

金属材料与热处理译丛

第 3 輯



汽車拖拉機材料 及熱處理

上海市機械工程學會熱處理專業編譯組 編

上海市科學技術編譯館



前 言

本輯收集了有关內燃机热处理部件材料和热处理工艺的国外資料。其主要內容是：(1) 詳細地介紹了內燃机热处理零部件材料的选用原則，并且介紹了鑄鋼的代用材料；(2) 在齒輪的生产方面，介紹了国外生产齒輪的工艺路綫，热处理工艺以及滲碳齒輪的合宜滲碳层的選擇，不同热处理方法对殘余应力的影响；(3) 燃油裝置的精密偶件所用材料及其热处理；(4) 其它如鋁活塞、活塞环及拖拉机履带的生产工艺等。絕大部分都附有較多的数据，可供有关研究单位的設計人員、生产厂的技术人員和高等院校的师生在工作和教学中参考。

此外，我們还要向讀者說明的，根据机械部件設計和使用的机械性能要求来选用不同金属材料 and 热处理工艺，这就必然使热处理工艺与金属材料有密切关系。鉴于这一情况，又考慮到讀者的需要，經我們研究后，决定把原《热处理譯丛》从本輯起更名为《金属材料与热处理譯丛》。更名后的譯丛除仍将保持原有的热处理工艺等內容外，并将适当地增加国外对机械零件用料的选择，包括其代用材料等有关資料，俾供讀者参考。

我們殷切期望各地讀者、譯者对本譯丛內容、譯文等方面不断提出意見，以便我們更好地为生产、科研、教学服务。

編 者

目 录

客車、卡車、拖拉机的热处理零件需用鋼材的意見	1
专用閥門材料及其強化	11
高速柴油机曲軸的材料和热处理	15
低硼結構鋼在高尔基汽車制造厂的应用	16
燃油装置零件用鋼 18X2H4BA 的代用材料	19
齒輪回轉淬火的經驗	24
材料及热处理变数对渗碳和感应硬化齒輪中殘余应力的影响	31
渗碳并硬化齒輪的压碎現象	38
凸輪軸的火焰淬火——噴焰淬火现状	47
齒輪的热处理	54
小模数齒輪高频淬火变形	58
汽車后車軸的高频淬火	64
球墨鑄鉄曲軸的热处理	66
柴油机燃油装置精密零件热处理工艺	71
时效规范对噴油設備零件內殘余奥氏体量的影响	74
鉄素体基体的球墨鑄鉄活塞环	76
热处理规范对 AL9 鉛合金性能的影响	80
113.1 鋼履帶节的热处理	83

客車、卡車、拖拉机的热处理零件需用鋼材的意見

目前，汽車上的热处理零件是用各种碳鋼和低合金鋼制成的。通常，軸和彈簧都要經過淬火和回火处理，而耐磨的零件（如齒輪和活塞銷）一般要經滲碳处理。

許多年來，制造客車、卡車和拖拉机企业部門的工程師們，在選擇承受应力部件的材料和热处理上，积累了很多經驗。現在，工程師們比过去任何时候都更注意降低成本的生产技术，以便更完善、更有效地来加工材料。他們的成就是值得引起所有关心使用鋼材的人們注意的。

選擇材料的因素

在选用任何一类的鋼材或加工方法的时候，似乎是沒有一个通用的規律可以遵循的。例如，美国的福特公司和克利斯兰公司在他們設計的各种客車中对类似的零件，不論其大小，都用同一种鋼材制造。反之，通用汽車公司却在生产各种客車时对类似零件經常采用不同牌号的鋼材。然而，这些不同的方法从生产成本观点来看，都有同样良好的效果。

虽然，每一家客車、卡車和拖拉机制造厂对个别的零件在采用最适宜的鋼材和热处理方法上有各自的想法，但是总的方面有一个基本目的：用最低的代价获取理想的性能。某总冶金師用这样的話来概括这个通用的方法：“我們务使選擇的鋼材所具备的强度特性滿足应用中受載的需要。当材料的强度值一旦决定后，我們就應該根据生产成本来选择”。

另一总冶金師指出，“在过去的30年間，許多合金鋼曾被碳鋼所代替，而使用寿命或质量并不逊色。在某些使用中，疲劳寿命的确有所增加——現在有些后半軸用感應硬处理的碳鋼制成，它比合金鋼制造的軸要有更高的疲劳极限”。

^{*1} S-A-C 試驗为 Burns 和 Archer 提出用三处硬度数值来描述滲透性，S 为表面，A 为面积，C 则为中心，S-A-C 均以洛氏硬度值表示，故又称洛氏一时試驗（詳見美国金属学会金属手册 1961 年版 101 頁）——譯者。

^{*2} 事实上，某些工程師怀疑端淬試驗对于决定碳鋼的滲透性是个准确和可重复的方法。因为这些鋼是淺硬鋼，在試棒淬火端的短距离內硬度下降非常迅速。因此即使如 $\frac{1}{64}$ 吋那么小的誤差反映在硬度值上，就会有好些的差異了。这将可能造成整炉鋼是能采用呢还是要退回，因此無論对鋼材生产者或使用者来说，这都不是件小事——原作者。

滲透性的重要

表 1 和表 2 列出了目前大量用于制造客車、卡車和拖拉机上承受应力零件的各种碳鋼。这些鋼一般均經热处理后使用，如淬火、回火、滲碳或感應硬化。进行这些工序，工艺人員一般需要某些有关鋼材滲透性方面的知識。对于使用碳鋼的人來說，却使問題复杂化了，因为在这方面迄今尚无评价碳鋼滲透性的公认标准。表 3 所示之 1041 和 1045 鋼的端淬曲線是被美国金属学会所推荐的标准。

令人惊奇的是某些拖拉机制造厂长期来一直能按照滲透性規格訂購到某些种类的碳鋼（如 1045、1046 和其他碳鋼），在评价碳鋼的滲透性时，常常使用 S-A-C 試驗（也称洛氏一时試驗）^{*1}，而不用合金鋼使用者所熟悉的端淬試驗^{*2}，因为一般碳鋼是淺硬鋼，S-A-C 試驗在滲透性上的指示一般比端淬試驗更为敏感。又因为硬度讀數沿截面而得，所以它也能显示出鋼材偏析的影响，S-A-C 試驗已受到碳鋼使用者广泛支持。

不同工艺的应用

那些用碳鋼制造热处理零件的履帶拖拉机制造厂对进厂的每批鋼材都广泛地加以試驗，其目的是为了肯定該种鋼材在使用性能上最为合宜。

另一家拖拉机制造厂确定低合金普通碳鋼的碳含量范围比标准鋼种为大，对于普通的 AISI 1020-1045 几种鋼的規格均作了改动，并以此使用于那些机械性质和热处理要求并不特別严格的零件，以 AISI-S·A·E 1020 鋼为例，成分改变情况如下：标准級別为 0.18~0.23% C, 0.30~0.60% Mn，改变后的鋼允許有 0.17~0.25% C, 0.25~0.60% Mn。

