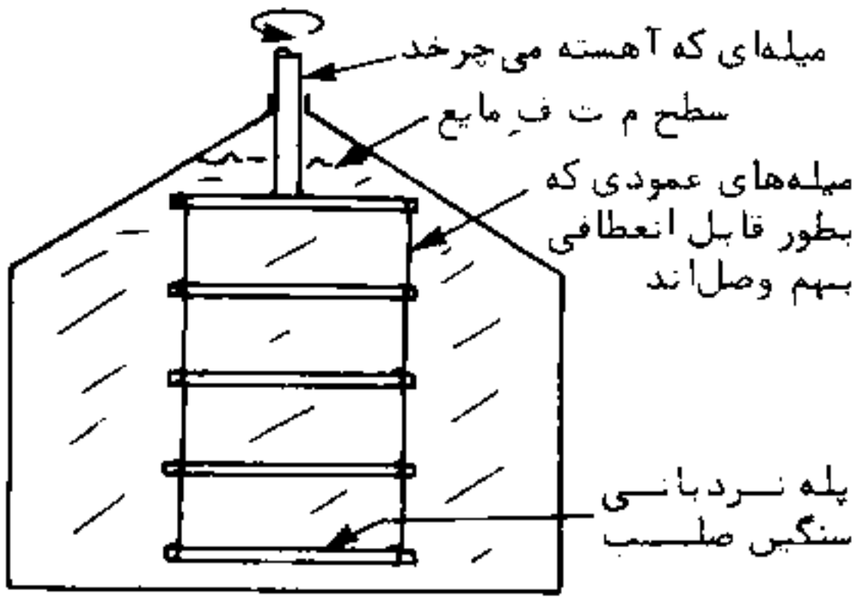
طرح b ۱۳۶ ـ S

بجای بکاربردن ته مخزن قابل انعطاف، از ته مخزن ثابتی استفاده کنید و درست در بالای آن یک بادکنک یا دَم قابل باد شدنی نصب کنید. در بادکنک فشارِ بحد کافی بالایی حفظ می‌کنیم بطوری که، در تمام اوقات، مخزن تا بالا از م ت ف پر باشد.

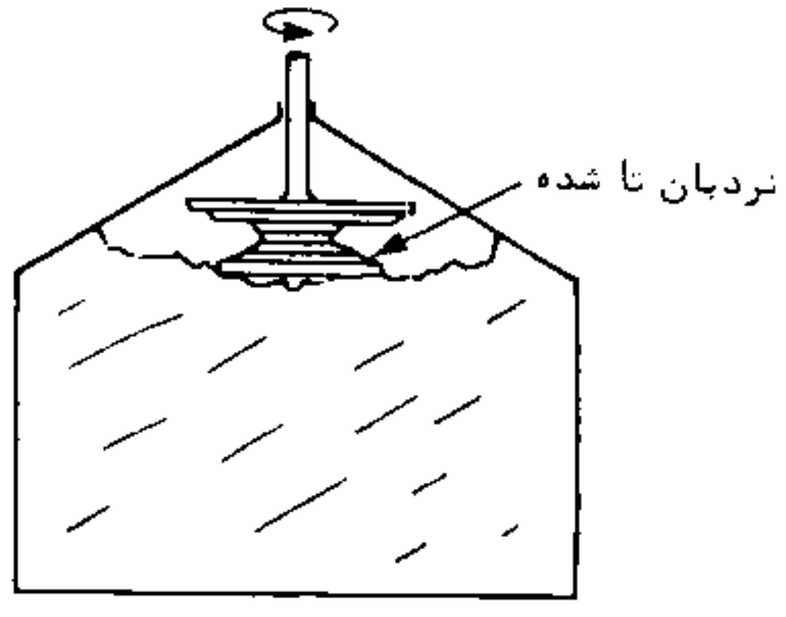


طرح c ۱۳۶ ـ S

یک وسیلهٔ هم زدن مکانیکی فراهم کنید از نوعی که به هنگام استخراج گرما از م ت ف و تغییر ماده مایع به جامد در داخل م ت ف گیر نکند. هم زن شامل سازه‌ی نردبان مانندی است با پله‌های نردبانی سنگین صلب فولادی و میله‌های عمودی که بطور قابل انعطاف بهم وصل شده‌اند. هم زن بوسیله میله محرک عمودی که از میان قسمت وسط بالای مخزن عبور می‌کند، چرخانیده می‌شود. بهنگام استخراج گرما از مخزن و افزایش ارتفاع کومهٔ پوسته‌ها، پله‌های نردبانی‌زیری در قسمت آن که به چرخش حول محور عمودی و بهمراه کشیدن سطح کومه ادامه می‌دهند، بـدریج بلند می‌شوند بطوری که همیشه در بالای کومه، آزاد از هر گونه گیر محکمی، باقی بمانند.



م ت ف مایع، نردبان باز



م ت ف جامد، نردبان تاشده. نردبان خیلـی پیچانیده می‌شود و پله‌های نردبانی سطح بالای کومه پوسته‌ها را همراه می‌کشند.

www.KetabFarsi.com

دستگاهٔ ذخیرهٔ حرارتی م ت ف که در آن از تعداد زیادی استوانه‌های چرخان، فولادی ، نازك، بلند، پـر از م ت ف، و شناور در مخزنی از آب استفـاده می‌شود

طرح S- ۱۳۷
۱۹۷۸/۸/۱۳

خلاصه

در دستگاه پیشنهادی تعداد زیادی استوانه‌های فولادی افقی باریک بلند، که تا حدود ۶۰٪ با مادهٔ تغییر فاز دهنده (م ت ف) پـر شده‌اند، بـکار می‌رود. استوانه‌ها در مخزنی از آب شناورند و به آهستگی چرخانده می‌شوند. ورود گرما (و بطور مشابه خروج گرما) از طریق مخزن آب است. سطح ورود (یا خروج) گرما بحد رضایت بخشی بزرگ است.

مقدمه

تعدادی از طرح‌های ذخیره سازی حرارتی م ت ف نویسنده پاره‌ای نواقص دارند. طرح حاضر فاقد بعضی از این نواقص است.

طرح پیشنهادی

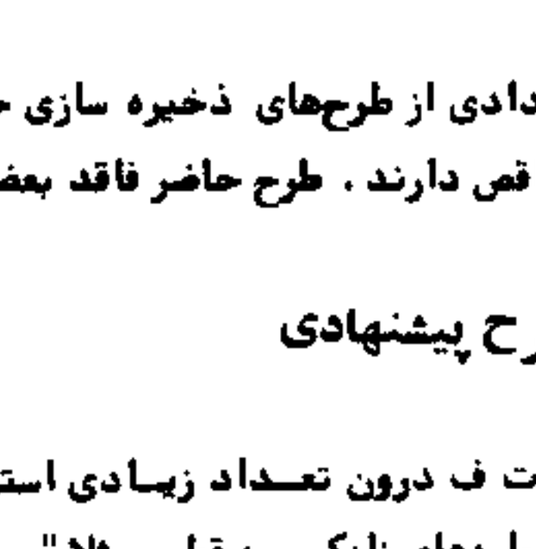
م ت ف درون تعـداد زیـادی استوانه‌های بلند، نازک، افقی، با دیواره‌های نازک، به قطر، مثلا" ۳۰ سانتیمتر، قرار دارد. هر یک از استوانـه‌ها تـا حـدود ۶۰٪ بـا م ت ف، مثلا"، بـا هیپـو ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) پر شـده است؛ بنـابراین بزحمت در آب شناور است. استوانه‌ها در دو لایه، یکی در بالای دیگری، قرار داده شده‌اند. هر یک ازلا یه‌ها شامل چندین استوانه موازی است.

