



(واحد.....-مرکز.....)

موضوع پروژه :

بررسی کمپرسورهای اسکرو در دستگاههای تهویه مطبوع

استاد راهنما :

رشته تحصیلی:

مهندسی تکنولوژی تاسیسات حرارتی و برودتی

تهیه کننده:

شماره دانشجویی :

سال تحصیلی ۹۶-۹۷

بسم الله الرحمن الرحيم

با تشکر از

عزیزانی که بنده را در مسیر تهیه این پروژه یاری نمودند.

## فهرست مطالب

عنوان

شماره صفحه

مقدمه ..... ۱

### فصل اول ، اصول اولیه کمپرسورهای اسکرو

۱-۱ تعریف کمپرسور اسکرو ..... ۳

۱-۲ انواع کمپرسورهای اسکرو ..... ۳

۱-۲-۱ کمپرسورهای بدون روغن Oil Free Compressor ..... ۴

۱-۲-۲ کمپرسور های روغنی Oil Compressor ..... ۵

۱-۳ روش کارکرد کمپرسور اسکرو ..... ۵

۱-۴ قطعات بیرون کمپرسور اسکرو ..... ۶

۱-۵ قطعات داخل کمپرسور اسکرو ..... ۶

۱-۵-۱ بلبرینگ های کمپرسور اسکرو ..... ۷

۱-۵-۲ پیستون بالانس کننده کمپرسور اسکرو ..... ۷

۱-۵-۳ هوابندی شفت ..... ۷

۱-۶ کنترل ظرفیت کمپرسور اسکرو ..... ۸

۱-۷ نسبت حجم VI ..... ۸

۱-۸ مراحل کمپرس کردن گاز در کمپرسور اسکرو ..... ۹

۱-۹ مقایسه کمپرسورهای اسکرو ..... ۱۰

### فصل دوم ، بررسی کمپرسورهای اسکرو شرکت بیتزر (BITZER)

۱-۲ مدل های مختلف کمپرسور اسکرو شرکت بیتزر ( BITZER ) ..... ۱۲

۱-۲-۲ تفاوت مدل کمپرسورهای اسکرو VSK , CSW , CSH , HS , OS ..... ۱۲

۱-۲-۲-۱ کمپرسور اسکرو مدل OS ..... ۱۳

۱-۲-۲-۲ کمپرسور اسکرو مدل HS ..... ۱۳

۱-۲-۲-۳ کمپرسور اسکرو مدل CSH ..... ۱۴

## فهرست مطالب

| عنوان                                                    | شماره صفحه |
|----------------------------------------------------------|------------|
| ۴-۲-۲ کمپرسور اسکرو مدل CSW .....                        | ۱۵         |
| ۵-۲-۲ خصوصیات کمپرسورهای اسکرو بیتزر مدل CSH & CSW ..... | ۱۵         |
| ۱-۵-۲-۲ ویژگیهای مدل‌های CSH & CSW .....                 | ۱۶         |
| ۶-۲-۲ کمپرسور اسکرو مدل VSK .....                        | ۱۶         |
| ۳-۲ طراحی کمپرسور اسکرو .....                            | ۱۶         |
| ۴-۲ راه اندازی کمپرسور اسکرو بیتزر .....                 | ۱۶         |
| ۵-۲ کنترل ظرفیت دابل کمپرسور اسکرو .....                 | ۱۷         |
| ۶-۲ تجهیزات الکترونیکی .....                             | ۱۷         |
| ۷-۲ تجهیزات روغنکاری کمپرسور اسکرو .....                 | ۱۷         |
| ۸-۲ روشن کردن کمپرسور اسکرو .....                        | ۱۸         |
| ۹-۲ کنترل هیدرولیک .....                                 | ۱۸         |
| ۱۰-۲ کنترل ظرفیت کمپرسور اسکرو .....                     | ۱۹         |
| ۱-۱۰-۲ کنترل ظرفیت نامحدود کمپرسور اسکرو .....           | ۲۰         |
| ۲-۱۰-۲ کنترل ظرفیت ۴ پله ای کمپرسور اسکرو بیتزر .....    | ۲۱         |
| ۱-۲-۱۰-۲ افزایش برودت مورد تقاضا .....                   | ۲۱         |
| ۲-۲-۱۰-۲ کاهش برودت مورد تقاضا .....                     | ۲۲         |
| ۱۱-۲ پایه کمپرسور .....                                  | ۲۲         |
| ۱۲-۲ طراحی سیستم و لوله کشی .....                        | ۲۲         |
| ۱۳-۲ گرم کن روغن یا اویل هیتر .....                      | ۲۳         |
| ۱۴-۲ نصب جداکننده روغن ثانویه (اویل سپراتور) .....       | ۲۴         |
| ۱۵-۲ فیلتر درایر .....                                   | ۲۴         |
| ۱۶-۲ فیلتر درایر خط ساکشن کمپرسور اسکرو .....            | ۲۴         |
| ۱۷-۲ کنترل سطح روغن کمپرسور اسکرو .....                  | ۲۴         |