表1 客車、卡車和拖拉机上热处理零件所用之鋼材

客車	曲軸	連杆	活塞銷	環形齒輪和星形齒輪	差速器輪	懸掛系統
A*	1016(修正), 空冷到 H_B 207~255	1139, 在 1550°F 正火, 再在 1100°F 去應力後再經彈丸噴射處理	1016 無縫鋼管在 1650°F 滲碳, 水淬, 再在 350°F 進行回火處理	4520, 1650°F 滲碳, 淬火, 再在 300°F 經回火處理, 滲層深度為 0.040~0.050 吋	4620, 在 1650°F 滲碳, 從 1550°F 進行淬火, 300°F 回火, 滲層深度為 0.040~0.05 吋	卷繞彈簧: 5160 或 9260, 淬火後在 900°F 回火達 H_B 444~514
B	球墨鑄鐵, 硬度為 H_B 197~265	1041, 淬火, 回火到 H_B 217~255	5015 或 8620 棒, 在 1700°F 滲碳, 淬火, 再在 350~375°F 回火, 滲層深度為 0.034~0.032 吋	8620, 在 1700°F 滲碳, 淬火後在 550~375°F 回火, 滲層深度: 0.030~0.050 吋	與環形齒輪, 星形齒輪相同	卷繞彈簧: 5160 或 9260 棒, 回火到 H_B 444~447, 叶片彈簧: 5160 或 5147, 淬火回火到 H_B 415~407
C	1145, 淬火, 回火達 H_B 235~262	1041, 淬火, 在 1160°F 回火達 H_B 228~269	1019, 冷拉, 1700°F 滲碳, 感應硬化, 回火到 R_C 67~62, 滲層深度最大達 0.064 吋	4037, 滲碳, 淬火, 回火, 滲層深度為 0.040~0.050 吋		卷繞彈簧: 9260, 淬火後在 770°F 回火達 H_B 461~514, 再經彈丸噴射處理
D	1046, 水淬, 在 1100°F 回火到 H_B 217~243	1141, 在 1550~1575°F 經常化處理, 空冷到 H_B 180~228	1016 無縫鋼管, 滲碳, 淬火, 回火, 最小硬度達 R_C 60, 滲層深度為 0.020~0.030 吋	4027, 滲碳, 淬火, 回火, 滲層深度為 0.040~0.050 吋	4027, 滲碳, 淬火, 回火, 滲層深度為 0.040~0.060 吋	叶片彈簧: 5158, 淬火, 後在 750°F 回火, 達 H_B 415~461, 扭力試棒, 5160H, 淬火, 650~700°F 回火達 H_B 447~532
E	珠光體可鍛鑄鐵, 空淬, 回火到 H_B 217~243	1141, 在 1550~1575°F 常化處理, 空冷到 H_B 180~228	1117 棒, 滲碳, 在爐中進行淬火, 再回火, 滲層深度為 0.030~0.040 吋	4520, 滲碳, 油淬再回火, 最低硬度為 R_C 60, 滲層深度為 0.040~0.050 吋	8620, 滲碳, 淬火, 回火, 滲層深度為 0.040~0.050 吋	卷繞彈簧: 9260, 油淬, 再回火到 H_B 441~514, 然後經彈丸噴射處理
F	1145, 水淬, 回火到 H_B 229~269	1141, 油淬, 回火到 H_B 299~269	1118 棒, 1675°F 碳氮共滲, 油淬, 400°F 回火, 滲層深度為 0.030~0.040 吋	4118, 在 1675°F 滲碳, 冷到 1500°F 油淬, 再 380°F 回火, 滲層深度 0.040~0.050 吋	4027, 1700°F 滲碳, 油淬, 375~400°F 回火, 最低硬度為 R_C 58, 滲層深度 0.035~0.045 吋	卷繞彈簧: 9260, 卷繞後再從 1650°F 油淬, 回火到 H_B 444~514
G	珠光體可鍛鑄鐵 (ASTM 60036), 空淬, 回火到 H_B 217~269	1045, 淬火, 回火到 H_B 187~229	1118 棒, 在 1550°F 碳氮共滲, 油淬後在 400°F 回火, 滲層深度為 0.030~0.040 吋	4118, 在 1650°F 滲碳, 油淬, 再在 300°F 回火, 滲層深度為 0.040~0.050 吋	4027, 在 1650°F 滲碳, 油淬後在 375~400°F 回火, 滲層深度為 0.035~0.040 吋	卷繞彈簧: 9260, 油淬後在 900°F 回火達 H_B 444~514, 再經彈丸噴射處理

(或1粒)

卡 車	曲 軸	連 杆	活 塞 銷	環 形 齒 輪 和 星 形 內 輪	差 速 器 輪	懸 挂 系 統
A	1046, 淬火, 回火到 H_B 197~285	4137, 淬火, 回火到 H_B 217~255	5015 或 8620 棒, 在 1700°F 渗碳, 淬火, 回火, 在 $350^{\circ}\sim 375^{\circ}\text{F}$ 回火, 渗层深度为 $0.024\sim 0.032$ 吋	8620, 在 1700°F 渗碳, 淬火, 再在 $350^{\circ}\sim 375^{\circ}\text{F}$ 回火, 渗层深度为 $0.060\sim 0.070$ 吋	8620, 在 1700°F 渗碳, 淬火, 回火, 最低硬度达 R_C 60, 渗层深度为 $0.040\sim 0.050$ 吋	叶片彈簧: 5100 或 4063, 淬火, 回火, 回火到 H_B 444~477
B	1046, 淬火, 回火到 H_B 229~269	1041, 淬火, 回火到 H_B 228~269	1016 棒, 渗碳, 淬火, 回火, 最低硬度达 R_C 60, 渗层深度为 $0.020\sim 0.030$ 吋	4422, 1700°F 渗碳, 回火, 回火到 R_C 60, 渗层深度为 $0.040\sim 0.050$ 吋	4027, 渗碳, 淬火, 回火, 最低硬度达 R_C 60, 渗层深度为 $0.040\sim 0.050$ 吋	叶片彈簧: 5160, 淬火, 再在 750°F 回火, 回火到 H_B 444~477
C	1046, 淬火, 回火到 H_B 223~263	1141, 淬火, 回火到 H_B 212~241	1016 或 1018 棒, 1700°F 渗碳, 淬火, 回火, 回火到 R_C 61~65, 渗层深度为 $0.030\sim 0.040$ 吋	8620, 94B17, 4817, 94B20, 或 66201, 在 1700°F 渗碳, 淬火, 回火, 回火到 R_C 61~65, 渗层深度为 $0.070\sim 0.090$ 吋	8620, 1700°F 渗碳, 淬火, 回火, 回火到 R_C 58~63, 渗层深度为 $0.035\sim 0.045$ 吋	5160, 淬火, 回火, 回火到 H_B 375~445
D	1048, 淬火, 回火到 H_B 248~293 4142, 淬火, 回火到 H_B 285~321	1038, 淬火, 回火到 H_B 217~269 5135, 淬火, 回火到 H_B 223~262	1016, 渗碳, 淬火, 回火, 回火到 R_C 58~65, 渗层深度为 $0.030\sim 0.045$ 吋	环齿輪: 8622, 8625, 在 1700°F 渗碳, 从 1625°F 分级淬火, 回火到 R_C 57~63, 小齿輪: 8622 和 4830 在 1700°F 渗碳, 对于 4820 从 1525°F 分级淬火, 回火到 R_C 57~63	8622, 在 1700°F 渗碳, 从 1625°F 分级淬火, 回火到 R_C 57~63, 渗层深度为 $0.040\sim 0.050$ 吋	叶片彈簧: 5160, 淬火, 回火, 回火到 H_B 375~445
拖拉机 A	1046, 淬火, 回火到 H_B 248~285	1040, 淬火, 回火到 H_B 217~209	1018 或 5120 棒, 1700°F 渗碳, 再加热, 淬火, 回火, 渗层深度为 $0.030\sim 0.040$ 吋	8822 或 8622, 1700°F 渗碳, 再加热, 淬火, 回火, 渗层深度为 $0.070\sim 0.090$ 吋	8620 或 8622, 在 1700°F 渗碳, 冷到 1500°F 淬火, 回火, 渗层深度为 $0.040\sim 0.060$ 吋	叶片彈簧: 50B80 或 51B80, 淬火, 回火, 回火到 R_C 40~45
B	1046, 淬火, 回火到 H_B 220	1041, 淬火, 回火到 H_B 302	1018, 渗碳, 再加热, 淬火, 回火, 渗层深度可以有所改变	8822 或 8730, 渗碳, 再加热, 淬火, 回火, 在 300°F 回火, 渗层深度可变。	8822 或 8730, 渗碳, 再加热, 淬火, 回火, 渗层深度可变。	
C	1046, 淬火, 回火到 H_B 241~280	1041, 淬火, 回火到 H_B 241~286	1019 或 1117 棒, 渗碳, 淬火, 回火, 最低硬度达 R_C 56, 渗层深度为 $0.035\sim 0.045$ 吋	环齿輪: 8620, 渗碳, 淬火, 再加热, 淬火, 回火, 回火, 最低硬度为 R_C 60, 小齿輪: 8620, 淬火, 回火, 回火, 最低硬度 R_C 60, 渗层深度为 $0.045\sim 0.055$ 吋	5140, 碳氮共渗, 渗层深度 $0.005\sim 0.011$ 吋 8630, 渗碳, 淬火, 回火, 渗层深度为 $0.030\sim 0.040$ 吋	

