ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۱، شماره ۴ (پیاپی: ۴)، شهریور ۱۳۹۹، ص. ۴۷ – ۳۴

Journal of Approach at Oil and Gas Management
Vol. ۱, No. ٤ (Con: ٤), Sep ۲۰۲۰, P. ۳٤ – ٤۷

https://science-journals.ir
https://rmng.science-journals.ir

طراحی و ساخت مبدل حرارتی صفحه ای برای دستگاه خشک کن خورشیدی

سعید مهران[۱]،میلاد شعبانی[۲]،محسن عالیزاده[۳]،امیررضا پور کاظم[۴]

۱- عضو هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه آزاد لنگرود
۲- اصفهان، شهرک شهید کشوری
۳- لیسانس مهندسی خودرو
۴- گیلان، رشت

*نویسنده رابط: yamanalizadeh۱۱@gmail.com

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت مقاله: مرداد ماه ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش مقاله: شهریور ماه ۱۳۹۹

واژگان کلیدی

مبدل حرارتی صفحه ای

انتقال حرارت

دستگاه خشک کن خورشیدی

چکیده

امروزه مبدل های حرارتی صفحه ای نقش به سزایی در بخش های گوناگون صنعت ایفا می کنند . ویژگی های که مبدل حرارتی صفحه ای دارند باعث شده با استفاده از حرارت هدر رفته در این مجموعه منجر به افزایش راندمان و صرفه جویی در مصرف انرژی باشد . هدف از این مقاله طراحی وساخت یک مبدل حرارتی صفحه ای برای دستگاه خشک کن که با استفاده از یک آبگرمکن خورشیدی کار می کند می باشد و همچنین بررسی نحوه عملکرد آن با استفاده از نرم افزار در دما های مختلف پرداخته شده است و نحوه کار مبدل، انرژی که توسط آبگرمکن خورشیدی تولید و استفاده میشود ، بخشی از آن بصورت گرما از اگزوز دستگاه خارج شده و به هوای آزاد راه میابد . این در حالیست که میتوان با استفاده از یک مبدل حرارتی صفحه ای که روی اگزوز آبگرمکن نصب می شود ، از انرژی هدر رفته استفاده نمود و از حرارت به دست آمده توسط مبدل در دستگاه برای خشک کردن محصولات کشاورزی استفاده نمود.

نحوه ارجاع به این مقاله:

س. مهران، م. شعبانی، م. عالیزاده، ا. پورکاظم، طراحی و ساخت مبدل حرارتی صفحه ای برای دستگاه خشک کن خورشیدی، ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز، دوره۱، شماره۴، ص. ۴۷ – ۳۴، ۱۳۹۹.

۱. مقدمه

ایده اولیه مبدل های حرارتی صفحه ای نخستین بار در سال ۱۸۷۸ م توسط آلبرت دراک به ثبت رسید [۱]. سپس در سال ۱۸۹۰ م ، دو مخترع آلمانی به نام های لانگن و هوندها وزن طرح اولیه را تکمیل نمودند [۲] و در سال ۱۹۳۱ م نخستین مبدل حرارتی صفحه ای با ضخامت ۵ تا ۱۰ میلی متر ساخته شد [۳]. در سال ۱۹۶۰، تولید این نسل از مبدل ها وارد مرحله جدیدی شد[۵-۴]. در سال ۱۹۹۷، نوع لحیم کاری شده به بازار عرضه شد و نهایتاً در سال ۲۰۰۳ فناوری جدید آلفافیوژن معرفی گردید. در حال حاضر، مبدل های حرارتی صفحه ای رایج ترین نوع مبدل های حرارتی درصنعت محسوب می شوند. نوع کوچک شده آن که به مبدل های حرارتی صفحه ای لحیم شده اطلاق می شود، شکل(۱) بیشتر در گرمایش داخلی و آب گرم منازل مورد استفاده قرار می گیرد و و نوع بزرگ تر و تجاری آن، به مبدل حرارتی صفحه ای واشردار معروف است ودر صنایع غذایی ، دارویی، پتروشیمی و جز این ها مورد استفاده قرارمی گیرند.