## فهرست مطالب

| عنوان                                                                          | شماره صفحه |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ۱۸-۲ سیستم هایی با سیکل معکوس و دیفراست گاز داغ.....                           | ۲۵         |
| ۱۹-۲ خنک کاری اضافی با استفاده از تزریق مبرد مایع (در کمپرسورهای مدل CSH)..... | ۲۵         |
| ۱۹-۲-۱ شیر برقی خط تزریق مایع به کمپرسور.....                                  | ۲۶         |
| ۱۹-۲-۲ ترموستات برای شیر برقی خط تزریق مایع.....                               | ۲۶         |
| ۲۰-۲ جابجایی کمپرسورهای مدل CSH.1 با مدل CSH.3.....                            | ۲۷         |
| ۲۱-۲ اتصال اوایل کولر (خنک کننده روغن خارجی).....                              | ۲۷         |
| ۲۱-۲-۱ ترتیب لوله کشی اوایل کولر خارجی.....                                    | ۲۷         |
| ۲۱-۲-۲ اجزای اضافی لوله کشی اوایل کولر خارجی.....                              | ۲۷         |
| ۲۲-۲ شیر کنترلی برای تزریق روغن اضافی.....                                     | ۲۸         |
| ۲۳-۲ روغن کمپرسور اسکرو.....                                                   | ۲۸         |
| ۲۳-۲-۱ روغنکاری کمپرسور اسکرو.....                                             | ۲۹         |
| ۲۳-۲-۲ زمان تعویض روغن کمپرسور اسکرو.....                                      | ۳۰         |
| ۲۴-۲ کارکرد اکونومایزر ECO (حالت اقتصادی).....                                 | ۳۰         |
| ۲۴-۲-۱ شرایط کارکرد اکونومایزر.....                                            | ۳۱         |
| ۲۴-۲-۲ کارکرد اکونومایزر با مدار سابلول.....                                   | ۳۱         |
| ۲۴-۲-۳ موفلر در اکونومایزر خط ساکشن.....                                       | ۳۲         |
| ۲۵-۲ اتصالات الکتریکی کمپرسور اسکرو بیتزر.....                                 | ۳۲         |
| ۲۵-۲-۱ اتصال دوبل مثلث (PART WINDING SPILIT (PWS).....                         | ۳۲         |
| ۲۵-۲-۲ اتصال موتورهای ستاره مثلث.....                                          | ۳۳         |
| <b>فصل سوم ، تعمیر و نگهداری صحیح و علل خرابی کمپرسورهای اسکرو</b>             |            |
| ۱-۳ نگهداری کمپرسور اسکرو.....                                                 | ۳۵         |
| ۲-۳ ثبت کارکرد کمپرسور اسکرو.....                                              | ۳۵         |