	曲 軸	連 杆	活 塞 銷	環 形 齒 輪 和 星 形 齒 輪	差 速 器 輪	懸 挂 系 統
D	1046, 淬火, 回火, 1041, 淬火, 回火到 H_B 248~277; H_B 207~241	8617 或 8630 棒, 1700°F 滲碳, 緩冷, 再加熱到 1550°F, 淬火, 回火到 R_C 58~69, 滲層深度為壁厚的 1/6	8620 或 8627, 在 1700°F 滲碳, 淬火, 350°F 回火, 到 R_C 58~68, 滲層厚度	與環形齒輪、小齒輪相同,	叶片彈簧: 50H60 或 51C0	

* 每柱中, A、B、C... 等表示不同的汽車卡車和拖拉機的製造廠家。它們採用的鋼種, 除特別說明外, 均代表 AISI-S. A. E 標準鋼種, 零件製造而成。
† 成分分析如下: 0.22~0.29% C, 0.45~0.70% Mn, 0.70~1.00% Ni, 0.15~0.25% Mo
‡ 軸頸表面在熱處理後進行感應硬化處理。
§ 滲層深度: 8622: 0.031~0.047 吋; 8625: 0.047~0.063 吋; 4820: 0.04~0.076 吋。

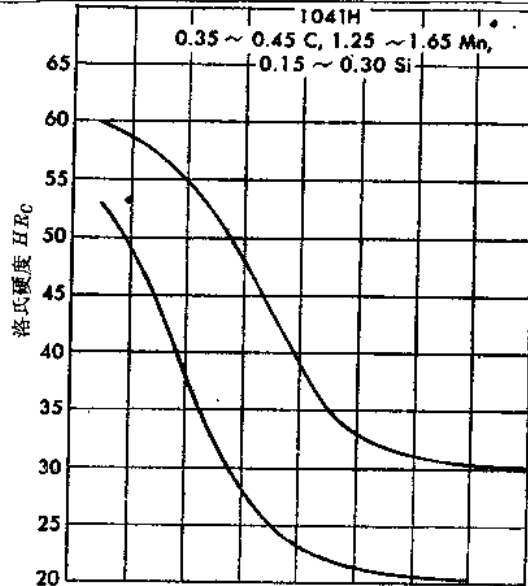
	* A	B	C
履 片	1050, 滾制成形, 淬火, 回火到 H_B 250, 頂尖: 硬化, 回火到 R_C 43~50	1040, 滾制成形, 淬火, 回火到 H_B 229~302, 頂尖: 硬化, 回火到 H_B 341~429	1045, 淬火, 回火到 R_C 32~35
軟 鏈	1041, 1043 或 1046, 淬火, 回火到 R_C 25~32, 軌道表面: 感應硬化到 R_C 50~58	1042, 淬火, 回火到 H_B 229~302, 軌道表面: 感應硬化到 R_C 55(最低值)	1045, 淬火, 回火到 R_C 40~45
銷 子	1045, 感應硬化到 R_C 60~66	1055, 感應硬化最低值為 R_C 55	1050, 感應硬化, 最低硬度在表面為 R_C 60, $\frac{1}{8}$ 吋深度處則為 R_C 40
軸 衬	1018 或 1028, 滲碳, 表面淬火, 如此種時: 保留之熱量能回火其表面達 R_C 60~68 之硬度, 滲層厚度: 0.070~0.090 吋	1019 無縫鋼管, 滲碳, 淬火, 再回火, 最低硬度達 R_C 58, 滲層厚度為 0.063~0.073 吋	1018, 無縫鋼管, 滲碳, 淬火, 回火到最低硬度 R_C 60, 滲層厚度 0.063~0.080 吋以及 0.095~0.110 吋
鏈 輪	鑄鋼 (0.40~0.50% C) 淬火或火焠硬化, 齒部: R_C 45~55	鑄鋼 (0.40~0.50% C), 齒部, 火焠硬化, 回火後達 R_C 45~55	鑄鋼 (0.40% C, 0.70% Cr), 淬火, 回火到 H_B 241~302, 齒部: 感應硬化到 R_C 50~55
惰 輪	鑄鋼 (0.40~0.50% C) 軸頸, 感應硬化到 R_C 45~52	鑄鋼 (0.40~0.50% C) 軸頸: 火焠硬化, 回火後達 R_C 45~55	鑄鋼 (0.40% C) 軸頸: 感應硬化, 最低硬度表面: R_C 50, $\frac{1}{8}$ 吋深度處: R_C 40
履帶滾子	1043, 1045 或 1049, 軸頸或經淬火, 回火處理, 或經感應硬化達 R_C 52~60	1040, 軸頸, 感應硬化, 最低硬度達 R_C 47, 表面厚度 $\frac{3}{16}$ 吋	1045, 淬火, 回火, 最低硬度表面為 R_C 52, $\frac{1}{8}$ 吋深度處為 R_C 45, 採用加歇淬火, 以使殘留之熱量使零件經受回火
支持滾子	滾冷合金鑄鐵, 邊緣 R_C 42~60, 或 1049, 邊緣: R_C 52~60	灰口鐵鑄件, H_B 197~241	1045, 感應加熱及淬火以硬化邊緣: 硬度最低值表面為 R_C 55, $\frac{1}{8}$ 吋深度處 R_C 40, 從控制殘留的熱量使零件得以回火

* A、B、C 代表三個主要的履帶拖拉機製造廠。

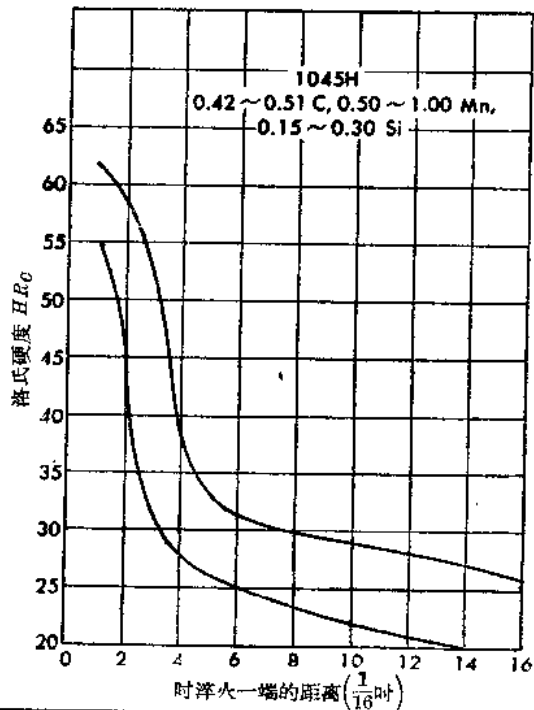
表 3

淬 火	棒 内 位 置	与 該 淬 火 状 态 硬 度 相 应 之 鋼 棒 直 徑						
緩速水淬	表面	3.8						
	距中心 3/4 半徑处	1.1	2.0	2.9	3.8	4.8	5.8	6.7
	中心	0.7	1.2	1.6	2.0	2.4	2.8	3.2
緩速油淬	表面	0.8	1.8	2.5	3.0	3.4	3.8	
	距中心 3/4 半徑处	0.5	1.0	1.5	2.0	2.4	2.8	3.2
	中心	0.2	0.6	1.0	1.4	1.7	2.0	2.4