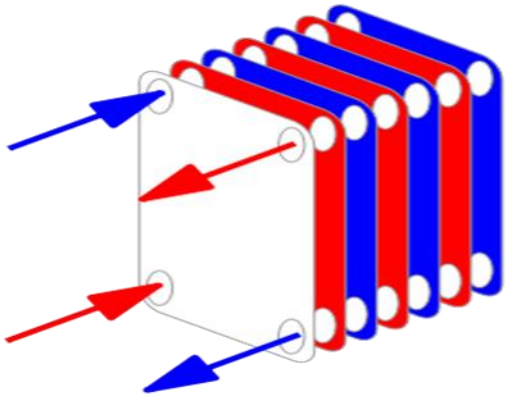
در این مقاله سعی شده است علاوه بر آشنایی با جند نوع از مبدل حرارتی صفحه ای و توضیح مختصری از نحوه عملکرد آن ها سعی شده است بهترین مبدل حرارتی صفحه ای که باعث می سود. بیشترین انتقال حرارت و راندمان و با استفاده از فرمول ها آمده در بخش(۲- ب) انتخاب شود و همچنین به تحلیل این مبدل در نرم افزار پرداخته شده است.

۲. روش حل و متدولوژی

۲. ۱. نحوه ی عملکرد مبدل حرارتی

در مبدل حرارتی صفحه ای با استفاده از تعداد زیادی صفحات فلزی نازک که در بین جریان سیال سرد و گرم قرار داده میشوند تشکیل شده است.

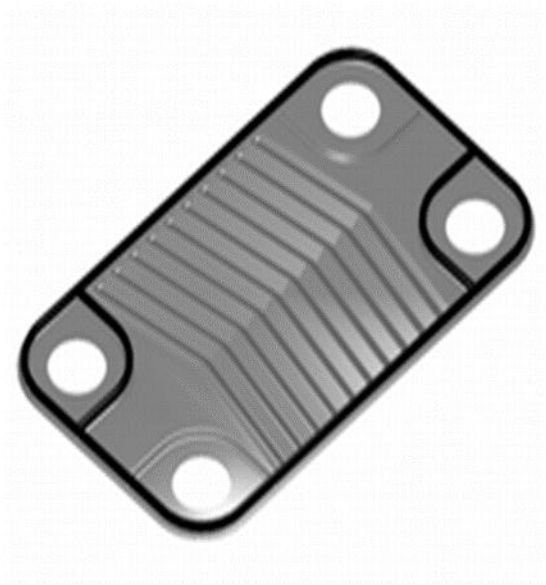
هنگامیکه سیال سرد و گرم از دو جهت مخالف وارد این مبدل میشوند گرمای آنها بصورت یکی در میان بین ورق ها تبادل شده و عملیات حرارتی بین دو سیال صورت میپذیرد.شکل (۱)



شکل۱

همانگونه که در شکل(۲) مشاهده مینمایید جهت پره ها روی صفحه ی مبدل حرارتی باعث حرکت و هدایت سیال به بالا یا پایین صفحه میشود .

حال اگر این صفحات را بصورت مختلف الجهت روی یکدیگر بگذاریم ، جریان بصورت یکی در میان در بین ورقه ها برعکس شده و همانند شکل (۱) تبادل گرمایی صورت میگیرد.[۶،۷]



شکل۲

در شکل(۳) و در شکل(۴) نمای کلی از دستگاه مبدل حرارتی آورده شده است.

شکل۳

شکل۴

۲. ۲. مزایا ی مبدل حرارتی صفحه ای

از مزایای این گونه مبدل ها میتوان به نمونه های زیر اشاره نمود[۷]:

- انتقال حرارت و راندمان بیشتر نسبت به سایر مبدل ها
- قابلیت تغییر سطح تبادل حرارت
- فضای اشغال شده ی کمتر
- هزینه ی نصب و نگهداری کمتر
- حجم مایع ذخیره شده ی کمتر در داخل مبدل

۲. ۳. معایب مبدل حرارتی صفحه ای

البته در مورد مبدل های حرارتی صفحه ای میتوان به موارد زیر اشاره نمود[۷]:

- پتانسیل نشتی بالا بخاطر وجود سیال در بین صفحات متعدد
- نیاز به تولید فشار زیاد برای عبور سیال از مبدل
- راندمان پایین در موقع استفاده از دو سیال با اختلاف دمایی خیلی زیاد
- یازدهی پایین هنگام استفاده از سیال با درجه حرارت خیلی بالا بخاطر آب بندی ضعیف

۲. ۴. انواع مبدل حرارتی صفحه ای

- مبدل حرارتی صفحه ای واشر دار
- مبدل حرارتی صفحه ای بدون واشر
- مبدل حرارتی صفحه ای وایلد گپ[۸]

