

高速航空用金屬

高速飞行时，常因空气的阻力而产生所謂的空气动力加热。在大迎角下速度突然增加时，由于骤然加热及温度产生显著的梯度，结构中产生附加的应力。

在导弹以高速重新进入大气时亦产生骤然加热。

强度的标准。高速航空用材料必須具有高的單位强度。为此，可采用数种符合材料在高速飞行时工作条件的机械性能試驗方法。

瞬时拉伸試驗时，将試样迅速地加热至而需温度，并于該温度下保持一定時間后，以高速試驗。改变保持時間和負荷，可以得出有关的强度性能 (σ_b 及 σ_s)。

采用本方法的另一方案时，加热時間和負荷值不变。

瞬时蠕变試驗时，应用足够高的温度和重負荷在較短的試驗時間內測定其断裂前之時間和总变形量。

高速加热試驗时，将加負荷（負荷不变）的試样加热至断裂。此后記錄总变形量及各种加热速度下的断裂温度。

瞬时加热的强度。退火的高純度金屬的加热時間对其强度无影响。但是，甚至含微量杂质时，其强度即与热作用的時間有关。其原因

是組織內的杂质产生溶解或由固溶体中析出二次相。

圖 1 系工业純度鈦的强度与各种温度下保持時間的关系。从圖上可以清楚地看出，强度值随時間的延長及上述两种因素之一的影响程度而变化(200°C下較長的保持時間时，)由于产生析出过程，强度值很高；在較高温度下，由于产生軟化，强度值較低)。

彌散硬化的金屬。瞬时强度性能的数值高于在持久試驗时的这些强度指标。組織內有細彌散的杂质存在时，这种区别比具有凝聚的二次相的組織还要显著。

关于彌散二次相能使瞬时試驗时的金屬强化的例子，見于鋁—銅—鎂合金 2024-T3 的研究結果(这种合金在300°C时析出二次相)。

金屬的相变强化。热处理及加工硬化所引起的强化对瞬时加热下的强度有影响。試驗証明，馬丁体組織在高温短時間作用下仍保持本身高的强度(甚至超过临界点 A_1)，可是，較稳定的，但强度較低的組織在長時間热作用下比上述組織还优越。为了証实这种情况，曾將 AISI 4130 鋼(正常化和淬火状态)高速加热試驗結果与普通瞬时試驗結果进行过比較(圖

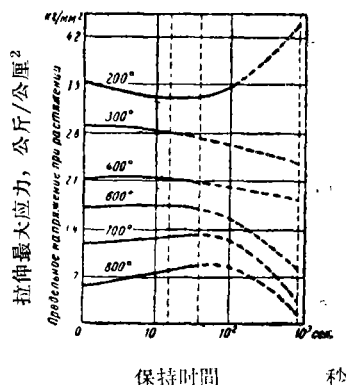


圖 1 工业純度鈦在不同加热時間时的拉伸强度。

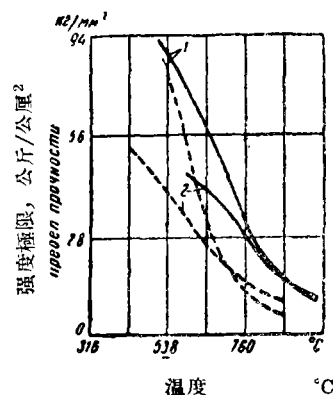


圖 2 AISI 4130 (1%鉻; 0.25%Mo) 鋼的高速加热試驗結果与普通瞬时拉伸試驗結果的比較：——高速加热試驗；----普通瞬时拉伸試驗。1—淬火鋼；2—正常化鋼。

2)。

加工硬化金屬在低于再結晶界限溫度下的組織較簡單。此時，冷變形所產生強化程度愈大，則其穩定性愈低。

曾進行過經80%壓縮的銅的瞬時硬度的測定(圖3a)。雖然在各種情況下，試驗溫度均超過再結晶界限，但研究結果也指明了硬度與試驗時間的關係。在300°以下時仍保持一定程度的加工硬化，而在很短時間的熱作用(15秒)下，於400~450°C時仍可發現高的機械性能。

