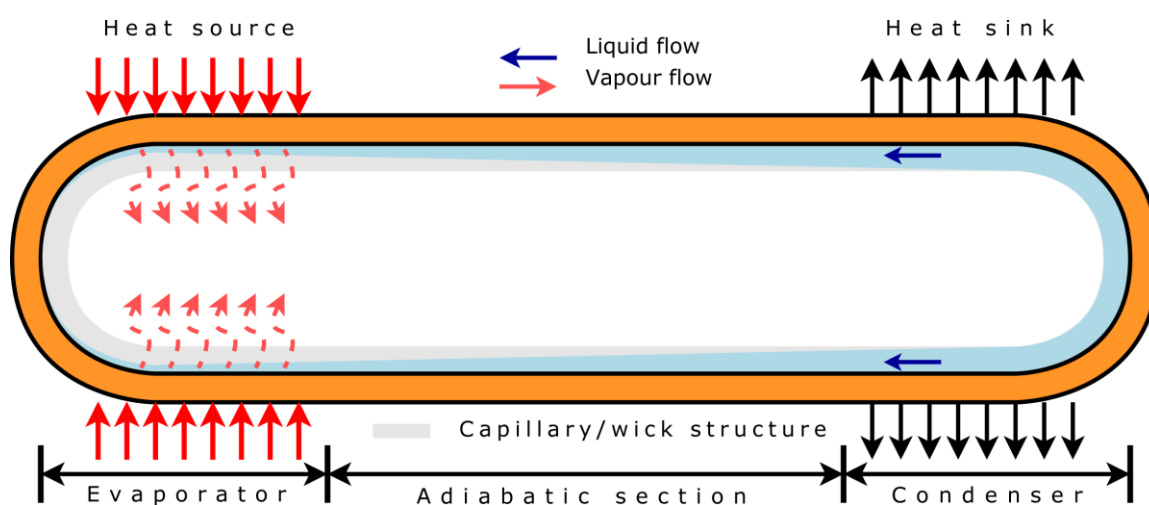


لوله های حرارتی
مصطفی قلعه خانی – کارشناس مکانیک در حرارت و سیالات
اردیبهشت 1392

لوله حرارتی وسیله با قابلیت انتقال حرارت بسیار زیاد است که از ترکیب انتقال حرارت رسانش و همرفت همراه با تغییر فاز استفاده می کند شکل زیر یک لوله گرمایی را نشان می دهد



نحوه عمل به این صورت است که در انتهای گرم لوله مایعی که با سطح داخلی گرم لوله در تماس است به حالت بخار در می آید بخار در طول لوله حرکت می کند تا به انتهای سرد لوله می رسد و در آنجا با تبادل حرارت با سطح داخلی سرد لوله به شکل مایع در می آید . مایع حاصل از طریق اثر موینگی یا بوسیله گرانش مجدداً به سمت گرم باز می گردد .

یک لوله گرمایی حاوی آب 10 برابر بهتر از یک لوله مسی هم مقطع با خودش بهتر عمل می کند لذا لوله های گرمایی به منزله ابررسانا های گرمایی به شمار می روند.

حالا پس از کسب اطلاعات لازم به به کمک هم بخش های مختلف لوله گرمایی را بررسی می کنیم

1: مایع تبادل کننده حرارت : مایعات مختلفی می توانند در داخل لوله گرمایی به کار روند که بسته به محدوده دمای مورد نظر استفاده می شوند . آب ، اتانول ، استون ، سدیم یا جیوه موادی هستند که در لوله های گرمایی به کار رفته اند جدول زیر نمونه ای از بازه دمایی مناسب را نشان می دهد معمولاً فشار داخل لوله های گرمایی از فشار اتمسفر کمتر است تا امکان تبخیر سیال در دماهای کاری متداول فراهم شود . هر چند که می توان با تنظیم فشار سیال را وادار به تبخیر در هر دمایی کرد اما نباید از اثر سایر موضوعات مثل وابستگی انتقال حرارت رسانش ، لزجت و پایداری سیال در دماهای مختلف چشم پوشی کرد لذا برای عملکرد هر سیال دمای بهینه ای تعریف می گردد .

