

〈冶金译丛〉

# 农业用钢



上海市科学技术编译馆

冶金譯丛  
农 业 用 钢

冶金譯丛編譯委员会

\*

上海市科学技术編譯館出版  
(上海南昌路59号)

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售  
商务印书館上海厂印刷

\*

开本 787×1092 1/16 印張 6 字數 184,000  
1963年12月第1版 1963年12月第1次印刷  
印数 1—2,000

編 号：6049·148  
定 价：0.80 元

## 前 言

农业现代化的内容非常广泛,包括农业机械化、化学化、电气化和水利化。

在耕作机械上需要大量耐磨耗的钢材,用来制造拖拉机的履带板,旋转耕作机的铧刀等等;在化肥设备中需要各种耐酸、耐碱不锈钢以及耐高温高压的钢材;在制造植物保护设备(包括喷雾器)中需要有价廉物美的防腐蚀钢材,以代替铜或铅;在用来代替木船的钢板船上,必须解决粪便对钢板的腐蚀问题;发电机、电动机的关键性材料则是硅钢片。

农业用钢的特点还在于需要的钢材品种繁多,例如,农业机械需要大量薄板,一台友谊牌联合收割机所用的钢材中,有42%是薄板;化肥设备中需要大量无缝钢管,从直径14×2毫米一直到529×20毫米的钢管就需55种。至于异形钢材更是名目很多,象在拖拉机上需要大型槽钢,履带板链轨带钢,椭圆形无缝钢管,梯形弹簧钢丝等;联合收割机上需要多种管板钢、曲折钢、T型钢、U型钢等;在机引犁上需要铧犁钢、矮腿工字钢、十字钢等等;在悬挂式机架上需要各种异型钢管、如方形钢管、矩形钢管、三角形钢管等。

农业用钢还是一个没有明确定义的专有名词,范围很广。我们向上海一些有关单位作了实际调查访问,最后确定了选题范围。限于编者水平,难免还有许多缺点,欢迎广大读者和专家提出宝贵意见和批评。

本辑由上海市冶金工业局钢铁研究所席与淦负责主编

1963年12月

## 目 录

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 鋼的選擇問題 .....                                | 1  |
| 如何更充分利用新鋼种 .....                            | 9  |
| 用于农业設備的延性鑄鉄鑄件 .....                         | 17 |
| 如何制造更好的拉制件和冲压件 .....                        | 21 |
| 为农业机械制造工业增产冷弯型钢 .....                       | 30 |
| 热轧經濟型材的生产与应用 .....                          | 33 |
| 閥門用材料的選擇标准 .....                            | 38 |
| 高温高压用閥門材料 .....                             | 44 |
| 連接件种类、材料及制造工艺 .....                         | 48 |
| 特殊鋼連接件用鋼材生产工艺 .....                         | 56 |
| 新的高强度滲碳鋼 17 CT 2 M—12 X 2 H 4 A 鋼的代用品 ..... | 62 |
| 德国的新滲氮方法 .....                              | 65 |
| 改善 65 I' 彈簧鋼的机械性能 .....                     | 70 |
| 鋼的性能对其冷頂鍛能力的影响 .....                        | 72 |
| 热轧工艺对深拉鋼板性能的影响 .....                        | 75 |
| 在橫向螺旋轧制圓形周期断面鋼材时出現缺陷的原因 .....               | 80 |
| 用 3 X 13 鋼制作螺旋彈簧 .....                      | 83 |
| X 12 $\Phi$ 1 鋼制組合鏵犁刀刃的轧制 .....             | 87 |
| 农业用的新型周期断面鏵犁扁鋼 .....                        | 90 |
| 周期断面鋼材半鎮靜鋼 Ct.5 HIC 的生产 .....               | 92 |
| 含碳低于 0.03% 的鉻鎳不銹鋼生产工艺 .....                 | 93 |

# 鋼的選擇問題

A. V. Francis

選擇鋼材，一方面要考慮到他的機械性能、物理性能和化學性能，另一方面還要考慮到使用條件，甚至要考慮特殊用途時所需的性質。各國都曾制訂了如何使用鋼的技術說明書，但我們仍試圖將鋼的品種及其性能列成表格，這樣，可能對應用有所幫助。

一般說來，鋼的切削性能、焊接性能或變形性能是選用鋼材的決定因素之一。某些材料在應用的時候，往往由於斷面的突然改變、存在着空穴或不連續而造成應力集中，當鋼的強度和韌性不足時便會變形或斷裂。價格也是選擇鋼種時要考慮的因素，特別是兩種或許多種鋼可供選擇時，價格就起着決定

性作用。最後鋼的選擇又決定於製造過程的特點、切削的難易程度、市場供應條件和成本。

表1列舉了選擇鋼材時所需要考慮的各種性質，往往在選用時只需要考慮其中若干性質，但是如果準備用一種鋼來代替另一種鋼，則必須研究和比較表中所列舉的一切性質。下面我們來研究一下特定條件下各種性質的重要性。

## 一、強度和韌性

對許多產品來說，強度和韌性具有主要的作用。當要求中等強度時，選用熱軋的1020鋼是最經濟的；如果同時要求尺寸的準確度和更高的彈性極限，例如製造十字接軸、聯杆、螺栓時，則應選用冷軋1020鋼；如果要求硬的表面而中心具有中等強度，例如製造心軸、活塞銷、活塞柱體時，則應選用冷拔和滲碳的1020鋼。

當含碳量由0.1%增加到1%時，強度增加而韌性下降；對厚度在19~32毫米熱軋鋼棒，最小斷裂強度由29.9增至84.3公斤/毫米<sup>2</sup>。對兩端極限鋼種1008和1095來說，斷裂強度在30~84公斤/毫米<sup>2</sup>之間；屈服點為17~46.4公斤/毫米<sup>2</sup>；布氏硬度為86~248；相反地延伸率為30~10%（標距50.8毫米），斷面收縮率為55~25%。含碳量以相同的量增加時，含碳量高時的強度比含碳量低時增加得更多；熱處理和冷加工對強度和韌性都有影響，這些問題可參考由煉鋼廠提出的實踐報告。

## 二、切削性

當加工過程對切削性要求很高時，必須注意下列各變數：鋼種、切削機床、切削速度、走刀速度、切削深度、切削工具以及操作方式；鋼種只是其中之一而已。影響鋼的切削性的因素是化學成分、晶粒度和金相組織。

當鋼內加入若干元素如硫、磷、鉛、錫後，切削性便能改善，因為生成的夾雜物折斷了單層的連續性，

表1 選擇用鋼時所需研究的各種性質

| 從鋼的特性來看     |                               |
|-------------|-------------------------------|
| 靜力強度        | ——抗張強度、抗剪強度、抗扭強度              |
| 沖擊強度        | ——沖擊值                         |
| 蠕變強度        |                               |
| 疲勞極限        | ——疲勞強度                        |
| 屈服點         |                               |
| 比例極限        | ——當這種鋼沒有彈性極限時                 |
| 韌性          | ——延伸率、斷面收縮率                   |
| 屈強比         | ——彈性極限與強度極限之比                 |
| 斷面收縮率       |                               |
| 硬度          | ——抗嵌入性、抗磨性、抗切斷性               |
| 耐蝕性         |                               |
| 耐熱性         | ——起皮性、強度的降低、韌性                |
| 表面性質        | ——外貌、拋光性、清刷性、着色性              |
| 熱學性能        | ——膨脹率、導熱率                     |
| 電阻          |                               |
| 導磁率         |                               |
| 时效特性        | ——機械性能和尺寸的改变                  |
| 緊固性         | ——松緊效應                        |
| 触媒效應        |                               |
| 從鋼的產品製造角度來看 |                               |
| 表面性質        | ——熱加工、冷加工、冷拋光時的變化、塗刷油漆的性能     |
| 變形特性        | ——熱加工和冷加工的變形特性（鍛、軋、拉絲、擠壓、沖剪等） |
| 切削性；可焊性；淬透性 |                               |
| 晶粒度         |                               |
| 熱處理特性、變形、裂紋 |                               |

降低了工具的摩擦而且阻止金属聚集在切削工具上。

鋼能处于热轧状态、鍛造状态、正火状态，在冷加工以后（冷拔或冷轧）、热处理或非热处理以达到一定的韧性或降低压缩率。鋼的状态是控制切削性和经济性的因素，特别是选择热轧和冷加工时应作周密的考虑。增加晶粒度可以改善切削性。中等片状的珠光体組織最适于切削加工。此外还有其他許多工艺也可以改善切削性。

