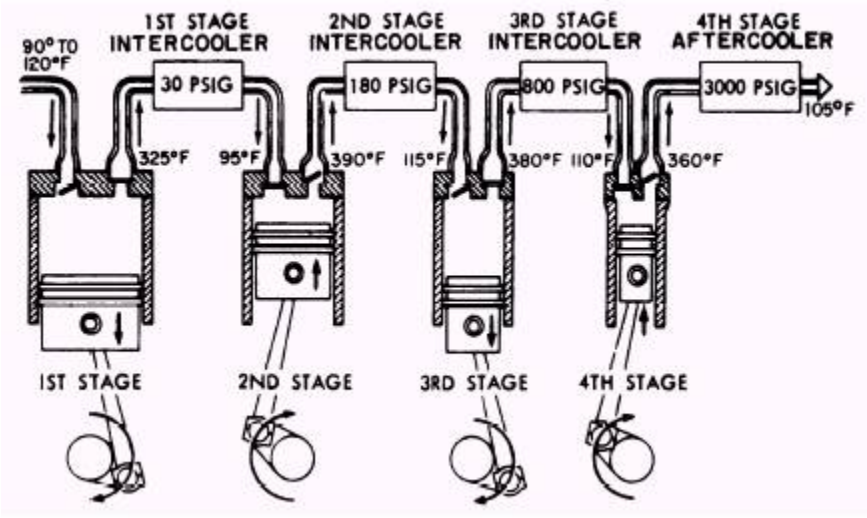
در این مقاله به یکی از بخش های مهم در چرخه چیلر تراکمی به نام "کمپرسور" که می توان آن را مهم ترین بخش برشمرد، خواهیم پرداخت. به طور کلی کمپرسور در هر یک از انواع آن که باشد، وظیفه ی فشرده سازی بخار داغ مبرد خروجی از اواپراتور را به منظور آماده سازی برای ورود به کندانسور، جهت تبدیل شدن به مایع را بر عهده دارد. تفاوت کمپرسورها در روش فشرده سازی است که آنها را از یکدیگر متمایز می سازد. انواع کمپرسورهای مورد استفاده در صنعت تهویه مطبوع بر چهار نوع می باشد:

1- کمپرسورهای رفت و برگشتی[1] یا پیستونی

کمپرسور رفت و برگشتی از عمل رفت و برگشت پیستون درون سیلندر برای فشرده سازی گاز تبریدی استفاده می کند. زمانی که پیستون به سمت پایین حرکت می کند، یک خلا نسبی درون سیلندر ایجاد می شود. به این خاطر که در بالای سوپاپ ورودی بیشتر نسبت به پایین آن، فشار بیشتر است سوپاپ ورودی باز شده و گاز تبریدی در سیلندر مکیده می شود. بعد از اینکه پیستون به پایین می رسد موقعیت آن شروع به حرکت به سمت بالا می کند. سوپاپ ورودی بسته شده و گاز تبریدی درون سیلندر به تله می افتد. موقعی که پیستون به سمت بالا در کمپرسور حرکت می کند و فشرده سازی گاز تبریدی ادامه می یابد فشار آن افزایش می یابد. در نقطه معین از فشار سوپاپ پ باز می شود و بخار داغ تبریدی فشرده شده به خارج از سیلندر جریان می یابد. یک بار پیستون به بالاترین موقعیت می رسد دوباره شروع کرده و به سمت پایین حرکت می کند و چرخه دوباره در کمپرسور تکرار می شود.



[1] Reciprocating

2- کمپرسورهای مارپیچ[۲]

اصول عملکردی کمپرسورهای اسکرو براساس حرکت دادن گاز بوسیله رتورهای نصب شده درداخل یک سیلندراست . طرزکار کمپرسور بدین صورت می باشد که رتورهای این نوع کمپرسورها شبیه پیچ های چندراهه ای هستندکه بصورت نروماده در داخل یکدیگر می چرخند و با چرخش خود گاز را به سمت جلو حرکت می دهند که در اثر این حرکت باعث ایجاد خلا و ورود مستمرگاز به داخل کمپرسور می شود و با کم کردن فاصله بین مولکول های گاز باعث افزایش فشار آن می شوند.

معمولا دراین نوع کمپرسورها، سیستم انتقال قدرت روی یکی ازپیچ ها(رتورها) انجام می شود و رتور دیگر توسط رتور راننده به چرخش در می آید. به زبان ساده می توان گفت که اصول کار این نوع کمپرسورها مثل چرخ گوشت های معمولی می باشد.