Table 3.1 Heat pipe working fluids

Medium	Melting point (°C)	Boiling point at atmos. press. (°C)	Useful range (°C)
Helium	-271	-261	-271 to -269
Nitrogen	-210	-196	-203 to -160
Ammonia	-78	-33	-60 to 100
Pentane	-130	28	-20 to 120
Acetone	-95	57	0 to 120
Methanol	-98	64	10 to 130
Flutec PP2 ¹	-50	76	10 to 160
Ethanol	-112	78	0 to 130
Heptane	-90	98	0 to 150
Water	0	100	30 to 200
Toluene	-95	110	50 to 200
Flutec PP9 ¹	-70	160	0 to 225
Thermex ²	12	257	150 to 350
Mercury	-39	361	250 to 650
Caesium	29	670	450 to 900
Potassium	62	774	500 to 1000
Sodium	98	892	600 to 1200
Lithium	179	1340	1000 to 1800
Silver	960	2212	1800 to 2300

Note: (The useful operating temperature range is indicative only.) Full properties of most of the above are given in Appendix 1.

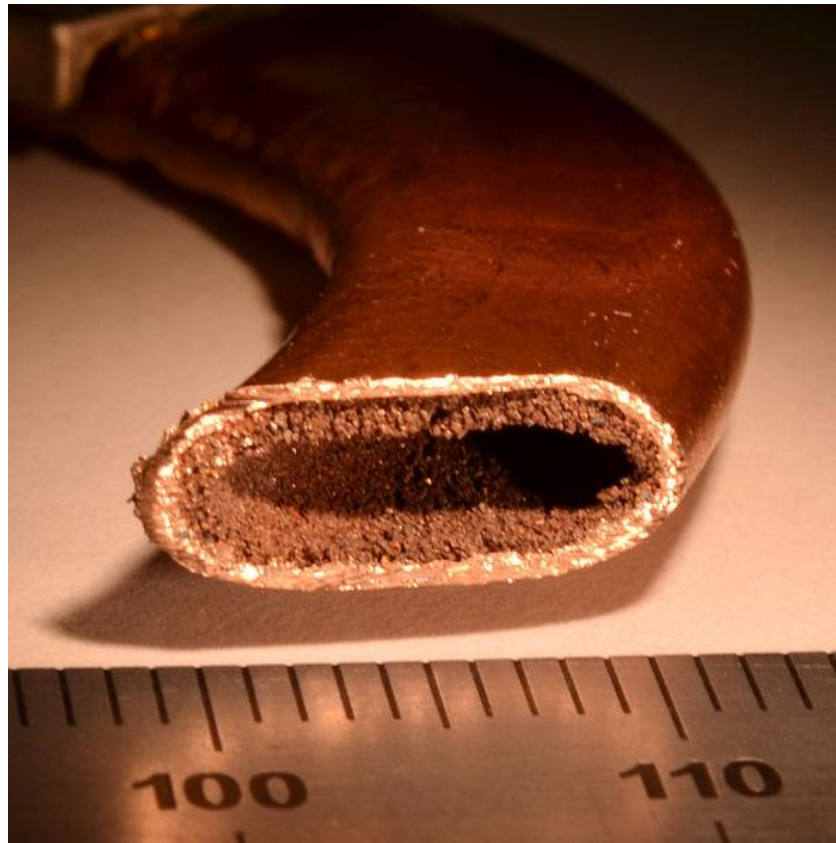
¹ Included for cases where electrical insulation is a requirement.

² Also known as Dowtherm A, an eutectic mixture of diphenyl ether and diphenyl.

