

条件下，不可避免漆膜不勻。另一个缺点是塗有縐紋漆物件很难保持清潔。

裂紋漆是与縐紋同种的并易于清潔，因为其裂痕的距离較大且不太深。

用两种塗層，其中一層是鍾紋漆，这种有动人花紋的塗層易于清潔。

濺紋漆和条紋漆是两种体系的塗層，其所呈現的作用相同。

最近，經改进表面多礫的、像皮似的塗層已在应用。一种塗層体系，决定其有效花紋的

是其所用底漆表面張力的不同。多礫的有机塗層可以在不同的清漆、通用磁漆、耐热磁漆、有机硅磁漆中应用。

在某些例子中，塗層的主要功用仅仅是裝飾、不論怎样，其特有的耐性仍是最主要的。在这些已討論过的各种耐性中，有几种如耐热、耐光、耐大气、耐磨、耐洗濯、耐出汗、冲击、变色、耐水、耐高湿度、盐水試驗、耐冷裂性等等均是广泛需要的。（下期待續）

付琨譯自“电鍍”杂志58年10月号

超高温塑料的試驗和应用

在火箭上，不仅燃燒室的零件，而且也包括蒙皮在內，都承受着攝氏上千度的高温。一般除采用高融点的陶瓷材料和高融点金屬外，在一定条件下，也可以采用补强塑料。

进行試驗时，为了获得这样高的温度，我們选用了：乙炔氧焰、煤氧焰、太阳爐和水稳定电弧（Wasserstabilisierter elektrischer Lichtbogen）。

乙炔氧焰的理論温度为 3500°C ，如果采用这一温度对直径38公厘，厚度16公厘的塑料试样处理30秒鐘，則酚醛树脂的重量損耗最少，其次是有机硅树脂，再次是三丙烯三聚氰酸聚酯树脂及苯乙烯聚酯树脂。同时，填料的种类也有重要影响。

煤氧焰的温度达 $2500\sim 3000^{\circ}\text{C}$ ，先将塑料棒切成25公厘長12.7公厘粗細的試片，然后将內火焰錐的尖端触射到塑料试样表面。火焰射角的大小，无甚大关系，但煤氧的比例要适宜。因为碳是一种热稳定性極高的材料，有較高的导热性，故不宜太多。在不含填料的塑料中，聚亞胺酯纖維和酚醛澆注树脂为最好，然而，为了防止产生收縮和破裂，填料又是不可缺少的。加有机树脂的酚醛層状材料比加无机填料的同样材料要好些。用玻璃纖維补强的層状材料中，以含有机硅树脂的材料为最好，其次是

三聚氰胺树脂，酚醛树脂，再次为环氧树脂。

試驗时，使用的太阳爐帶有一个150公分的反射鏡，太阳爐的温度可达相当于 2770°C 黑体的温度。在炭电極的中間形成一个弧光，像一个“太阳”出現在抛物綫反射鏡的焦点上。塑料可以在自由空气中，而且也同样可以在石英制的真空室中进行試驗。

前一种情况証明，含聚酰胺纖維或玻璃纖維作为树脂填料的酚醛層状材料最为良好；有机硅树脂玻璃纖維在这方面虽然不佳，但在石英真空室中却極为适宜。在真空室的条件下，环氧玻璃纖維材料較在自由空气中要好些。一般說来，含聚酰胺纖維的層状材料比含玻璃纖維的好。因此，后者适于在石英真空室中进行試驗。

试样在真空室中的重量損耗，一般較在自由空气中低。其中一部分原因是，试样变成的蒸气与真空室內壁的煤气凝結，并因而有損于曝晒作用。

水稳定电弧的温度可达 14400°C ，并能保持温度稳定。弧光通过切綫方向和环繞的流体（水）向一細長的圓柱集中。阳極是一个碳棒，阴極是一个碳环。电弧用200伏特和300—350安培的直流电，流体（水）繞弧光迴轉的速度为100—1000米/秒。碳环的开口处噴出“普拉斯