### 三、可 焊 性

焊接构件的性能往往受下列因素所影响；他们是鋼种的变化、焊接设备和焊接工艺的变化以及焊工的手艺，而后者往往为大家所忽略。一般地说，含碳量低的鋼容易焊接，焊缝质量高；当含碳量增加时，特别是厚的部分焊接的困难也会增加。

### 四、厚 度

若产品断面最厚部分不超过 20 毫米，若使用的温度不是太高或太低，若不要求耐蚀性或特殊的物理性能，則采用碳素鋼就完全足够了。至于采用那一級鋼，則又应根据使用要求而定，例如对高的要求时有时采用深冲鋼。当产品很厚而需要中等的强度和韧性时，例如对 300~500 毫米厚的鍛件，要求抗張强度 50 公斤/毫米<sup>2</sup>、屈服点 20 公斤/毫米<sup>2</sup>，延伸率 20%（标距 50 毫米）、断面收缩率 32%，則仍可以选用碳素鋼；至于采用那一級鋼，則应决定于热处理后所能达到的机械性能。

厚度很大的鋼淬火时，冷却速度自表面向中心逐渐减慢，而硬度和强度也自表面向中心逐渐降低，但并不成直线关系。当含碳量低时（0.12~0.20% C）\*，随着厚度增加而抗張强度下降的程度更大，而含碳量为 0.40~0.50%，淬火与附带有 540°C 与 650°C 的回火时下降程度仍然很大。

### 五、重量的減輕

对某些产品，为了減輕重量而不选用碳素鋼；減輕产品重量以后可以获得三个主要利益：

- 1) 降低了产品和附件的尺寸；
- 2) 增加了有效負荷；
- 3) 減輕了运输費用。

耐磨性和耐蚀性的提高、低温或高温机械性能的提高、降低修理和置換費用和停工損失，也表示产品寿命的延长。这一切促使人們不选用碳素鋼。

## 六、碳素鋼和合金鋼

在将各种鋼分类以前，首先应区分碳素鋼和合金鋼的主要特征。在国外市場上碳素鋼占 90% 以上，这些鋼中允許含銅量最高达 0.40%、錳 1.65%、硅 0.60%。除了含碳量以外，抗張强度和硬度的提高，是一部分由于磷和錳的作用。磷提高性能的效率与碳相仿，錳的效率较差；但錳与硫結合使用能使鋼易于热加工，錳还能改善鋼的表面质量，使渗碳时碳容易渗透。含磷量在 0.08% 以上时，磷使鋼晶粒长大而产生不变形性或脆性。增加硫的唯一特点是提高切削性能，但降低了韧性、强度、可焊性和表面质量。鋼在 0.30% 左右能改善耐蚀性，但能使表面质量恶化，当含銅量过高时，会损害热加工性。

在合金鋼方面，加入合金元素的目的总在于产生特殊的性能。加入的合金元素可以区分为不形成碳化物和形成碳化物的元素，前者是：

鋁、鎳、磷、硅、硫；

后者是：

鈦、鎢、钒、鉬、鉻。

但是某些元素同时能与碳化物中的碳化合，也能与鉄素体化合；这些元素是：

硼、鉍、钼、鈷。

一般說，一切合金元素都改变了加热和冷却时的转变点，因此，能影响淬火和回火性能，以及冷加工和热处理后金属的质量。

### 1. 低 合 金 鋼

低合金鋼的生产数量比普通碳素鋼少得多，但是已成为現代化工业必不可少的材料。其中某些是耐高溫鋼（1,100°C）和热强鋼；某些是耐蚀鋼和耐酸、耐碱、耐氧化性和耐还原性化学腐蚀的鋼，在化学工业、食品工业、医药工业，石油和石油产品工业中都很有意义；某些是耐磨鋼，用来制造彈簧、永久磁鉄、变压器、电动机，这些是机械工业和电器工业的材料；这些鋼在現代工业中的重要性已談得很多。現在我們来討論其中主要的几种。

\* 原文誤为 12~20% C——譯者注

表2 合金元素在鋼中的作用

|                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 鋁——脫氧,阻止晶粒長大;在滲氮時使晶粒容易硬化                                                          |
| 氮——增加強度和硬度;降低鐵素體晶粒度;形成氮化物而使表面硬化;促使形成奧氏體                                           |
| 硼——增加淬透性,當含碳量最低時增加程度最大                                                            |
| 碳——增加強度和硬度,降低韌性                                                                   |
| 鉻——增加淬透性、常溫和高溫強度、耐蝕性、耐氧化性和耐磨性                                                     |
| 錳——保持高溫時切削刀具的能力;增加硬度                                                              |
| 銅——增加耐蝕性和機械性能                                                                     |
| 錳——抵消硫的危害性;增加淬透性、強度、硬度、耐蝕性;加速滲碳時碳的滲透速度                                            |
| 鉬——增加淬透性、硬度、常溫和高溫強度、沖擊值和耐蝕性;提高蠕變強度;抵消淬火時發脆的傾向                                     |
| 鎳——增加強度、低溫沖擊韌性;強化鋼在熱軋和回火後的強度;使高錳鋼奧氏體化;改善耐熱性和耐蝕性                                   |
| 錳——抑制高錳或鎳鉻不銹鋼的晶間腐蝕                                                                |
| 磷——增加強度、硬度、切削性、抗大氣腐蝕性、抗磨性、和電阻                                                     |
| 鉛——增加切削性                                                                          |
| 碲——增加切削性                                                                          |
| 硅——脫氧;提高抗氧化性;降低硅鋼片鐵芯損失                                                            |
| 硫——增加切削性                                                                          |
| 鉍——與鉍和鉍相同,穩定碳的作用,抑制耐熱鋼的晶間腐蝕                                                       |
| 鈦——脫氧,純化;形成碳化物的傾向最大(見鉍)                                                           |
| 鎢——硬化和強化鋼的常溫和高溫性能;增加淬透性;在工具鋼中形成耐磨的碳化物顆粒                                           |
| 鈮——增加強度、韌性、沖擊性能和疲勞強度,細化晶粒;形成碳化物、氮化物、氧化物;溶解於鐵素體中後,增加淬透性,改善高溫強度和硬度;在含碳量低的鎳鉻鋼中造成組織硬化 |
| 鎢——脫氧,純化;能與氧、硫、氮化合;形成氮化鎢後能降低深沖鋼的組織硬化;加入 0.10% 以上鎢能使晶粒細化                           |

### (一) 彈 簧 鋼

製造這類鋼需要非常專門的技術,但是其化學成分卻和普通碳素鋼并無顯著的區別。這里不允許有所誤解,良好的彈簧鋼首先必須是“優質鋼”,不是任何優良的碳素鋼絲或鋼帶都能看作彈簧鋼。這類鋼的特點是什麼呢?首先需要尺寸的精確度、淬透性、表面光潔度、疲勞強度,以及質地均勻,保證鋼材在熱處理時仍有同樣的性能。

產品的精確度是指允許的公差範圍很狹,甚至小於一般冷軋鋼材厚度的公差;這類鋼先經過熱軋,再經過冷軋,所以在生產這類鋼時不論在軋制或熱處理方面均應特別小心。

表3 合金鋼的性能與應用

| 鋼 種                                    | 特 性           | 應 用 范 圍          |
|----------------------------------------|---------------|------------------|
| 中 錳 鋼<br>(Mn 1.75)                     | 强度高、切削性好      | 機械製造、農業機械        |
| 鉻 鋼<br>(Cr 0.95)                       | 强度高、切削性好      | 彈簧、剪刀片、伐木工具      |
| 3.5% 鎳鋼<br>(C 0.30, Ni 3.5)            | 強韌性           | 打孔和空氣錘部件         |
| 鈹 鋼<br>(C 0.50, V 0.18)                | 沖擊韌性          | 曲軸               |
| 鉍 鋼<br>(C 0.20, M 0.68)                | 耐熱性           | 火車頭部件            |
| 高 硅 鋼<br>(Si 4%)                       | 耐熱性           | 鍋爐鋼板、高壓蒸汽設備      |
| 硅 錳 鋼<br>(Si 2, Mn 0.75)               | 電氣效率          | 變壓器、電動機、發電機      |
| 鉻 鎳 鋼<br>(Cr 0.6, Ni 1.25)             | 彈 性           | 汽車及內燃機車彈簧        |
| 鉻 鈹 鋼<br>(Cr 0.95, V 0.18)             | 表面淬火性         | 齒輪、活塞銷、汽車傳動裝置、閘軸 |
| 鉻 鉬 鋼<br>(Cr 0.95, Mo 0.27)            | 強度與硬度         | 汽車齒輪、傳動十字接軸、杠桿裝置 |
| 鎳 鉻 鋼<br>(Ni 1.75, Mo 0.35)            | 疲勞強度、沖擊韌性、耐熱性 | 飛機機身及零件          |
| 鎳 鉻 鋼<br>(Mn 1.30, Mo 0.30)            | 疲勞強度          | 滾動軸承、汽車傳動齒輪      |
| 鎳 鉻 鉬 鋼<br>(Ni 1.75, Cr 0.65, Mo 0.35) | 沖擊韌性、疲勞強度     | 粉碎機部件、汽輪機部件      |
|                                        | 扭轉強度          | 柴油機的曲軸           |