2- بدنه : بدنه لوله حرارتی باید از جنس موادی باشد که به خوبی عمل تبادل حرارت را انجام دهد و از اخرو فلزات مس یا آلومینیوم به عنوان بهترین گزینه ها انتخاب می شوند . هر چند که استیل و نیکل هم در جداره لوله های گرمایی کاربرد دارند . جدول زیر تفاوت ضریب هدایت حرارتی برای فلزات مختلف را نشان می دهد

3- فیتیله: در داخل لوله یک ساختار فیتیله مانند و متخلخل برای اعمال فشار موئینگی قرار داده می شود تا مایع بوجود آمده در بخش سرد را به بخش گرم لوله منتقل کند . در واقع وجود فیتیله این امکان را فراهم می کند که لوله گرمایی در فقدان میدان جاذبه نیز کار خود را انجام دهد و این یک مزیت مهم برای این وسیله در کاربردها ی فضایی به شمار می رود فیتیله می تواند از جنس های متفاوتی باشد مثلاً پودر فلزات که تا دمای خاصی گرم شده اند می توانند این کار را انجام دهند . سرامیک ها یا فیبر کربن نیز توانایی انجام این مورد را دارند شاید بتوان گفت که مهمترین بخش یک لوله حرارتی فیتیله ی آن است و راندمان کل مجموعه وابستگی بالایی به عملکرد فیتیله دارد لذا تحقیقات زیادی در این زمینه در حال انجام است و این حوزه از نقاط پژوهشی جدید در مکانیک محسوب می شود .

این مواد می توانند در مرکز یا در حاشیه لوله تعبیه شوند مثل این تصویر که مقطع یک لوله حرارتی برای استفاده در رایانه را نشان می دهد



بعلاوه می توانند در طرح های متفاوت دیگری نیز نصب شوند . شکل زیر بیانگر این طرح ها است

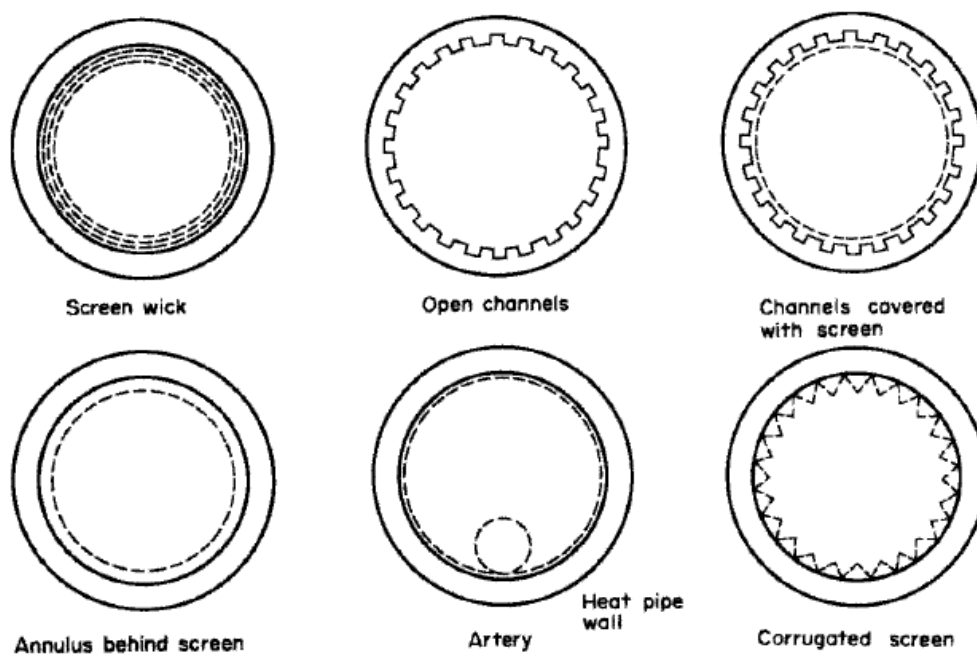
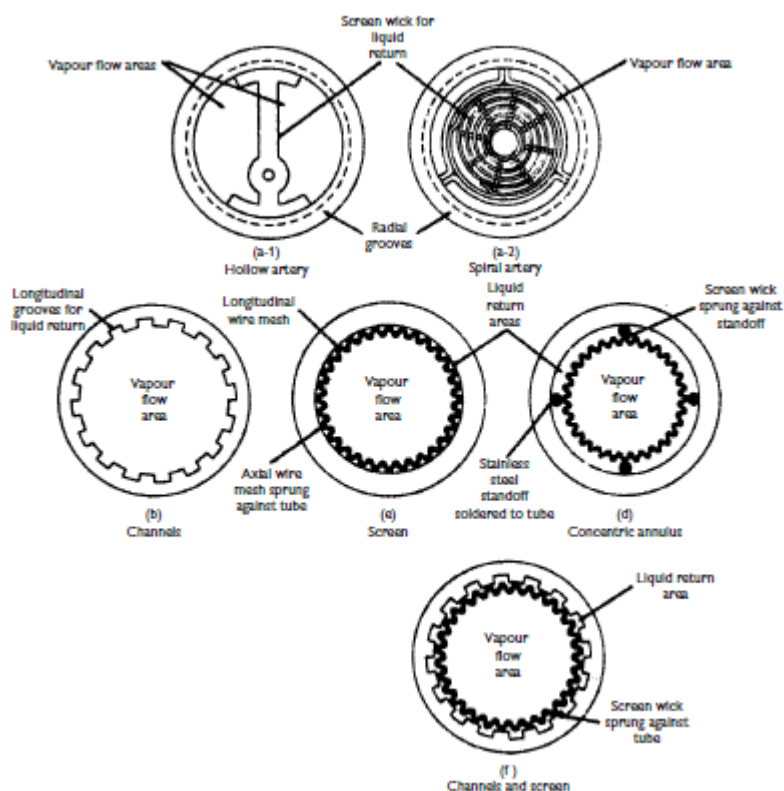