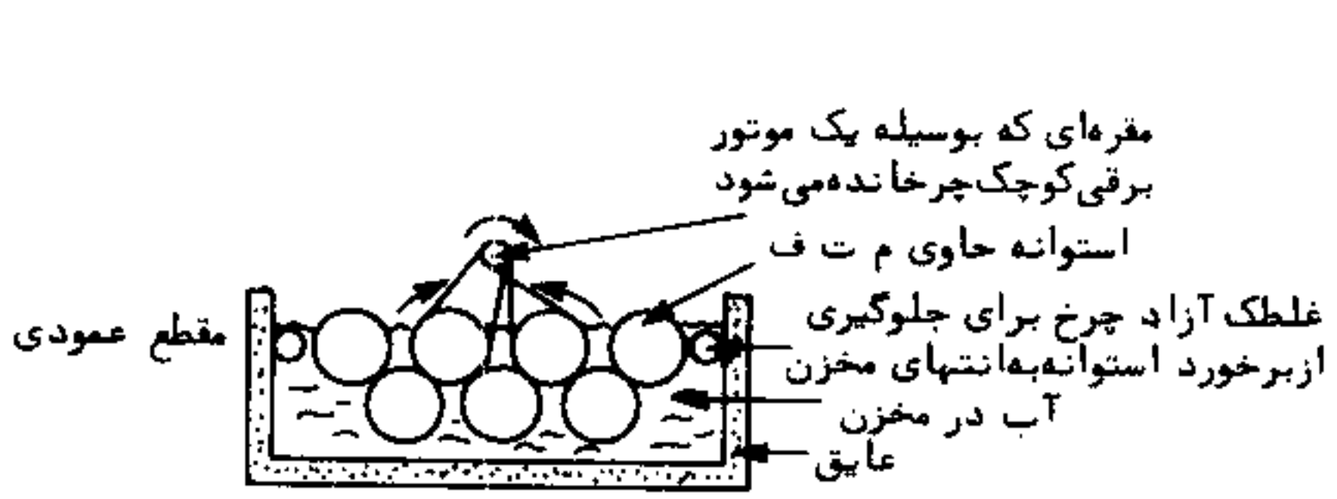
تمام استوانه‌ها در داخل مخزن آب عایق کاری شدهٔ بزرگـی قرار دارند. چند عدد از استوانه‌ها بوسیله تسمه‌هایی به مقره‌هایی، یا چرخ قرقره‌هایی، کـه بـوسیله یک موتور کوچک برقی چرخانیده می‌شوند، متصل‌اند؛ این استوانه‌ها به میزان یک دور در ۴ دقیقه چرخانیده می‌شوند. بعضی از استوانه‌ها بـوسیله تماس با دیگران حرکت داده می‌شوند.

گرما از طریق آب داخل مخزن بزرگ به استوانه‌ها داده می‌شود. بطریق مشابه، گرمـا از استوانه‌ها از طـریق مخزن بزرگ استخراج می‌شود. فشار سنجی در امتداد محور یکی از استوانه‌ها فشار داخل آن استوانه را نشان می‌دهد و سنجشی از مقـدار گرمای نهان درون استوانه فراهم می‌آرود.

ویژگی‌های مختلف دیگر طراحی، ملاحظات، و غیره، مربوط به طرح‌های دیگر نویسنده، در اینجا نیز صادق است.

فشار سنجی که مقدار گرمای نهان ذخیره را نشان می‌دهد.





دستگـاه ذخیرهٔ حرارتی م ت ف که در آن دستهٔ رویهم چیده شده‌ای از تشکهای پر از م ت ف‌بکار می‌رود که بین آنها تشکهای نازک پر از آبی‌واقع است که بطور متناوب متورم می‌شوند

طرح ۱/۲ S—۱۳۷
۱۹۷۸/۸/۱۴

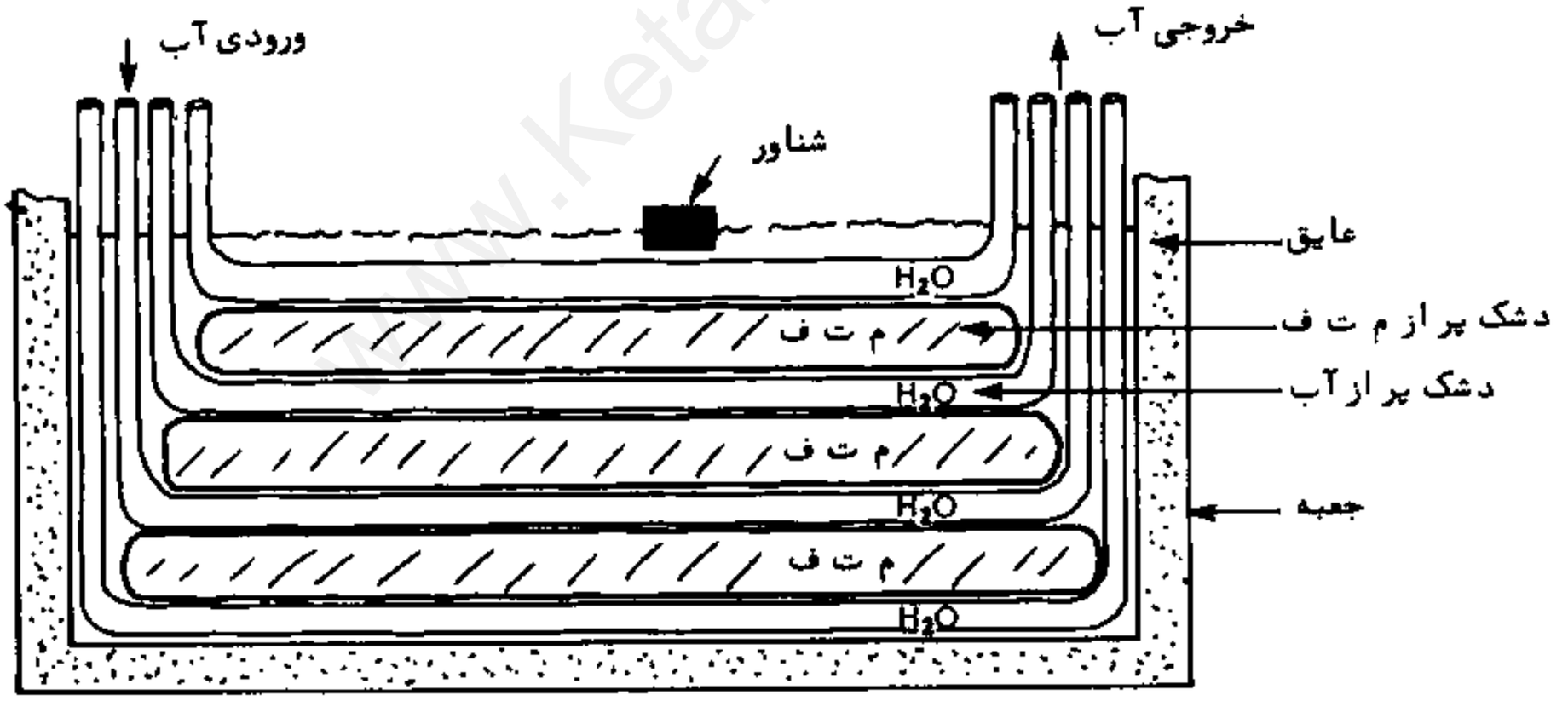
طرح پیشنهادی

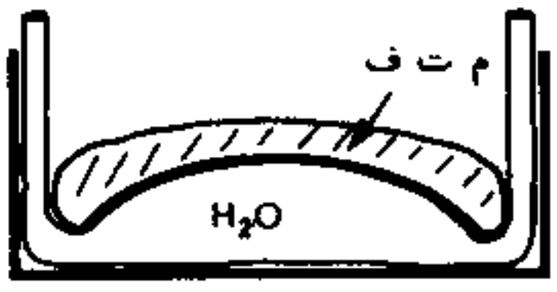
چندین کیسهٔ قابل‌انعطاف پلاستیکی، بادکنک، یا دشک بکار ببرید که با هیپو یـا م ت ف دیگری پر شده باشند. دشکهـا منفذگیری می‌شوند و یکـی بالای دیگری، با فاصله‌هایی در بین آنها، چیده می‌شوند. هریک‌از دشک‌ها ممکن است به ارتفاع بیش‌از ۵ سانتیمتر و به عرض و طول بیش‌از ۵۰ سانتیمتر باشد.