韌性——韌性是由組織和碳化物分布程度所決定的,應該非常好,為此不但要控制碳化物,還需要控制鐵素體的晶粒度和分布程度,這些性質都可以由軋制和回火條件得到改善。

在澆注時就將鋼錠分類,一般按照晶粒大小分類,有的作為深沖(細晶粒鋼),有的作為淺沖用(粗晶粒鋼)。彈簧鋼的表面決定於軋制方法(熱軋或冷軋)。熱軋的鋼材應該仔細酸洗和清洗,然後在控制氣氛下回火,彈簧鋼對表面應力非常敏感,所以必須對表面狀態仔細檢查。而且鋼的疲勞強度與鋼的質量及作用於金屬的內應力或外應力有關,故鋼材的外表面必須沒有任何缺陷,鋼材內部也不應該有裂紋、夾雜、帶狀組織或白點,其結構應該是均勻的。

各種類型的彈簧鋼 按含碳量和含錳量,可以將彈簧鋼分為五類:高碳的彈簧鋼往往是低錳的,碳 1.25~1.32%、錳 0.10~0.25%,這種鋼的韌性較差些,一般用來製造刀、鋸、掘土機鏟以及耐磨的零件。

一种制钟用的弹簧鋼含碳 0.98~1.05%，含錳 0.30~0.50%，与 1095 鋼相似，往往制成带鋼使用（連續軋制），热轧后直接供应或退火后供应，疲劳强度較好、彈性极限也高。

一般常用的弹簧鋼含碳 0.7~0.8%，錳 0.50~0.80%，用以制造打字机的小弹簧及汽車用的緩冲弹簧。

含碳量更低的弹簧鋼用于制造形状复杂的彈簧，其功能往往較低。

特殊的合金彈簧鋼用于特殊的用途上：其中有鉻鈹鋼、硅錳鋼、鉻硅鋼、鉻鈹鋼和鉻鉬錳鋼。当需要很大的抗疲劳性时可选用鉻鈹鋼，它非常耐冲击，可以用于較高的温度，特別适用于飞机引擎的排气閥彈簧。

(二) 电磁鉄芯用的硅鋼

大部分用于变压器、电动机和发电机鉄芯的鋼都是硅鋼片，这些鉄芯用硅鋼片一張張迭成，彼此互相絕緣，因此电气效率很高、鉄芯损失很低。硅鋼的电气特性是：导磁率高、电阻較高、磁滞损失小。

硅鋼的类型——常用的有三种类型：

1. 低硅鋼——含硅 0.5~1.5%，用于电动机及发电机的定子和轉子，也用于非連續使用的小型变压器；

2. 中硅鋼——含硅 2.5~3.5%，常常用于要求电气效率高的电动机和发电机中；

3. 高硅鋼——含硅 3.5~5%，一般用于电气效率要求很高的电动机、电訊变压器及发电机中；但是当含硅量在 5% 时，硅鋼就很硬很脆。

最近已經測得影响硅鋼主要性能的因素有三个：化学成分、內应力及晶粒取向。从化学成分来看，提高硅能改善磁性，但相反碳、氧、氮、硫有害于磁性，应愈低愈好。內应力的存在能抵消和降低若干种磁性例如导磁率、磁滞损失和矯頑力，因此在制造过程中应設法制成没有加工硬化的成品，为此在軋制以后需要进行退火和緩冷的热处理。晶粒取向对旋轉电机用途方面是不合适的，但相反对固定的鉄芯（变压器）这是一种有利的特性，由于晶粒择优于軋制方向，在这种情况下可以提高磁性 10~15%，一般电磁硅鋼片不用子深冲和冷加工，但需要冲剪，并在使用前需要平整。

在制造变压器等鉄芯时，每張硅鋼片需要互相絕緣，以降低电流损失和提高电气效率，一般采用絕緣清漆；在制造变压器时所用的絕緣漆不得与油类

发生化学反应。在涂漆以后硅鋼片需要在炉內烘干。漆的厚度必須固定，使电气性能保持均匀，厚度过大会降低在一定尺寸的硅鋼片的数量比例。另一方面烘干温度应与清漆的化学成分相适应，采用有机清漆时要更加小心，一般只要使溶剂完全挥发就够了，清漆烘干不足时絕緣能力就差；一般产品可以耐温到 800°C，而硅鋼片在装配前进行退火。

(三) 耐磨損用的鑄鋼

在进行鋼的磨損寿命試驗时，往往遇到很多困难，因为这时經常发生許多附加因素：化学成分、組織、表面状态、甚至还有潤滑条件，所以选择耐磨損鋼的最根本方法是硬度。实际上单靠硬度是不够的，在选择用鋼时必须同时考虑“应用条件”和“制造条件”，这两者都和經濟問題有关。“应用条件”包括：允許的变形和磨損程度、使用应力、使用温度和热强性、焊接性能、安全系数；“制造条件”包括：貴重合金金属的供应問題、鑄造性能、热处理要求、車削問題（这方面往往关系到一系列热处理）以及由热处理而牽連到的表面脫碳、变形和內应力。

如果不牽涉到特殊要求，强度在 40~65 公斤/毫米<sup>2</sup>的鋼普通也可以用了，选择时有充分把握。常用的鑄鋼是 48M，一般硬度愈高，鑄造方面的困难就愈少；40M 鑄鋼鑄造时比較困难，56M 和 65M 鑄鋼的澆注性能較好。根据鑄鋼的机械性能，可以将鑄鋼分为 4 类，其性能見表 4。

表 4 耐磨損用的鑄鋼

| 机械性能                        | 牌 号 |     |     |     |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                             | 40M | 48M | 56M | 65M |
| 抗張强度(最小值)公斤/毫米 <sup>2</sup> | 40  | 48  | 56  | 65  |
| 延伸率(最小值)%                   | 25  | 22  | 17  | 12  |
| 冲击值(最小值)*                   | 8   | 6.5 | 5   | 3   |

鑄鋼一般在退火状态使用，即加热近 950°C 而在空气中冷却（軟鋼），或加热至 900~925°C 而在炉內冷却到近 500°C（硬鋼）。在轉变点以下緩慢冷却或一直緩慢冷却到常温可以防止由于內应力而产生的变形。

鑄鋼，特別是 56M 和 65M 型鋼，亦可以表面淬火。为了获得明显的效果，需要强烈地淬火，慣常在水中淬火而在 200°C 以下回火；当鑄鋼件較厚时，

\* 原文未注明单位

硬度就不容易均匀,而冲击值和延伸率往往接近于0,这是与锻钢件显然不同的地方。所以在需要的时候,可以采用在初加工后进行表面渗碳、渗氮等操作,特别对40M和48M更为适宜。为了延长零件的使用寿命,可以在使用前或修理时,在零件上镀上硬质材料。

碳钢铸件非常适宜用于一般结构上,可以焊接,对低碳或中碳钢焊接时不需特殊措施,对硬钢只需要回火或退火就够了。他们的价格较低,对于成本由于铸件形状不同不能一概而论;但是如果以铸件平均价格作为100,则切削费用一般占30%。

**铬钢** 铬使得耐磨钢开辟了一个新天地,它有一定的硬化能力,在65M钢中加入1%铬就可以提高到C<sub>4</sub>类,使抗张强度达到70~85公斤/毫米<sup>2</sup>而延伸率稍有提高\*,退火状态试样的冲击性能仍然很好。C<sub>4</sub>钢和65M钢区别很小,惯常用于代替相同强度的碳钢铸件,同时它具有特殊优良的铸造性能,使铸件容易达到良好的緻密度。切削能力与碳素钢相比并无区别,成本约为碳素钢的105%。C<sub>4</sub>类钢可以淬火,但一般不用;只是在加入0.20~0.30%钼后才进行热处理,可以明显地增加热处理钢的性能。这样C<sub>4</sub>类钢就成为CD类钢,其退火状态的性能与C<sub>4</sub>相近,但热处理后性能更好。