Fig. 2.13 A selection of wick sections.



حتی مجموعه ای از شیارهای موازی ریز نیز می توانند کار انتقال را انجام دهند که البته بیشتر در لوله های گرمایی به کار می روند که از نیروی جاذبه بهره می برند . شکل زیر سطح مقطع یکی از این نوع لوله ها را نمایش می دهد .

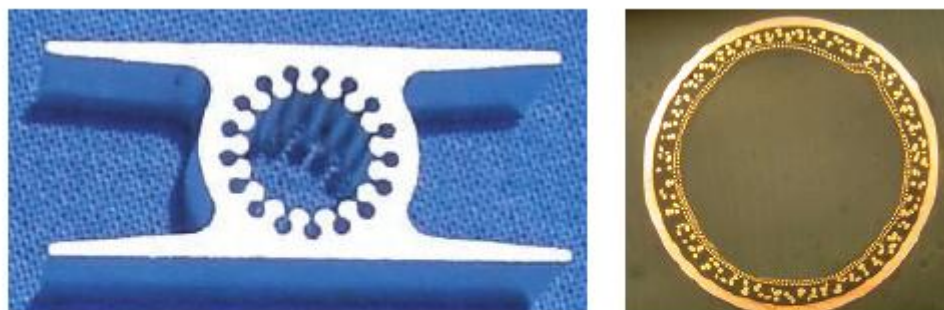
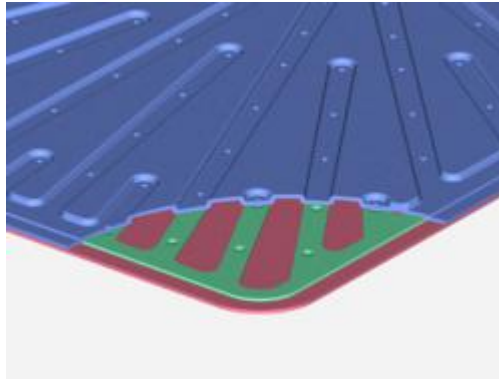


Figure 4.3.26: Capillary structures: axial grooves (left), screen layers (right).