Journal of Approach at Oil and Gas Management
Vol. ١, No. ٤ (Con: ٤), Sep ٢٠٢٠, P. ٣٤ – ٤٧
ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۱، شماره ۴ (پیاپی: ۴)، شهریور ۱۳۹۹، ص. ۴۷ – ۳۴
https://science-journals.ir
https://rmng.science-journals.ir

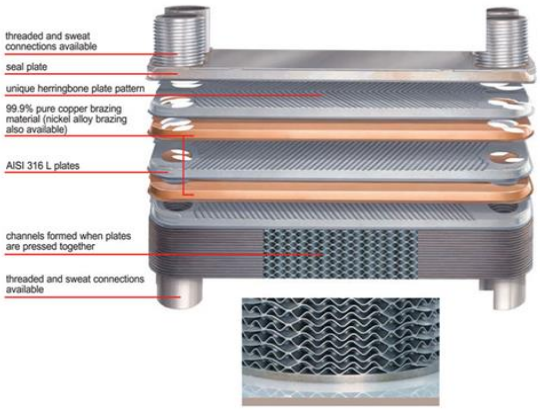
۲. ۵. مبدل حرارتی صفحه ای واشر دار

این مبدل از تعدادی صفحه نازک شیار دار ساخته شده است. این صفحات واشر بندی شده و سپس در یک قاب استیل-کربن به یکدیگر وصل میگردند.و تبادل گرمایی از طریق کانال های طراحی شده بر روی صفحه ها بین سیال سرد و گرم صورت میگیرد. واشر ها که از جنس سیلیکون ساخته شده اند ، وظیفه ی آببندی بین صفحات را دارند و علاوه بر آببندی برای نشت سیال به بیرون ، وظیفه ی جلوگیری از مخلوط شدن دو سیال با یکدیگر را دارند [۹].شکل(۵)

شکل۵

۲. ۶. مبدل حرارتی صفحه ای بدون واشر

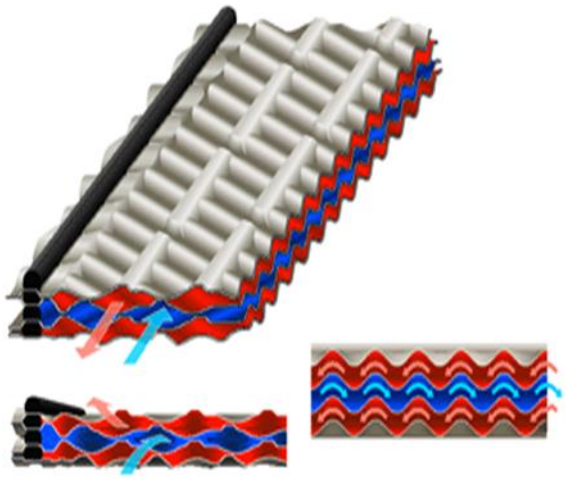
این دسته از مبدل ها که بر دو نوع لحیم کاری شده اند به دو دستهٔ کاملا جوش داده شده و نیمه جوش داده شده تقسیم میشوند. استفاده از لحیم کاری در این نوع از مبدل حرارتی باعث میشود که قدرت آببندی افزایش یافته و در نتیجه فشارکاری و آشفتگی در سیال بالا رفته ور در نتیجه رسوب کمتر و راندمان بیشتر را حاصل میگردد. دلیل افزایش آشفتگی طراحیٔ پیشرفته تر صفحات این مبدل نسبت به نوع واشر دار است. شکل(۶)



شکل۶

۲. ۷. مبدل حرارتی صفحه ای واید گپ

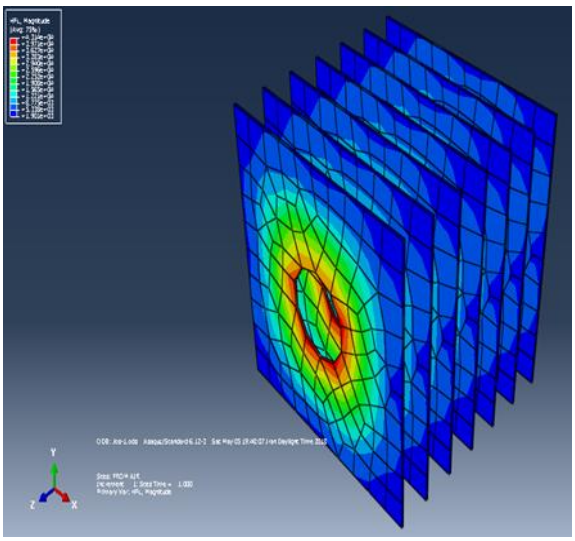
این نوع از مبدل ها برای استفاده سیال های دانه درشت مانند فاضلاب کارخانه ها یا تصفیه آب ساخته میشوند. فاصلهٔ زیاد تر بین صفحات نسبت به سایر مبدل ها باعث میشود ذرات درشت موجود در مایعات بتوانند از بین صفحات عبور کنند. در واقع از این مدل از مبدل ها برای مدت کاربری زیاد و جهت دستیابی به بازدهٔ حرارتی بالا استفاده میشود. چیدمان صفحات در شکل(۷) نشان داده شده است.[۸،۱۰]