指 定 位 置 的 硬 度 值		
距淬火端距离 以 $\frac{1}{16}$ 吋表示	1041H	
	最 大 值	最 小 值
1	60	53
1.5	59	52
2	59	50
2.5	58	47
3	57	44
3.5	56	41
4	55	38
4.5	53	35
5	52	32
5.5	50	29
6	48	27
6.5	46	26
7	44	25
7.5	41	24
8	39	23
10	33	22
12	32	21
14	31	20
16	30	—



指 定 位 置 的 硬 度 值		
距淬火端距离 以 $\frac{1}{16}$ 吋表示	1045H	
	最 大 值	最 小 值
1	62	55
1.5	61	52
2	59	42
2.5	56	34
3	52	31
3.5	46	29
4	38	28
4.5	34	27
5	33	26
5.5	32	26
6	32	25
6.5	31	25
7	31	25
7.5	30	24
8	30	24
10	29	22
12	28	21
14	27	20
16	26	—



經濟核算的复杂化

有时为了考虑一种在經濟上有潜力可挖的材料或方法,但結果却由于所需設備耗費太大而棄之不用。这一点在汽車曲軸材料种类的數目上可以反映出来,表1列出了四种不同的選擇:珠光体可鍛鑄鉄,球墨鑄鉄,1046 鋼和 1145 鋼。

很自然地會出現這樣的問題:制造同类型、同作用零件,为什么在材料和操作上会有这些变化?答案并不一致。例如:某公司采用鍛造曲軸的主要原因是利用現有的加工設備,但这并不意味着牺牲零件的质量。1046 和 1145 中碳鋼作为卡車、拖拉机以及客車上的鍛造曲軸材料,淬透性及抗拉强度等是很合适的。应用鍛造时,除两种情况外(參看附表 1) 1046 均为較好采用的鋼种。但对卡車和拖拉机上大多鍛造曲軸,由于它們在使用中一般受到較大的应力,似乎应給予附加处理,即机械加工后,軸端表面为了有更高的耐腐性能而进行感應硬化。常常为使其具有更大的疲勞强度,这些地方还經受彈丸打击处理。

鋼种多——工序少

制造汽車上重要結構部件有許多种碳鋼和低合金鋼,然而材料的热处理方法一般只有两种。表1指出,所有零件或是簡單淬火、回火处理,或是滲碳后直接淬火。热处理零件如曲軸、連杆,常常在足够高的温度下回火,以产生易于机械加工的組織結構,这样就由于軸端表面可以迅速地加工到适当尺寸而降低了生产成本。

下列情况需加以注意:汽車上需要滲碳的零件,特别是輪环齒輪以及傳動齒輪等,大部分由低合金鋼如 8620 和 4027 制成,滲碳以后直接淬火,一般所需唯一的附加处理是 $300 \sim 350^{\circ}\text{F}$ 作去除应力处理,以使淬火所引起的应力減至所允許的數值。齒輪一般淬于油中以使畸變減至最少限度,有时也使用分級淬火。圖2指出,由 5040 制成的自动傳動所用之短軸,在机械化的連續生產綫中进行分級淬火和回火,而达到 $H_{RC} 38 \sim 40$ 的硬度。由于分級淬火所得的畸變極小,因此軸件便可在处理之前进行精密加工。

連杆用鋼

表1指出,客車和卡車上的連杆一般由中碳鋼鍛造而成,某制造厂对卡車上負荷較重的連杆采用



螺旋傘齒輪

圓錐齒輪



曲 軸
1046 鋼鍛成



拖拉机上的履帶

单含鉍的合金鋼

某客車制造厂广泛地使用了鉍合金鋼,特別应用于需經滲碳处理的零件,如齒輪。这种做法的理由首先是,原始材料本身的經濟性是一項重要因素——4023, 4027 在已知的滲碳合金鋼中认为是最經濟的;其次,这两种合金鋼还具有极好的机械加工性。如使用 4024, 4025, 还可以进一步改进其加工性,因为这两种鋼都是高碳級的易切制鋼。除这些优点外,鉍鋼还具有好的淬透性,例如,为了重負荷应用而发展的 4422 鋼已經成功地代替了 8620、4720 和 4020 鋼。

了4137 铬钼钢,使获得的强度有所增加,另外取为了机械加工性而用 1139 之钨高碳钼钢。

两种适用的钢材 1041 和 1141 的含碳量均定为 1.5%,以满足淬火、回火处理时给予足够硬化所需要的淬透性。某制造厂用 1141 钢制成连杆,锻造后进行正火而得到适当的强度。这样可节约更细致的热处理所附加的费用。1141 钢是易切削钢,因而也就有利于机械加工。



图1 汽车曲轴之最后机械加工工序——
轴颈表面在自动机上进行精磨。曲轴
是由锻铁或锻钢制成。

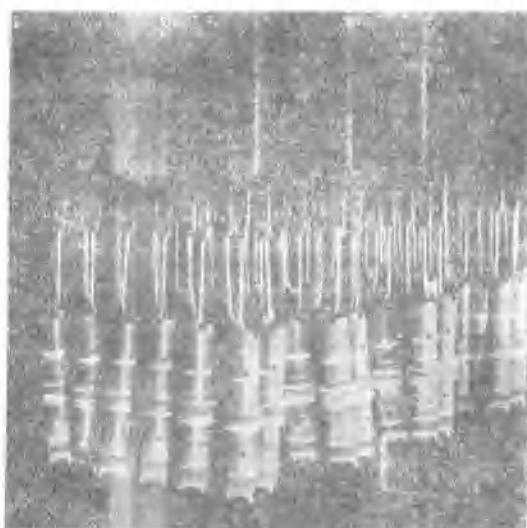


图2 5040 制成的短轴在自动化的盐槽生
产线中进行分段淬火。略变小,这些轴
能在硬化前进行精加工。

活塞销——体积小、强度高

表1中活塞销,如图3所示,这些活塞销是中空钢管,連結活塞与连杆。引擎工作时,活塞销既受到磨损又受到疲劳。为了得到所需的耐磨能力和适当

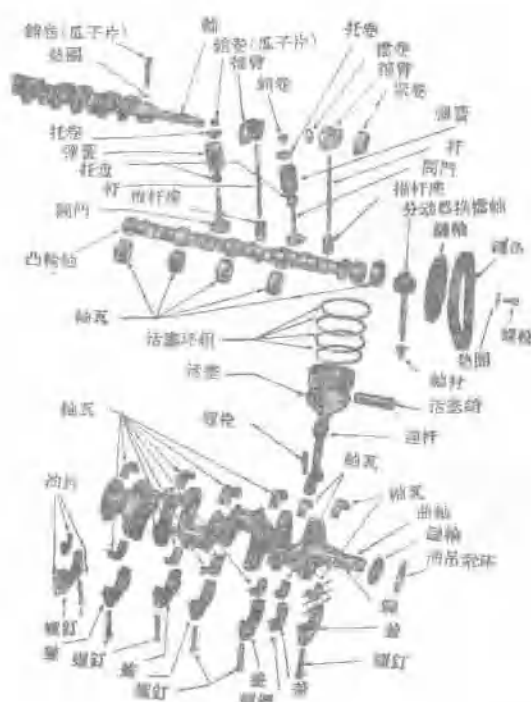


图3 汽车引擎内部零件间的关系图
注意气门弹簧,曲轴、连杆和活塞销的位置。

的疲劳寿命,活塞销通常均经渗碳、淬火、回火达 $R_c 60$ 的硬度。

制造耐用的活塞销有许多方法,例如某些是由冷挤压而不是从棒料机械加工而成(典型钢材为 1016, 1018 和 5015)。据说这种方法材料消耗极少(否则便有切屑损耗)。某制造厂还报道了由冷挤压钢制成的活塞销具有稍高的疲劳抗力。