**钼钢** 钼具有细化晶粒的作用,保证更高的渗透能力和抵抗回火作用,由此产生了下列三种效果:

- 1) 在较高的厚度时使硬度比较均匀;
- 2) 表面淬火层与下一层结合性良好;
- 3) 抗回火性能强。

由于转变温度的变化,含碳0.30%的CD类钢(30CD)应按下列热处理制度处理:

- 1) 在升温速度 $\leq 150^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 下,在 $950^{\circ}\text{C}$ 进行均匀化退火,并在炉内冷却,至少应冷至 $400^{\circ}\text{C}$ ;
- 2) 在 $900^{\circ}\text{C}$ 附近正火,空冷或在 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ 油淬;
- 3) 根据不同强度或硬度的要求,在不同温度回火,最高不超过 $680^{\circ}\text{C}$ 。

大形铸件热处理后,强度达90公斤/毫米<sup>2</sup>,延伸率和冲击韧性仍然良好,使用极限为300~325布氏硬度(100~110K)。表面淬火和 $250\sim 275^{\circ}\text{C}$ 回火后可以获得淬火层深度4~5毫米而表面布氏硬度达350~400。在冲击力很低时CD类钢强度达到70~90公斤/毫米<sup>2</sup>已足够,很少超过这个强度,所以这并不是一种耐磨损的钢;常用的钢以热处理达到75~80公斤/毫米<sup>2</sup>强度和表面淬火到350。切

削加工往往在热处理以后进行,故每次表面淬火后进行校直,其变形程度一般为 $1/10\sim 1$ 或2毫米。CD类钢成本为碳素钢的110%。可以焊接,但焊接后需要回火,回火程度可能会影响热处理状态。表5为C<sub>4</sub>和CD<sub>4</sub>类钢的机械性能。

表5 含铬耐磨损用铸钢

| 机 械 性 能    |                           | 牌 号            |                 |
|------------|---------------------------|----------------|-----------------|
|            |                           | C <sub>4</sub> | CD <sub>4</sub> |
| 退 火 状 态    | 抗张强度(公斤/毫米 <sup>2</sup> ) | 70~75          | 70              |
|            | 延伸率(%)**                  | 10             | 12              |
|            | 冲击值**                     | 3              | 5               |
| 热 处 理 状 态  | 抗张强度(公斤/毫米 <sup>2</sup> ) |                | 90~110          |
|            | 延伸率(%)**                  |                | 6弱              |
|            | 冲击值**                     |                | 3弱              |
| 表面淬火后的布氏硬度 |                           |                | 350~400         |

**镍铬钼钢** 镍铬钼钢是优良的耐磨损钢,可以分为下列几个品种:

NCD<sub>4</sub> 含镍1%,低合金钢;

NCD<sub>8</sub> 含镍2%,中合金钢;

NCD<sub>16</sub> 含镍4%,自淬硬钢。

NCD<sub>4</sub>钢同时含铬0.50%及钼0.20~0.30%,后者具有抵消回火脆性的作用。NCD<sub>4</sub>的性质与CD<sub>4</sub>相近,但镍有细化晶粒的作用,使钢容易淬火,可以超出CD<sub>4</sub>的应用范围。大规模热处理时,惯常使用到100公斤/毫米<sup>2</sup>强度,布氏硬度300,偶而达到350。

未经热处理的NCD<sub>8</sub>钢强度为75~80公斤。含铬0.75%且含钼0.20~0.30%。在 $950^{\circ}\text{C}$ 均匀化退火和 $900^{\circ}\text{C}$ 正火后,可以在空气中淬火或在 $850^{\circ}\text{C}$ 油淬,其应用范围一般在布氏硬度250,偶而达到400。经表面淬火后,淬透层深度达5毫米,布氏硬度达450;工件往往在 $680^{\circ}$ 以下回火到最低硬度后进行车削加工。车削加工以后,经过水淬或油淬及回火往往产生变形,需要用工具机或在模中校正。这类热处理的钢往往应用于布氏硬度350的工件上和强度为75~85公斤而表面淬火到布氏硬度400~450的工件上。

NCD<sub>16</sub>钢由于含有大量贵重的元素,具有极高的机械性质、极高的硬度和极高的耐磨损性。这种钢淬火时变形很小,因为它淬火时只需要在平静的和比较低温的空气中冷却。它含有4%镍、1%铬

\* 原文作稍有降低可能有误——译者注

\*\* 原文所用单位有誤或未表示——译者注

和 0.40% 鋁, 所以价格很貴。这种鋼的鑄造性能很差, 澆注温度和冷却速度范围很狭, 但是澆注成功的鑄件性能很好。它的轉变点很高, 加热时轉变点約为 800°C, 均匀化退火及正火需要在 1,000~1,050°C 进行保温时间都需要很长, 由此会造成脫碳 1~2 毫

米, 这对加工余量要求注意。自淬硬鋼是解决用于只有磨損的鋼的唯一办法, 而且淬火以后必須回火, 甚至只須在 200~250°C 回火以降低脆性而并不損害硬度。NCD<sub>8</sub> 和 NCD<sub>16</sub> 特別适用于局部淬火。

上述各种鋼的性能如表 6。

表 6 含鎳鉻鋁的耐磨損用鑄鋼

| 品 种              |                            | NCD <sub>4</sub> | NCD <sub>8</sub> | NCD <sub>16</sub> |
|------------------|----------------------------|------------------|------------------|-------------------|
| 化学<br>成分         | C                          | 0.25~0.30        | 0.25~0.30        | 0.30~0.35         |
|                  | Ni                         | 1                | 2                | 4                 |
|                  | Cr                         | 0.50             | 0.75             | 1                 |
|                  | Mo                         | 0.20~0.30        | 0.20~0.30        | 0.40              |
| 机<br>械<br>性<br>能 | 一般强度 (公斤/毫米 <sup>2</sup> ) | 70~100           | 75~(350<br>布氏硬度) | 90~(400<br>布氏硬度)  |
|                  | 延伸率*                       | 12~7             | 12~4             | 13~6              |
|                  | 冲击值*                       | 6~1.5            | 6.5~1.5          | 7.5~2.5           |
|                  | 偶而布氏硬度                     | 350              | 400              | 450               |
|                  | 延伸率*                       | 2.5              | 3                | 4                 |
|                  | 冲击值*                       | 低                | 約 1.5            | 約 2               |
|                  | 表面淬火硬度 (布氏)                | 375~425          | 400~450          | 450~500           |

\* 原文单位有誤或未表示——譯者注

## 2. 高 合 金 鋼

在这一节中我們着重叙述耐磨鋼和不銹鋼。

### (一) 耐磨的奧氏体高錳鋼

这类鋼同时耐磨和耐冲击, 其化学成分为:

|    |        |
|----|--------|
| C  | 1~1.4% |
| Mn | 10~14% |

一般的含錳量为 12~13%, 含碳量为 1.15~1.2% (見表 7)。成分中其他元素可以导致不同的机械性能。除了耐磨和耐冲击用途以外, 还可以用于金属与金属接触的部件中 (滑道、鋼軌、用水作潤滑剂的軸承), 但是这类鋼不适用于高温。为了用于高温, 可以选用三种含鎳的高錳鋼; 如果需要更高的强度, 还可以加入鉻。

表 7 高錳鋼的化学成分和性能

|                           | 一 般 品 种 |         | 鎳 錳 品 种 |           |           |
|---------------------------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
|                           | 鑄 态     | 軋 材     | 鑄 态 I   | 鑄 态 II    | 軋 材       |
| C                         | 1.0~1.4 | 1.1~1.4 | 0.34    | 1.10~1.17 | 1.1~1.4   |
| Mn                        | 10~14   | 11~14   | 12.5    | 12.5~12.7 | 10~14     |
| Si                        | 0.2~1   | 0.2~0.6 | 0.48    | —         | 0.2~0.6   |
| Ni                        | —       | —       | 3.46    | 3.2~3.6   | 3.25~3.75 |
| 屈服点 (公斤/毫米 <sup>2</sup> ) | 36~40   | 35~42   | —       | —         | 35~43     |
| 强度 (公斤/毫米 <sup>2</sup> )  | 70~100  | 90~100  | 70~88   | 77~100    | 90~110    |
| 延伸率 (%)                   | 30~65   | 40~60   | 45~65   | 44~70     | 48~72     |
| 断面收縮率* (%)                | 30~40   | 35~50   | 35~45   | 35~45     | 40~60     |
| 布氏硬度                      | 185~210 | 170~200 | 170~180 | 150~170   | 165~195   |