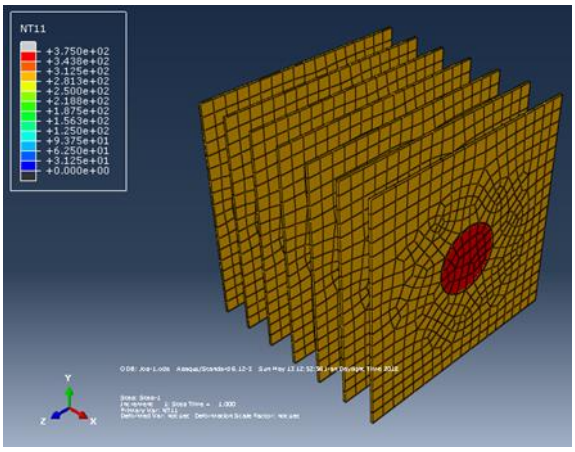
شکل۷

۲. ۸. طراحیٔ مبدل حرارتی صفحه ای در نرم افزار آباکوس و تحلیل آن در دماهای مختلف

این مبدل حرارتی برای انتقال گرما بین یک اگزوز آبگرمکن و تعدادی صفحات مسی ساخته می شود . و با نقاط رنگی به وجود آمده در شکل(۸,۹) می توان بر حسب زمان دماهای مختلفی از صفحات با حرارت های متفاوت در طی یک دور کار کرد مبدل به دست آورد، به طوری که بیشترین راندمان را طبق نمودار به دست آمده این نرم افزار در زمان های ۶ الی ۸ دقیقه و دمای مبدل حرارتی صفحه ای ۲۵۰ الی ۳۵۰ درجه سانتی گراد همان طور که در جدول (۱) می بینیم به وجود آمده و هر چه جریان اجباری در زمان های طولانی ادامه داشته باشد راندمان بالاتر رفته و در نتیجه تبادل حرارت مبدل صفحه ای بالا رفته و راندمان زیاد می شود که که این جریان اجباری می تواند توسط فن ایجاد شود و هوای عبوری از این صفحات که از جنس مس بوده و به علت بهتر تبادل کردن حرارت دمای آن بالا می رود و برای خروج از خروجی دستگاه جریان می یابند اجباری هر چه سرعت جریان در زمان ها گرم میتوان برای مصارفی مانند خشک کردن و یا گرم کردن یک فضا استفاده کرد. طراحی این مبدل با استفاده از نرم افزار آباکوس (ABAQUS) صورت گرفته است. شکل(۸,۹)



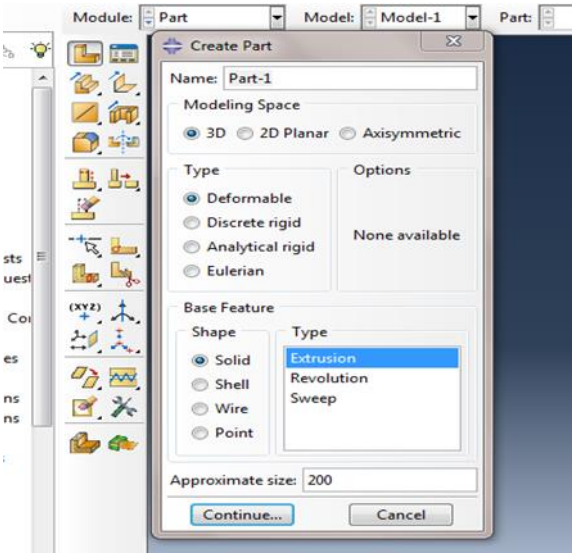
شکل۸



شکل۹

۹. ۲. مراحل طراحی در نرم افزار

الف) روی دکمه create part کلیک کرده وسپس continue را میزنیم. شکل(۹)



شکل۱۰

ب) بعد از طراحی مدل روی دکمه done کلیک می نماییم.

