



中文版本

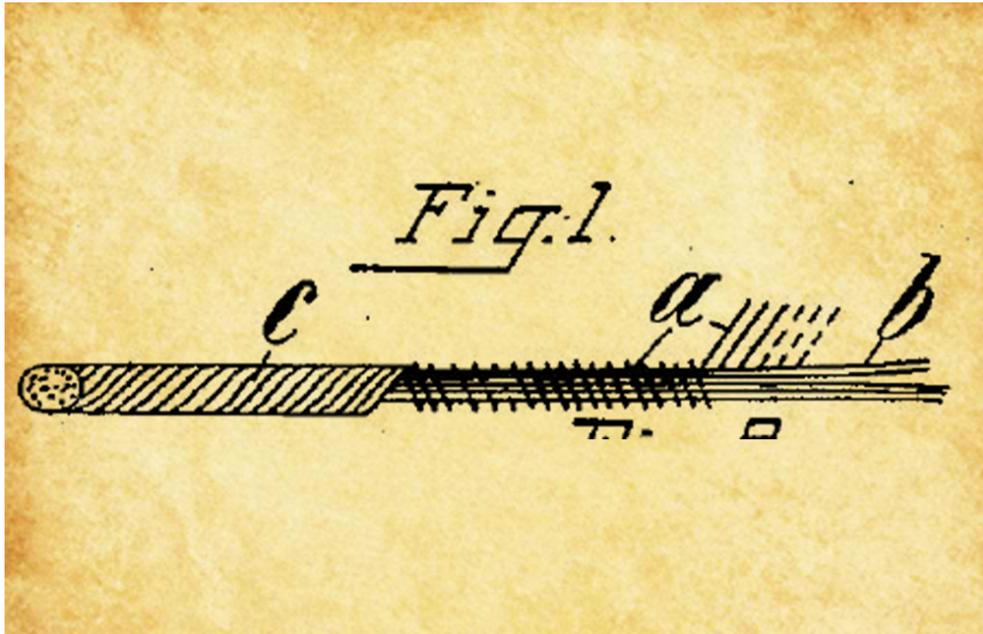


朱茂雅克

与加热相关的技术历史

## 第 11 章

# 硅橡胶片制成的柔性加热器的历史



## 硅橡胶片制成的柔性加热器的历史

这种类型的加热器于 1960/70 年出现，现在普遍地使用是由于几种技术的发展的结合：在纺织布或电导体上弹性体的硫化，玻璃布的制造，硅胶的生产，玻璃布上的硅胶涂层。

弹性体中的硫化发热丝的第一次测试，这种情况的橡胶，日期可以追溯到 19 世纪的第一年，以及在 1912 年 8 月 5 日的官方期刊上公布的关税“用橡胶布制成的电加热垫用作电发丝的绝缘”。

玻璃纤维布的制造，日期可以追溯到 1893 年，当时制作了两件衣服，第一件是女演员用的，第二件是肯定仍然在托莱多的博物馆里，那是为西班牙公主制作。这纯粹是好奇：布是重的，难于裁剪；它刺激皮肤，并且不能有许多折痕；这件衣服仅能在穿的时候穿着厚厚的丝质的贴身衣。那时，玻璃纤维确实是通过加工来获得，其加工与用于实验室获取玻璃丝的方法没有太大的差别：玻璃棒从其末端拉伸，首先是手工拉伸，然后通过一个快速旋转动作在鼓形物上进行缠绕。这些纤维的直径非常不规则，至少为 25 微米。(1938 Le Génie Civil)

玻璃纤维的工业制造是源于德国人的必需品，从第一次世界大战开始就找到，以制造各种绝缘体，石棉的替代品，一项他们以前完全是进口的产品。早在 1915 年，杜塞尔多夫的 Gossler 工厂生产出一种玻璃丝，其细度和柔韧性得到迅速的提高，其不仅能够取代石棉，而且还可以用来制造缠有纤维的薄片，用于过滤气体，并消除最细微的灰尘。首先，生产工艺跟手动和滚筒拉杆的间歇程序没有本质的区别；但是在 1931 年，在多次尝试后，通过使用蒸汽喷射，可以使制造完全机械化的及连续的。

1937 年，两家工厂，一家在德国，另一家在美国，通常可以生产小于 5 微米的玻璃纤维。当时，除了装修布料外，玻璃纤维丝线仅用于制造多孔的、电气的、隔音或隔热绝缘体、过滤器、垫圈，以及塑料粘结剂。

1938 年 7 月，俄亥俄州纽瓦克市 Owens -Illinois Glass 公司的 MJH Plummer 发表了一篇文章（发表于工业和工程化学），内容描述了生产程序，其发展历时超过 3 年，然后在同年的 8 月份，Th. R. Olive 先生的一篇文章中也有发表（发表于化学和冶金工程）。(1938 Le Génie Civil)