به دلیل فاصله کم بین رتور و بدنه در این نوع کمپرسورها امکان گیرکردن وتماس بین قطعات ثابت ومتحرک وجوددارد به همین دلیل تعمیر این نوع کمپرسورها بسیارمشکل وگاها غیرممکن است.

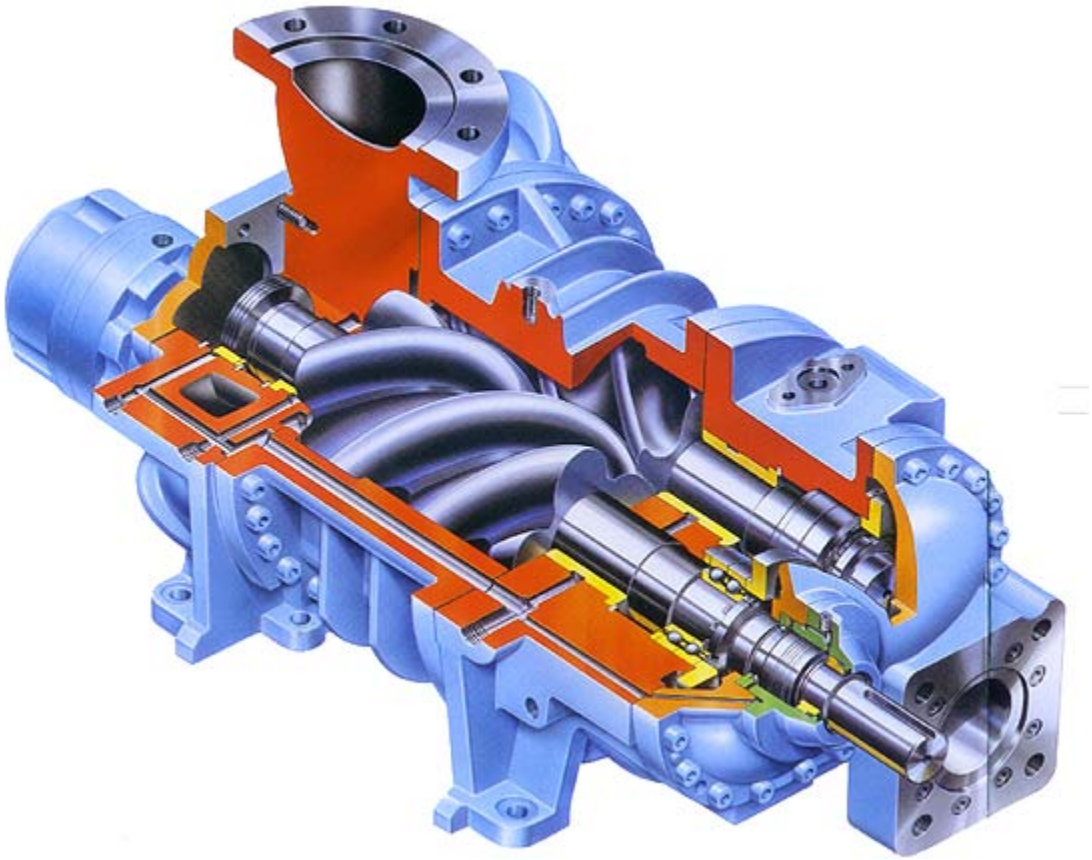
این کمپرسورها در دو نوع طراحی می شوند:

الف کمپرسوربدون روغنOil Free Compressor

ب-کمپرسورهای روغنیOil Compressor

درکمپرسورهای نوع روغنی برای کاهش اصطکاک بین قطعات ثابت و متحرک با تزریق روغن به هوای واردشده به کمپرسور(چرب نمودن هوا)باعث می گردد همواره فیلم نازکی ازروغن بین قطعات وجودداشته باشد تا عملیات روانکاری داخلی بین رتور و بدنه انجام شود و با نصب فیلترها در خروجی کمپرسور، روغن همراه هوای خروجی مجددا جدا شده و به مخزن اصلی روغن برمیگردد. این نوع از کمپرسورها نسبت به کمپرسورهای بدون روغن دارای طول عمر وکارائی بالاتری خواهد بود که البته ازلحاظ هزینه های اولیه و نیاز به سیستم های تزریق وجداکردن روغن نیز هزینه های آن نسبت به کمپرسورهای قبلی بالاتراست.