## فهرست مطالب

عنوان

شماره صفحه

|        |                                |    |
|--------|--------------------------------|----|
| ۳-۳    | دمای دیسچارج کمپرسور اسکرو     | ۳۵ |
| ۴-۳    | دمای روغن کمپرسور اسکرو        | ۳۶ |
| ۵-۳    | افزایش آمپر مصرفی              | ۳۶ |
| ۶-۳    | اندازه گیری حرکت محوری روتور   | ۳۶ |
| ۷-۳    | آنالیز روغن                    | ۳۶ |
| ۸-۳    | آنالیز ارتعاش                  | ۳۷ |
| ۹-۳    | تعمیر کمپرسور اسکرو            | ۳۷ |
| ۱۰-۳   | تعمیرات اساسی کمپرسور اسکرو    | ۳۸ |
| ۱۱-۳   | محل تعمیر کمپرسور اسکرو        | ۳۸ |
| ۱۲-۳   | مونتاژ کمپرسور اسکرو           | ۳۸ |
| ۱۳-۳   | آنالیز خرابی های کمپرسور اسکرو | ۴۰ |
| ۱-۱۳-۳ | روغنکاری نامناسب کمپرسور اسکرو | ۴۰ |
| ۲-۱۳-۳ | خرابی بلبرینگ کمپرسور اسکرو    | ۴۱ |
| ۳-۱۳-۳ | نصب و جازدن بلبرینگ            | ۴۱ |
|        | منابع و مأخذ                   | ۴۲ |

## فهرست شکل ها

| شماره صفحه | عنوان                                                       |
|------------|-------------------------------------------------------------|
| ۳ .....    | شکل شماره ۱-۱ - روتورهای نیرو ماده                          |
| ۴ .....    | شکل شماره ۲-۱ - برش کمپرسور اسکرو                           |
| ۴ .....    | شکل شماره ۳-۱ - برش کمپرسور بدون روغن                       |
| ۵ .....    | شکل شماره ۴-۱ - برش کمپرسور روغنی                           |
| ۵ .....    | شکل شماره ۵-۱ - پیچهای نری و مادگی (Screw)                  |
| ۶ .....    | شکل شماره ۶-۱ - کمپرسور اسکرو بیتزر                         |
| ۶ .....    | شکل شماره ۷-۱ - نقشه انفجاری کمپرسور اسکرو بیتزر            |
| ۸ .....    | شکل شماره ۸-۱ - نمودار نسبت حجم کمپرسور                     |
| ۹ .....    | شکل شماره ۹-۱ - حالت فشرده شدن گاز درون اسکرو               |
| ۱۰ .....   | شکل شماره ۱۰-۱ - جدول مقایسه کمپرسورهای اسکرو               |
| ۱۲ .....   | شکل شماره ۱-۲ - کمپرسورهای اسکرو شرکت بیتزر                 |
| ۱۳ .....   | شکل شماره ۲-۲ - کمپرسور اسکرو مدل OS شرکت بیتزر             |
| ۱۳ .....   | شکل شماره ۳-۲ - کمپرسور اسکرو مدل HS شرکت بیتزر             |
| ۱۴ .....   | شکل شماره ۴-۲ - سیکل روغن کمپرسور اسکرو مدل HS              |
| ۱۵ .....   | شکل شماره ۵-۲ - کمپرسور اسکرو مدل CSW و CSH شرکت بیتزر      |
| ۱۶ .....   | شکل شماره ۶-۲ - کمپرسور اسکرو مدل VSK شرکت بیتزر            |
| ۱۷ .....   | شکل شماره ۷-۲ - سنسور دمای روغن و دیسچارج                   |
| ۱۷ .....   | شکل شماره ۸-۲ - کنترل کننده توالی فاز و دما                 |
| ۱۹ .....   | شکل شماره ۹-۲ - کنترل ظرفیت و شماتیک هیدرولیک کمپرسور اسکرو |
| ۲۰ .....   | شکل شماره ۱۰-۲ - جای دقیق آنلودر های در مدل CSH             |
| ۲۱ .....   | شکل شماره ۱۱-۲ - کنترل ظرفیت کمپرسور اسکرو                  |
| ۲۲ .....   | شکل شماره ۱۲-۲ - پایه کمپرسور                               |
| ۲۳ .....   | شکل شماره ۱۳-۲ - لوله کشی کمپرسور اسکرو                     |

