

存在，金屬的反射能就大大地降低。

陶瓷材料与金屬比較，前者具有較高的絕热性能。但是，陶瓷材料的抗侵蝕性能差并且須將其置于金屬保护壳內。

金屬在高速飞行条件下的应用，受到表面所产生現象的限制。

合金的抗氧化性能最重要。其中与表面产生的化学作用与气体相成份及其分解的程度有关。不仅氧化速度对材料的使用期限有影响，而氧化物本身的性能（輻射能力、导热性、与表面之接合力）也对其有影响。表面吸气可以使部分材料發脆。

温度梯度高（表面温度高）的金屬的良好輻射能可以用来消除在長時間过程中大量的热量。表面的吸热反应具有突然吸热的特点并且仅在極短时间的加热时才有意义。类似的反应無論在固态或表面層熔化时均可能产生。

如上所述，在形成半固态層时，它可能因受迎面的空气流而产生位移。此外，运动气体可以引起侵蝕現象。在空气流湍流运动或气体內有杂质（如雨水）时，这种現象更为剧烈。但与其他材料比較，金屬的特点是抗侵蝕性能較高。

**極限温度。**在極限速度飞行时，必須使大量的热散掉，以便表面層处于允許的温度內。

## 航 空 用 工 具 鋼

工具鋼的高溫性能，在許多年的工业应用工具模具中所証明了，現在高速飞机面临着極高的工作温度，这些工具鋼已經証明的高溫性能使其宜于用作飞机結構与蒙皮的材料，为了扩大工具鋼知識的範圍，AlleghongLudlom鋼有限公司的冶金家們曾經試驗过，并且考虑过最适于飞机設計師同制造师提出的特殊性能，而許多高速鋼同热模鋼，都具有这些性能。

**高速鋼：**

高速鋼試驗結果表明它有良好的高溫强度，但是因为它的韌性差，用它来作結構材料

当热气流固定不变时，采用特殊的冷却系統可能达到此目的。骤然加热时的热量，可为材料（金屬）自身所吸收（借其热容量和吸热反应）。因之，最好采用热容量高及温度梯度大的材料。該条件可以通过金屬材料和非金屬相結合来保証。因之异質系統以及热性能結合良好的混合物的建立引起了人們的注意。

虽然，制造高速航空器采用非金屬材料的意义愈来愈大，但在任何情况下仍宁願采用金屬材料。因为金屬的工艺已制訂得較完善并具有較高的綜合机械性能，加以表面性能良好。据此，在使用金屬制造承受剧烈空气动力加热的結構方面提出了三个主要方向：

1）用于制造承受瞬时大負荷及受高热作用之結構；

2）用于制造保护主要結構或吸热的結構的組成部分；

3）用于制造極限温度下吸热的零件（与非金屬配合）的組成部分。

这样一来，高速航空要求設計使用期限以分甚至秒来測定的零件，以及設計用金屬来防护热作用的零件。

李云盛譯自“金屬学与金屬加工”

1958№6 . 郝应其校

是受着極大的限制。包括 DBL-2 (6W, 5Mo, 4Cr, 2V), LMW (8Mo, 2W, 4Cr, 1V), 同 VLM (8Mo, 4Cr, 2V) 牌号鋼的研究。从試驗中看出仅含鎢的鋼种較含鉬的鋼种的韌性低一些，表 1 証明高速鋼在高溫下的韌性是低的。

高速鋼的高溫拉力性能 表 I

牌号	試驗温度, °F	屈服極限, 2%磅	抗拉强度, 磅	延伸率, %	面积压缩, %
DBL-2	1100	254000	273,500	3	3.5
LMW	1100	270000	291,000	1.5	2
VLM	1000	260000	292,000	1.3	2.4

### 热工作鋼:

热工作鋼的試驗結果說明在高溫下具有高的强度与伴生的良好韌性, 这些性能的組合, 使热工作鋼有用作飞机結構与蒙皮的可能, 特别是 PotomacM, B-47, AltasA, HTB-2, 同

HTB-3 五种热工作鋼認為是适于用作飞机結構材料。其化学成份見表Ⅱ。从表Ⅲ所列各鋼种的室溫与高溫拉力性能可以了解这些鋼种显示出优良的高溫强度同好的展延性。

热工作鋼标准化学成分表

表Ⅱ

	C	Si	Cr	W	Mo	V	Co
Potomac M	0.40	1.00	5.25	—	1.15	1.00	—
B-47	0.40	0.25	4.25	4.25	0.40	2.25	4.25
Atlas A	0.30	—	3.00	9.50	—	0.50	—
HTB-2	0.80	—	4.00	—	4.25	1.00	—
HTB-3	0.57	1.15	4.75	—	5.25	0.55	—