另一工艺则使用无缝钢管(通常用 1016 钢)经渗碳处理,淬于盐水中并回火到 $R_c 60$ 。虽然,材料和机械加工费用节约了,但这一做法还有一个缺点:由于无缝钢管壁厚的变化,使获得均匀一致渗碳深度有所困难。例如:在管壁太薄的区域,销子就能完全穿透。因而就会得到脆而不符标准的活塞销。

齿轮用钢

谈到齿轮用钢,不妨引述美国金属学会出版的《金属手册》(1961 年版 209 页)中的话:“齿轮淬火时,畸变必须尽可能低,因而常常是油淬的,通常均采用合金钢。广泛应用的低合金钢如 4023, 5120H, 4118, 5620H 和 4620, 含碳量在 0.15~0.25%。一般是比较疏忽的。后者两种合金钢是主要选择对象,因为这两种钢在所有使用场合下都是可靠的。”

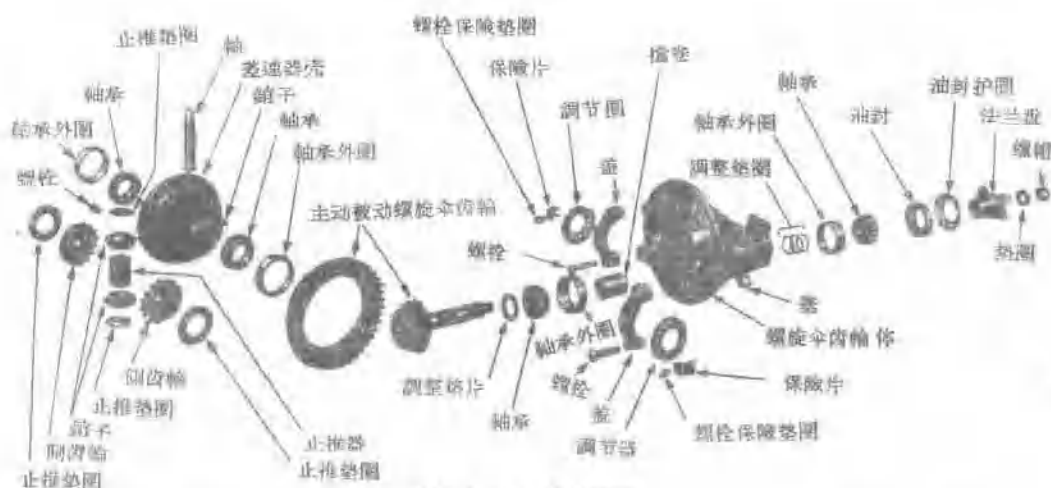


图4 汽车后半轴装配图

注意该装配中主动、被动螺旋伞齿轮及一些主要承受应力的零件之位置。这些零件使用某种类的低合金钢。

表1指出轮环和行星齿轮(参看图4,用于差速器系)或常啮合齿轮(为传递输系所用)能由多种钢材制成。客车、卡车和拖拉机制造厂在选择低合金钢时这些钢均含有0.2~0.3% C(仅有一种0.4% C钢用于传递齿轮,但经碳氮共渗处理)。所有由这些钢制成的齿轮均经渗碳处理,以产生齿轮所必须具有的坚硬和耐磨的表层。看来,最为通用的钢种是8620,特别适用于卡车和拖拉机上的齿轮。4027, 4520、S622和S720钢也在应用之列。

某客车制造厂认为:假如钢材具有所需之淬透性,则无论由哪种钢制成的齿轮均为合用。如拖拉机部件上的齿轮,表层需能承受重负荷,故必须考虑到表层淬透性。某厂总工程师说:“由于表层淬透性的不足,渗碳达0.1吋时,硬化层仅为0.03吋($R_c 50$ 以上),这样确实不够理想。”如有必要,这一性质可通过渗碳试样的端淬试验而作出定量的决定。

拖拉机齿轮的再次奥氏体化

卡车、客车制造厂和履带式拖拉机制造厂所使用的热处理方法上有明显的差别。一般前者可由渗碳,直接淬火和回火处理以生产适用的齿轮。而拖拉机制造厂由于他们的产品有某些较高使用要求,通常认为在渗碳和冷却以后还需要再次将齿轮奥氏体化。淬火回火后将产生强而韧的心部和硬而耐磨的表层。再者,由于其表层的压应力,因而也具有优良的疲劳寿命。

同样,拖拉机齿轮必须经受较大的磨损和较高的应力;其渗层深度一般比汽车里较厚。某制造厂

对齿轮设计了大约60,000 磅/吋²的弯曲应力,从而才有合适的寿命。该公司的工程师也为渗层深度作出适当的标准,其渗层厚度应为横截面的1/6,即渗层占1/3,心部占1/3。

下列程序是制造轮环和行星齿轮所经常采用的:锻造后的齿轮坯进行周期退火以产生适合于机械加工的組織结构,然后切齿,再进行渗碳,炉冷到1500°F,油淬火后进行回火,最低硬度为 $R_c 60$ 。对于有内齿的,最后的加工步骤是把切有螺纹的一端再回火到 $R_c 40$ 。

閥門彈簧的重要性

閥門彈簧首先必須具有疲勞強度的性質,以防止使用期間所受到的無數次撓曲。鑑於這種使用場合,汽車製造廠用碳鋼(含碳量在0.60~0.75%)來製造彈簧,這種碳鋼或經變性、回火處理,或用鉛浴火再視金屬絲的直徑,而在210,000和250,000磅/平方吋的拉伸強度間進行冷拉。

依照通常慣例,材料工程師應對用作閥門彈簧質量的金屬材料列出規格。這些金屬材料所必須具有的最小斷面收縮率(除上述性質外)為45%,同時“必須沒有如發裂、凹坑、拉絲痕痕、拉傷痕跡以及另外一些足以損害彈簧疲勞值的缺陷”。為了增加疲勞壽命,彈簧通常在熱處理後經受彈丸噴射處理,以使表面預存壓應力。

懸挂系統複雜性的差異

汽車的懸挂系統一般使用葉片彈簧和卷繞彈簧

(也采用扭力棒)。这些零件可由许多钢种制成,然而汽车制造厂均一致采用合金钢,而以 5160 钢使用最为广泛。至于从成本和工程观点来看,这些钢中究竟何者最好,看法各异。

取 5160 和 9260 作一比较,前者比较便宜,后者所需要的体积较小。换句话说,用 9260 制成的弹簧,如用 5160 制造时,必须具有较大的长度和直径,才能达到与 9260 弹簧相同的疲劳强度和稳定性。

对于叶片弹簧和卷绕弹簧,合金钢因其淬透性较好而比碳钢更受欢迎。这是因为弹簧应在整个截面上都达到均匀硬化,而对于碳钢的淬透性来说,这些截面一般都嫌太大。再者,硬化时所用的加热方法同样地用于卷绕中(弹簧在加热状态进行卷绕然后淬火)。一般,合金钢的转化迟滞性能保证其在卷绕操作中不致发生相变。