[2] Screw



3- کمپرسورهای گریز از مرکز[3]

این نوع کمپرسورها برای استفاده در سیستم های با ظرفیت بالا از طیف 50 تا 5000 تن تبرید، طراحی شده است. این کمپرسورها بر اساس نیروهای گریز از مرکز کار می کند. بخار داغ به درون یک محفظه نزدیک به مرکز کمپرسور که در آنجا یک دیسک با تیغه های شعاعی متصل به شفت مرکزی به سرعت در حال چرخش می باشد، مکیده می شود. این کار موجب حرکت به سمت بیرون می گردد. فشار بخار با گذر از روی این مجموعه دیسک های گردان زیاد می گردد. این کار موجب یک اختلاف فشاری میگردد که سبب ساز حرکت بخار به سمت بیرون خواهد بود. کمپرسورهای گریزا از مرکز شبیه به یک توربین بخار کار میکند.

کمپرسورهای گریز از مرکز مزایای بسیار ساده ای دارد. این نوع از کمپرسور، شیر، پیستون و سیلندر ندارد. تنها قطعات پوششی آن، نوعی یاتاقان می باشد. بازدهی این کمپرسورها، با سرعت زیاد میگردد. به همین دلیل، این کمپرسورها برای کارکرد در سرعت های بالا، طراحی می گردد.

[3] Centrifugal

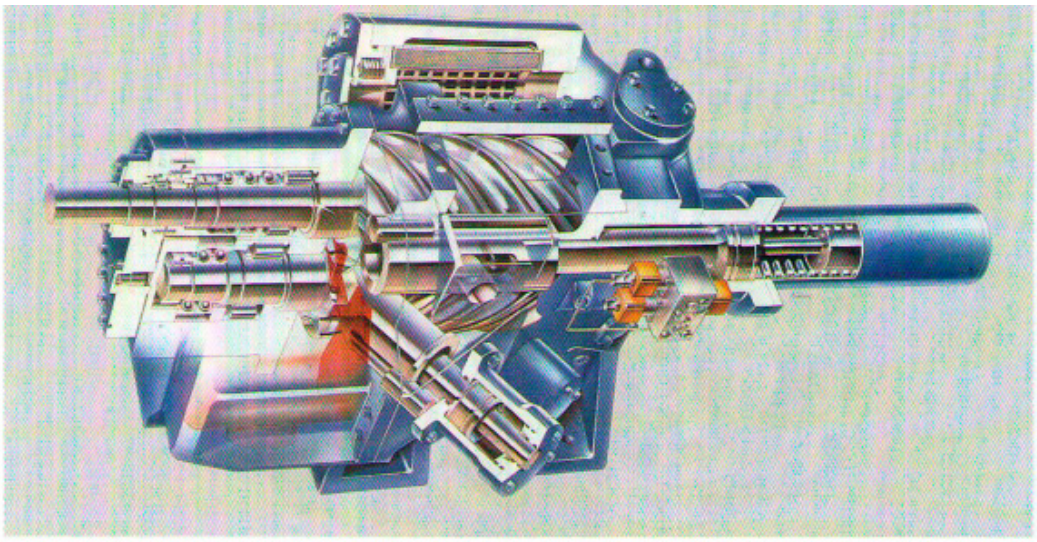


Figure 4-69. *Screw compressor with matched set of helical rotors. Designed to operate with ammonia, R-134a, or some other types of refrigerants. (ABB Stal Refrigeration Corporation)*