这种可以编织的新型绝缘纺织材料，名为“Silonne”，彻底改变了柔性发热元件的制造。由 Owens Corning 在美国发明并首次生产，于 1938 年出现在法国。但是在 1952 年至 1954 年左右，这种纤维在法国获得许可进行工业生产。这种柔性纤维（也称为玻璃丝，因为细丝的直径类似于丝绸的直径），由熔融玻璃在 1300℃ 形成。然后将其挤压并拉伸成平均直径在 5 至 9 微米之间的长丝（线），组合成 100 至 600 根长丝的单线。然后将这些单根线分组并“扭曲”以形成构成柔性发热元件的芯线或电线缠绕的细线。

在 1941 年开始实现由塑料树脂浸渍玻璃纤维来制作飞机时，在第一次的应用当中，我们可以命名其应用。机身安装在第一个位置，并且发现在静态电阻测试中比传统的金属机身强 50%。在冬季，主要在北极，一架这种结构的飞机完成了飞行 500 小时。该材料由 50% 的玻璃纤维和 45% 的树脂组成。玻璃纤维织物浸渍 Plasko 树脂“911” (l'Aviation française 16 Juillet 1947)。

Silonne 是一种优良的电绝缘体，不易燃的，并且耐高温。它也是编成和织成的，一出现就用于生产床单和布。早在 1948 年，法国公司“Tentation”使用玻璃纤维制造电热毯，正如一些美国制造商已经在做的那样。

## 硅橡胶片制成的柔性加热器的历史

它还迅速取代了许多石棉的应用，包括导体芯，发热线的导线围绕该导体芯盘绕着。

1940年开发的带橡胶绝缘的材料，柔性的布很快被用于飞机机翼的除冰。

同时出现了硅橡胶。

第二次世界大战前不久，由道康宁在美国发明并于1944年公开，硅橡胶最初是用于军事应用。Rhône Poulenc于1948年开始在里昂实验生产硅胶(Rhodorsil)，然后于1954年在里昂附近开设了Saint Fons工厂。这种弹性体首次用于浸渍编织的玻璃纤维护套，允许小型电动机在更高的温度运行。这种玻璃丝的耐热性很好。它的有硅胶浸渍使其具有良好的防水密封性并且对许多化学剂具有耐受性。(1954年Meci, Ultimheat目录书)

1949年，道康宁美国工程师Earl L. Warrick开发了一种含有少量氧化铁(低于2%)的硅胶弹性体，以提高其热稳定性。这种低百分比将硅胶染成橙棕色。(美国专利2,541,137)。1952年首次在美国，其次是1953年在法国，道康宁公司申请了压延技术专利，在纺织品支撑上沉积一层部分硫化的橡胶或硅胶。该技术使得可以制作粘合在支撑件或发热线上的片式或带状件，通过随后的加热，以一种简单的方式实现。这为由硅橡胶和其他加热硫化树脂制成的柔性加热元件铺平了道路。(法国专利1,090,190)

1960年，Compagnie Française Thomson-Houston在法国提交了William Joseph Bobear的美国专利(美国专利通用电气公司3,053,687)。该专利利用硅胶弹性体改良了玻璃纤维布的涂层，以获得更好的粘合性和抗延长性。该方法还能通过热压的方式粘合部分的硫条进行生产。

1960年初，随着PVC和有硅胶弹性体的发展，出现了第一种带状和板状的工业用的柔性加热器，其主要绝缘是由在一根发热丝周围聚合或硫化的弹性体树脂所产生的。使用的弹性体是PVC、橡胶、氯丁橡胶、硅胶。

然后有编织的画布，用一张板制成，其链条是由石棉制成的，镍-铬或康铜的框架，嵌入硅凝胶中。这些柔性块生产的厚度为2.5至5毫米，矩形(最大0.90×0.20米)或正方形(最大0.50×0.50米)，可变功率密度为0.4至1W/cm<sup>2</sup>。它们的最高温度约为250°C。

1960/1961年出现了最终的技术解决方案：用非绝缘发热线夹在用玻璃纤维增强的硅橡胶片之间然后进行硫化。玻璃纤维布提供了机械强度；以及硅胶电绝缘和在高温的粘合；在这些元件之间的坚不可摧的链接的硫化。然后组件形成防水的加热板。法国的保暖毯制造商Ménéret随后写道：“我们所有的加热毯全部都配备了特殊的发热线，均是在完全隐形的通道下隔离的”。

由于有硅树脂的价格，这项技术在国内保暖毯中没有出路。另外，该项应用不需要耐高温。

但是这种技术引起了用于工业应用的高温柔性平的加热器的分支。

从那时起，产生了生产加热网的各种方法。

- 线绕导体：最古老的解决方案，但具有最佳的灵活性；

- 用酸蚀刻的薄金属片，该程序类似于印刷电路的生产，但其柔韧性是有限的(发明于约1969年)；

## 硅橡胶片制成的柔性加热器的历史

- 传导性油墨印刷电路，丝网印刷在柔性的聚合物上，柔韧性相当好并且价格便宜，但带有耐低温性。

还出现了耐高温胶粘剂（FEP，丙烯酸），其可以替代弹性体的硫化，并且特别适用于聚酯（PET）、聚酰亚胺（PI）和聚碳酸酯（PC）板材，从而可以层压柔性元件的各种各样层面，并实现极精致的元件（对于 Kapton 款的聚酰亚胺的型号，小至 0.2mm）。