\* 原文缺

### (二) 鎢 鋼

最新的某一专利提出一种鎢鋼, 其常温耐磨性大于一般高碳高錳鋼, 因为鎢与碳化合成为碳化鎢。这种鋼含碳 1.5%、錳 2%、硅 0.5%、鉻 0.9%、鋁 1%、鎢 4%。当工件直径小于 50 毫米时, 可以在 850°C 空气中淬火, 由于淬火温度低, 只需要使用热处理碳素鋼或低合金鋼的炉子, 或者采用碳素鋼淬火的盐浴炉。淬火后的鋼硬度很高, 可以达到洛氏 R<sub>C</sub>65~67 (淬火温度 790~815°C); 当在 840°C 淬火时, 硬度只有洛氏 R<sub>C</sub>62~63 度; 但若淬火温度提

高到 870°C, 硬度为洛氏 R<sub>C</sub>65~66 度。最合适的回火温度为 175°C, 回火后硬度为洛氏 R<sub>C</sub>64 度, 这时变形最小, 韧性最好。这种鋼可以使用到 750°C。

### (三) 不 銹 鋼

美国将这类鋼分为三种: 200 系、300 系和 400 系。200 系含鎳低 (3.5~7%)、含鉻 16~19%、含錳 5~10%、且含氮 0.25%、含碳 0.03~0.15%。200 系的性能見表 8\* 和表 9\*。

这类鋼能耐热和耐化学药剂腐蝕, 但不能抵抗

\* 原文誤为表 4 和表 5 ——譯者注

表 8 200 系不銹鋼的化学成分

| 型 号   | C     | Mn    | Si   | Cr    | Ni   | N*   |
|-------|-------|-------|------|-------|------|------|
| 202   | 0.098 | 10.08 | 0.69 | 17.27 | 4.07 | 0.14 |
| 204   | 0.066 | 9.32  | 0.64 | 18.41 | 5.53 | 0.24 |
| 204 L | 0.023 | 10.40 | 0.56 | 17.36 | 4.97 | 0.20 |

\* 原文誤为 Nr

表 9 200 系不銹鋼的高温性能

| 温 度 | E(公斤/毫米 <sup>2</sup> ) |      |      | 强 度<br>(公斤/毫米 <sup>2</sup> ) |      |      | 延伸率(%) |     |      |
|-----|------------------------|------|------|------------------------------|------|------|--------|-----|------|
|     | 202                    | 204  | 204L | 202                          | 204  | 204L | 202    | 204 | 204L |
| 常温  | 96                     | 39.3 |      | 76                           | 70   | 70   | 40     | 36  | 35   |
| 93  | 30.5                   | 33.3 |      | 67                           | 68   | 60   | 36     | 33  | 31   |
| 200 | 23                     | 25   |      | 60                           | 61   | 53.5 | 33     | 27  | 25   |
| 320 | 20                     | 22   |      | 53.8                         | 60.8 | 52   | 28     | 22  | 20   |
| 425 | 19                     | 20.3 |      | 54.5                         | 55.3 | 49   | 22     | 18  | 16   |
| 540 | 17.5                   | 18   |      | 50.8                         | 49.8 | 43.2 | 18     | 16  | 14   |
| 650 | 15.7                   | 16.3 |      | 38.7                         | 37.5 | 32.4 | 10     | 15  | 13   |
| 760 | 12.7                   | 15.4 |      | 21.6                         | 16.2 | 22.5 | 13     | 12  | 12   |
| 870 | 10.6                   | 10.5 |      | 12                           | 11.8 | 12   | 12     | 10  | 11   |

硝酸，为了抵抗后者需要同时有高的含铬量和含镍量。所以 200 系不銹鋼可以用以耐醋酸、磷酸和硫酸的腐蚀，甚至耐带盐类空气的腐蚀。

**不銹耐热鋼** 在考虑淬透性时，必须考虑低温冲击韧性、抗蠕变强度、回火脆性等。表 10\* 介绍不銹耐热鋼的各种类型和主要元素的成分。可以分为三类：300 系奥氏体铬镍鋼，可淬硬性馬氏体铬鋼如 403、410、414、416Se、420、431、440、440 A、440 B、440 C 等，和不可淬硬性铁素体铬鋼如 405、430、430 FSe、446 等。

1) 在奥氏体铬镍鋼中，含铬量为 16~22%，含镍量 6~22%，最高含碳量为 0.03~0.25%。这些鋼一般抗腐蚀性比其他各类好。其組織是奥氏体的，并在退火状态沒有磁性。302 型便是 18/8 鋼。

2) 在可淬硬性馬氏体铬鋼中，含铬量自 11.50~17%，镍只是杂质元素，只是在 414 及 431 型鋼中含镍量自 1.25~2.50%，最高含碳量为 0.15~1.20%，这种鋼带有磁性。

3) 在不可淬硬性铁素体铬鋼中，含铬量自 11.50~27%，含碳量自 0.08~0.20%，有磁性，同时有抗腐蚀性和抗氧化性。

表 10 各种不銹鋼——主要元素成分及用途

| 奥氏体铬镍鋼    |                                                                          |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------|
| 302       | C≤0.15, Cr 17~19, Ni 8~10<br>建筑物的外表、食品工业的加工工件和包装容器、精炼石油设备、冷冻设备、厨房用品、装瓶机  |
| 302B      | C≤0.10~0.15, Cr 17~19, Ni 8~10, Si 2~3<br>退火罩、燃烧喷头、窑炉设备                  |
| 303       | C≤0.15, Cr 17~19, Ni 8~10, P≤0.15, S≥0.15<br>螺栓、管接头、螺絲、螺帽及需要摩擦最小的材料      |
| 304       | C≤0.08, Cr 18~20, Ni 8~12<br>啤酒桶、冷冻机蛇形管、蒸发器、烟雾导管和圆桶、蒸餾管                  |
| 305       | C≤0.12, Cr 17~19, Ni 10~13<br>咖啡壶盖、反射器、拉絲和冲压设备                           |
| 308       | C≤0.08, Cr 19~21, Ni 10~12<br>高温设备、工业炉、电焊条芯                              |
| 309       | C≤0.20, Cr 22~24, Ni 12~15<br>退火箱、干燥器、窑炉支持件、重油喷头、蓄热器、退火炉的襯挂、印染及造纸厂设备     |
| 310       | C≤0.25, Cr 24~26, Ni 19~22, Si≤1.50<br>空气加热器、渗碳箱、燃气轮机设备、热交换器等            |
| 316       | C≤0.08, Cr 16~18, Ni 10~14, Mo 2~3<br>化工用品、医药及照相用品、紡織品整理设备、造纸工业的消化器、酸肉缸等 |
| 317       | C≤0.08, Cr 18~20, Ni 11~15, Mo 3~4<br>染料工业及医药工业设备                        |
| 321       | C≤0.08, Cr 17~19, Ni 9~12, Ti≤3×C<br>飞机排气零件、喷气式飞机部件、焊结构件                 |
| 347       | C≤0.08, Cr 17~19, Ni 9~13, Nb 或 Ta≤10×C<br>化工工业焊接件、耐热用件                  |
| 可淬硬性馬氏体铬鋼 |                                                                          |
| 403       | C≤0.15, Cr 11.5~13<br>汽轮机叶片、受力的汽轮机部件                                     |
| 410       | C≤0.15, Cr 11.5~13.5<br>五金杂货、钥匙、灯架、反应堆外壳、精密量具材料、造纸厂打浆杆、石油工业的活塞、石油分餾塔等    |
| 414       | C≤0.15, Cr 11.5~13.5, Ni 1.25~2.50<br>打浆杆、十字接头                           |
| 416       | C≤0.15, Cr 12~14, S≥0.15<br>外部加工的发动机零件、水泵及活塞零件                           |
| 420       | C≥0.15, Cr 12~14<br>刀片、牙科及手术用刀、彈簧、排气阀座                                   |
| 431       | C≤0.20, Cr 15~17, Ni 1.25~2.50<br>需要高强度和高冲击性能的受力的飞机部件                    |
| 440A      | C 0.60~0.75, Cr 16~18, Mo**≤0.75<br>手术用具、排气阀                             |
| 440B      | C 0.75~0.95, Cr 16~18, Mo≤0.75                                           |