瑪”(Plasma)，其組分為10%蒸發碳，5%碳微粒，25%水蒸氣，50%電離的水蒸氣，10%電離原子和分子。“普拉斯瑪”射至厚度為12.7公厘塑料試棒的正面，間隔為25.4公厘。噴管開口為5公厘左右。試驗持續時間為10秒時，其輸入功率為63瓩(kw)。

以酚醛樹脂基壓制的塑料，含57%樹脂和聚酰胺纖維布碎屑，最為良好；重量損失每千瓦·秒只有1.1毫克。其次是樹脂含量為65%的，含有玻璃布碎屑的塑料損失為1.5毫克；玻璃含量稍高時，性能較差。

總之，各種塑料在水穩定電弧光中進行試驗的好壞程度，與其在2200°C下保持穩定有所不同。在穩定過的弧光中有機的填料比無機填料（例如玻璃）要好，而在2200°C時卻不同。這一點可以解釋為：這是由於在極高溫度下塑料變成氣體的數量及其組分中的含氫量所致；因為氫的比熱高，氫原子在分解時需要很高的熱量。上述兩點，也是有機塑料較無機優越之處。此外，還有一個優點，即：當塑料熱裂時，遺下許多炭渣，可形成耐熱保護層。

由於迄今所進行的試驗尚不充分，所以還不能斷言，酚醛樹脂在所有的情況下都一定比三聚氰胺，有機硅樹脂或環氧樹脂好。

當試驗溫度為2500°C左右時，含硅酸量多的玻璃纖維，很明顯，要比含硅酸量少的好。如果溫度再高時，硅酸量的多少便不起什麼作用，這時，只得從有機填料方面去著想了。

環氧樹脂現尚未顯示出其優異的特性，但也應看到，這種材料還未進行過充分的試驗。石棉纖維和氧化鎂（酚醛樹脂的填料）現在也還未顯現出其優點。

用棉纖維做三聚氰胺樹脂的填料要比玻璃纖維好。三聚氰胺樹脂的試驗數據平均相當於較差的酚醛樹脂，也就是說，加高溫燃燒後失去的重量跟最好的酚醛樹脂相比要多一倍左右。

硬橡膠在試驗中，試驗結果相當好，但在含60%炭黑的情況下，則結果不佳。

每當試驗時，塑料試樣的表面均產生劇烈變化，尤其用玻璃纖維做填料的試樣表面，由於導熱性較高，侵蝕深度較大。當試驗溫度較高時，表面侵蝕的深度隨之漸小，這可能因為被破壞的表面比原材料有較好的耐熱性，而破壞表面層下的原材料仍保持其原有性質。破壞層厚度經常相等，破壞現象向縱深侵入與在表面擴展的速度大致相等。

對較好的材料來說，破壞和不侵蝕材料之間的界限是分明的，而對較差的材料來說，常不明顯。如果選用的塑料不好或帶有污物，那麼，在某些點上就會產生縱向深延的裂紋。當火箭以每小時25000公里左右的速度重新進入大氣層時，其蒙皮的溫度達11000—16500°C，而火箭噴口在數分鐘內的溫度達3300—4400°C。此外，我們還必須考慮到，火箭返回大氣層時，產生衝擊力，該衝擊力大約相當於一輛汽車以每小時100公里的速度撞在牆上的衝擊力。因此，幾乎所有的陶瓷材料都不適用；儘管碳具有很好的熱穩定性，但它在空氣中氧化迅速，金屬則由於導熱性高而被熔化。

在火箭頭錐部採用塑料（酚醛層狀材料）時，要考慮到材料表面的破壞和剝落的問題。壁厚的選擇要保證材料內層具有足夠的機械強度。這樣，內層與產生破裂及剝落的外層被中間材料層所隔絕。玻璃纖維或石英纖維在外部樹脂層剝落之後，熔合成絕緣玻璃層作為樹脂填充劑（圖1）。