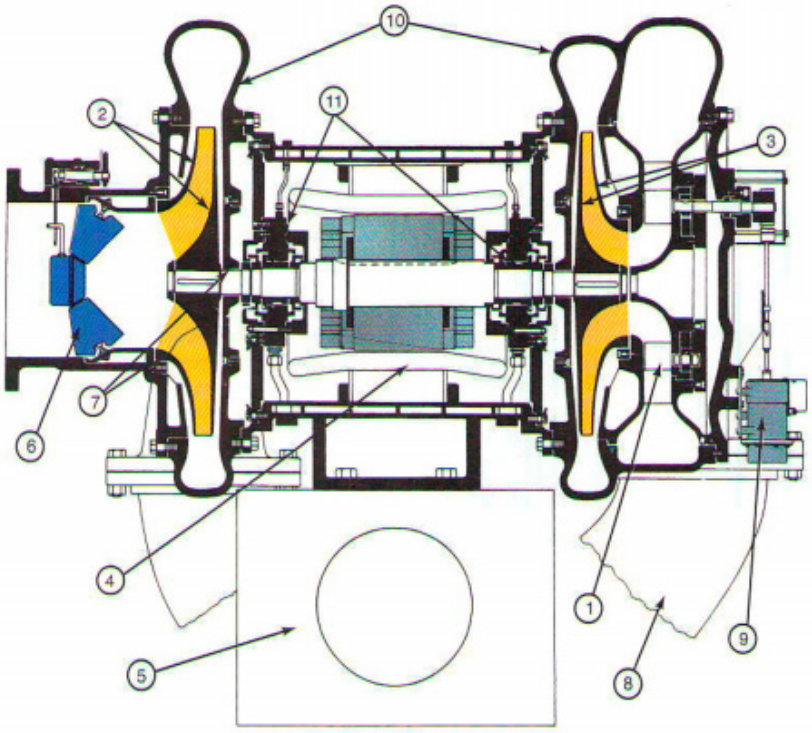


Figure 4-70. *Two-stage centrifugal compressor. 1—Second-stage variable inlet guide vane. 2—First-stage impeller. 3—Second-stage impeller. 4—Water-cooled motor. 5—Base, oil tank, and lubricating oil pump assembly. 6—First-stage guide vanes and capacity control. 7—Labyrinth seal. 8—Cross-over connection. 9—Guide vane actuator. 10—Volute casing. 11—Pressure-lubricated sleeve bearing. Note that discharge opening is not shown.*

یکی از نکات مهم در تشریح عملکرد کمپرسورهای گریز از مرکز و تاثیر عوامل مختلف بر بازده آن مربوط به سرعت دوران(سرعت زاویه ای) و سرعت خطی یا نوک است. سرعت دوران با دور در دقیقه (RPM) سنجیده

می شود. اما سرعت نوک که مربوط به سرعت لبه خارجی پروانه و جا به جایی سیال در آن است با واحد طول بر واحد زمان مانند فوت بر ثانیه یا متر بر ثانیه بیان می شود. برای مثال اتومبیل های مختلف با قطر چرخ های مختلف می توانند سرعت یکسانی داشته باشند. اما به طور قطع برای یکسان بودن سرعت خطی و یا سرعت دو اتومبیل با قطر چرخ های مختلف، تعداد دوران چرخ های هریک متفاوت خواهد بود. در کمپرسورها نیز برای رسیدن به سرعت مشخصی، قطر کوچکتر نیازمند دور در دقیقه بیشتری نسبت به قطر پروانه بزرگتر است.

ظرفیت این گونه کمپرسورها نسبت مستقیمی هم با قطر پروانه دارد و نوع مبرد نیز در انتخاب قطر پروانه موثر است. به عنوان مثال مبرد R123 که در فشار منفی عمل می کند، نسبت به R134a که در فشار مثبت عمل می کند با ظرفیت برابر نیازمند قطر بیشتری برای پروانه است. منظور از مبردهای فشار منفی، مبردهایی هستند که به دلیل نقطه جوش بالا، تبخیر آن ها در دمای اواپراتور مستلزم ایجاد خلا نسبی توسط کمپرسور است.

در ظرفیت برابر دبی گاز (فوت مکعب در دقیقه به ازای هر تن یا مترمکعب در ساعت به ازای هر کیلووات)، R123 تقریباً 6 برابر بیشتر از R134a است. مطابق استاندارد ARI به ازای هر تن تبرید، دبی R123 باید 8.54 l/sec باشد. در حالی که این مقدار برای R134a تنها 1.51 l/sec است و این به معنای این است که با افت فشار برابر، قطر چشمی پروانه (مرکز پروانه) و خط دهش کمپرسوری که با R123 کار می کند باید شش برابر بزرگتر از پروانه کمپرسوری باشد که با R134a کار می کند.