## فهرست شکل ها

عنوان

شماره صفحه

- شکل شماره ۲-۱۴ کنترل کننده سطح روغن ( OLC-D1 ) ..... ۲۴
- شکل شماره ۲-۱۵ شیر برق خط تزریق مایع به کمپرسور ..... ۲۶
- شکل شماره ۲-۱۶ محل قرار گیری ترموستات برای شیر برقی خط تزریق مایع ..... ۲۶
- شکل شماره ۲-۱۷ شیر کنترلی برای تزریق روغن اضافی ..... ۲۸
- شکل شماره ۲-۱۸ داکيومنت روغن شرکت بیتزر با توجه به مبرد و مدل کمپرسور ..... ۲۸
- شکل شماره ۲-۱۹ داکيومنت شرکت بیتزر جهت تعوض روغن ..... ۳۰
- شکل شماره ۲-۲۰ نحوه لوله کشی اکونومايزر با مدار سابکول ..... ۳۱
- شکل شماره ۲-۲۱ نحوه نصب موفلر در اکونومايزر خط ساکشن ..... ۳۲
- شکل شماره ۲-۲۲ نحوه اتصال دوپل مثلث PWS ..... ۳۲
- شکل شماره ۲-۲۳ نحوه اتصال ستاره مثلث ..... ۳۳

## کمپرسور یا متراکم کننده (Compressor) :

افزایش فشار مایعات و تراکم گازها در صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، به آن دسته از ماشین‌آلاتی که گازها را متراکم می‌کنند کمپرسور گفته می‌شود ...

می‌توانند برای فشرده کردن سیالات به کار رود و اسم‌عامیانه آن پمپ می‌باشد. در برخی دستگاه‌ها و ماشین‌آلات، کمپرسورها وسایلی هستند که توسط آنها هوا فشرده شده و سپس به سمت قسمت احتراق فرستاده می‌شود .

از کمپرسورها برای فشرده کردن گازها استفاده می‌شود. در حقیقت کمپرسورها وسایلی هستند که با صرف انرژی مکانیکی فراوانی، سیال را با سرعت به درون خود مکیده و سپس آنرا فشرده می‌سازند. در اثر این عملیات، دمای گازی که فشرده می‌شود نیز افزایش می‌یابد. معمولاً گاز پر فشار خروجی از کمپرسورها را از یک سیستم خنک‌کننده عبور می‌دهند تا دمای گاز دوباره به حد معمولی بازگردد. انواع گوناگونی از کمپرسور وجود دارد که برای مصارف صنعتی و عمومی طراحی شده‌اند. بد نیست بدانید که حتی پمپ آکواریوم که برای وارد کردن هوا به آکواریوم ماهی‌ها استفاده می‌شود نیز یک نوع کمپرسور است.

در دستگاه‌های تهویه مطبوع چندین مدل کمپرسور مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله : کمپرسورهای پیستونی، کمپرسورهای اسکرال (روتاری) و کمپرسورهای اسکرو، که بنده در این پروژه بصورت خاص به کمپرسورهای اسکرو می‌پردازم. ان شا ا... مورد توجه قرار بگیرد.

---

## فصل اول

---

### اصول اولیه کمپرسورهای اسکرو

## ۱-۱ تعریف کمپرسور اسکرو

کمپرسور اسکرو وسیله ای است با قابلیت جابجایی مثبت، که این امر را با استفاده از دو روتور پیچی نر و ماده، که با تلورانس کمی بر روی یکدیگر حرکت می کنند انجام می دهد و دارای یک ورودی و یک خروجی است.