合金弹簧钢总是经硬化、回火而达弹簧硬度(H_B 401~514 间)。与阀门弹簧的情况一样,悬挂系统的弹簧为了增加其疲劳强度也需经弹丸冲击处理。

一般说,拖拉机不象客车、卡车那样,它没有悬挂系统,而多数的大型履带拖拉机均有重型叶片弹簧和一个大的卷绕弹簧(通常称为“再卷绕”(Recoil)弹簧),用以使履带绷紧,且能经受在使用中可能遇到的任何震动。这些卷绕弹簧必须严格地符合关于机械性质和表面质量的标准,须经热处理而达弹簧硬度 R_C 40~45。1080、1096、S660 和 4160 等型号的钢材,能够给予满意的使用性能。

客车、卡车和拖拉机的转向装置各为不同,例如:客车和卡车均藉相似类型的转向齿轮而转向,但客车象多数卡车那样,它没有坚实的前轴,在客车中每个前轮通过短振动臂和球形双头螺栓单独被连接到构架上,卡车则需通过大王销将转向钩爪联结到前轴。

正如选择汽车设备上其他热处理零件的钢材一样,可以用于转向钩爪和大王销的钢材也是多种多样的,例如前者可由 1340、1345、1046、S640 和 S645 锻造而成,通常需经奥氏体化,淬火并回火达 H_B 217~341 的硬度范围,硬度值取决于使用中必须抗受的应力。某汽车制造厂对 1340 钢已经使用了 20 年,但由于汽车重量增加,转向钩爪的大小也得增加,终于不得不提高其淬透性。因此,这家制造厂发现对于较大的截面必须采用 1345。这种钢具有较高硬化的潜力,而其成本则与 1340 相同。由于转向钩

爪的内圆角在使用中需要抗受最高的应力,另一汽车制造厂就使用感应硬化处理,局部的硬化该轴承圆角部位。

卡车上的大王销可由 8622、S617、4120、3120、1050、4615 和 S615 中任一种制成,那些由 1050 制成的大王销经感应硬化处理(最低硬度值达 R_C 60),由低碳钢制成的大王销则经渗碳、淬火和回火而达 R_C 60 的硬度。处理的方法也有所不同,例如有使用分级淬火方法,8622 大王销则经渗碳、淬火、回火而达 R_C 57~63(渗层深度为 0.026~0.048 吋),而一般也用 4615 钢锻造后将大王销渗碳,降温到 1550°F,然后再淬于油中并在 325°F 回火。

履带拖拉机的转向

仅就运动方法以及转向装置而论,履带拖拉机在某种意义上是自成一系的。拖拉机因在钢板串联起来的履带上运行,所以在转向时,需将一边的履带停止而另一边继续运转。

装配履带时,履片由螺栓紧固于连杆上,而连杆则由销子和轴衬相互绞链着。履带运转时,它是由链轮带动而由惰轮和滚柱支撑着的。装配成的履带及其辅助设备乃是钢材应用和热处理中的一个关键问题。这是因为所有零件均暴露于外面,受到各种气候和磨损的影响,而大多时间是在极大的应力下工作的。

表 2 列出了装配履带部件所用的钢材及热处理程序,该表指出,所有的钢材多为中碳钢,并广泛使用感应硬化。某厂还报道了能在淬火后省去回火处理。他们的办法是代之以“间歇”淬火(如惰轮、链轮),即表面经淬火处理,而当中心之热量足以使硬化的表面回火时即停止淬火。当然这些操作需要非常精确计时,并很好地控制材料淬透性的变化。基于这些理由,某些制造厂宁可采用合金钢,因为使用通常的淬火、回火处理是比较简单和便宜的。

某厂认为制造履片,绞链和销子的中碳钢 1040、1050 甚为可靠。履片由热轧料制成是比较经济的。加工时,先将料轧制成履片纵向的截面外形,然后按照履片的规格加以切割。履片一般均经奥氏体化,淬火,回火到一定硬度,从而使其既具有耐磨性又具有韧性(某厂对于 1045 履片采用 R_C 32~35 的硬度范围)。尖突(凸出于履片上,当拖拉机工作时挖进土中的凸出顶尖)一般经火焰淬火或感应硬化到 R_C 45~50,因为它们受到比履片的其他部分还要大的磨损。

感应回火

某制造厂将淬火后的履片进行感应回火,在处理这些由 1050 制成的履片,感应加热应施加于其接触铤链的那一边上。这时要严格控制时间,以使另一边不致达到同样温度。采用这种方法可以使另一边(接触地面的一边)达到更高的抗磨损硬度。处理后,尖突部分还需经感应硬化和淬火到 $H_c 43 \sim 50$, 以使其具有更高的耐磨性。

铤链和销子也受到极大的磨损和极高的温度。在处理这些重要项目时,也和处理履片一样,广泛地使用了感应硬化工艺。有一家制造厂应用 1335 高锰钢制造铤链,过多的锰(1.45~2.05%)使钢具有与含碳量较高的中碳钢相当的淬透性。履带铤衬不同于履片、铤链和销子,他们在与铤链接触时,受到更多的磨损,因而需要表面硬化。表 2 所示,拖拉机制造厂大多使用 1018 钢(有的使用无锰钢管,有的则冷挤压其铤衬)。铤衬经渗碳、淬火和回火而被硬化。在某种情形下,回火操作可由于采用间歇淬火于盐水中而省去,例如:铤衬就是这样,在温度还十分高时便从淬火剂中拉出,余留的热便使其表面得以回火。

铤链和惰链一般由铸钢(含碳量 0.4~0.5%)制成,不过某厂也采用 1035 钢的链圈焊接而成。为了耐磨,该两部件表面均经硬化。铤链齿也可以象惰链链销那样,由火焰或感应硬化进行硬化处理。铤链和惰链的硬化处理也常使用间歇淬火,利用余留的热量将已淬的表面加以回火,假如时间控制得适当,则回火便不需要另外加热。

底滚子用来引导和支持介于铤链和惰链之间的轨道,是由含碳 0.35~0.45% 的钢制成,各厂对其含碳量的规定不尽相同。底滚子的边缘经常受到履带的磨损,因此表面也需经加热淬火,其淬火方法与惰链颇为相似。

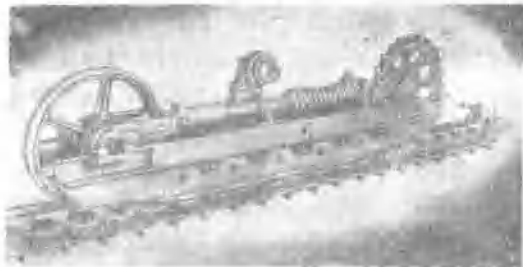


图 5 履带式拖拉机的履带

拖拉机制造厂也有采用碳钢来制作高应力轴的,这些零件形状和截面相当固定时,常常可以采用中碳钢(如 1030, 1040 或 1045)经感应硬化而制成。

展 望

增加发动机功率是一个肯定的趋向。增加功率一般并不设计较大发动机的办法,而是提高发动机速度或附加增压器完成的。因此就需要用更强而耐热的材料,以抗受所增加的应力和温度。

钢的纯洁这一性质必须受到钢材制造部门更多的注意。这可能意味着对真空去气钢的兴趣增加了。这种钢材到现在为止,主要用作重负荷锻件(例如模块,汽轮机转子)。某汽车制造厂的总工程师认为:“铸造生产者正在进行以铸代锻的工作,这已经不足为奇。如不久前由低性能铸铁所制成的连杆和其他类似的零件。