\* 原文誤为表 9 — 譯者注

\*\* 原文誤为 Bo — 譯者注

(續 表)

|                                              |                                      |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|
| 排氣閥、軸承                                       |                                      |
| 440C                                         | C 0.95~1.20, Cr 16~18, Mo ≤ 0.75     |
| 軸承、排氣閥、閥座                                    |                                      |
| 不可淬硬性鐵素體鋼                                    |                                      |
| 405                                          | C ≤ 0.08, Cr 11.5~14.5, Al 0.10~0.30 |
| 工作于 650°C 以下的焊接構件而焊後無法退火者、如換熱器管、石油精煉設備的容器內壁  |                                      |
| 430                                          | C ≤ 0.12, Cr 14~18                   |
| 汽車裝飾品、螺絲、固定鉗工業設備、橡膠和煙草工業用品、蓄熱器、熱電偶保護套管、電動攪拌器 |                                      |
| 430F                                         | C ≤ 0.12, Cr 14~18, S ≥ 0.15         |
| 螺絲、螺栓等                                       |                                      |
| 446                                          | C ≤ 0.20, Cr 23~27, N ≤ 0.25         |
| 金屬和玻璃焊合片、退火箱、隔牆、燃燒噴頭、玻璃模、攪拌器、X 射綫管的進入導綫、脫氫設備 |                                      |

## 結 論

鋼的選擇主要根據前述的各種性能而決定。目前許多鋼已經根據使用部門的要求訂成了標準，所以在本文中只能列舉鋼廠經常供應的一些主要鋼

種；上述各種實例從選擇用鋼方面來看是很有意義的，它提出了鋼的化學成分和相應的物理和機械性能，但是應該指出：

- 1) 熱處理能改變鋼的性能；
- 2) 對某種特殊用途的鋼，化學成分仍應有所調整。

最後還應該說明，要精確地選擇一種鋼來適應一定的要求，經驗和實踐是主要的。根據經驗和實踐，才能正確地作出決定。

## 參考文獻

- [1] Iron Age, 16 Oct. 1958, vol. 182, No. 16.
  - [2] Usine nouvelle, No. 53, 31-12-1959.
  - [3] Techniques mondiales, Oct. 1959.
  - [4] A. S. T. M., normes américaines.
  - [5] Normes françaises A. F. N. O. R.
  - [6] Usine nouvelle du 25 juin 1959.
- [譯自《La Métallurgie et la Construction Mécanique》93 (6): 527~539 (1961)]

蔣承蔭 摘譯

(上接第 92 頁)

表 2 鎮靜鋼與半鎮靜鋼機械性能的比較

| 鋼       | 試 驗 數 | (C+0.25 Mn) | 平 均 值                            |                                  |                    |
|---------|-------|-------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------|
|         |       |             | $\sigma_s$<br>公斤/毫米 <sup>2</sup> | $\sigma_s$<br>公斤/毫米 <sup>2</sup> | $\delta_{10}$<br>% |
| 鎮 靜 鋼   | 154   | 0.4722      | 56.26                            | 35.98                            | 19.66              |
| 半 鎮 靜 鋼 | 66    | 0.4739      | 54.98                            | 35.65                            | 21.52              |

0.50~0.80% 計算而加入錳鐵和大約 200 克/噸的鋁。

半鎮靜鋼鋼錠頭部平整或略為向上凸起。所有爐號的平均切頭率總共只有 1.74%，而切頭切尾共為 3.32%。表 2 列出半鎮靜鋼與鎮靜鋼在

(C+0.25 Mn) 平均總值大致相同時機械性能的平均值。

從表 2 可見，半鎮靜鋼的塑性較鎮靜鋼好一些。

[譯自《Металлы》7:20~21(1962)]

潘健武譯 郭光輔校

# 如何更充分利用新鋼种

在近代的工业发展中,已出现了許多新的材料,例如钛以及輕金属等,但作为日常使用的鋼它在許多方面也正在取得重大的进步,而且有可能有更多的进展。

## 一、发掘鋼的潜力

高强度結構鋼(最低屈伏强度为 40,000 ~ 100,000 磅/吋<sup>2</sup>)的特点是它比普通碳素結構鋼具有較高的屈伏强度。这种鋼主要有两类:一类是在热轧状态时最低屈伏强度为 45,000 ~ 50,000 磅/吋<sup>2</sup>的珠光体結構鋼。这一类称为高强度鋼或高强度低合金鋼,后者遵照美国材料試驗学会(A. S. T. M.) A242, A440 和 A441 或汽車工程师学会(S. A. E.) 950 的规范。这类鋼共有三十多种。第二类是热处理的合金結構鋼,它含有較多的合金元素,最低屈伏强度为 65,000 ~ 110,000 磅/吋<sup>2</sup>。

高强度鋼(或高强度低合金鋼)的机械性能决定于它們截面的厚度。除去为了因冷加工成形的需要,它們是不热处理的。热处理的合金結構鋼是依靠淬火和回火(或析出硬化)来获得高的机械性能。

### 1. 鋼材品种

高强度和高强度低合金鋼供应有所有的标准型材——鋼皮、鋼帶、鋼板、型鋼、棒材和特殊型鋼。这些鋼也供应厚度仅 0.028 吋的冷轧鋼皮和鋼帶,以用于如拖車車身等結構以及用于要有良好表面的电镀零件。热处理的一类有鋼板、棒材、管材供应,有时候还供应鋼皮和鑄件。(最近已有 U. S. S. T-1 鋼的鑄件可用。)

按 A. S. T. M. A7 标准(A. S. T. M. 系美国材料試驗学会之縮写——譯者注)。生产的碳素結構鋼的最低屈伏点为 33,000 磅/吋<sup>2</sup>,而高强度低合金鋼在厚度小于或等于 3/4 吋时最低屈伏点一般为 50,000 磅/吋<sup>2</sup>。因此按两者屈伏点的比例算,高强度鋼的抗張工作应力为碳素結構鋼的  $1\frac{1}{2}$  倍。然而,当构件可能发生撓曲时,則許用应力要更改到足

以保証其稳定性。較高的工作应力就有可能降低結構的截面厚度因而就降低了結構的重量。

較高强度的碳鋼——在 1960 年 6 月举行的美国材料試驗学会年会上通过了一种比定名为 A. S. T. M. A7 (屈伏点为 33,000 磅/吋<sup>2</sup>) 具有較高屈伏点 (36,000 磅/吋<sup>2</sup>) 的軋制碳素結構鋼的规范 A36-60T。这种新的规范使重型結構領域內能进一步的节约。

和 A7 鋼及 A373 鋼(表 1)相比,这新的 A36 結構鋼的最低屈伏点为 36,000 磅/吋<sup>2</sup>。在同样重量的基础上和 A7 鋼相比, A36 鋼在达到它的屈伏点之前可多承受 10% 的抗張載荷。据报道, A36 鋼焊接性能和 A373 鋼相仿。新的 A36 鋼可供使用的鋼材和 A7 及 A373 的規格相似。新鋼种的强度与价格之比基本上較一般碳素結構鋼为好(表 1),在用于桥梁、建筑和一般結構时可节省費用。

### 2. 較好的耐腐蝕性

許多种高强度結構鋼因具有較好的耐大气腐蝕的能力。因此在使用較薄截面时也不致減短使用寿命。使用某些高强度低合金鋼的經驗表明,当采用适当的油漆时其寿命可比普通碳鋼延长 50%。

在完全暴露时,当鋼在厚度上損失千分之一吋时似乎就停止腐蝕了。所形成的鉄銹是粘着而致密的。

### 3. 鋼 济 性

由于只用了适量的合金元素,因此高强度鋼的出厂价格只比最便宜的碳素結構鋼高 30%。美国鋼鐵公司結構应用組的工程师們推算出了表 1 所列的数据。他們比較了該厂的高强度鋼和碳鋼的强度与价格之比率,表中所列的这些鋼是这类鋼中的典型。