شکل شماره ۱-۱ - روتورهای نر و ماده

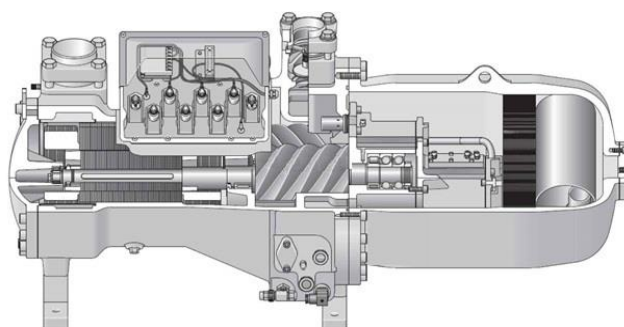
با توجه به شباهت رتور این نوع کمپرسورها به پیچ اصطلاحاً به این نوع کمپرسورها، کمپرسورهای نوع پیچی یا Screw Compressor نیز گفته می شود و نحوه کار آن ها بر اساس حبس شدن گاز بین لوب های مارپیچی که به صورت نر و ماده در داخل هم می چرخند و بدنه (سیلندر) است. حرکت دورانی Screw ها باعث جلو راندن گاز (مثل چرخ گوشت) از مسیر ورودی تا خروجی می شود که هر چه گاز به طرف خروجی کمپرسور نزدیک تر می شود انرژی بیشتری دریافت می کند و با کاهش حجم آن فشارش افزایش پیدا می کند.

حرکت چرخشی Screw ها توسط الکتروموتور و از طریق چرخ دنده هایی که در قسمت انتهایی محور قرار دارد Timing Gear به رتور دیگر منتقل می شود و باعث می گردد رتورها در خلاف جهت همدیگر بچرخند. برای جلوگیری از نشستی های داخلی باید همواره فاصله کمی بین Lobe ها و محفظه هایی که Lobe ها در آن حرکت می کنند Cylinder وجود داشته باشد که با توجه به زیاد بودن طول رتور امکان کم کردن این فواصل با دشواری مواجه است که در بعضی از انواع این کمپرسورها برای جلوگیری از تماس مستقیم قطعات ثابت و متحرک با ایجاد یک فیلم نازک روغن روانکاری که همراه گاز وارد کمپرسور می شود از تماس و اصطکاک قطعات ثابت و متحرک ممانعت می شود.

## ۱-۲ انواع کمپرسورهای اسکرو

کمپرسورهای اسکرو می توانند از دو پیچ مارپیچ حلزونی و یا یک پیچ تشکیل شوند. می توانند با الکتروموتور کار کنند (باز) یا نیمه بسته و یا بسته باشند. این کمپرسورها در دو مدل OIL flood یا غوطه ور در روغن و OIL free یا بدون روغن (خشک) تقسیم بندی می شوند.

کمپرسورهای اسکرو در رنج وسیعی از کاربردها به کار گرفته می شوند اما یکی از مهمترین کاربردهای آنها در صنعت تهویه مطبوع و هوای فشرده است.



شکل شماره ۱-۲ - برش کمپرسور اسکرو

## ۱-۲-۱ کمپرسورهای بدون روغن Oil Free Compressor



شکل شماره ۱-۳ - برش کمپرسور بدون روغن

در کمپرسورهای خشک یا بدون روغن بر اساس فشارکاری شان به صورت تک مرحله ای و دو مرحله ای هستند که در مدل دو مرحله ای هوا ابتدا در بلوک کم فشار حدود کمتر و در بلوک پر فشار تا میزان درخواستی فشرده می گردد.

در کمپرسورهای مارپیچی خشک از یک چرخ دنده بیرونی استفاده می شود تا روتورهای چرخشی را که در جهت عکس یکدیگر حرکت می نمایند ، هماهنگ کند. از آنجایی که روتورها نه با یکدیگر و نه با محفظه تراکم کمپرسور تماس پیدا می کنند بنابر این در محفظه تراکم نیازی به روغن کاری نیست در نتیجه هوای فشرده شده کاملاً عاری از روغن است. روتورها و محفظه با دقت بسیار زیادی ساخته می شوند تا نشت روغن از محفظه تراکم به محفظه ورود هوا به حداقل برسد.

کمپرسورهای بدون روغن بدلیل حذف روغن از چرخه تراکم برای صنایع دارویی و غذایی و الکترونیک و حساس به روغن کاربرد دارند.