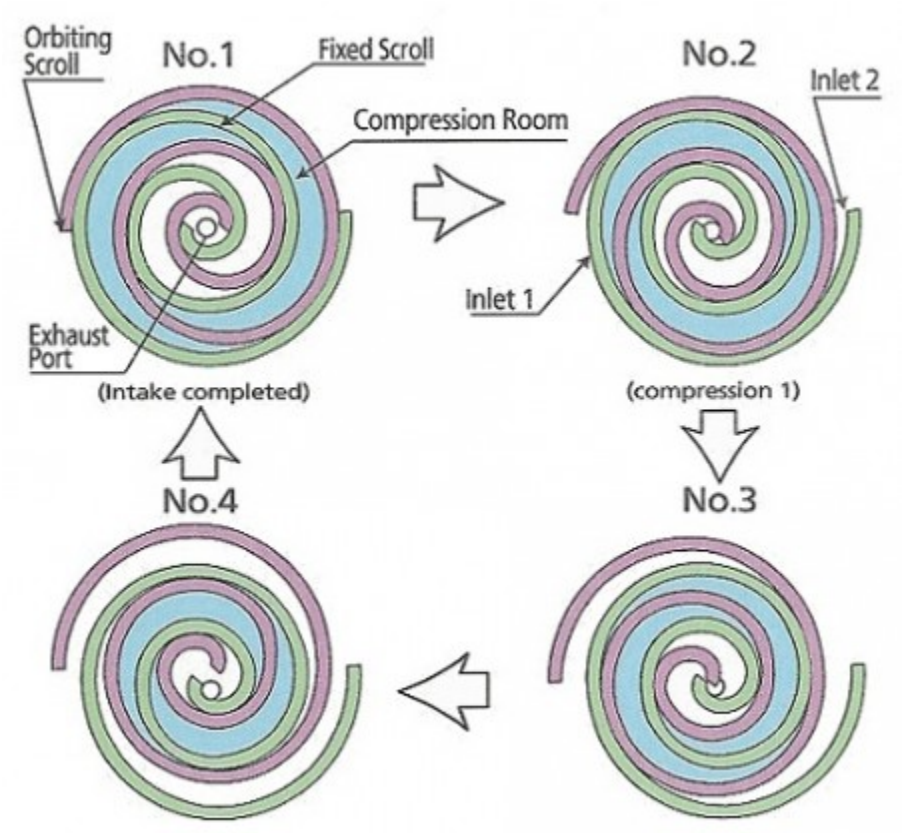
در این نوع کمپرسور برای افزایش فشار از چند کمپرسور سری استفاده می شود تا فشار در مراحل متعدد زیاد شود. این نوع کمپرسور هم مانند کمپرسورهای پیچی (اسکرو) سوپاپی نداشته و قطعات متحرک آن بسیار کمتر از کمپرسورهای سیلندر پیستونی است و در جایی که نیاز به تامین بار سرمایشی و دبی بسیار زیاد و فشار کم مد نظر باشد، چیلرهای گریز از مرکز گزینه مناسبی هستند. تنها قطعه یا قطعات متحرک در کمپرسورهای گریز از مرکز، پروانه یا پروانه های متصل به شفت اصلی هستند. بنابراین اتلاف توان در کمپرسور تنها ناشی از اغتشاش و اصطکاک سیال مبرد است.

در چیلرهای مجهز به کمپرسور گریز از مرکز تغییر دمای تقطیر تاثیر بسیار سریع و بسیار زیادی بر ظرفیت خنک کنندگی دارد. البته در کمپرسورهای رفت و آمدی نیز تغییر ظرفیت خنک کنندگی متناسب با افزایش و کاهش دمای تقطیر زیاد یا کم می شود، اما این تغییرات در کمپرسورهای گریز از مرکز بسیار بیشتر و وسیع تر است.

4- کمپرسور حلزونی[۴]

[4] Scroll

یک کمپرسور اسکرال از دو اسکرال درگیر در هم برای پمپاژ یا تراکم سیالاتی همانند مایعات و گازها استفاده می‌کند. هندسه پره ممکن است به صورت مارپیچ ارشمیدس (involute/Archimedean spiral) و یا منحنی ترکیبی باشد.

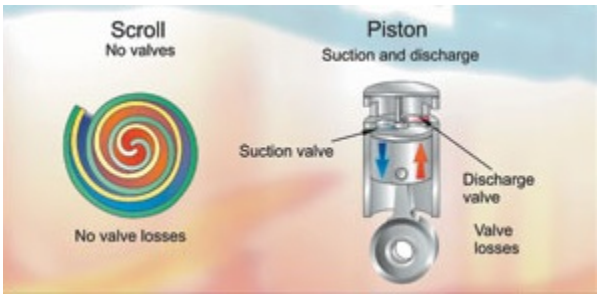


اغلب یکی از اسکرال‌ها ثابت است، در حالی که دیگری به صورت خارج از مرکز و بدون این که بچرخد، یک حرکت مداری انجام می‌دهد که این باعث به دام افتادن و پمپاژ و یا تراکم بسته‌های سیال در بین اسکرال‌ها می‌شود. روش دیگر برای تولید حرکت تراکمی، چرخاندن اسکرال‌ها به صورت همزمان اما با مرکز چرخش دارای فاصله است. در این حالت حرکت نسبی دو اسکرال به همان صورتی است که یکی از آن‌ها ثابت باشد و دیگری حرکت مداری انجام دهد.