در فاصله‌های بیـن دشک‌های م ت ف، دشکهای پر از آبی وجود دارد که هـر یک از آنها دارای یک لوله بزرگ ورودی، یک لوله‌خروجی، و وسیله‌های محدود کنندهٔ هیدرولیکی مختلف است، بطوری که، (الف) موقعی‌که فزونی فشار ورودی از فشار خروجی، E، کوچک است، هر یک از دشک‌های پـر از آب دارای ضخامت نسبتا" یکنواختی است، ولـی (ب) موقعی که E را بطور متناوب بزرگ مـی‌کنیم، شکل دشک بطـورفاحشی تغییر می‌یابد، دشک در بعضی نواحی از سایر نواحی بسیار ضخیم‌تر می‌شود.

آبی که ازداخل دشک‌های پر از آب جریان می‌یابد ممکن است گرما را به دشک‌های م ت ف حمل کند یا ممکن است گرما را از آنها استخراج کند. بدین ترتیب، در اینجا ما یک مبدل گرمای دو کاره داریم که هم دارای سطوح خیلی بزرگ انتقال حرارت و هم دارای ذخیره خیلی بزرگ گرمای نهان است.

بطور متناوب، E بطور فاحشی تغییر داده می‌شود (بوسیله زمان سنجی‌هایی، پمپ آب، و سایـر وسایـل) آن چنان که شکل





شکل یک دشک پر از م ت ف را نشان می‌دهد که بطورفاحشی دراثر متورم ساختن‌دشک‌زیری با مقدار زیادی آب، تغییر شکل یافته است.

دشک‌های پر از م ت ف را بطـور فاحشی تغییر دهد. تغییر دادن شکل آنها دارای اثرات سودمنـد زیـر است: (الف) تا اندازه‌ای هم زدن، یـا مخلوط‌کردن محتـویات برای کمک به حذف هر گونه لایه بنـدی یـا تمایلات دیگر در جهت ناهمگنی، (ب) شکستن پوسته‌های جامد م ت ف که در داخل ایـن دشک‌ها تشکیل می‌شود (پوسته‌هایی که مانع استخراج گرما از این دشک‌ها می‌شوند).

تمامی مجموعهٔ دشک‌ها ممکـن است در داخل جعبهٔ عایق کاری شدهٔ بزرگی، دارای‌آستری‌ضدآب، پوشانده شود. هر گاه که جریان به دشک‌های پر از آب متوقف شود، و حجم این دشک‌ها یک مقدار حداقل ثـابت داشته باشد، ارتفاع کلی تمامی دسته رویهم چیده‌شدهٔ دشک‌ها به کسری‌از م ت ف که مایع است بستگی خواهد داشت. ایـن ارتفاع مـوقعی کـه م ت ف ۱۰۰% مایع است دارای بیشترین مقـدار خواهد بود. بنابراین، وسیله‌ای که ارتفاع کلی را نشان بدهد، بطور موثر، بعنوان نشان دهندهٔ مقدار گرمای نهان موجود در ذخیره‌بکارمی‌آید. چنانچه بحدکافی آب به این مجموعه اضافه شود بطوری که آب تمام دشک‌ها را بپوشاند، شناوری که روی آب واقع باشد، بوسیله ارتفاعش، مقدار انرژی ذخیره شده را نشان خواهد داد.

بحث

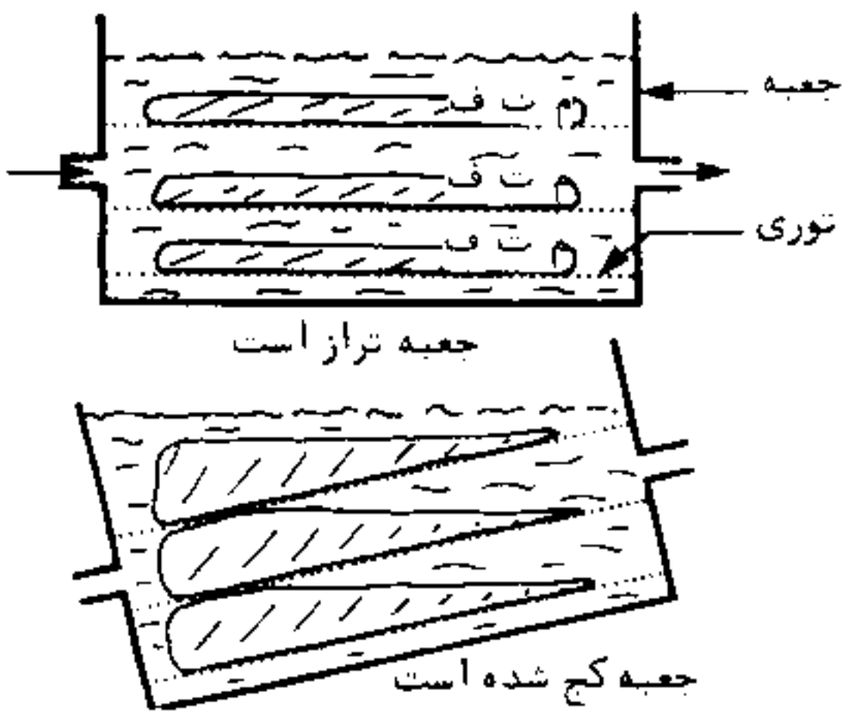
دستگاه خوب بنظرمی‌آید. می‌تواند به‌طول، عرض، و ارتفاع تقریبا" نامحدودی‌باشد. "صنعت پیشرفته‌ای" در آن بکار نرفته، یا خیلی کم بکار رفته است. فلزی در آن بکار نرفته است. مسئله زنگ زدگی وجود ندارد. م ت ف هم زده می‌شود. پوسته‌ها شکسته می‌شوند. آب ضربه‌گیری حـرارتی عـالی را فـراهم می‌کند. مقدار انرژی در ذخیره را میتوان به آسانی تعیین کرد.

تغییرات

طرح $S-۱۳۷\frac{۱}{۲}$ a

مانند فـوق، فقط دشک‌های پر از آب را حذف کنید و دشک‌های پر از م ت ف را در حجـم آب منفردی فرو ببرید. آب از یک انتهای جعبه‌بزرگ عایق کاری شده تغذیه‌می‌شود و از انتهای دیگر به خارج جریان می‌یـابد. دشک‌های پـر از م ت ف بوسیله کابل‌های قابل انعطاف یـا نخها یـا توری‌هایی از یکدیگر دور نگهداشته می‌شوند (بطوری که آب بتواند بین آنها گردش کند).

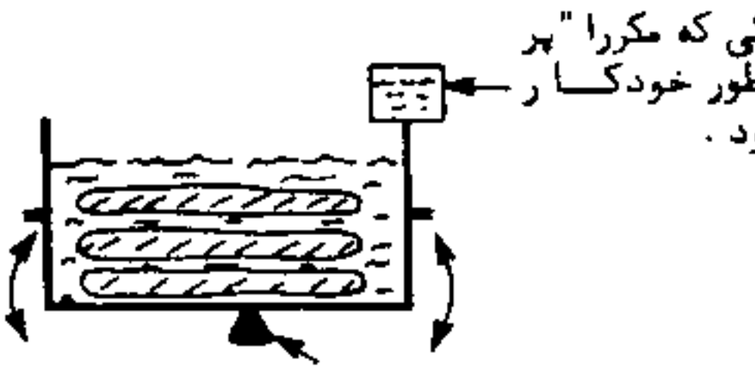
دشک‌های پر از م ت ف بطور متنـاوب بوسیلهٔ کج کردن، پیچاندن، یـا خم کـردن جعبه، یا توسط‌طرق دیگر، تغییر شکل داده می‌شوند. بـدین تـرتیب، محتویات آنها هم زده می‌شود و پوسته‌های م ت ف جامد قطعه قطعه می‌شوند.