## ۱-۲-۲ کمپرسورهای روغنی Oil Compressor

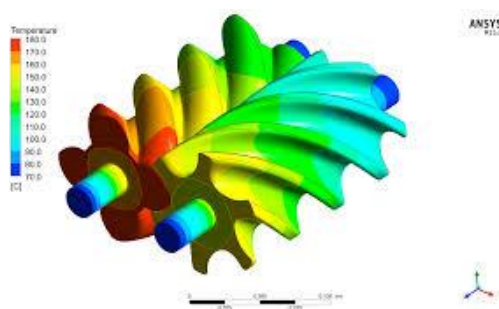


شکل شماره ۱-۴- برش کمپرسور روغنی

در کمپرسورهای نوع روغنی به دلیل کمتر بودن فاصله بین قطعات ثابت و متحرک (رتورها و سیلندر) به گازی (هوائی) که وارد کمپرسور می‌شود روغن تزریق می‌کنند تا یک فیلم روغن بین قطعات ثابت و متحرک به وجود آید و از تماس قطعات جلوگیری کند که روغن تزریق شده مجدداً در قسمت خروجی کمپرسور از گاز یا هوای خروجی توسط سیستم‌های جداکننده روغن و گاز Separator جدا می‌شود و مجدداً وارد سیکل اصلی خود، جهت روغن کاری قطعات می‌شود که گاهی "نیاز به اضافه کردن روغن به داخل مخزن می‌شود."

## ۱-۳ روش کارکرد کمپرسور اسکرو

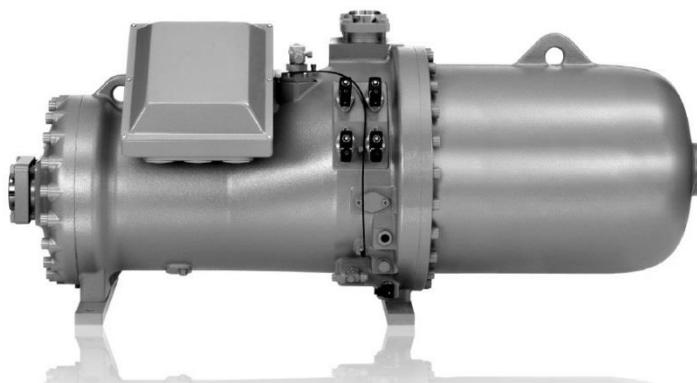
فشرده کردن، نتیجه حرکت پیچ‌های نری و مادگی بر روی هم و به دلیل تلورانس کم، فشرده کردن گاز در طول حرکت پیچ است. وقتی پیچ می‌چرخد گاز در بین پیچ‌ها تله می‌شود و گاز مجبور است در امتداد حرکت پیچ حرکت کند. برای درک بهتر روش کار کمپرسور اسکرو شکل‌های زیر را می‌توان بررسی کرد که پروسه کمپرس کردن کمپرسور سیلندر پیستونی را با کمپرسور اسکرو مقایسه کرده است.



شکل شماره ۱-۵ - پیچ‌های نری و مادگی (Screw)