کمپرسورهای اسکرال تمایل به کوچک بودن و کارکرد نرم دارند، به طوری که نیاز به تعلیق فنری ندارند. این به آن‌ها اجازه می‌دهد تا محفظه‌های بسیار کوچکی داشته باشند که نه تنها باعث کاهش هزینه‌های کلی می‌شود، بلکه باعث کوچک‌تر شدن حجم خالی می‌گردد. مکانیزم اسکرال تحمل بیش‌تری نسبت به ورود مایع دارد اما در همان زمان بیش‌تر مستعد تجربه آن است. کمپرسورهای

اسکرال همچنین طراحی پایپینگ ساده‌ای دارند، زیرا نیاز به هیچ اتصال خارجی برای خنک‌کاری ندارند.

کمپرسورهای اسکرال هرگز ولو مکش ندارند، اما بسته به کاربرد ممکن است یک شیر تخلیه داشته باشند. استفاده از یک شیر تخلیه دینامیک در کاربردهای با نسبت فشار بالا همانند تبرید (refrigeration) متداول‌تر است. به طور معمول یک اسکرال تهویه مطبوع دارای ولو تخلیه دینامیکی نیست. زمانی که نسبت فشار عملیاتی متغیر باشد، استفاده از یک شیر تخلیه دینامیک باعث بهبود راندمان کمپرسور اسکرال در بازه گسترده‌ای از شرایط عملیاتی می‌شود. با این حال اگر کمپرسور برای کار در نزدیکی تنها یک نقطه طراحی شده باشد، اگر هیچ ولو تخلیه دینامیکی وجود نداشته باشد، کمپرسور اسکرال می‌تواند در اطراف این نقطه به بیشینه راندمان خود برسد؛ زیرا مقداری تلفات اضافی مربوط به ولو تخلیه و نیز پورت تخلیه وجود دارد.



زمانی که کمپرسور برای کار در نزدیکی نقطه نامی انتخاب شود، راندمان آیزنتروپیک کمپرسورهای اسکرال اندکی بالاتر از کمپرسورهای رفت و برگشتی (reciprocating compressor) است. کمپرسورهای اسکرال در این مورد کارآمدتر هستند؛ زیرا که دارای ولو تخلیه دینامیک نیستند که باعث ایجاد تلفات اضافی شود. با این حال در نسبت فشار بالاتر راندمان کمپرسور اسکرال بدون شیر تخلیه در مقایسه با کمپرسورهای رفت و برگشتی کاهش می‌یابد. این نتیجه تلفات تراکم کم است که در کارکرد در نسبت فشار بالای کمپرسورهای جابجایی مثبت بدون شیر تخلیه دینامیک رخ می‌دهد. در پمپاژ سیال به دام افتاده، فرآیند تراکم اسکرال نزدیک به صد درصد راندمان حجمی دارد. فرآیند مکش یک حجم ایجاد می‌کند و آن را از فرآیندهای تراکم و تخلیه جدا می‌کند. در مقایسه با آن، کمپرسورهای رفت و برگشتی یک حجم کمی از گاز فشرده را در داخل سیلندر باقی می‌گذارند؛ زیرا برای پیستون عملی نیست که سرسیلندر یا سوپاپ را لمس کند. سپس گاز باقی مانده از سیکل قبلی، فضای در نظر گرفته شده برای مکش گاز را اشغال می‌کند. کاهش ظرفیت (راندمان حجمی)

بستگی به فشارهای مکش و تخلیه دارد که در نسبت‌های بالاتر، کاهش بیش‌تری اتفاق می‌افتد. کمپرسورهای اسکرال نسبت به کمپرسورهای رفت و برگشتی (reciprocating compressors) دارای قطعات متحرک کم‌تری هستند که به از نظر تئوری باید قابلیت اطمینان را بهبود بخشد. طبق ادعای برخی از سازندگان، کمپرسورهای اسکرال دارای 70 درصد قطعات متحرک کم‌تر نسبت به کمپرسورهای پیستونی معمولی هستند.