然而,为了能充分的利用起見,对于高强度鋼的性能和設計之关系的了解就很重要。在許多情況下这就意味着对产品重新設計以利用新式高强度鋼的性能。

表1 以碳鋼为准的高强度結構鋼的强度与价格的比率

| 鋼 的 級 別                             | A. S. T. M.<br>标号 | 屈 伏 点<br>(最小)          | 每磅价格* | 以 A7 碳鋼为准的强度与<br>价格的比率 |      |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------|-------|------------------------|------|
|                                     |                   |                        |       | 受張力构件,<br>短柱和梁         | 长 柱  |
| 用于桥梁和建筑的碳鋼                          | A7                | 33,000磅/吋 <sup>2</sup> | 6.40分 | 1.00                   | 1.00 |
| 用于焊接的碳素結構鋼                          | A373              | 32,000                 | 6.60  | 0.94                   | 0.97 |
| 改进的碳素結構鋼                            | A36               | 36,000                 | 6.45  | 1.08                   | 0.99 |
| 高强度鋼                                |                   |                        |       |                        |      |
| (U. S. S. Man-Ten A440) 鋼           | A440              |                        |       |                        |      |
| $\leq \frac{3}{4}$ 吋                |                   | 50,000                 | 7.4   | 1.31                   | 0.86 |
| $> \frac{3}{4} \sim 1\frac{1}{2}$ 吋 |                   | 46,000                 | 7.4   | 1.21                   | 0.86 |
| $> 1\frac{1}{2} \sim 4$ 吋           |                   | 42,000                 | 7.4   | 1.10                   | 0.86 |
| 高强度低合金鋼                             |                   |                        |       |                        |      |
| (U. S. S. Tri-Ten)                  | A441              |                        |       |                        |      |
| $\leq \frac{3}{4}$ 吋                |                   | 50,000                 | 8.4   | 1.15                   | 0.76 |
| $> \frac{3}{4} \sim 1\frac{1}{2}$ 吋 |                   | 46,000                 | 8.4   | 1.06                   | 0.76 |
| $> 1\frac{1}{2} \sim 4$ 吋           |                   | 42,000                 | 8.4   | 0.97                   | 0.76 |
| 高强度低合金鋼                             |                   |                        |       |                        |      |
| (U. S. S. Cor-Ten)                  | A242**            |                        |       |                        |      |
| $\leq \frac{1}{2}$ 吋                |                   | 50,000                 | 8.7   | 1.11                   | 0.75 |
| $> \frac{1}{2} \sim 1\frac{1}{2}$ 吋 |                   | 47,000                 | 8.7   | 1.05                   | 0.75 |
| $> 1\frac{1}{2} \sim 3$ 吋           |                   | 43,000                 | 8.7   | 0.96                   | 0.75 |
| 热处理的合金結構鋼                           |                   |                        |       |                        |      |
| (U. S. S. T-1)                      |                   | 100,000                | 15.5  | 1.25                   | 0.41 |

\* 基本价格加上按不同截面形状大小之額外費用

来源: 美国鋼鐵公司

\*\* 对于一定的厚度

## 二、高强度鋼的用途

### 1. 減輕重量

運輸設備是应用高强度低合金鋼的一个广大部門。鐵道部門已經認識到采用高强度鋼来减小鋼材厚度降低車輛自重增加載貨量可大量节省运行費用和增加收入。其他机动設備如卡車、拖車和公共汽車等亦然。一种平板拖車从原来的碳鋼結構重新設計或合并使用屈伏点为 50,000 磅/吋<sup>2</sup> 的高强度低合金鋼和屈伏点为 100,000 磅/吋<sup>2</sup> 的热处理合金結構鋼 (U. S. S. T-1) 后降低重量 1,500 磅, 这和采用鋁所得之結果相同。在桥梁方面也在新的設計概念基础上合并使用高强度鋼和屈伏点为 100,000 磅/吋<sup>2</sup> 的热处理合金結構鋼而显著地降低了重量和价格。

### 2. 多方面用途

高强度鋼的用途与日俱增。在大型結構方面,

如大厦、桥梁、儲油罐、導彈搬运和发射設備, 其他如拖拉机、采掘机、农业机械、行車构架、戽斗、压路机、起重機、矿車、灯柱、綫路五金、发射塔、電纜卷筒、駁船和空气預热器等。在这些用途中都充分利用了材料的特性。

它們也用作汽車的千斤頂、車身和防震器。正在研究的一种新的防震器材料是将薄的不銹鋼皮作为裝飾和保护层粘合在高强度鋼的防震器柱上。一种具有屈伏强度为 100,000 磅/吋<sup>2</sup> 的热处理的合金結構鋼 (U. S. S. T-1) 将用于制造洲际導彈发射基地上儲藏液体燃料的受压容器。另一类强度为 110,000 磅/吋<sup>2</sup> 和布氏硬度为  $H_B$  500 的高强度結構鋼在需要耐磨的地方具有廣闊的用途。

### 三、用鋁处理的鋼

在半鋁靜鋼中加入 0.01~0.04% 的鋁, 获得一种高强度鋼。鋁降低了晶粒度, 因此不用提高含碳量就有强化和提高韌性的結果。由于碳及錳含量低, 因此焊接性能好。鋁似乎也阻止了热影响区的

开裂和延緩了热影响区碳化物的溶解。

正在用一种低高强度鋼来制造分送氧气的小容器(4吋厚,32两重)。这小容器的內壁压力为1,790磅/吋<sup>2</sup>。这容器是将两半个容器用氩气在2,100°F焊成。

## 四、将来的发展

将来的新鋼种在热轧状态时的屈伏强度将达60,000或70,000磅/吋<sup>2</sup>,最后或許达到80,000~90,000磅/吋<sup>2</sup>。且有良好的成形及焊接性能,以及用焊接制造的结构具有必要的强度和塑性以便經受住在使用时的各种状况。

在热处理合金结构鋼方面也发展一种屈伏强度为150,000磅/吋<sup>2</sup>的新鋼种,以便用于目前正在用屈伏强度为100,000磅/吋<sup>2</sup>制造的那些结构和容器。并致力于发展具有合适的焊接和成形特性的鋼种。

## 五、碳鋼和合金鋼的趋向

为了力求保持合理的价格,目前趋向于尽可能用低級的合金鋼和碳鋼来制造金属产品。手工工具工业似乎正在由4140、4150和8650鋼轉向于1045、5046和4068鋼,这是一个极好的例子。

靠了采用感应硬化,汽車制造厂已能够轉变到用碳鋼如S. A. E. 1037和1038制造心軸。在汽車防震器上也趋向于用較便宜的鋼。假使这防震器主要是为了裝飾,則有許多已用完全鎮靜的1008、1010、1012和1018鋼冲压出来。

### 殘余元素

在碳鋼中殘余元素的作用正在受到很大的注意。其中一个原因是使用者已在企图利用殘余元素对普通碳鋼的淬透性的影响。然而,当殘余量高时則退火处理和切削加工性将受到影响,而且增加的淬透性可能引起鋼在淬火时开裂或者造成过高的心部硬度而使表面硬化的鋼变形。因此最終可能用控制淬透性的办法来解决这一問題。在这个方向上的一个步驟是碳鋼淬透性带的建立。

## 六、新的 H-鋼\*

1960年初,美国鋼鐵协会的标准上增加了三种

H-鋼,4520-H、4718-H和6118-H。它們在汽車工业中已被广泛使用。它們全是很好的渗碳級鋼。淬透較深的4718-H鋼已用于卡車和重型运输工具的高应力差动环齿輪和小齿輪。許多客車的差动齿輪和小齿輪是用4520-H制造的。6118-H鋼正用在轉向齿輪上。

## 七、含鉛鋼更广泛的使用

虽然含鉛鋼因为改善切削性能而带来了經濟上的好处已被普遍地使用着,然而只在最近才被用于重18吨的閉口模鍛件。許多用于硬化的齿輪,直徑为145吋的圓的鍛件或軋材正在用含鉛鋼来制造。

在疲劳和冲击負荷下是否使用高强度含鉛鋼还是有爭論的。某些鋼厂劝告应避免这些用途,特别是如果这种鋼是热处理到最高的强度水平上或受到冲击負荷的話。然而,广泛的研究已确定加入鉛后在正常使用温度下对机械性能沒有实质的影响。經驗也表明鋼中的鉛对焊接性能的損害也沒有易切削鋼中通常有的高含硫量对它的損害来得厉害。

### 含鉛合金鋼

含鉛合金鋼的用途在增加。例如用5140和4140制造承受低負荷或低压力的汽車零件及水力系統的部件。另一用途是渦輪,因为它的形状是不能挤压出来的。

將鉛加到低合金鋼如4140、4340和8630中降低了那些已經热处理到齿輪所要求的高硬度的鍛件(图1)、軸承表面、轉塔的环境齿輪和其它易受磨擦磨耗的产品的切削加工費用。刀具寿命增进600%以及切削加工時間减少50%以上是相当普遍的。