石棉纖維對迅速運動的燃氣，有很好的耐蝕力，其次是用硼或二氧化鈦作填充料，效果

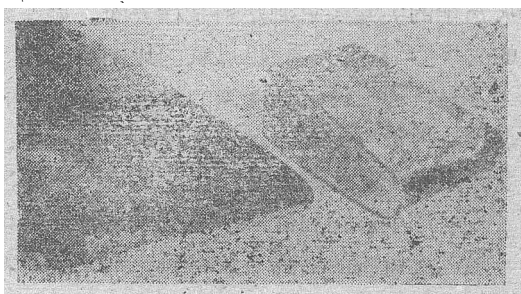


圖1 用玻璃纖維補強的酚醛樹脂制成的火箭發動機葉片表面腐蝕狀況，表面熔成絕緣玻璃層

亦很好。

用塑料制造的主要火箭零件有：头锥、燃烧室内壁、横隔板、操纵副翼、机匣、冲击材料垫圈、喷嘴等（圖2、3）。

威尔明頓州費爾瑪-海維格工业公司，用短石棉纖維填充的酚醛树脂材料，在一个心軸上纏繞成火箭燃燒室的內壁。进行冷加工后，置于爐中使其硬化，最后将心軸抽掉（圖4）。

随后将其切成四份，再加工清除碎屑。用这种工艺方法可制成重20吨，直径3.6米的部件。

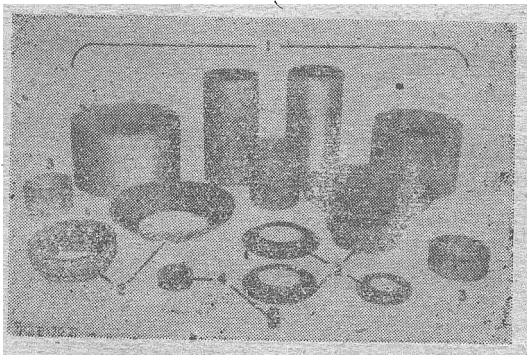


圖2 用酚醛树脂層狀材料制成的火箭零件：
1—燃燒室內壁；2—橫隔板；3、4—噴咀。



圖3 用环氧树脂制成的火箭發動機內壁，能在數秒鐘內承受 1650°C 的燃氣流。直徑為6吋左右（相當于150公厘）

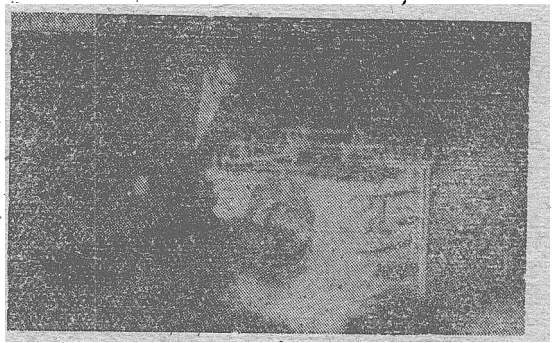


圖4 燃燒室內壁的制造

渥海华州辛辛納蒂試驗研究所使用含无机填料的酚醛树脂制成了由16个零件組成的，重180公斤的火箭头锥。这些零件是用环氧树脂粘在一起的，在 $125-130^{\circ}\text{C}$ 下压制成型时，只是初步硬化，然后，还要在 $175-230^{\circ}\text{C}$ 的爐中，按3公厘的壁厚，进行持續72小时的再硬化。

“噴气通用原子动力联合公司”所屬“通用輪胎和橡胶公司”主要从事用改質的环氧树脂加工制造火箭零件，其主要优点之一是硬化时收縮率極小。

据渥海华州阿克朗的古特翼航空工业公司的研究結果，对于在数百小时内承受 $315-480^{\circ}\text{C}$ 溫度的零件使用补强有机硅树脂最为适宜。譬如用于火箭上雷达設備整流罩就是一例。

在現今的噴气渦輪發動機上，可以采用酚醛树脂制造渦輪叶片，它的重量只等于鋼叶片的 $1/4$ ，并能在 260°C 溫度下，持久工作。

在酚醛树脂研究領域中获得进展，首先是由于1951年曾探索出一种在 260°C 下，保持30分鐘并具有 $2100\text{公斤}/\text{厘米}^2$ 弯曲应力的材料。目前，辛辛納蒂試驗研究所制成的91-LD材料，能在 260°C 下，持續工作200小时，其弯曲应力达 $4200\text{公斤}/\text{厘米}^2$ 。

白春濤譯自“塑料”杂志

1958年第11期523頁

沈嗣唐 校