

PH15-7MO鋼毛坯的狀態及其淬火規範，應根據生產過程的不同而異（見下表）。深拉深冷沖壓時，鋼應呈退火狀態（A 態）供應。當簡

呈毛坯狀且用不同方式熱處理的

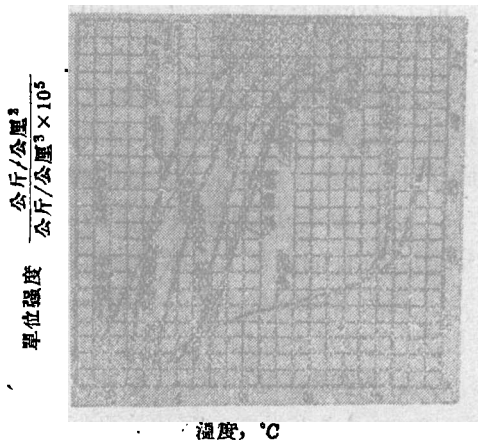
PH15-7MO 鋼的性能

退火狀態的鋼 (A 態)*	強度極限, 公斤/公厘 ² 90 屈服極限, 公斤/公厘 ² 40 延伸率, %
熱處理規範:	
I. **在 $t=750^{\circ}\text{C}$ 下加熱 1 $\frac{1}{2}$ 小時及在 $t=15^{\circ}\text{C}$ 以 下時冷卻 1 小時。在 $t=$ 15°C 下的持續時間不少於 30 分鐘 (T 態)	強度極限, 公斤/公厘 ² 100 屈服極限, 公斤/公厘 ² 65 延伸率, % 7
II. 在 $t=570^{\circ}\text{C}$ 下加熱 1 $\frac{1}{2}$ 小時並在空氣中冷卻 (TH1050 態)	強度極限, 公斤/公厘 ² 145 屈服極限, 公斤/公厘 ² 140 延伸率, % 7
III. **在 $t=950^{\circ}\text{C}$ 下加熱 10 分鐘並在空氣中冷卻 在 $t=-75^{\circ}\text{C}$ 下冷處理 8 小時 (R-100 態)	強度極限, 公斤/公厘 ² 125 屈服極限, 公斤/公厘 ² 90 延伸率, % 7
IV. 在 $t=500^{\circ}\text{C}$ 以下加熱 1 小時並在空氣中冷卻 (RH950 態)	強度極限, 公斤/公厘 ² 170 屈服極限, 公斤/公厘 ² 150 延伸率, % 6
冷作硬化鋼 (C 態)	強度極限, 公斤/公厘 ² 155 屈服極限, 公斤/公厘 ² 130 延伸率, % 5
最後熱處理規範:	
在 $t=480^{\circ}\text{C}$ 下加熱 1 小 時並在空氣中冷卻 (CH 900 態)	強度極限, 公斤/公厘 ² 185 屈服極限, 公斤/公厘 ² 180 延伸率, % 2

* 深拉深冷沖壓時使用。

** 規範 I 及 III 是獲取相當於 TH1050 及 RH950 態鋼的過渡規範。

單的造型時，應利用冷作硬化的冷軋鋼板和鋼條（C 態）。在以上兩種情況下，為了獲得最大強度，就需要熱處理。熱處理的規範列於左表。表內還載有各種毛坯狀態的鋼在室溫下和經不同熱處理後的性能。



各種材料在高溫下的單位強度圖

各種結構材料在高溫下的單位強度特性的比較證明，軟狀態淬火（RH950 態）的 PH15-7MO 鋼在 320°C 溫度下的抗拉強度，比淬火不銹鋼 17-7 PH 高 25%。在弱淬火狀態下（TH1050），PH 15-7MO 鋼在單位強度方面接近於鈦合金 C110M，而當淬火至最大值（CH900）時，從大約 250° 或更高溫度開始便超過最堅固的鈦合金 6A1-4V。

“Армко”公司已撥款 7000 萬美元重新裝備及擴建自己的工廠，以便生產 PH15-7MO 鋼和其他專門零件。

鉄浪譯自蘇聯快報“火箭技術”58. №5

高溫下應用的含鉬鋼

為了使耐熱鋼正常的工作，除蠕變強度和持久強度起重要的作用外，其室溫和高溫下的強度、疲勞強度、塑性及抗氧化和抗腐蝕性同樣具有一定的意義。鋼內加入鉬對鋼的上述性能的影響很大。因之，詳盡的研究鉬對高溫下工作的鋼性能的影響，引起了很大的注意。