در مورد لوله های گرمایی که از جاذبه زمین استفاده می کنند ، حتی یک جداره جدا کننده جریان رفت و برگشت کافیهست و یا می توان آن را نیز نصب نکرد.

در واقع اینگونه لوله های گرمایی بیشتر به سیفون گرمایی شبیه هستند . لوله های عمودی که از جاذبه برای بازگشت سیال استفاده می کنند می توانند به صورت یک دیود (یکسو ساز) گرمایی عمل کنند یعنی تنها حرارت را از یک سمت انتقال دهند . لوله های حرارتی تنها به شکل یک لوله نیستند و ساختارهای غیر معمولی حتی مثل یک صفحه نیز می توانند داشته باشند



علاوه بر لوله های گرمایی مطابق شکل فوق که با تکنولوژی بالا ساخته می شوند حتی می توان در خانه نیز یک لوله گرمایی ساخت مطابق این شکل

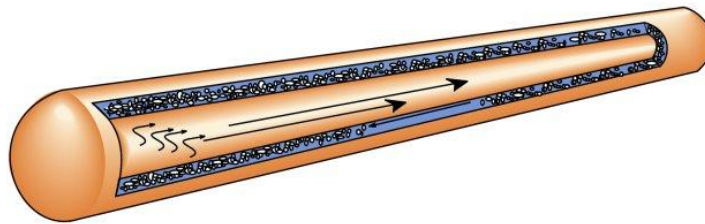


شکل بعدی یک دیتا شیت مربوط به یک لوله گرمایی را نشان می دهد . مسائل موثر بر عملکرد لوله گرمایی را به خوبی می توان از روی این شکل نشان داد .



THERMACORE

HP-1 Heat Pipe



- ◆ HIGH POWER DENSITIES
- ◆ OPERATION IN ANY ORIENTATION
- ◆ WITHSTANDS -65°C ENVIRONMENTS

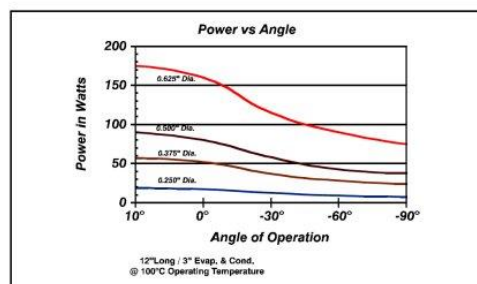
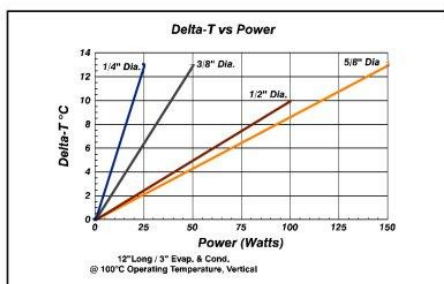
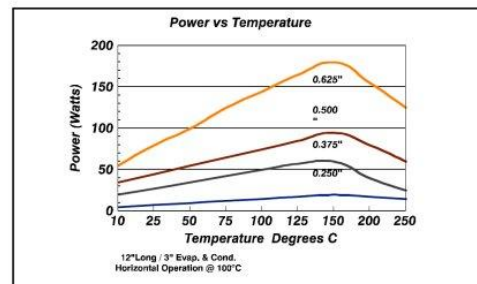
SINTERED COPPER POWDER WICK STRUCTURE

The HP-1's high performance sintered wick structure permits the effective operation of the heat pipe in any orientation. See Fig. #2 for thermal performance. This wick structure assures the HP-1 will tolerate continual freeze/thaw cycling found in many commercial and military applications.



The HP-1 is a high performance heat pipe designed to handle demanding applications. With a power density capacity of 50 W/cm² and the ability to operate against gravity, the HP-1 will provide effective cooling for electronic components.