另一冶金总工程师说:“对于钢的强度特性,我们希望得到更全面的了解;与此同时还需(通过实验应力分析)对一定使用场合下所需要的强度大小和种类可以作出更明确的决定。工程力学和冶金工程应该更加积极地结合起来。”

(姚守芳、徐捷摘译自《Metal Progress》Vol. 80, No. 4, 1961, 68~76 页 顾克峰校)

专用閥門材料及其強化

Herbert Stein

閥門的应力,尤其是內燃机排气閥門应力,既高而又复杂。机械上应力显然是属于交变应力外,还承受着热应力及化学作用,尤以閥盘及閥座处为甚。对于閥杆要求耐磨及抗撞击强度。此外,閥必須通过閥杆及閥門导管将热引至冷却剂中。进气閥則由于受到新气体的持續冷却,其温度大大地較排气閥为低,因此对于其所用的鋼,在耐热、耐腐蝕及导热方面的要求并不甚高。以下主要論述应力特別高的排气閥門。

閥門材料的要求

从发动机发动角度提出下列閥門理想材料:

- (1) 高的机械强度,尤其在交变負荷时。
- (2) 在温度达 $700\sim 800^{\circ}\text{C}$ 下持有高热强度。
- (3) 对燃燒生成物有良好耐腐蝕性能,高温下亦然。
- (4) 良好的导热性。
- (5) 足够的淬硬性,使杆端能获得較高的抗撞击强度。

(6) 在超过最高工作温度时的回火稳定性。

(7) 在經常潤滑不足条件下閥門导管有良好滑動性。

显然,不可能仅由一种材料理想地来完全滿足这些部分抵触的要求。因此不得不采取以按通常的应力情况找出最佳材料的折衷办法。

常用閥門鋼及其性能

表 1 为在閥門制造中按照不同使用目的所造的 7 种閥門鋼种。这些鋼种,目前在汽車发动机制造上是最常用的,但仅作某些微小变动,亦适用于其他发动机。

CK 45 和 37 Mn Si 5 非合金結構一般仅用于低負荷的进气閥門,由于其淬硬性优良,价格低廉,因此仍然使用得很多。由于发动机功率提高后,汽缸头的温度亦相应上升,因此进气閥門亦有采用 X45 Cr Si 9 鉻-硅鋼的明显趋势。

那种原来作为排气閥門用的标准材料通常只有在閥座面再經過強化后才用于 Otto 发动机上的排

表 1 閥門鋼材

号数	牌 号	C %	Si %	Mn %	Cr %	Ni %	其他成份 %	抗拉强度 公斤/毫米 ²	杆端最低硬度 H _{RC}	符 合 要 求		附 注
										是	否	
1	CK 45	0.45	0.25	0.65	—	—	—	80~95	52	1, 4, 5, 7	2, 3, 6	用于低負荷进气閥門
2	37 Mn Si 5	0.37	1.25	1.20	—	—	—	90~105	52	1, 4, 5, 7	2, 3, 6	用于低負荷进气閥門, 热强度較 1 稍优
3	X45 Cr Si 9	0.45	3.00	0.45	9.0	—	—	90~105	56	1, 4, 5, 6, 7	2, 3	負荷不太高的排气閥門及高負荷的进气閥門的标准材料
4	X80 Cr Ni Si 20	0.80	2.25	—	20.0	1.50	—	100~118	56	1, 4, 5, 6, 7	2, 3	标准材料(特別在英国)用于受中等应力的排气閥上
5	X85 Cr Mo V 193	0.85	—	1.25	19.0	—	2.45Mo 0.50V	100~120	50	1, 3, 4, 5, 6, 7	2	用于強化及不強化的高負荷进气閥門
6	X45 Cr Ni W 189	0.45	2.50	1.00	18.0	9.0	1.0W	80~95	—	1, 2, 3, 6	4, 5, 7	高热强度及耐腐性的奧氏体鋼
7	21-4 NS	0.50	0.30	9.00	21.0	4.0	0.4N ₂	100~120	34	1, 2, 3, 6	4, 5, 7	奧氏体渗氮鋼, 最高热强度及較高耐腐性

气阀,其不加强者即用于负荷不太高的柴油机的排气阀。

合金较高的 X50 Cr Si 20 铈-硅钢由于热强度及耐腐蚀性较高,适用于 Otto 发动机及柴油发动机排气阀(特别在英国和法国)。

德国对于 Otto 发动机的排气阀采用 X55 Cr Mo V 103 钢,由于其热强度较高特别对于燃烧四乙基铅汽油的燃烧产物有特别高的耐腐蚀性。这种是由 ATE 机器及附件制造厂和 DEW 优质钢冶炼厂共同发展出来的特殊钢种,结合了对阀门钢所提的大部分要求,而常从热强度上超过奥氏体钢(表 1,第 6 及第 7 号)。这种钢的导热性极优,在杆端能足够坚硬 ($R_c 50 \sim 55$) 和在阀导管中有优良的滑动性,常用于承受极高应力的强化环状阀基体材料。

具有奥氏体钢-镍钢才能满足最高热强度的要求,可惜的是这项优点被一些缺点所淹没。这种钢的导热性极差,除了阀导管滑动性极坏外,全无淬硬性,或虽有而硬度极低。X45 Cr Ni W 189 奥氏体钢-镍钢虽有这些缺点,但在最高温度的应力下,不論阀座面强化与否,都作为排气阀材料。

这种钢由美国 Thompson Products 及 Armaco 等公司共同发展,用加氧及在降低含氧量下提高含铬及含锰量等方法得到进一步改进。这种市场上以 21-4NS 为标号的钢一般已成为目前具有最高热强度的阀门钢材。此外对于四乙基铅的燃烧产物有良好的耐腐蚀性。但可惜杆端的淬硬性往往不足,导热性和在阀导管内的滑动性亦未能达到第 1~5 号钢的数值。美国广泛地以之用于客车发动机上。它近来已排斥了在数年前还用得很多的、标号为 XCR、含碳约 2.75% 的阀门钢 X45 Cr Ni Mo 235,由于 21-4NS 钢的耐热强度及耐腐蚀性都较好之故。

鋼的組合及強化

大家知道,迄今還沒有一种符合全部要求的理想阀门钢,往往在优点的另一面也相应存在着缺点。但有很多通过特殊措施来抵销这些缺点的可能性。

1. 双金屬閥門

奥氏体钢的高耐热性与铁素体钢的优良淬硬性及滑动性能通过把一根铁素体钢的阀杆与一只奥氏体钢的阀片用对接焊接合起来。这两种钢用对接焊连接能很好掌握而无困难。但由于阀片用导热性很差的奥氏体钢所制成,所以铁素体钢良好的导热性仅部分地被利用。此外,由于工作起来耗时长,因此只有利于用于较大尺寸的阀门上。在德国由于加

强环状阀的优点,能使用这种阀门的范围是很小的。

2. 杆端的強化

奥氏体钢所制的较小阀门,在其杆端焊上强化材料,能很好地补偿其淬硬性之不足。表 2 中的 5 及 6 即为此种强化材料。XG 200 Cr 27 强化材料可使杆端的硬度达到 $R_c 50 \sim 55$ (图 1)。如必须有更高的硬度,则必须采用价格较高的 Stellite F,硬度可达到 $R_c 56 \sim 63$ 。此外还有可能把一小片工具钢与杆端用对接焊来接合,这样,最低硬度又可达到 $R_c 55$ 。