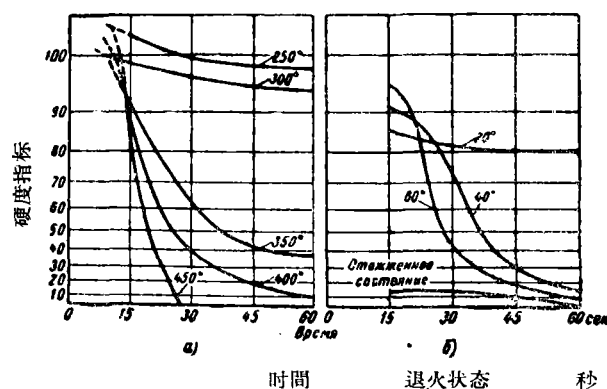


圖3 純銅組織的穩定性與溫度、熱作用時間及冷壓縮程度的關係(按硬度試驗的數據)。

研究壓縮程度對400°C下性能穩定性的影響表明，隨壓縮程度的增加，能保持高硬的時間縮短(圖3b，數字表示冷狀態下壓縮程度)。這樣一來，必須根據零件使用的條件，為每一種溫度和受熱作用的時間選擇適宜的冷變形程度。

提高短時使用零件的機械性能的方法與普通的保證零件長時工作的方法極為不同。普通延長使用時間的方法是加入合金元素，然而，提高高速飛行短時使用零件強度的主要方法卻是熱處理。加入合金元素的方法此時僅作為強化的輔助方法。在正確選擇熱處理時應注意對其有影響的因素，即組織穩定性與保證金屬具有所需機械性能的加工程度的關係。必須詳細的了解結構製造的工藝規程，因為一系列的機械加工工序會改變加工材料的性能。

金屬在高溫加熱條件下的應用。在高溫下金屬的機械性能與熱作用的時間有很大的關

系。在高溫條件下，負荷會引起很大的塑性變形。因此，在設計高速飛機時，確定強度值的標準是總變形量。如果不去考慮熱膨脹變形，則總變形為初彈性塑性變形加上蠕變變形。

如果負荷和溫度不變，則蠕變瞬時試驗時所取得的機械性能符合設計的要求。在驟然加熱時，負荷和溫度會發生改變，兩者間之關係一般不再符合。在這種情況下，必須根據瞬時蠕變試驗結果或者計算或圖解數據來評定總變形。過度升高溫度時，金屬材料過於軟化並不能抗機械負荷。因之，可以製造組合結構，由承受機械負荷的基本和保護基體免受熱作用的壳体組成。

使結構免于熱作用的防護。雖然金屬的導熱性非常高，但在不固定加熱時有可能利用其作為瞬時吸熱器。由於組織轉變過程中產生的吸熱效應，熱量可能被吸收。此外，材料的導溫性(溫度傳導性) $\frac{\lambda}{c\gamma}$ 對導熱速度非常重要。式中 λ ——導熱係數， c ——比熱； γ ——比重。由公式得出，材料的導溫性與導熱性及其比熱均有關係。

在接近熔點時，材料的抗變形阻力劇烈地降低，其機械性能接近半液態金屬的機械性能。因之，在高速飛行時，空氣流可以推動，甚至於完全剝掉金屬的表面層。

空氣流可使表面層產生剪應力，而表面層則把力傳于結構上。

表面溫度升高的程度由從表面深入內部的熱氣流和表面層的輻射能力決定。內壁的温度梯度(尤其是在高速加熱時)能增加結構所經受的機械應力。根據材料的導溫性，可以得出熱差及位於半硬狀態的一定厚度的金屬層。熱差度很大時，位於半硬狀態的層厚較小，並很容易被空氣流剝掉。為了結構可靠，必須使含熱量、導熱性和溫度界限間之關係適宜。

固定加熱時，可以利用金屬反射的能力來散熱。

但必須考慮到，金屬的這種性能在高溫時受其抗氧化性能的限制，因為有少量的氧化物

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。

溫度梯度高（表面溫度高）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時間的加热时才有意义。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雜質（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。

極限溫度。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溫度內。

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溫度，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溫度梯度大的材料。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）用于制造極限溫度下吸热的零件（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	試驗溫度, °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