طرح $S-۱۳۷\frac{۱}{۲}$ b

مانند فوق، ولی جعبه را بر روی یک محور مرکزی تراز کنید و کاری کنید کـه هرچنـد دقیقه یکبـار (موقعی که آب به جعبه رسانیده می‌شود) بوسیله‌مخزن کوچک آبی که در یک انتهای جعبه قرار دارد و توسط جریـان آب از گیرنده یا رادیاتورهای اطاق به‌آهستگی در حال پـر شدن است و لیکن متناوبا" موقعی که مخزن کوچک پر شد بطور نـاگهانی خالی می‌شود (توسط عمل سیفونی)، مخزن تکان داده شود، یـا کج شود. بنابراین، هرگاه کـه گرما به دشک‌هـای پر از م ت ف افزوده می‌شود، یـا از آنها گرفته می‌شود، کج شدن بطور خودکار رخ می‌دهد، و بهیچ منبع قدرت خارجی، بجز تامین عادی آب، نیاز نخواهد بود.

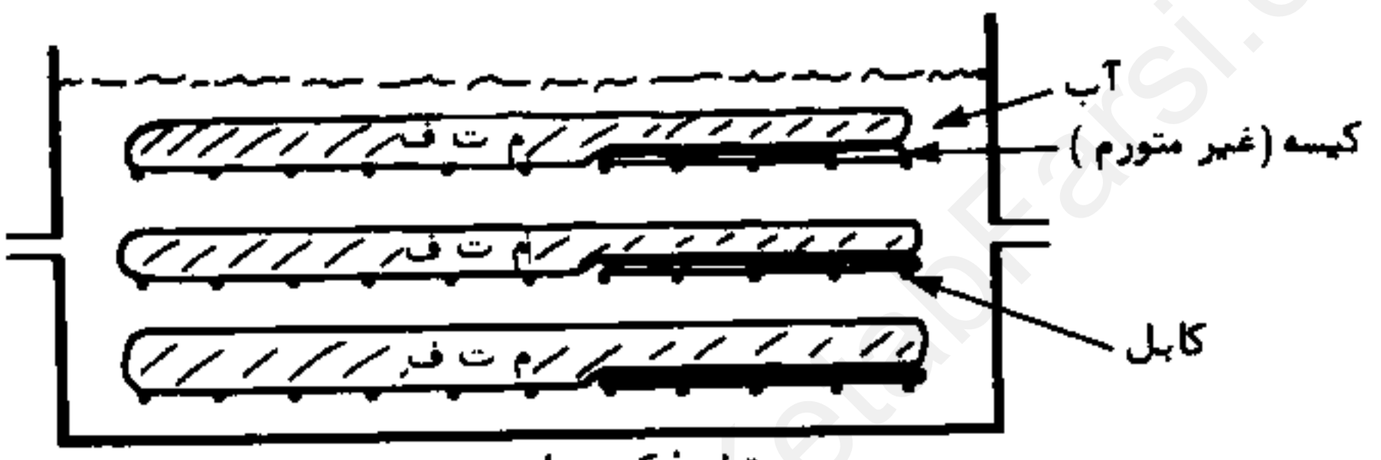
اگر کج کردن تنهـا خیلی بندرت لازم باشد، ساکنین خانه می‌توانند خـود تـوسط یک دیلم یا طناب‌ها و مقره‌هایی آن را کج کنند.



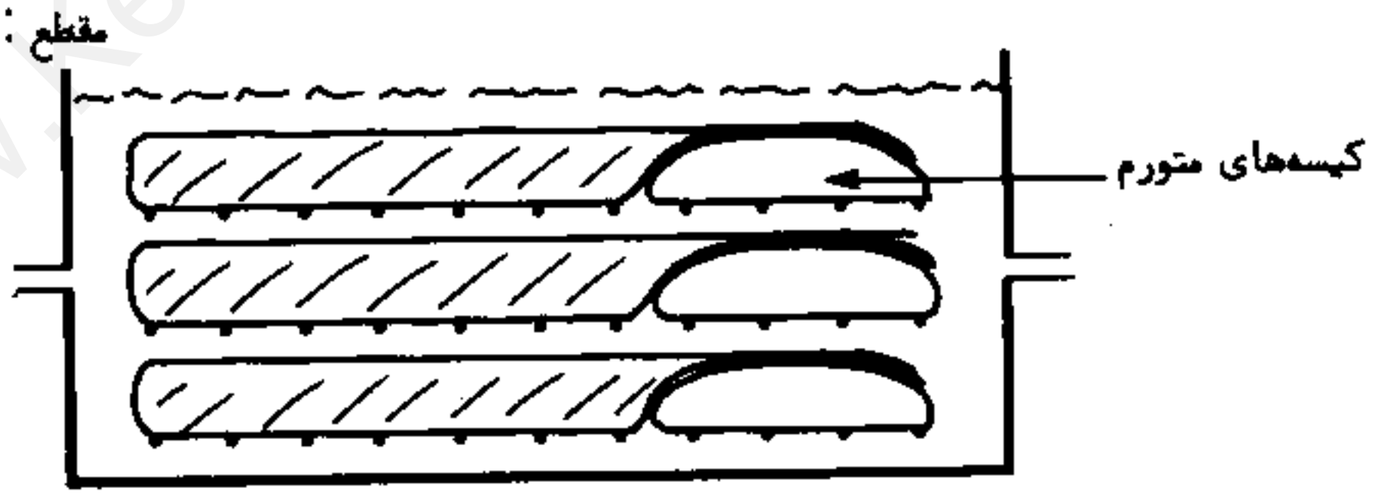
طرح $c\frac{1}{2}$ S - ۱۳۷

در اینجا دشک‌های پر از م ت ف در حجم منفردی از آب واقعند، که خود بنو به در داخل جعبه‌ایست که در مکان ثابت باقی می‌ماند. نزدیک انتهای شرقی جعبه ردیفی عمودی از چندین کیسه پلاستیکی وجود دارد که بین دشک‌های پر از م ت ف جا داده شده‌اند بطوری که هر یک از این دشک‌ها تنها با یک کیسه در تماس است (قسمتی از دشک روی کیسه می‌نشیند) . بطور متناوب، تمام کیسه‌ها متورم می‌شوند، با این نتیجه که مقادیر م ت ف واقع در انتهاهای شرقی دشک‌ها در داخل دشک‌ها بسمت غرب رانده شده، محتویات دشک‌ها را هم می‌زنند و پوسته‌های ماده جامد را می‌شکنند. کیسه‌ها را ممکن است با هوا یا با آب متورم کرد؛ در مورد اخیر آب را ممکن است بوسیله یک پمپ مخصوص، یا (با کمک یک زمان سنج و کنترل‌های مناسب) بوسیله همان پمپی که آب را در درون جعبه گردش می‌دهد، تامین کرد.

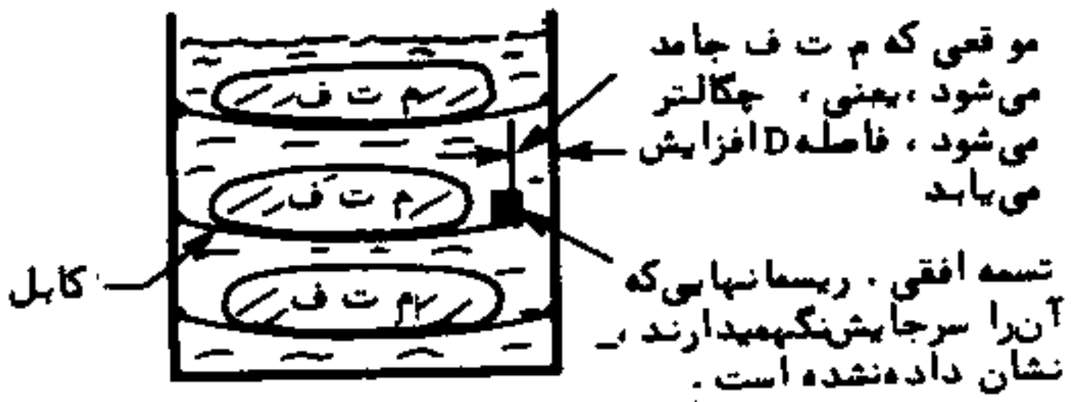
اندازه‌گیری مقدار انرژی نهان ذخیره شده در م ت ف بوسیله اندازه‌گیری مجموع نیروهای اعمال شده توسط انتهاهای شمالی کابل‌هایی که دشک مرکزی پر از م ت ف را نگه میدارند، انجام می‌شود. موقعی که م ت ف در آن دشک جامد باشد، حجم دشک تقریبا " ۵٪ کمتر از موقعی است که م ت ف مایع است؛ بنابراین نیروی شناوری کاهش می‌یابد و کشش داخل کابل بزرگتر است. انتهاهای مورد بحث کابل به تسمه افقی فنر داری محکم شده‌اند، و انحراف افقی این تسمه سنجشی است از درصدی از م ت ف (در دشک مورد بحث) که در حالت مایع است.