在高溫下鋼表面氧化的過程與周圍的介質（空氣、燃燒產物、水蒸汽等）有密切的關係。鋼內含的鉬和硅可以保證鋼具有抗上述介質浸蝕的性能。由於硅對鋼的機械性能產生不良的影響，因之加入硅受到限制。鋼內含有足夠數量的鉬，可以使鋼的表面上產生穩定的氧化膜，

該氧化膜能保护其下面的金屬不受氧化。

鋼內有鉬存在时，則鉬对鋼的抗氧化性能产生不良的影响；含 Mo 大于 2% 的鋼在超过 850°C 以上的溫度下長時間工作时，鉬的存在将产生破坏性(这与形成鉬的揮發性氧化物有关)。

在燃气渦輪和蒸气动力装置工作时，严重的問題是如何防止鋼不受燃燒硬产物(尤其是含硫和鉬化合物)的化学侵蝕。在还原气中硫化物产生最大的破坏作用。在这种情况下 SO₂ 使鋼产生晶內腐蝕；这类腐蝕在高鉬鋼中进行得最为剧烈。

采用重油作为燃气渦輪的燃料时，由于燃料燃燒产物內含有 V₂O₅ 亦产生腐蝕。V₂O₅ 和表面上的保护层起反应并使其失去保护下層金屬不氧化的性能。在燃燒硬产物成份內含有硫和鉬的化合物时，V₂O₅ 的作用将更为加强(由于成在 650°C 以上时溶解在金屬表面上的易熔共晶体)。

在高溫下工作的鋼的成份內一般加入鉻、碳和某些其他元素。这一种或那一种元素的选择应根据下述各点确定：如元素对奥氏体轉化运动的影响，热处理时取得各种組織的可能、形成可以使鋼强化和再結晶溫度提高的固溶体的可能以及形成碳化物、氮化物、硼化物和金屬間化合物的可能。已經出現向这种鋼內加入与碳具有最大亲合力的元素的趋势。

在 550°C 以下短时和中等時間內使用时，白氏体組織比純鉄体-珠光体和回火馬丁体的組織优越；在 550°C 以上时如果不进行瞬时高应力工作，則純鉄体-珠光体較好。

含 0.5% Mo 的鋼內加入硼可以降低奥氏体的轉化溫度。含硼鋼体有較高的持久强度(見圖 1)。該圖的縱座标为应力值(公斤/公厘²)，横座标为参数。

$T(20 + \lg t) \times 10^{-5}$ ，式中：T——艾氏(PЭНКИН)絕對溫度(即華氏等級的絕對溫度)，20——大多数金屬的不变系数；t——以小时計的时间。实际当中，对組織影响特別显著的是在瞬时使用条件下。表內所示为組織的

应力, 公斤/公厘²

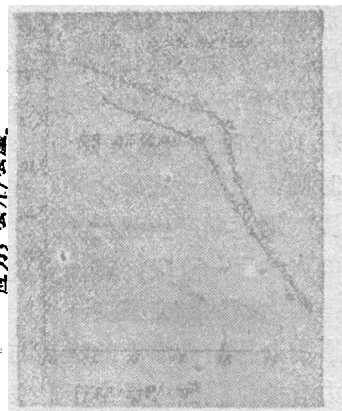


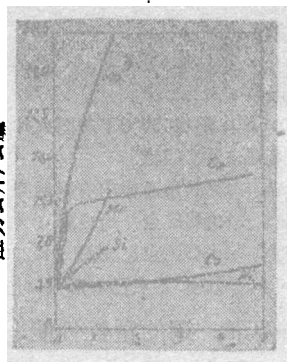
圖 1 含硼和不含硼 0.5% 鉬鋼的特有强度

使用時間 小时	超过下述溫度时不同 組織的强度相同°C	低于下述溫度时發 現最大的差別°C
1000	555	515
3000	535	495
10000	520	465
30000	505	445
100000	485	425

差別对强度發生影响的溫度。

決定鋼蠕变强度的主要是存在于晶格內的溶解原子和析出第二相的能力。这是由于鉬在提高鋼蠕变强度方面所显出的良好作用的结果。圖 2 是鉄和 Mo, Cr, Si, Ni, Co 等二元合金固溶体的强化对蠕变强度的影响。

应力, 公斤/公厘²



添加元素的数量%

圖 2 使每种元素在 1000 小时內产生 0.1% 蠕变所需的应力

根据研究在 650°C 下 10 小时回火对含 0.1% C 和 0.5% Mo 鋼蠕变强度影响的結果，可以認為，鋼的蠕变强度取决于：1) 鋼組織內原有的相參析出物的数量和类别；2) 于試驗溫度