پ) سپس وارد محیط property می شویم و روی دکمه material کلیک مینماییم. شکل(۱۱)

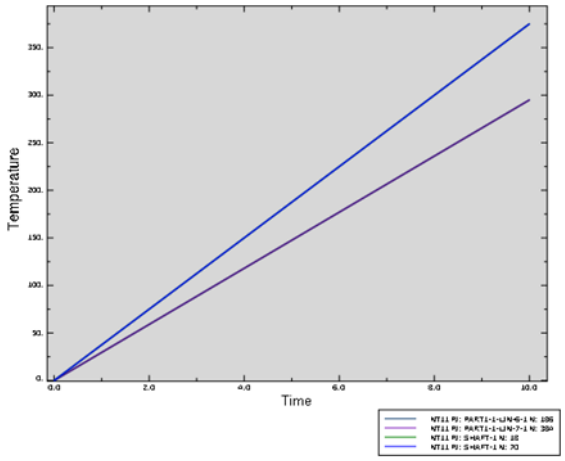
ت) وارد سر برگ thermal و سپس روی conductivity کلیلک مینماییم و مقدار شماره ۱ را ۱۰۰ میدهیم و روی ok کلیک مینماییم. شکل(۱۲)

ث) سپس روی گزینه create section کلیک کرده و دو بار روی پیغام ایجاد شده روی ok کلیک مینماییم.

ج) روی گزینه ی assign section کلیک کرده و مدل طراحی شده را انتخاب مینماییم و روی گزینه ی done کلیک نمیده تا رنگ جسم به سبز تغییر نماید.

چ) سپس وارد محیط assemblyشده و روی گزینه instance partکلیک مینماییم ودکمه ok را میزنیم تا شکل طراحی شده به رنگ آبی نمایان شود. شکل(۱۳)

ه) حال وارد محیط step شده و روی گزینه create step کلیک مینماییم و نوع آن را روی heat transfer تنظیم مینماییم و روی ok کلیک میکنیم. شکل(۱۴)



د) وارد محیط load شده و سپس روی گزینه ی create boundary conditionکلیک مینماییم.و مسیر هدایت جریان را روی شکل مشخص کرده و done را میزنیم. شکل(۱۵)

ر) سپس گزینه create load را انتخاب کرده و جسم طراحی شده را انتخاب میکنیم.

ز) وارد محیط mesh شده و گزینه ی mesh part را انتخاب میکنیم و جسم را مش بندی میکنیم. شکل(۱۶)

ژ)حال وارد محیط job شده و روی گزینه create job کلیک مینماییم. در پنجره ی ایجاد شده روی submit کلیک مینماییم و سپس صبر میکنیم تا عملیات تمام شود. شکل(۱۷)

س) روی گزینه ی results کلیک کرده تا وارد محیط visualization شوید. شکل(۱۸)

ش) روی سربرگ report و سپس روی field output کلیک نمایید. در پنجره ی باز شده روی save کلیک کنید تا دمای نقاط مختلف جسم بصورت یک جدول گزارشی ذخیره شود. جدول(۲)

ODB: C:/Users/M/Desktop/catia works/project/Job-1.odb
Step: FROM AIR
Frame: Increment 1: Step Time = 1.000

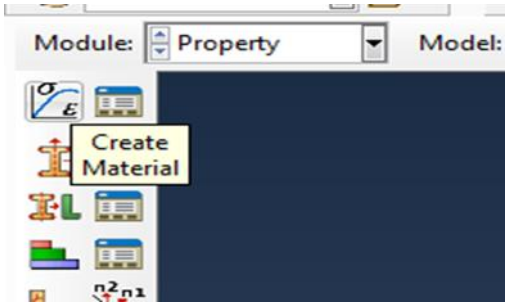
Loc 1 : Nodal values from source 1

Output sorted by column "Node Label".