The HP-1 Heat Pipe is available in diameters of .250" (6.35), .375" (9.52), .500" (12.7) and .625" (15.88). It is available in lengths from 3" (76) through 18" (457). The HP-1 heat pipe is manufactured with a copper envelope, copper sintered wick structure and water as the working fluid. The HP-1's nominal operating temperature is 40° to 180° C.



h-1.p65 5/10/99

همانطور که در این برگ اطلاعات نیز مشخص است حتی در یک لوله حرارتی متقارن با فیتیله در دور تا دور نیروی جاذبه می تواند روی عملکرد آن اثر بگذارد . در حالتی که انتهای سرد لوله در زاویه مثبت و در مکان بالاتری از آن قرار بگیرد راندمان لوله حرارتی مطابق نمودار افزایش می یابد که به این حالت شیب مطلوب می گویند . مقابل شیب نامطلوب نامیده می شود چون رانمان کاهش می یابد .

لوله های گرمایی به این دلیل که فاقد هرگونه جزء متحرک و فرآیند تعمیر و نگهداری هستند بسیار محبوب و پر کاربرد به شمار می روند .مسائلی که کارائی مداوم یک لوله گرمایی را تحدید می کنند خطر نشت و ورود ناخالصی های موجو در مواد فیتیله به جریان انتقال حرارت است .

لوله های گرمایی کاربرد های گسترده ای در صنایع دارند که این کاربرد ها عبارتند از :

کامپیوترها و لپ تاپ ها . شرکت سونی اولین استفاده کننده از لوله های گرمایی برای کم کردن حرارت پردازنده هایش بود در حال حاضر این لوله ها به ابزار های متداولی در کامپیوترها و لپ تاپ ها تبدیل شده اند و معمولاً از لوله های مسی و سیال آب استفاده می کنند .



در سیستم های تهویه و به خصوص سیستم های گرمایش خورشیدی لوله های حرارتی کاربرد گسترده ای دارند .



Fig. 7.20 A heat pipe heat exchanger with spray bars (visible on the RHS). These are used on the exhaust side for indirect evaporative cooling, in addition to sensible heat transfer (Courtesy Deschamps Technologies).

همانطور که گفته شد لوله های حرارتی در ماهواره ها نیز به کار می روند . وقتی یک ماهواره بدور زمین در حال گردش است بخش رو به خورشید آن با بخش پشتی اختلاف دمای زیادی پیدا می کند که در صورت نیاز به انتقال گرما لوله های گرمایی به خوبی می توانند این شرایط را در شرایط بی وزنی فراهم کنند

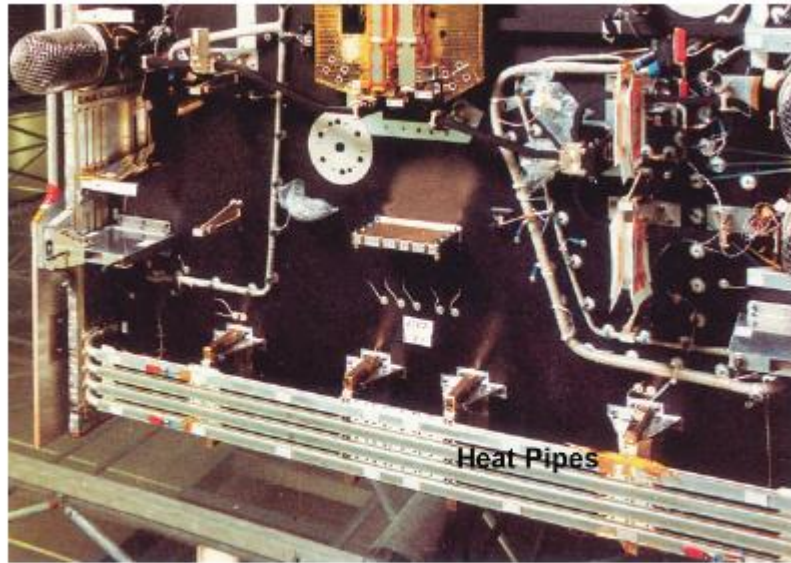


Figure 4.3.28: Heat pipes connect the north and south sides of the German television satellite TV-Sat [4.3.17].