مقطع : کیسه‌ها متورم نیستند



مقطع : کیسه‌ها متورمند، دشکها تغییر شکل داده‌اند.



نمای انتهایی مقطع، دید بسمت غرب

www.KetabFarsi.com

www.KetabFarsi.com

بخش ۷

دستگاههای آب گرم خانگی

مقدمه

این کتاب صمدتا " با دستگاههای گرمایش خورشیدی برای ساختمانها ، یعنی برای گرمایش فضا ، سروکار دارد . ولی در این بخش ما با آب گرم خانگی سروکار داریم .

دستگاههای آب گرم خانگی خورشیدی بسیاری در مجلات متداول ، از جمله مجلات زیر[1] ، و در خبرنامه‌ها و بولتن های گوناگون چاپ شده توسط انجمن‌های محلی انرژی خورشیدی ، توصیف شده‌اند . در اینجا سعی نشده است که آن دستگاهها مرور شود .

در صفحات بعد چند طرح بتازگی اختراع شده ، توصیف می‌شود .

---

1)Mother Earth News,Alternative Sources of Energy,Popular Science Monthly.

دستگاه آب گرم خانگی خورشیدی که در آن منعکس‌کننده‌ای استوانه‌ای بکار رفته‌است که تابش را روبه‌بالابسمت مخزنی استوانه‌ای، افقی، سیاه، واقع در درون سایه‌بانی عایق، منعکس می‌کند

S – ۱۶۵
۱۹۷۷/۸/۵

خلاصه

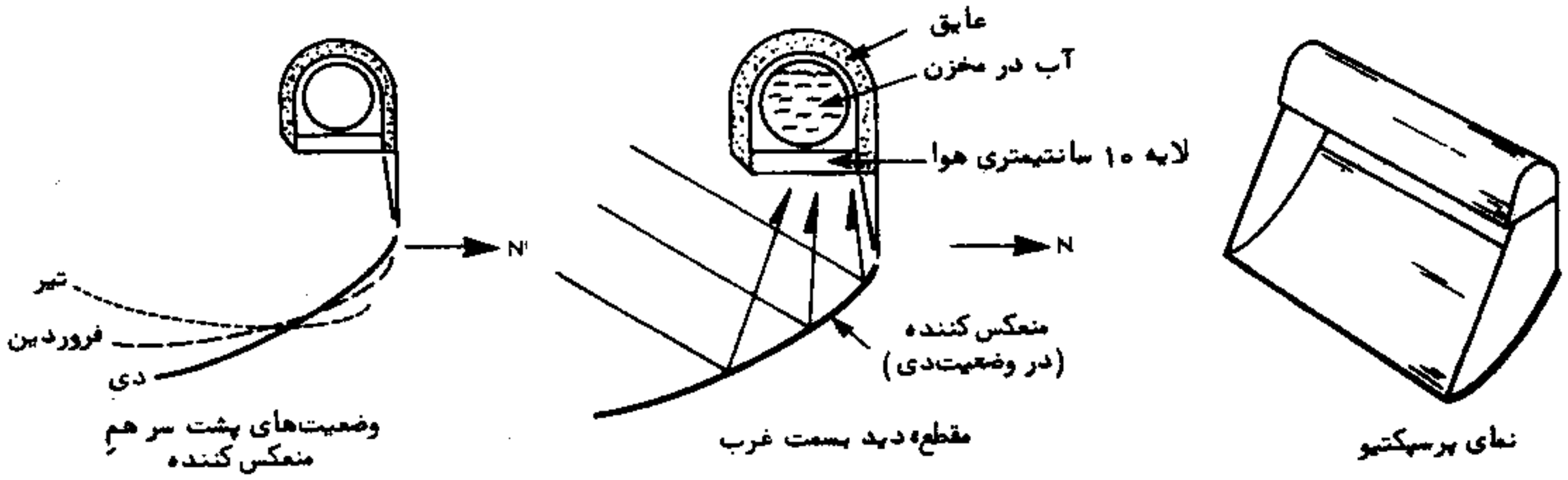
جزء اصلی دستگاه یک مخزن بزرگ افقی استوانه‌ای از جنس آهن گالوانیزه‌است که هم به عنوان خود گیرنده و هم به عنوان دستگاه ذخیره بکار می‌آید. دستگاه در خارج مجاور ضلع جنوبی خانه قرار داده می‌شود. تابش خورشیدی از پایین از طریق یک منعکس‌کننده ابتدایی بـه آن می‌رسد. مخزن در تمام اوقات بخوبی عایق کاری شده است (بـوسیله ۱۵ سانتیمتر ابر اوریتینی از بالا و پهلوها و به وسیله لایه هوای ساکن شده‌ی ۱۰ سانتیمتری از پایین). از آنجا که یخبندان نمی‌تـواند رخ دهـد، ضد یخ و مبدل گرما بکار برده نمی‌شود. هیـچ حس کننده‌ای، نشان دهنـده‌ای، پمپی یا وسایل کنترلی، و هیچ سیـم کشی برقی وجود ندارد. لایه بندی حرارتی دو برابر سودمندی در داخل مخـزن رخ می‌دهد. گرم شدن مخزن در لحظه دریـافت تابش آغاز می‌شود. این وسیله واقعا" در برابر مزاحمین مصون است. نصب کردن وسیله خیلی ساده است. شیب گیرنده ماهی یک بار بطور دستی تنظیم می‌شود.

اهداف طرح

هدف اصلی طرح احتراز از نیاز به دو قلم بزرگ و پرهزینه (گیرنده و دستگاه ذخیره) بود. یک قلم بزرگ و پر هزینه می‌تواند برای هر دو مقصود بکار بیاید. اهداف دیگر عبارت بودند از حذف نیاز به ضد یخ، مبـدل گرما، حس کننده‌ها، نشان دهنده‌ها، پمپ آب، کنترل‌ها، و سیم کشی برقی. چنین حذف‌هایی راندمان، سادگی، و قابلیت اعتماد را افزایش می‌دهد و از هزینه می‌کاهد.