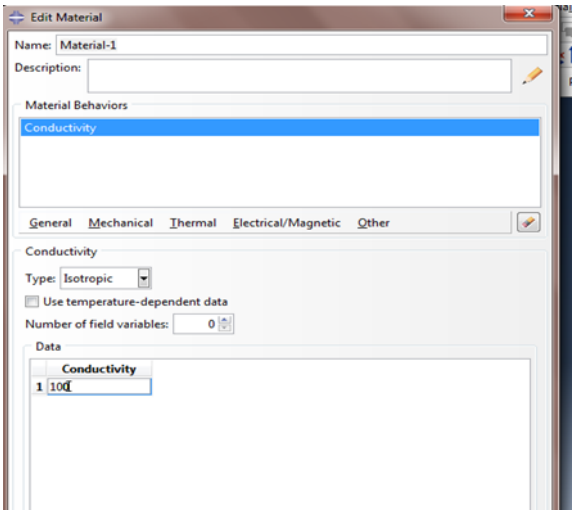
Field Output reported at nodes for part: PART-1-1

Node Label	NT11 @Loc 1
1	500.
2	500.
3	500.
4	500.
5	500.
6	500.
7	500.
8	500.
9	500.
10	500.
11	17.1483E+03
12	17.0806E+03
13	17.0535E+03
14	17.0965E+03
15	16.8816E+03
16	16.1744E+03
17	15.2728E+03
18	14.5277E+03
19	14.0551E+03
20	14.4065E+03
21	15.1699E+03
22	16.0832E+03
23	16.8139E+03
24	16.8179E+03
25	16.1602E+03
26	15.2039E+03
27	14.3303E+03
28	14.0407E+03
29	14.4163E+03
30	15.1056E+03
31	16.0596E+03
32	16.7919E+03
33	16.7891E+03
34	16.1098E+03
35	15.1486E+03