热工作鋼的高溫拉力性能

表Ⅲ

牌 号	試驗溫度 °F	屈服極限 %, 磅	抗拉强度 磅	延 伸 率 %	面积压缩 %	室溫硬度 R <sub>C</sub>
Potomac M	室溫	226000	297100	12.5	36.6	54
	1000	176900	214900	13.0	49.1	53
B-47	室溫	242000	301000	3.5	13.0	56
	1100	188000	211000	6.0	16.0	56
Atlas A	室溫	200200	282700	10.7	22.2	56
	1000	173500	227000	8.9	21.6	55
HTB-2	室溫	338500	411500	1.6	1.7	64
	1000	250000	309000	6.1	11.7	64
HTB-3	室溫	365000	425000	2.2	3.0	65
	1000	313500	342500	7.2	7.0	64

在 1000°F 的高溫硬度 表Ⅳ

牌 号	在該溫度 下的時間	在該溫度下的 硬度 BHN
Potomac M	1/2小时	418
Atlas A	1小时	430
Potomac M	100小时	351
Atlas A	150小时	418

PotomacM, B-47, 同 AltosA 鋼是标准的热模鋼, 具有能吸引着飞机設計师的物理性能。B-47, 同 PotomacM 鋼具有接近 300,000 磅的室溫拉力性能, 并且分別在 1100°F 与 900°F 还保持高的强度, 这些热工作鋼的展延性适用于現阶段的飞机設計, 例如 PotomacM 鋼种在室溫下有接近 10% 的延伸率, 和 300,000 磅的極限强度。B-47, 在同

等室溫强度下具有 3.5% 的延伸率, 展延性随温度增加而自然改善, 这些鋼种可用作鍛件, 挤压件, 棒材, 而 PotomacM 則宜作薄板和鋼帶。

代号为 HTB-2 与 HTB-3 的鋼种可以用作高溫軸承, 这些鋼种系采用真空熔煉技术制成的, 由于在室溫与高溫具有很高的强度有可能用于航空, 半高速鋼的展延性是較标准高速鋼显著底良好, 但可能不能滿足飞机工业的要求, 在室溫下約有 1.5% 的延伸率, 在 1000°F 下其展延性改善到約 6.5% 的延伸率, 这些高强度的标准鋼通常用普通熔煉或真空熔煉, 以作成鍛件, 冲压件, 同棒材。

作为进一步的說明高溫工作鋼的全面的高溫性能, 測定了 PotomacM 同 AltasA 鋼的高溫

硬度，并且長時間的保温用来决定在該溫度下物理性能的持久性，表Ⅳ說明两种鋼在 1000°F 下的高溫硬度同保持長時間后的硬度相比較。

这五种鋼与标准的不銹鋼比較，其抗銹蝕能力很小。因为作飞机蒙皮使用特別需要抗蝕性能，Allogaeng Ludlum公司曾經大量地在軋制 PotomacM 鋼时，复上一層 304 不銹鋼。复盖層的厚大約为每边厚度的5%，自然由于复盖層而減低了鋼板的总的强度。这种复盖層制品，現在还須作为探索發展的项目。

**PotomacM 鋼：**

虽然所有的高溫工作鋼都具有用作飞机結構材料的性能，但因 PotomacM 鋼有較优良的展延性能，所以被認為最有希望。因此为 PotomacM 鋼安排了一系列的特殊結構性能的試驗。

PotomacM 鋼的高低溫冲击性能，在飞机設計認為是很重要的。高低溫的冲击强度見表Ⅴ。

热工作鋼冲击性能(試棒是夏比氏 V 形槽)

表Ⅴ

牌 号	試驗溫度 °F	冲击值 Ft-Lbs
Potomac M	-100	9
Potomac M	室溫	19.5
Potomac M	400	24.0
Potomac M	600	22.9
Potomac M	800	27.2
Potomac M	1000	24.5

Potomac M 鋼長時間高溫回火后的拉力試驗

表Ⅵ

拉伸溫度 °F	拉伸時間 小时	試驗溫度 °F	抗拉强度 磅
1000	2 小时	1000	224000
1000	100 小时	1000	116000

Potomac M 鋼的高溫持久强度 表Ⅶ

試驗溫度 °F	屈服極限 2%，磅	抗拉强度 磅	延伸率， %	应力破断	
				100 小时	1000 小时
800	201800	261435	9.5	228000	220000
1000	178050	228480	14.5	118000	83000

为了証实高溫硬度的数据与長時間的保温下的强度关系，曾对長時間回火的材料作了一系列的高溫拉力試驗。表Ⅵ比較了正常回火的与回火 100 小时的材料的强度性能。在高溫的强度持久性能的良好。

PotomacM 鋼的持久强度性能占此試驗計劃的一部分。持久强度試驗見表Ⅶ，表明 PotomacM 鋼在 100 小时的持久强度是很高的，并且在設計中不会有严重的問題。

确定 PotomacM 鋼作为蒙皮材料，設計了与实际飞行时相似的蒙皮材料迅速發热試驗。这个迅速發热提出了一个严重的强度問題。試驗用的是 0.093 吋厚的鋼皮，升溫速度是每秒 120°F。表Ⅷ列出的試驗結果并証明 PotomacM 鋼在快速升溫时保持了如何优良的强度。