طرح پیشنهادی

در طرح پیشنهادی، کـه شباهت زیـادی بـه طرح S – ۱۰ مـورخ ۱۹۷۳/۳/۲۲ (صفحه۱۵۵) دارد، مخزن افقی استوانه‌ای منفردی از جنس آهـن گالـوانیزه به عنوان خود گیرنده و به عنوان مخزن ذخیره بکار می‌رود. ته مخـزن که تـابش را جذب می‌کند، اندود



سیاه برگزیننده‌ای دارد. مخزن به طول ۳/۶ متر و به قطر ۴۵ سانتیمتر است. مخزن حاوی ۵۷۰ لیتر آب، یعنی ۱۵۰ گالن، یا ۵۷۰ کیلو گرم آب است. مخزن در ابر اوریتینی ۱۵ سانتیمتری (U = ۰/۱۵)[1] پوشانده شده است (بجز از پایین) که بوسیله پوششی مقاوم در برابر آب و هوا، حفاظت می‌شود. پایین آن به وسیله لایه هوایی به ضخامت ۱۰ سانتیمتر، تشکیل شده بوسیله دو ورق شیشه با فاصله ۱۰ سانتیمتر، عایق کاری شده است؛ چون گرمترین قسمت لایه‌هوا قسمت بالا است، و هوای گرم صعود می‌کند، هیچ جریان جابجایی در این هوا رخ نمی‌دهد ــ لایه‌بندی حرارتی با ثبات است، و ارزش U ی لایه‌هوای ۱۰ سانتیمتری با ارزش U ی ضخامت برابری از فایبرگلاس قابل قیاس است (بطور حدسی). بدین ترتیب، ارزش U ی پوشش مخزن بعنوان یک کل تقریبا " ۰/۲ است. در زیر مخزن یک منعکس کننده مقعر استوانه‌ای ۴/۲ متر × ۱/۸ متری، با رویه آلومینیوم اندودکدر نشونده‌ای (مایلار آلومینیومی؟ آلومینیوم کنیگ لوکس[2]؟) وجود دارد که دارای ضریب انعکاسی است در حدود ۸۵% بموقع نوبی و تا اندازه‌ای کمتر در چند سال بعد. دو انتهای منعکس کننده نیز تعبیه می‌شود. منعکس کننده با شیب قرار داده می‌شود، بطوری که تابش خورشیدی را در اثنای لااقل مدت ۵ ساعت وسط روز بسمت بالا بطرف مخزن هدایت کند. ساکنین خانه شیب را هر ماه، یا تقریبا " هر ماه، تنظیم می‌کنند. مخزن بوسیله پایه محکمی نگهداشته می‌شود. یک لوله بخوبی عایق کاری شده آب اصلی شهر را به قسمت پایین مخزن می‌آورد و لوله مشابه دیگری آب گرم را از بالای مخزن به لوله ورودی مخزن آب گرم موجود منزل می‌برد.

طرز کار

دستگاه خودکار است و ضمن کار آن واقعه مهمی رخ نمی‌دهد. هیچ گونه حس کننده‌ای ــ حس کننده دما یا سطح تابش یا زمان ــ وجود ندارد. هیچ گونه کنترلی ــ شیر، پمپ، کلید، سیم کشی برقی ــ وجود ندارد. هیچ چیز حرکت نمی‌کند، بجز خود آب که بوسیله فشار آب لوله اصلی شهر، هر گاه که شخصی در منزل آب گرم مصرف کند، بحرکت درمی‌آید. دستگاه غیر فعال است ــ خورشید می‌تابد، و انرژی جذب می‌شود.

عملکرد

در یک روز آفتابی در دی گیرنده در حدود ۳/۶ متر × ۱/۲ متر × (۷۰۰ کیلو کالری بر متر مربع در ساعت) = ۳۰۰۰ کیلو کالری در ساعت، یا تقریبا " ۱۵ ۰۰۰ کیلو کالری در روز آفتابی دریافت می‌کند. در حدود ۶۵% از این مقدار، یا در حدود ۱۰ ۰۰۰ کیلو کالری، توسط مخزن جذب می‌شود. این مقدار کافی است که دمای ۵۷۰ کیلوگرم آب را $\frac{۱۰\ ۰۰۰}{۵۷۰}$ = ۱۸ درجه سانتیگراد بالا ببرد.

چنانچه مخزن ۲۸ °C از هوای خارج گرمتر باشد، اتلاف حرارت هدایتی ۲۴ ساعته از طریق ۵/۴ متر مربع پوشش عایق (U = ۰/۲) برابر ۵/۴ × ۲۸ × ۰/۲ × ۲۴ = ۷۲۵ کیلو کالری خواهد بود، یعنی، اگر ورود و خروج دیگری وجود نداشته باشد، اتلاف به اندازه کافی برای خنک کردن مخزن به مقدار $\frac{۷۲۵}{۵۷۰}$ = ۱/۳ درجه سانتیگراد است. اتلاف بالغ برحدود ۷/۵% ورودی روز آفتابی و حدود ۱۲% ورودی یک روز معمولی خواهد بود. اتلاف تابشی (بسمت پایین) تقریبا " بهمان اندازه است.

عملکرد در فروردین بهتر است، بدان جهت که طول روز بیشتر است و شیب منعکس کننده، اگر در ظهر صحیح باشد، در تمام روز نزدیک به صحیح باقی می‌ماند. همچنین، دمای محیط نیز بالاتر است. در تابستان عملکرد عالی است، بدان جهت که دمای محیط بالاست و دمای آب اصلی شهر نیز بالاست.

نویسنده برآورد می‌کند که برای سال بعنوان یک کل دستگاه در حدود ۱۱ ۰۰۰ کیلوکالری درهرروز آفتابی و ۶۲۵۰ کیلو کالری در هر روز متوسط، تحویل خواهد داد. این مقدار در حدود ۲۲۵۰ ۰۰۰ کیلو کالری در سال، یا ۲۷۰۰ کیلو وات‌ساعت به ارزش (با نرخ هر کیلو وات ساعت ۳/۵ ریال) تقریبا " ۹۵۰۰ ریال خواهد بود.

رابطه با طرحهای پیشین

طرح حاضر تا اندازه‌ای شبیه طرحهای گرمایش فضای ۱۰ ــ S و ۲۵ ــ S گزارش شده توسط نویسنده در مارس و مه ۱۹۷۳ است و حتی به طرح h ۱۶۲ ــ S مورخ ۱۹۷۷/۲۸ شبیه‌تر است. طرح

---

۱ ــ بحسب کیلوکالری بر متر مربع بر °C در ساعت، معرف هدایت حرارتی یا عکس مقاومت حرارتی R است (م).

2)King-Lux

مذکور شبیه به گیرنده فالبل فس دلتا[1] و شبیه به انواع متعدد وسایل دیگری است (مانند آنهایی که توسط بائر و توسط خان طرح شده‌اند) که در آنها منعکس کننده‌های ابتدایی در مجاورت مخزن‌های استوانه‌ای بکار می‌رود. در اوایل ۱۹۷۷ ایان کنون از انستیتوی پلی‌تکنیک ورسستر[2] دستگاهی ساخت که بر اساس طرح حاضر طراحی شده بود. در این زمینه به مقاله‌ای از کانراد هیشن مراجعه کنید[3]

قدردانی

نویسنده برای کشف و خاطر نشان ساختن آن که طرح اولیه این دستگاه (S ـ ۱۶۵) حاوی اشتباه عظیم زیر بود، مدیون ریموند بلیس[4] است: نویسنده اتلاف تابشی و نیاز برای بکار بردن شیشه کاری از جنس شیشه و مطلوبیت استفاده از اندود سیاه برگزیننده در روی مخزن را، فراموش کرده بود.

تغییر و تبدیلهای فرعی

بجای یک مخزن بلند از چند مخزن کوچک استفاده کنید. تمامی مجموعه را در بالکن جنوبی یا روی پشت بام جنوبی قرار دهید. یا آنکه آن را در داخل یک گلخانه خورشیدی، که در آن دمای محیط بالاترست و برفی وجود ندارد، قرار دهید. اگر قرار است مجموعه در آب و هوایی خیلی سرد بکار برود، در امتداد زیر مخزن، یک نوار گرمکن برقی ۸۰ واتی که در سرتاسر سردترین سه ماه سال روشن خواهد ماند (با هزینه کلی در حدود ۶۰۰ ریال)، نصب کنید. (توجه: خطر یخبندان فوق‌العاده کوچک است بدان جهت که در یک روز بدون آفتاب در زمستان دستگاه در حدود ۷۵۰ کیلو کالری می‌گیرد و آب سرد ورودی به مراتب از صفر درجه سانتیگراد گرمتر است.) در مخزن موج شکن‌های مشبک تقریبا" افقی بمنظور حداقل ساختن اختلاط آب گرم و آب سرد (ورودی)، نصب کنید.