下繼續形成析出物的速度（由于产生的应力或回火效应；3）相參碳化物的球化。圖3是該鋼在650°C下經1~100小时回火后的显微組織。碳化鉬經10小时回火后开始析出。增加回火时的保持時間会繼續形成碳化物。在析出 Mo_2C 前的阶段，鋼逐漸产生强化。

在回火的后一阶段，繼續形成質点和失去相參性，因之鋼的蠕变强度降低。鋼对鋼蠕变强度的影响与再结晶溫度的提高与结晶格內产生之应力有关，該应力是由于形成抗过时效的碳化物而产生的。

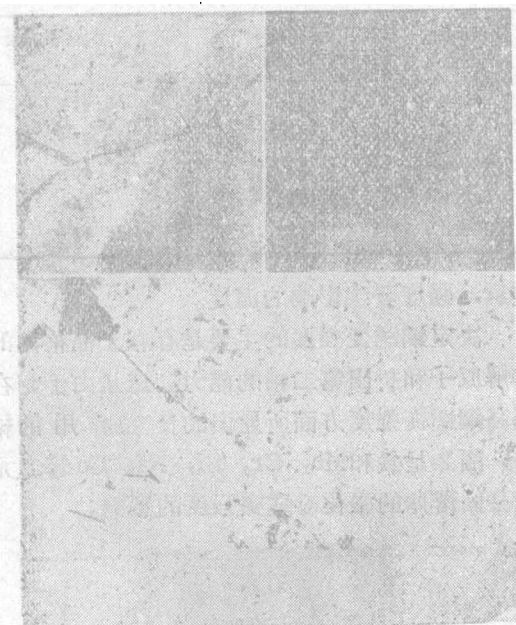


圖3 含0.5%Mo鋼在650°C下經回火并在不同時間內保持后的显微組織

- a—1小时，在純鉄体晶粒內有腐蝕窩（ $\times 22000$ ）
- b—10小时， Mo_2C 質点开始成形（ $\times 22000$ ）
- c—30小时， Mo_2C 質点已成形（ $\times 22000$ ）
- d—100小时， Mo_2C 質点已成形（ $\times 4500$ ）

蠕变条件下，鋼的塑性性能与鋼的成份，使用溫度和時間有关。在开始时塑性值通常要降低，直到最低值。此后塑性开始逐渐上升。这說明，鋼的这种現象与时效过程及沿晶界过时效的过程有关。产生上述过程的条件是碳化鉄熔解，合金碳化物重析出及其逐漸球化。

圖4是含0.5%Mo和1%Cr鋼及含0.5%Mo鋼高温塑性的曲綫，曲綫表明，Cr—Mo鋼

的塑性比不含鉻的鋼的塑性高。这是因为，有鉻存在时，形成强化晶界的合金碳化物 Mo_{23}C_6 。无鉻存在时，析出仅强化晶体的碳化物 Mo_2C 。因之，在低塑性时鋼将断裂。

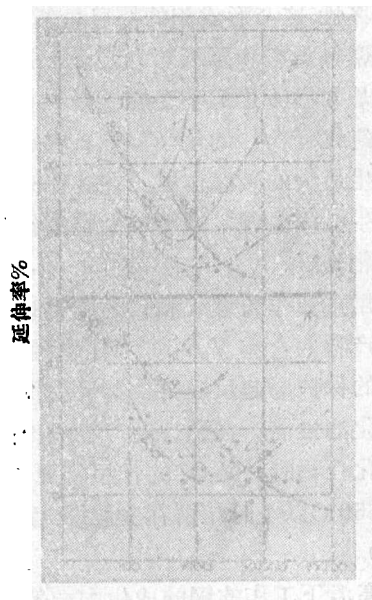


圖4 含0.5%Mo鋼(a)及Cr—Mo鋼(b)在高温下的塑性

圖中：—950°C正火 —690°C正火+5小时回火

无鉻含鉬鋼对应力集中具有敏感性。根据用上述两种牌号鋼制之平滑試样和切口試样試驗的結果确定，含Cr—Mo鋼对应力集中无敏感性，而發現在应力超过19.3公斤/公厘²时不含鉻的鋼对切口产生敏感。該应力值相当于在650°C下21小时的試驗，即相当于这样条件，也就是說碳化物 Mo_2C 还来得及很好地形成，并且可以消除使純鉄体晶粒强化的相參应力。到目前为止，消除切口敏感性所需的鋼的最低相对延伸率值尚未确定。各种合金的試驗結果証明，相对延伸率小于5%时，在平滑試样上發現該合金对切口具有敏感性；相对延伸率大于5%时，切口的存在可以增長寿命。影响切口敏感性的是：合金的成份、合金的热处理、应力集中的剧烈程度及其他因素。