“切削加工費用改善受到切削加工設備的容量和条件、产品的几何形状以及加工要求的影响”。此外正常切削加工含鉛鋼能造成极好的表面光洁度。

## 八、冷挤压的进展

在压力机或多級橫鍛机上进行棒材或綫材的冷挤压正在不断的进展,它淘汰了螺釘的切削加工法。大部分首先用于冷挤压的材料是細晶粒的普通碳鋼,一般是退过火的成圈的棒材或綫材。采用中間退火或消除应力后,許多碳鋼和合金鋼都能被冷挤

\* H-鋼系保証具有一定淬透性的鋼——譯者注

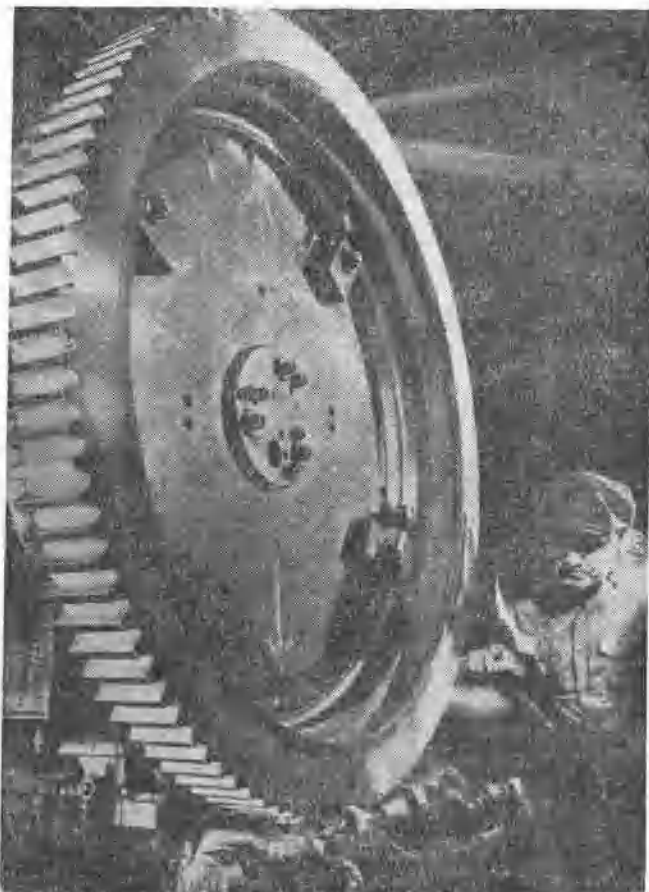


图1 正在 Thaw 采掘机公司的工厂内加工用于采掘机的齿轮,它表明含镍钢在重载工作中的应用在不断增长。它是两只环齿轮之一,用来支持司机室及挖斗

压。典型的如用铝充分脱氧的低硅的 C1008、C1020、C1024 和 C1030。例如 4023、4130、5120、5130、8620 和 8630 也已用来冷挤压。在模锻以前稍为预热(用感应方法或其他方法加热到约  $250^{\circ}\text{F}$ ) 是有很大的助益。工具的设计对于决定所需钢材的质量是一个重要因素。在现在的模具设计中,只要冷挤压时金属是受压,则将趋向于使表面缺陷缩小。因为在冷挤压中棒料和线材的表面质量非常重要,因此钢厂正在努力控制质量。

## 九、新的镍钢系统

国际镍公司的 Bayonne 研究所正在对一系列含镍 18 ~ 27% 的铁镍合金进行评价。这类钢不经淬火即能进行析出和相变硬化。含碳量保持在 0.05% 以下并且加入钛 (1.7%) 和铝 (0.2%) 以得到析出硬化。同时还加入约 0.4% 铌。

在这系列中两种有希望的合金各含 20 和 25% 镍。含 20% 镍的钢自  $1,500^{\circ}\text{F}$  左右的退火温度空冷下来时,由奥氏体发生相变。在  $850 \sim 1,000^{\circ}\text{F}$  进行时效。得到屈服强度为 270,000 磅/吋<sup>2</sup> 和抗拉强度为 280,000 磅/吋<sup>2</sup> 的强度和 12% 的延伸率。25% 镍的钢能够退火到较低的硬度但是在  $850 \sim 950^{\circ}\text{F}$  时效之前尚需要在  $1,300^{\circ}\text{F}$  进行中间处理。采用这样的处理达到 252,000 磅/吋<sup>2</sup> 的屈服强度和 277,000 磅/吋<sup>2</sup> 的抗拉强度。

这两种合金都具有很好的冷加工特性。例如,20% 镍钢由退火状态 ( $R_c 36$ ) 冷加工,在 70% 变形度后仅硬化到  $R_c 37$ 。

## 十、真空处理的钢

真空脱气(钢在空气中冶炼而在真空中脱气)特别适用于需要很大韧性的产品。它正

在用来制造较为纯净无疵的、用于制造硬化轧辊的钢而并不超过大气熔炼的钢的费用。

因为对真空脱气的钢水量实际上没有限制的，它将被广泛地用于增进 H-11、4340 和其他类型的高强度工具钢的质量。按照伯利恒钢铁公司的付总冶金师 Elliott A. Reid 的意见，“并没有期望真空脱气的钢在各方面都比得上质量很高的真空冶炼的钢。然而，由于它的质量已大为改进故目前许多采用真空冶炼钢材的地方均可采用它。它的优点是价格低和产量高”。

### 更大的钢锭

在真空熔炼中似乎趋向于以大气冶炼的钢作电极用自耗电极熔炼法制造更大的钢锭。已经非常需要直径为 20 或 26 吋，重 5,000 ~ 约 19,000 磅的钢锭。然而 Allegheny Ludlum 厂即将供应直径为 40 ~ 50 吋，重 50,000 ~ 60,000 磅的钢锭。

通过自耗电极和真空感应熔炼，已可提供更为纯净的如 52100、8620、6150、9312、A286、Waspaloy 和 300-M 等类钢。大多数还是供飞机和导弹使用。

## 十一、用于飞机锻件的 4340 钢

S. A. E. 4340 钢(常规的和变型的)仍是飞机起落架的主要材料。由于负荷更大，以及飞机收起落架的地方更小，因此趋向于要求抗拉强度为 260,000 ~ 280,000 磅/吋<sup>2</sup>。采用细致的熔炼方法，用电炉生产；具有满意的纯净度且锻件横向断面收缩率达到最小为 6% 和平均为 10% 的 4340 钢。

在起落架上，必须避免易产生应力集中的地方，如工具记号、断面尺寸的急剧改变、锐边和小半径等。可能的话，钢可用油漆或电镀或两者同时使用来防止腐蚀。然而，因为氢脆的危险，所以在海军的

规范中起落架是不允许电镀的。

### 更高强度的需要

在探求能处理到比 260,000 ~ 280,000 磅/吋<sup>2</sup> 更高强度的超高强度钢，有人认为 H-11 工具钢是最有可能的。它的强度高(可达 280,000 ~ 300,000 磅/吋<sup>2</sup>)而且可保持承受载荷能力一直到约 1,000°F。在目前为了使锻件具有适当的横向延伸性必须采用真空冶炼。对某些零件，例如正在计划的或处于初期生产阶段的大型飞机的起落架，其问题是要得到足够大的钢锭以便允许有足够的热加工使得有满意的横向性能。

## 十二、新的原子能用钢

Jones 和 Laughlin 钢铁公司已发展了一系列用于原子能发电厂部件上的新钢种。这些新钢种的化学成份和标准碳钢不同，它的锰和硅的含量极低。这钢是发展用来帮助解决在核反应堆设备维护中的一个问题：这是因为热中子和锰的反应而造成的残留放射性阻止了对设备的修理及调整。

### 其他用途

虽然这钢是专门发展用于原子能工业，但它有很高的冷塑性。它在低温时有着很好的冲击性能。因而将用于冷挤压型材、冷的模锻锻、电子零件以及飞机和导弹工业中。

## 十三、汽车制造厂开始采用镀锌钢皮

汽车车身使用镀锌钢皮将能更好地抵抗腐蚀。在今年少数汽车上有限地使用了叠层镀锌层的钢皮



图 2 用 4340 钢加工成的喷气客机起落架的轴梁，这钢符合于有关横向性能的特殊飞机规范。这一个起落架部件在脱碳极少的气氛中热处理到抗拉强度 260,000 ~ 280,000 磅/吋<sup>2</sup> ( $E_C$  50 ~ 53)