تغییر و تبدیلهای اصلی

طرح a جدید S ـ ۱۶۵

مخزن استوانه‌ای را با یک گیرنده نوع آبی خیلی نازک ـ گنجایش حرارتی خیلی کوچک ـ جایگزین کنید. سایه بان عایق را هم بطور مشابه کوچکتر بسازید. مخزن ذخیره‌ای در زیر زمین بکار ببرید، وموقعی که خورشید می‌تابد، آب را از این مخزن با یکی از روش‌های متعارف به گیرنده بگردش در آورید.

درگیرنده نوارهای گرم کننده برقی کم مصرفی تعبیه کنید که، در شب‌های سرد، بحد کافی گرما تامین کنند بطوری که گیرنده سردتر از $5^{\circ}C$ نشود. در آن صورت به ضد یخ، و مبدل گرما نیازی نخواهد بود.

بحث

نکته بسیار مهم این طرح استفاده از مجموعه گیرنده‌ای است که آنقدر بخوبی عایق کاری شده باشد (با عایق نوع ابر در بالا و پهلوها و یک لایه هوای دارای لایه بندی حرارتی با ثبات، در زیر) که اتلاف حرارت در شب‌های سرد بقدری پایین باشد که حتی با اندکی گرمایش برقی از یخبندان جلوگیری شود. بنابراین استفاده از آب خالص امکان دارد، نیازی به ضد یخ نیست، و خشکاندازی لازم نیست. عایق کاری همه طرفه برای این طرح اساسی است، و برای حصول این امر نکات زیر اساسی است: (الف) وضعیت هندسی معکوس، برخورد تابش به سطح زیرین خود گیرنده، و (ب) نسبت بزرگ اندازه غیر خالص دهانه پذیرش تابش به اندازه "دهانه گرم"، یعنی، مقدار نسبتا" زیادی تمرکز بطوری که مساحت خود جذب کننده نسبتا" کوچک باشد.

طرح b جدید S ـ ۱۶۵

مانند طرح فوق، فقط دستگاه گیرنده را درست در بالای، و در شمال پیشانی شمالی منزل قرار بدهید. برای نگهداشتن دستگاه در آنجا،

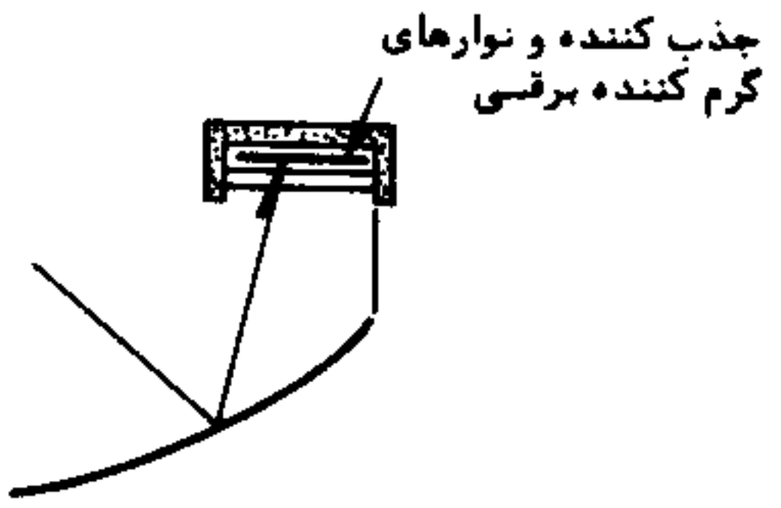
---

1) Falbel Fes-Delta.

2) Ian Cannon of Worcester Polytechnic Institute.

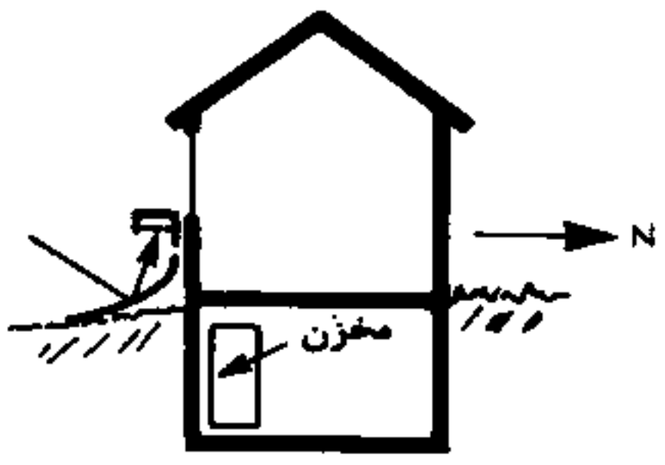
3) Conrad Heeschen, Proceedings of the 2nd National Passive Solar Conference, March 1978 P.632.

4) Raymond Bliss.

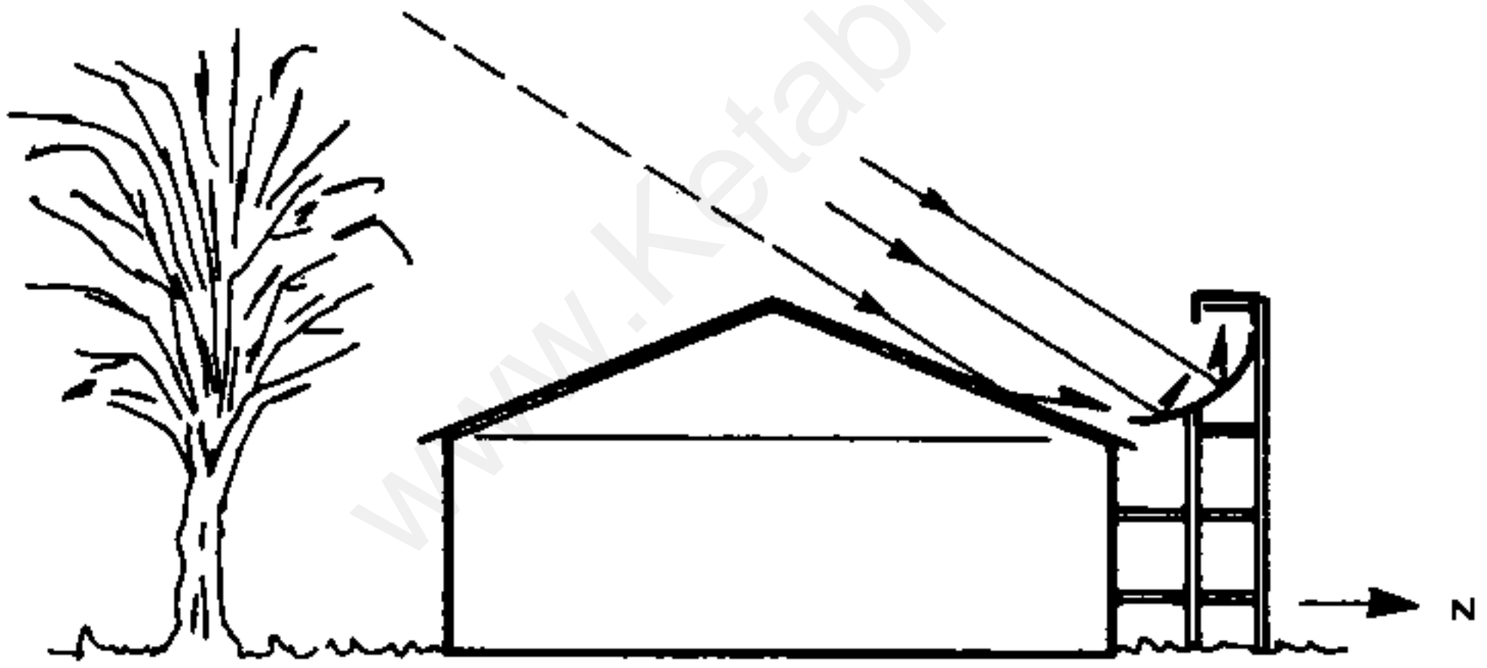


ساکنین منزل می‌توانند داربستی بسازند که ممکن است بعنوان قسمتی از یک ایوان یا آلاچیق از نظر مخفی شود .