图 1 肩部淬火的阀杆

3. 閥座的強化

特别受着热应力、机械应力及化学作用等侵蚀的阀座都采用一系列表 2 所列许多镍、铬及钴基的合金来加强。这些加强材料在热硬度及耐腐蚀性方面说来,一般都认为是最好的阀门材料。使用这些强化材料后,就可能利用表 1 所列的第 3~5 号铁素体钢的优点(在杆端的淬硬性、良好的导热性及滑动性)并保证阀座面最高的热硬度及耐腐蚀性。在最高的机械应力及热应力下,则以表 1 中的 6 号奥氏体钢来作为加强环状阀的基体材料。

用 Stellite 6 加强能得到很好的热硬度和耐腐蚀性。它主要用于航空发动机及柴油机的排气阀门中,由于它的热硬度很高,肯定能防止对阀座的撞击陷入。

镍-铬基的强化材料特别对掺四乙基铅的汽油燃烧产物具有特别良好的耐腐蚀性。其在室温时的硬度较 Stellite 6 约低 $R_c 25 \sim 35$,但温度达到 700°C 时,硬度降低是相对地很小的,因此座上用镍强化磨损亦很少。在较长的高温工作时间内,亦由时效而硬度提高。

50% 镍及 20% 铬的镍铬基强化材料战前已在英国使用,以 Brightway 为名供应市场。德国流行的 Ni-60 是由 DEW 优质钢冶炼厂及 ATE 机器及附件制造厂共同发展的,含有 60% 镍及 15% 铬,与 Brightway 相比它在可焊性上经过改进。Ni 60

表2 强化材料

号数	牌 号	C %	Si %	Mn %	Fe %	Cr %	Ni %	W %	Co %	Mo %	硬 度 H_{15}	附 注
1	Brighton	0.25	最高 0.30	0.80	最高 1.0	20.0	剩余				25~30	适用于阀座及阀盘强化的镍基强化材料
2	Ni 60	0.45	4.5		剩余	15.0	60.0				26~33	对汽油橡胶乙基油有优良性能, 进一步扩展用于 Otto 发动机的阀座强化上
3	Stellite 6	1.15	1.90	最高 0.50	最高 3.0	28.0	最高 3.0	4.5	剩余	最高 1.0	40~45	高的热硬度及耐磨性, 主要用于航空发动机及柴油机
4	Eatonite	2.5				32.5	40	15	10			列在 1、2、3 之间的美国的强化材料
5	Ni 200 Cr 27	2.6			剩余	27.0					50~55	对奥氏体材料所制的阀, 强化其杆端用
6	Stellite	2.8				32.0		19.0	45.0		55~63	硬度要求较高的杆端强化

在德国汽车制造工业上使用极广, 汽车发动机的排气阀近乎 100% 都用这种材料强化。



过去



新

图2 阀座封面强化

表3 热强度(拉伸时间 20 分钟)公斤/毫米²

号数	牌 号	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C
1	OK 45	—	—	—	—	—
2	37 Mn Si 8	45	—	—	—	—
3	X45 Cr Si 9	79	55	27	11	7
4	X90 Cr Ni Si 20	—	60	25	14	6
5	X85 Cr Mo 193	—	55	40	25	10
6	X45 Cr Ni W 189	—	67	57	42	27
7	21-4NS	—	70	60	50	30

美国 Eaton 公司所发展的 Eatonite 强化材料因系镍基, 所以极耐四乙基铅, 并由加入铅而使热硬度提高。

4. 全阀盘面的全部强化

如果作为一般用途, 只须在阀封面上进行强化。但如将整个阀盘加上耐磨材料后则能用于特殊用途, 例如用于航空发动机和多燃料发动机上。这方面的材料几乎全部是镍基合金, 例如 NiMoNiCr 80a。

Brighton 或 Ni 60, 而通常都是以氧炔焰焊接的。由于成本很高, 强化材料本身亦很贵, 同时受焊接方法的条件限制, 至今这些阀门仅用于特殊的用途中。

内部冷却

奥氏体钢的不良导热性, 可以把阀杆及阀盘的局部制成中空而注入冷却剂的办法来补救。冷却剂通常用金属钠。它在 97°C 溶化, 因此除了其本身



图3 经过强化的阀封面

有极好的导热性外，还附加地通过热交换来传递热量。早时曾试用水银作为冷却剂，但由于其 13.6 的比重较钠的 1.0 比重为高，故又放弃。也曾以比重为 2.0 的钠汞合金作试验，但并不较纯钠为优。目前一般的内冷却阀门，所注入钠的量约为空腔的 60%。

内冷却的作用极大，因为在阀的危险部分（即阀盘及空心处）的最高温度可降低 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 。当然优良的去热还有赖于阀的导承，就是说，阀杆的直径不宜做得太小。

最近由 ATE 机器及附件制造厂所发展的空心锻造方法与以前所用空心钻制造空心阀门相比大为低廉，它使用在动力机车发动机上也显得很经济（图 3）。以前空心阀仅用于航空发动机及高功率载重车的发动机上，目前则已有 $8\sim 10$ 种带空心阀的发动机已成批地生产。

表面处理

改善耐腐蚀性可通过阀盘渗铝或镀陶瓷来办到。经火焰喷镀或浸入铝熔液中而镀在阀门上的铝，经退火扩散到阀门钢内，形成了一极薄的防腐蚀层。采用这种办法是为了能用渗铝的低合金钢代替高合金钢，在成本上带来一定好处。在多燃料发动机的阀盘上，对于未曾经过封面强化保护的那些部分来说，渗铝被用作附加的腐蚀保护以代替极昂贵的阀盘强化。

对于在阀门导管内滑动性不良的阀门钢大多可用阀杆镀铬的方法来补偿这种缺点。镀铬层使结合困难，因而可防止在阀上发生很危险的嵌附现象。可以采用镀层厚度为 10μ 的标准镀铬，也可用镀层 $30\sim 40\mu$ 厚的硬镀铬。但这样，阀杆及阀封面以后还需要经过精磨。

盘面上镀铬成为一种很好的防腐蚀法，但只有在 $200\sim 300\mu$ 的镀层厚度下才有意义。因此这方法非常昂贵，此外还须在镀铬前用 Stellite 强化阀封

面，因此仅用于航空发动机的制造中。

另一表面处理是阀杆（特别是奥氏体钢制者）表面的抛光。这样可使流动性能得到改善，使油碳垢附困难。

阀门材料的加工

阀门的锻造有决定性意义，它须达到一个均匀而良好的纤维方向。有两种方法适合这种要求。在电炉锻时坯料直径大约和阀杆直径相同。用电加热，同时进行顶锻，然后把顶锻过的坯料在模中成形，亦即阀盘被锻成最终形状。压挤时作为坯子的塞料直径约为所制阀盘直径的 $2/3$ ，这只塞料用感应加热，通过尺寸与阀杆直径相近似的挤压模压出阀杆，塞料的其余部分则用锻模使之成形。这样保证了整个阀材都得到完全锻造。

对于锻造亦连带着按照每一种钢的专门规定通过热处理进行调质。没有淬硬性的奥氏体钢也须进行热处理，尤其对美国 21-4NS 钢应正确地保持规定温度与时间，以获得最优良的组织。采用等温淬火使整只阀达到 $R_c 32\sim 38$ 的淬透硬度。表 1 所列的强度是属于调质状态。经过调质处理的阀紧接着加工完成后，在杆端及锥形面肩的局部处还需淬火以防止这些地方的磨损（图 1）。这可用火焰淬火或感应淬火来完成。

在进气阀上，为了防止阀座的被击陷入，对阀座进行感应淬火是有好处的。在此情况下，当然阀的最高操作温度不应超过有关阀门钢的回火稳定性。

结 论

由此可见对于目前承受高应力的阀，从寿命长、功效高的要求出发，只有采用最昂贵的阀门材料或采用不同材料的组合才能满足。

（王允元译自《M. T. Z.》Heft 10, 1960, 401~404 页 陈锡康校）