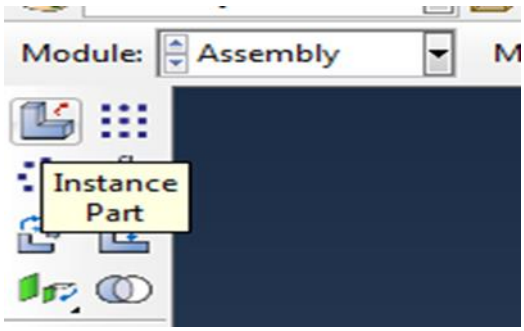
جدول۲



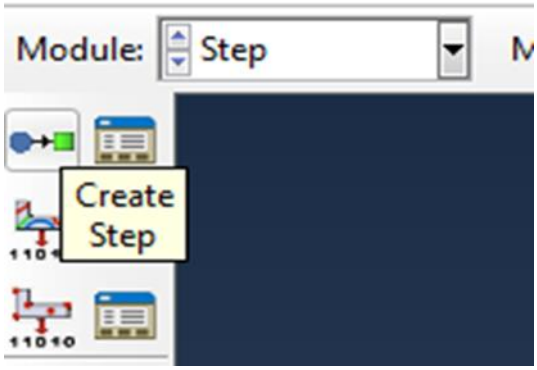
شکل۱۱



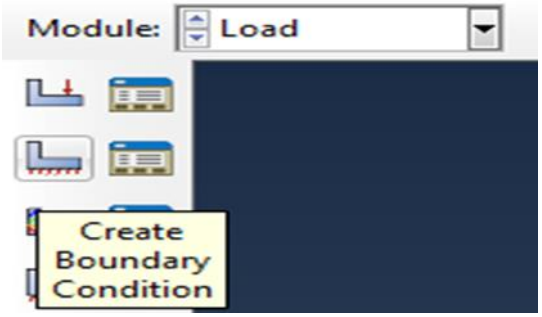
شکل۱۲



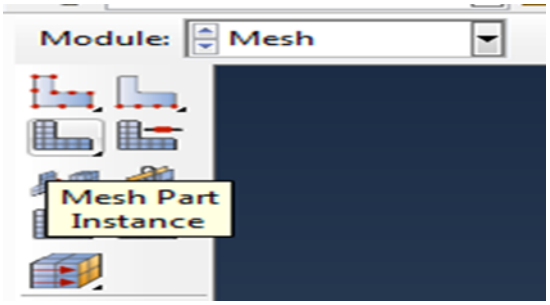
شکل۱۳



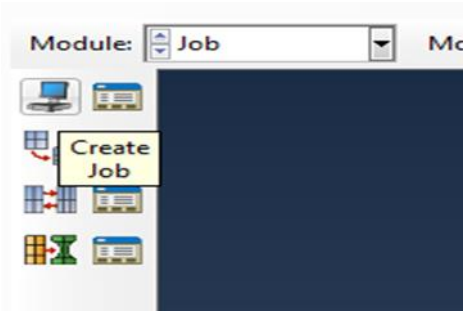
شکل۱۴



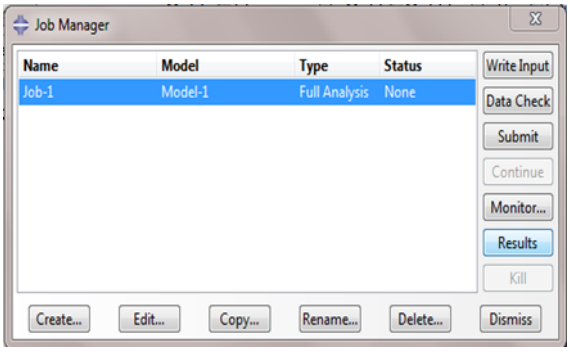
شکل۱۵



شکل۱۶



شکل۱۷



شکل۱۸

۲. ۱۰. بدست آوردن دمای هوای خروجی دستگاه خشک کن

در این قسمت برای بدست آوردن دمای هوای خروجی از فرمول های زیر کمک می گیریم[۱۱]:

$$Q = \frac{kA_t\Delta\theta}{d} \quad (۱)$$

$$\frac{\phi}{N^n} = EEI\,\frac{A\cdot\Delta t}{(L\cdot q_v)^n} \quad (۲)$$

$$\eta = ۱ - \frac{\Delta E_t + ۴\Delta E_{\Delta P}}{Q} \quad (۳)$$

۲. ۱۱. تصاویر مربوط به مبدل حرارتی صفحه ای طراحی شده در دستگاه خشک کن به همراه گرمکن خورشیدی

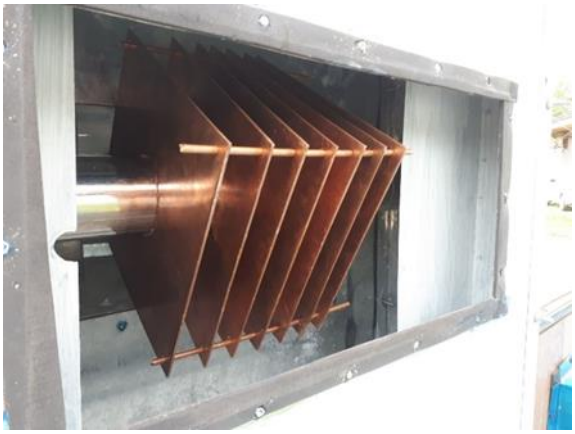
با توجه به کاربرد های فراوان مبدل های حرارتی صفحه ای سعی شده است در این مقاله بهترین نوع مبدل صفحه ای را برای دستگاه خشک کن خورشیدی طراحی و ساخته شود تا بیشترین بازده را داشته باشیم. تصاویر زیر مربوط به گرم کن خورشیدی به شکل لوله در شکل(۱۸) نشان می دهد و دستگاه خشک کن شکل (۱۹)و نحوه قرار گیری مبدل حرارتی صفحه ای این دستگاه در شکل (۲۰) نمایش می دهد. نحوه کار این مبدل در حالتی است که گرمکن خورشیدی نور آفتاب را جذب و آب داخل لوله های خورشیدی را گرم می کند و به نقطه جوش می رساند در این حالت بخار حاصل از گرمکن خورشیدی از راه اگزوز دفع می شود وانرژی از دست می دهم برای جلوگیری از کاهش انرژی و استفاده بهینه از انرژی به دست آمده دستگاه خشک کن را درست کرده و انرژی هدر رفته از اگزوز را از داخل یک مبدل حرارتی صفحه ای عبور می دهیم این مبدل حرارتی گرمای دفع شده از اگزوز را جذب می کند و با یک جریان اجباری که ما با گذاشتن فن ایجاد می کنیم مبدل حرارتی با این جریان تبادل حرارتی می کند و هوای خروجی دستگاه را برای خشک کردن محصولات کشاورزی گرم می کند.