在高温下工作的大多数結構，一般是采用焊接方法制造。因之，这些結構用的鋼在采用

一般的焊接工艺时，其焊接性能应该良好。为了保证焊接结构具有良好的质量应采用蠕变强度与基体金属区别不大的焊条并且应考虑焊接热效应区的蠕变强度。此外，在焊接两种不同材料（例如，纯铁体和奥氏体钢）时，为了消除焊缝内产生热应力的可能，可采用补加嵌入

件，其热膨胀和导热系数应介于焊接材料之间。在厚度超过9.5公厘时可以采用嵌入件，当厚度较小时，电焊条应具有中等的热膨胀和导热系数。

李云盛译自“金相和热处理”快报

58. No.25

超 音 速 飞 机 用 轴 承

正在进行设计的超音速飞机需要经得起高温的新型轴承。这些轴承主要用在飞机操纵系统拉杆的耳环内。

美国 Republic 公司曾研究过耐高温轴承的工作条件，并且制订出对这种轴承结构的要求(表1)。数据是根据工作温度随时间而变化的曲线得到的，该时间符合于航行的理论提纲。

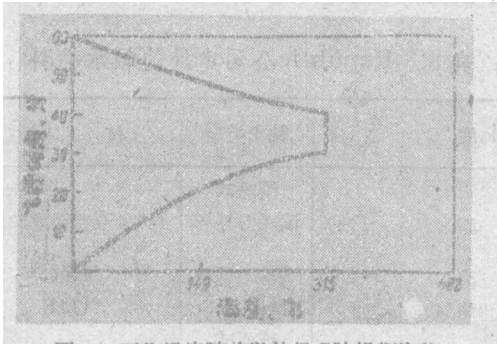


圖 1 工作温度隨着以航行理論提綱為基礎的時間而變化的曲線圖

表 1 对操纵系統拉杆軸承的要求

要 求	內 部 拉 杆	外 部 拉 杆
温 度 °C	120~230(80%) 230~340(20%)	120~340(80%) 340~650(20%)
載荷, 公斤	約為 45~900	約為 9000~22700
摩 擦	最 小	可 允 許 的
軸承型別	滾 珠 式	球 面 式

經試驗過的軸承有下列三種 (圖 2) :

- 1) 帶溝槽外環和整個滾珠的(Messerschmitt 型);
- 2) 帶缺圓滾珠的;

3) 帶鑲薄壁環的。

對帶有沖壓外環的結構未加審查，因為適宜的高溫材料均不能進行沖壓加工。

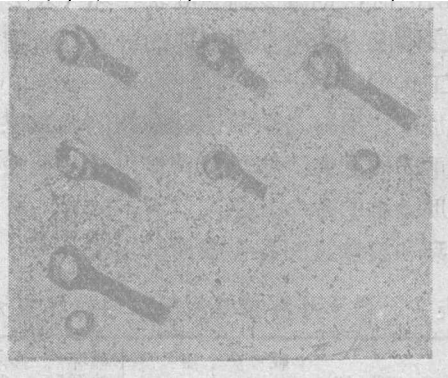


圖 2 Republic 公司研究的球面軸承:

左方一帶溝槽外環和整個滾珠; 中間一帶缺圓滾珠; 右方一帶鑲薄壁環。

于室溫下以對稱循環加載的方法加載3170公斤(無永久變形的最大載荷)進行試驗的第一類軸承的壽命只有30次循環。分析證明，球面和溝槽交叉綫上的銳稜具有像切削工具一樣的作用。而當把這些銳稜打圓以後，軸承的壽命約提高到200次循環。

所有的這類軸承都不合格，在將Electrofilm 和 surf-Kote 干層潤滑劑塗在滾珠和外環上時，它們的結果都是一樣的。把接觸應力增大約14.7~17.5公斤/公厘²時，在外圈和滾珠之間產生轉動，而將應力增加到21公斤/公厘²和更高時，在軸和軸承內表面之間產生轉動。

在前述同樣條件下試驗過的第二類軸承的壽命為400次循環。其損壞的原因同樣也是由於摩擦。這可能是由以下三個原因造成：