برخی موتور های الکتریکی برای خنک کردن سیم پیچ ها از لوله های حرارتی استفاده می کنند

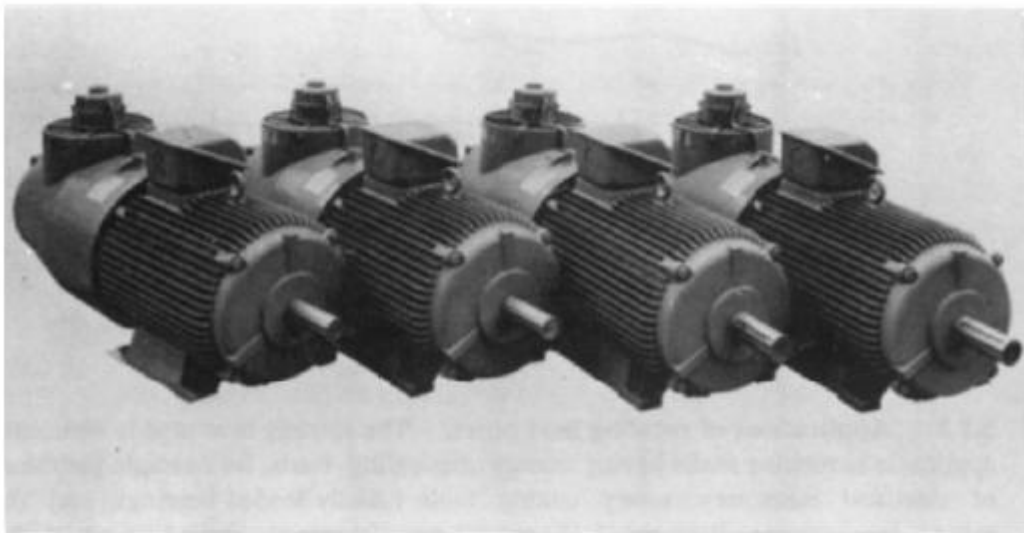


Fig. 6.43 Electric motors employing rotating heat pipes (Courtesy Furukawa Electric Co. Ltd, Tokyo).

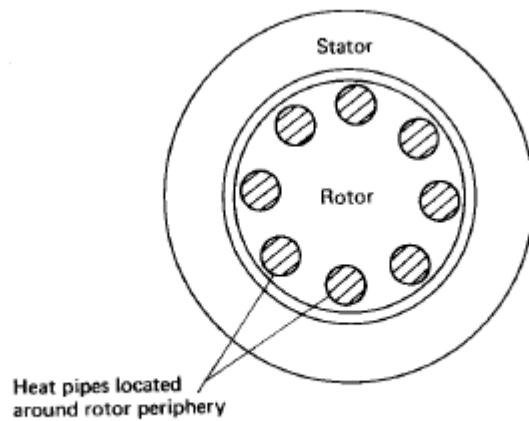


Fig. 6.44 Location of heat pipes outside rotor centreline.

لوله های حرارتی کاربرد های نا معمولی هم دارند مثلاً نوعی لوله حرارتی به طور تجاری به فروش می رسد که آن را برای پخت بهتر کباب در گوشت فرو می کنند در جای دیگر برای حفظ صلبیت زمینهای یخ زده که روی آنها ساختاری به پا شده است در تابستان از لوله های حرارتی یک سوپه استفاده می کنند این مورد در مورد خط لوله گاز آلاسکا و خط آهن تبت کاربرد عملی پیدا کرده است



- [1] Heat Pipes, D.A. Ready, P.A. Kew, Fifth Edition
- [2] Heat transfer, J.P. Holman
- [3] Heat transfer, Cengel
- [4] Wiley hand book of space technology