توجه کنید این مکان چقدر برای گیرنده ایده‌آل است ، لااقل تا آنجا کـه مربوط به دریافت تابش می‌شود ؛ چون خیلی در بالا و در ضلع شمالی منزل واقع است ، کاملا" در بالای تمام بوته‌ها قرار دارد و ، مهمتر آنکه ، درختی در نزدیکی جنوب آن وجود ندارد. اگر پشت بـام از برف پوشیده شود ، این برف تابش اضافه‌ای را به



سمت گیرنده منعکس خواهد کرد . گیرنده بهیچوجه برای حیاط یـا ایوان سمت جنوب منزل مزاحتمی ایجاد نمی‌کند ، یا سایه نمی‌اندازد و بهیچوجه با دریافت تابش توسط پنجره‌های بزرگ جنوبی تداخلی ندارد . دسترسی به گیرنده مشکل است ، ولی چنانچه نردبانی در سازه آلاچیق مـانند پـایه نگهدارنده منظور شود ، خیلی مشکل نخواهد بود .



مقطع عمودی ، دید بسمت مغرب . توجه کنید که هیچ بوته ، و هیچ درختی که ارتفاع آن‌کمتر از ۹ متر باشد ، نمی‌تواند بر روی گیرنده سایه بیاندازد .

دستگاه آب‌گرم خانگی خورشیدی که‌در آن ترکیبی از دستگاه‌گیرنده وذخیره‌کننده و ترکیبی از تشکهای منعکس‌کننده و عایق بکار می‌رود

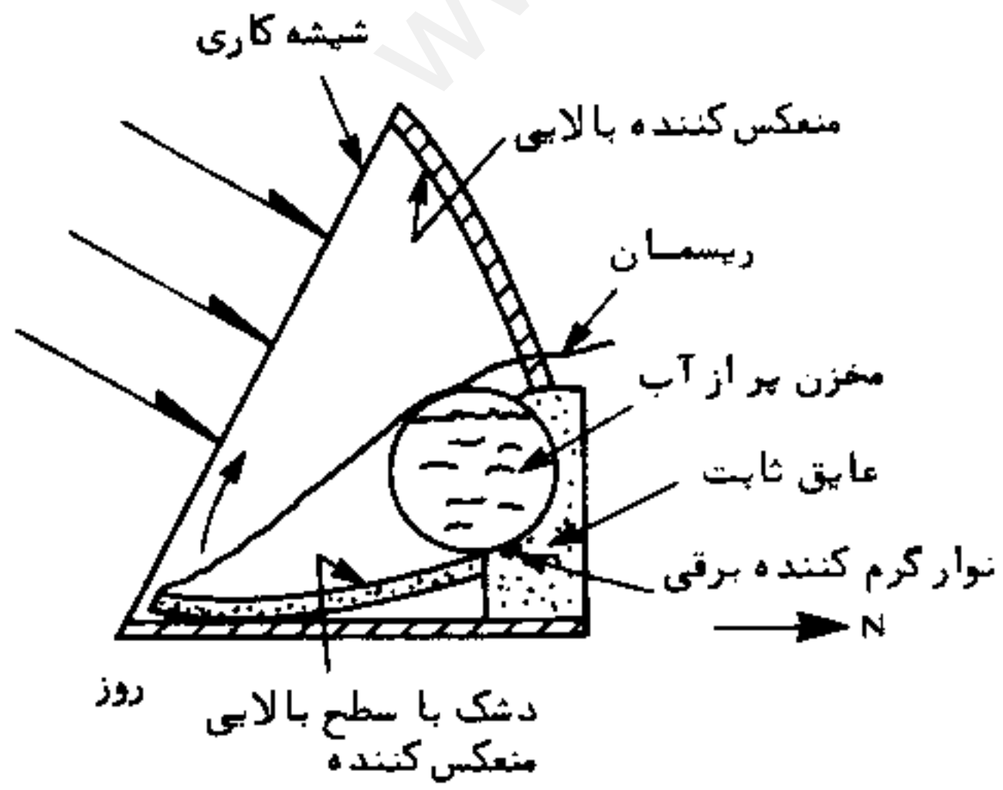
طرح ۱۶۲ -S
۱۹۷۷/۶/۲۸

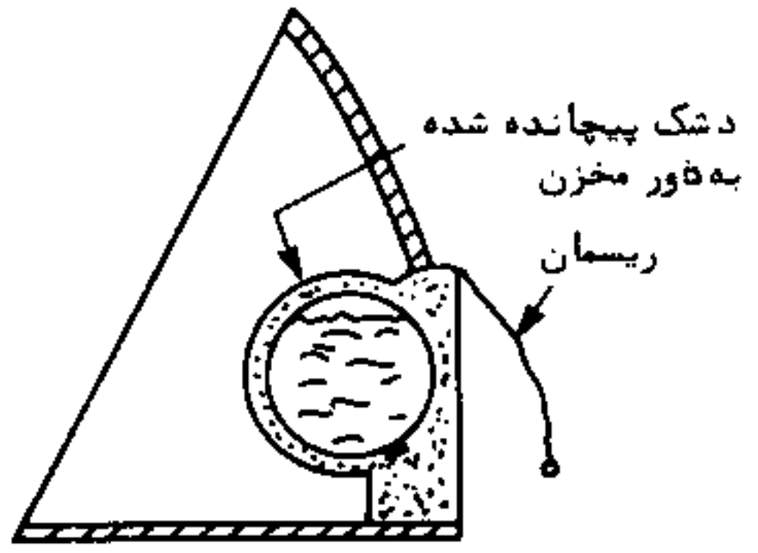
طرح پیشنهادی

جزء اصلی دستگاه مخزنی استوانه‌ای از فولاد گالوانیزه، پر از آب، سیاه، به قطر ۳۰ سانتیمتر، به طول ۳ متر است. مخزن توسط منعکس‌کننده‌ای سهموی استوانه‌ای از آلومینیوم بسراق احاطه (پهلودار) شده است که ضریب تمرکزی برابر با ۳ فراهم می‌کند. دهانه دستگاه با ورقی از شیشه کاری کالوال سان لایت[1] پوشانده شده است. قسمت شمالی مخزن بطور دایمی عایق کاری شده است. قسمت پایینی منعکس‌کننده شامل دشکی است که ورق قابل انعطافی از آلومینیوم براق با پشتی ۱۰ سانتیمتری از عایق ابری قابل انعطاف را تشکیل می‌دهد. در روزهای آفتابی دشک در محل عادی خود در روی چهار چوب پایینی می‌خوابد که آن را تقریبا" در شکل مطلوب، یعنی، قسمتی از یک سهمی، نگهمیدارد. در انتهای روز شخص عامل ریسمانی را می‌کشد که لبهٔ جنوبی دشک را بالا و بر روی مخزن کشیده، تمام قسمت‌های عایق نشده آن را عایق کاری کند.

صبح روز بعد ریسمان رها شده و دشک به محل عادی خود می‌افتد. در امتداد سطح زیرین ته مخزن یک نوار گرم کننده برقی ۱۰۰ واتی چسبانیده شده است که اطمینان حاصل شود که مخزن هرگز نمی‌تواند تا حد صفر درجه سانتیگراد سرد شود. هرچند هفته یکبار دارنده دستگاه ممکن است، اگر مایل باشد، شیب تمامی مجموعه را تنظیم کند تا برای ارتفاع متغیر خورشید جبران شده باشد. تمامی مجموعه می‌تواند در روی چمن حیاط یا روی پشت بام بنشیند، یا می‌تواند در داخل ضلع جنوبی منزل ساخته شود.

به پایین بودن مرکز گرانش مخزن، به عدم وجود ضد یخ، و عدم وجود مبدل گرما توجه کنید. فضای زیر زمین بکار گرفته نمی‌شود. وسایل کنترلی وجود ندارد (بجز ریسمان، که عمل آن می‌تواند، با مقداری هزینه اضافی، خودکار بشود). کل مجموعه می‌تواند در کارخانه‌ای ساخته شده و بطور کاملا" سوار شده و آمادهٔ استفاده بوسیله یک کامیون تحویل داده شود.





1)Kalwall Sun-Lite.