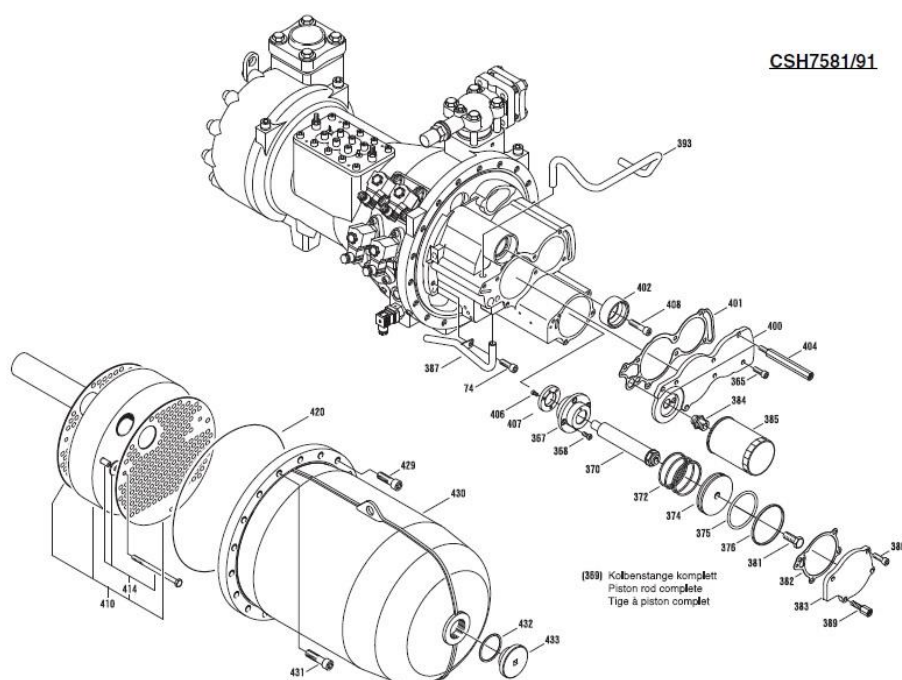
## ۴-۱ قطعات بیرون کمپرسور اسکرو

اتصالات زیادی در قسمت خارجی پوسته کمپرسور وجود دارد. اتصالات استاندارد از قبیل ولو تزریق روغن، سایت گلاس روغن ، اکونومایزر ، شیرهای برقی و هیتر (گرم کن روغن) ، تخته کلم و سنسورهای مختلف (دما و سطح روغن) که برای به حرکت در آوردن کمپرسور و اسلاید ولو به آنها نیاز می باشد، بر روی کمپرسور نصب شده است.



شکل شماره ۴-۱- کمپرسور اسکرو بیترز

## ۵-۱ قطعات داخل کمپرسور اسکرو



شکل شماره ۵-۱ - نقشه انفجاری کمپرسور اسکرو بیترز

برخلاف کمپرسورهای سیلندر پیستونی (رفت و برگشتی)، اجزای داخلی کمپرسورهای اسکرو بسیار محدود است. به شرح اجزای اصلی کمپرسور می پردازیم:

### ۱-۵-۱ بلبرینگ های کمپرسور اسکرو:

همانطوری که گاز در طول روتور فشرده می شود، روتور نیروهای شعاعی و محوری را به اطراف خود وارد می کند. برای نگه داشتن روتور در موقعیت خود از دو نوع بلبرینگ استفاده می شود که شامل بلبرینگ با ساچمه های گرد و رولبرینگ می باشد.

### ۱-۵-۲ پیستون بالانس کننده کمپرسور اسکرو:

همانطوری که قبلاً ذکر شد، بلبرینگ بر روی روتور نصب می شود تا از حرکت شعاعی و محوری روتور جلوگیری کند. هر چه بار یا حجم گاز بیشتر شود، نیروی وارده به بلبرینگ ها نیز بیشتر می شود. برای کمک به خنثی سازی نیروهای محوری وارد شده بر بلبرینگ، از یک پیستون بالانس کننده که بر روی روتور نصب می شود استفاده می کنند. وظیفه پیستون افزایش طول عمر بلبرینگ هاست.

به صورت معمول پیستون از دو قسمت تشکیل شده است که یک پیستون متحرک و یک دنباله پیستون ثابت است. پیستون معمولاً در قسمت بیرونی پر پیچ و خم یا با رینگ به کار برده می شود تا گاز بندی را حفظ کند. روغن با فشار بالا به قسمت پیستون وارد می شود و باعث یک نیروی معکوس به روتور می شود. نصب پیستون بر روی مارپیچ نری یا مادگی یا هر دوی آنها وابسته به سازنده کمپرسور اسکرو می باشد.

### ۱-۵-۳ هوابندی شفت:

در مواردی که طراحی به صورت اپن یا باز است بایستی گازبندی مناسب برای جلوگیری از نشت روغن از اطراف شفت صورت گیرد. برای این کار از سیل های باجنس کربن و فلزات سخت استفاده می کنند. معمولاً نوع مبرد و نوع کاربرد آن در سیستم تراکمی مشخص کننده نوع سیل مورد استفاده است.

درصد بسیاری از موارد استفاده از سیل کربن به همراه فلزات سخت رواج دارد. کربن می تواند ثابت بوده و همراه روتور نچرخد و به روتور در حال چرخش متصل باشد. از آنجایی که شفت در روغن غوطه ور است مقدار ناچیزی نشت روغن را می توان نادیده گرفت همچنین می توان از سیل های دوشسته ای استفاده کرد که احتمال کوچکترین نشتی به اتمسفر را از بین می برد.