Potomac M 鋼高溫瞬時拉力性能 表Ⅷ

試驗溫度 °F	屈服極限 2%，磅	抗拉强度 磅
600	208000	266000
800	204000	251000
1000	184000	210700

0.093 吋厚的热工作鋼皮退火后的抗力性能

表Ⅸ

牌 号	屈服極限 2%，磅	抗拉强度 磅	延伸率 %	面积压缩 %	硬度 $R_b$
Potomac M	66000	100000	23.5	49	94.5
B-47	46500	88500	26	56.5	87

热工作鋼棒材退火后的拉力性能 表Ⅹ

牌 号	屈服極限 磅	抗拉强度 磅	延伸率 %	面积压缩 %	硬度 $R_b$
Potomac M	67500	103500	28	60.2	93.5
B-47	50000	91500	27.5	61	92.5
HTB-2	43800	98800	26.8	54.2	92.5

**工具鋼的生产工艺：**

热工作工具鋼在退火状态下易于弯曲成形与 301 不銹鋼一样，它已經是成功地使用来作为飞机結構和蒙皮的材料。表Ⅸ和表Ⅹ为 PotomacM 鋼与 B-47 鋼棒材和板材及 HTB-2 鋼棒

材退火状态下的拉力性能数据。热工作鋼易于氮弧法熔焊，并且点焊縫合焊都不会有問題。实际上热工作鋼点焊較鋁或 301 不銹鋼的点焊都簡單。

#### 摘要：

高速飞机的高溫工作强度要求材料具有高

溫高强度，而工具鋼滿足了要求。热工作鋼高强度与其配合的韌性，使其出色地选来作为結構蒙皮。特別是 PotomacM 鋼为适用于現代的飞机工业在高溫下性能的要求。

朱开义譯自 “Steel Processing andconversion” 1958. №1.

## 用于高溫飞机和導彈的新鋼种

当我们未来的飞机和導彈的真正速度尚屬軍事秘密的时候，由于高速飞行所引起的高溫問題已为人所熟知。由于空气摩擦發生的热降低了飞机結構材料的有效强度，这就提供了設計师和材料师所希望的問題。

#### 材料的要求：

在选择这样使用的材料时，在飞行溫度材料每單位重量的高强度是主要的条件。若果在这方面看来有希望的材料，然后再将有关武器制造的若干因数加以研究。必須是在一般和特殊形状都适用的材料，才能完全合用于飞机的大量生产。对于飞机制造者說来，能否易于加工强烈地影响着材料的具体价值。可怪的是在武器系統的总成本中材料的費用認為只占小部分。然而就付稅人的利潤來說，材料的費用亦不应忽視。

对于高速飞机只發現了几种材料能滿足高强度的要求。对于这样用途，某些特殊鋼种与鈦合金是主要的竞争者。这类材料現在正用作靠近我們最快的飞机的噴气热流的高溫部分以及圍繞發動机的飞机构架部件。

• 几乎由部件組合而成的若干飞机結構的四分之三的重量是由板材金屬制成的。由于采用由金屬薄板制成的峰房結構而获得了既强且輕又堅的优良性能。很少的高强度材料能够大量商品生产成为合乎峰房本体用的金屬箔以及合乎表皮用的既薄又精确的板材。

在現代噴气發動机所产生的超音范围，飞机結構的某些暴露部分証明受到了高的疲劳应力。在这类条件下焊接和粘焊的峰房結構远較

一般鉚接的蒙皮为优。为了發揮最佳的性能，高强度材料可以焊接和粘焊認為是重要的。

#### 薄板鋼材的使用經驗：

关于高速飞机中的薄板結構鋼的大部使用經驗，直到現在，曾限于 Arwcos 公司实验室的两种沉淀硬化不銹鋼。从 1948 年起即已上市，其牌号为 Arwco17-7PH 及 17-4PH。

17-7PH 的薄板第一次主要用作 F-86 佩刀式噴气飞机結構的肋梁和桁梁。适合的工艺經驗及应用也將其推广到其他标准部件。現在，17-7PH 薄板鋼件普遍用于 F-100, F-102, F-104 及 F-105 战斗机以及 B-52 及 B-58 轟炸机的重要部件。用此鋼种作導彈部件是否合适亦已試过。与其他高强度材料相竞赛，17-7PH 曾規定用作焊接的，輕的和忍受高压的導彈燃料桶。在此时期，因为 17-7PH 不銹鋼易于切削和热处理簡單，而采用为合乎飞机及導彈部件的大型鍛件和配件。

在生产和使用这两种鋼若干千吨以后提供了对材料要求的一种了解，而这些要求进一步鼓励了探索此类型的更佳的鋼料。經過过去五年中，超音速度曾是急剧地增加。对于更高的飞行溫度，这就強調了必須更强的薄板材料。近代探索使用到 1000°F 的鋼种和鈦合金大都集中在加入合金元素以改善高溫强度。本文将談到新鋼种 PH15-7Mo 的特性并与最进改进的鈦合金的性能相比較。

#### PH15-7Mo 不銹鋼：

代号为 PH15-7Mo 的新鋼种为含鉻 15% 及鎳 7% 的沉淀硬化型。其高强度的性能来自强烈