Q	مقدار حرارت انتقال یافته در واحد زمان
k	ضریب هدایت حرارتی
A	سطح مقطع کلی
$\Delta\theta$	اختلاف دما سطح داخلی و خارجی
D	ضخامت ورقه
ϕ	نرخ انتقال حرارت
N	قدرت یمیاژ
n	عدد ثابت برای سرما ۰.۳ و برای گرما ۰.۴ در نظر گرفته می شود.
EEI	اندازه گیری میزان انتقال حرارت از هوای گرم به هوای سرد
ΔT	اختلاف دما بین جریان سرد و گرم
L	طول جریان سیال
Qv	نرخ جریان حجمی
η	راندمان حرارتی
ΔE_t	انتقال حرارت بر حسب زمان
$\Delta E_{\Delta p}$	انتقال حرارت بر حسب تغییرات فشار

شکل۱۹

Journal of Approach at Oil and Gas Management
Vol. ١, No. ٤ (Con: ٤), Sep ٢٠٢٠, P. ٣٤ – ٤٧
ماهنامه رهیافتی در مدیریت نفت و گاز
دوره ۱، شماره ۴ (پیاپی: ۴)، شهریور ۱۳۹۹، ص. ۴۷ – ۳۴
https://science-journals.ir
https://rmng.science-journals.ir

شکل ۲۰



شکل ۲۱

۳. نتیجه گیری

در این مقاله با ذکر چند نمونه از انواع مبدل های حرارتی صفحه ای و با اشاره به مزایا و معایب آن ها یک مبدل حرارتی صفحه ای در دما های مختلف c˚۵۰ ،c˚۱۰۰ ، c˚۱۵۰ ،c˚۲۰۰ در نرم افزار آباکوس طراحی و تحلیل شده است و در زمان های مختلف حرارت های متفاوتی از دستگاه خشک کن خارج می شود با این نتیجه که هر چه دما بالا برود ، زمان کاری جریان اجباری (فن) نیز باید زیاد شود تا بیشترین راندمان را در مبدل حرارتی صفحه ای موجود در دستگاه را داشته باشد و همچنین جنس مبدل حرارتی از مس انتخاب شده است ، زیرا بیشترین ضریب هدایت حرارتی را بعد از نقره دارد و هزینه تمام شده مس از نقره کمتر است به این دلایل بهترین جنس برای

مبدل انتخابی مس است که با کمترین هزینه بیشترین راندمان را برای دستگاه به دست می آورد و دلیل دیگر برای استفاده مبدل حرارتی صفحه ای در دستگاه خشک کن انرژی مصرفی این مبدل ها به مراتب کمتر از انرژی مصرفی مبدل های دیگر است و همچنین صفحات انتقال حرارت این نوع مبدل ها به آسانی از هم جدا می شوند. این امتیاز که در صورت خرابی صفحات به آسانی قابل تعویض است سبب شده کاربرد این مبدل ها در صنعت دوچندان شود.

منابع و مراجع

[۱] Mgnusson, B., B. Samuelson, The story of the Alpha Laval Plate Heat Exchanger and the Spiral Heat Exchanger, Norstedts Tryckeri, Stockholm, ۱۹۸۵.

[۲] Clark, D. F., “Plate Heat Exchangers.” The chemical engineering, No. ۲۸۵, May ۱۹۷٤, pp. ۲۷۵۲۸۵.

[۳] Magnusson, B. The Origins and Evolution of the Alpha Laval Plate Heat Exchanger, Norstedts Tryckeri, Stockholm, ۱۹۸۵.

[٤] Moon, M. G. "Invention Paves Way for Third Generation Heat Exchangers", Australian Refrigeration, Air conditioning and Heating, Vol. ٤۳, No. ۹, ۱۹۸۹, pp. ۲۱-۲۵.

[۵] Marriot, J. “Performance of an Alphaflex Plate Heat Exchanger.” Chemical engineering progress, Vol. ۷۳, No. ۲, ۱۹۷۷, pp. ۷۳-۷۸.

[٦] Wikipedia, online encyclopedia, online available at: www.wikipedia.org, retrieved at: ۱۲-۱۱-۲۰۱۲.

[۷] https:// www.thermaxxjackets.com/plate-and-frame-heat-exchangers-explained/

[۸] Applications and Performance, ۱st Ed, WIT Press, Southampton, Boston, ۲۰۰۷.

[۹] Gupta, J.P., Fundamentals of Heat Exchanger and Pressure Vessel Technology, Hemisphere, Washington, DC, ۱۹۸٦

[۱۰] Heat exchangers, Centrifugal separators, Pumps, online available at: www.alfalaval.com/Pages/default.aspx, retrieved at: ۰۲-۱۲-۲۰۱۲.

[۱۱] GuoZY, LiuXB, Tao WQ,ShahRK. Effectiveness-thermal resistance method for heat exchanger design and analysis. Int J Heat Mass Transfer ۲۰۱۰;۵۳(۱۳e۱٤): ۲۸۷۷e۸٤