

高 猛 钢

林 范 編著

冶金工业出版社

高 錳 鋼

林 范 編著

冶金工业出版社

內 容 提 要

高錳鋼以耐磨著名，是特殊鋼種之一，它的屬性與其他鋼種比較有很多不同的地方。本書就它的性質、用途、熔煉、鑄造、熱處理、切削加工及焊接等方面作了闡述，使讀者能對有關高錳鋼問題得到比較全面的了解，並有助於實際工作。

本書可供從事高錳鋼使用與生產人員及工人同志們閱讀，也可供一般技術人員及專業學生參考。

高 錳 鋼

林 范 編著

1960 年 7 月 第 一 版 1960 年 7 月 北 京 第 一 次 印 刷 6,025 冊

開 本 $850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32}$ · 字 數 43,000 · 印 張 2 · 定 價 0.29 元

統 一 書 號 15062 · 2276 冶 金 工 業 出 版 社 印 刷 廠 印

新 華 書 店 科 技 發
行 所 發 行
各 地 新 華 書 店 經 售

冶 金 工 業 出 版 社 出 版 (地 址: 北 京 市 灯 市 口 甲 45 號)

北 京 市 書 刊 出 版 業 營 業 許 可 証 出 字 第 093 號

目 录

一	高錳鋼的成份和性质.....	5
二	高錳鋼的用途.....	23
三	高錳鋼的熔炼.....	30
四	高錳鋼的鑄造.....	38
五	高錳鋼的热处理.....	47
六	高錳鋼的鍛軋及切削加工.....	57
七	高錳鋼的焊接.....	61

一、高錳鋼的成份和性質

錳元素的熔點是 1250°C ，比重 7.42，它的機械性能很差，對它不能進行熱機械加工，也不能進行冷機械加工。在煉鋼的時候，錳常以合金狀態出現，作為脫氧劑使用，最後有一部份錳剩餘在鋼液中，對於所有鋼種來說，大約都有 0.3—0.5% 錳的含量。但是如果加入的錳量超過了這脫氧的需要，過多的錳量就會對鋼的性質發生不同的影響。一般來說，含錳量大於 0.9% 的鋼，就叫做錳鋼。錳量過多在一定範圍時，會使鋼變為非常硬而脆，用錘擊之就能使它粉碎，這種鋼沒有什麼用處，但過多的錳量，如其含量適當時，鋼的韌性又變為非常的好；當錳在 10—14%，碳在 1.0—1.4% 時，錳鋼的韌性很大，勝過其他合金鋼，這即是今日在工業上有廣泛用途的高錳鋼。

圖 1 和圖 2 說明了錳鋼由於含碳及錳量的不同，它的抗張強度和延伸性能的情況，其中已標示了優質錳鋼的含碳含錳量範圍。圖 3 是表示錳鋼中由於碳及錳的含量逐漸增加時所得到的錳鋼組織圖。

在目前工業中實際使用的鋼種，屬於錳鋼範圍的，除高錳鋼以外，尚有珠光體中錳鋼，它的含錳量約在 1.0—2.0%，含碳約在 0.1—0.7%。珠光體錳鋼內的錳會使鋼的屈服極限及強度極限提高，而強度極限提高得更為顯著，這種鋼的應用很廣。圖 4 表示各種碳素鋼和具有不同含錳量的珠光體中錳鋼的成份和用途，在本書中不討論這個成份範圍的錳鋼。

高錳鋼是應用較早的一種合金鋼，於 1833 年為英國人哈特菲爾德 (Hadfield) 氏所發見。又因高錳鋼是在具有奧氏體組織狀態下使用，因此亦稱高錳鋼為奧氏體錳鋼，因它富有耐磨性著名，故亦稱耐磨鋼、耐磨硬錳鋼等等。

高錳鋼的化學成份：



图 1 碳锰钢的抗张强度 (吨/时²), 1000°C水处理

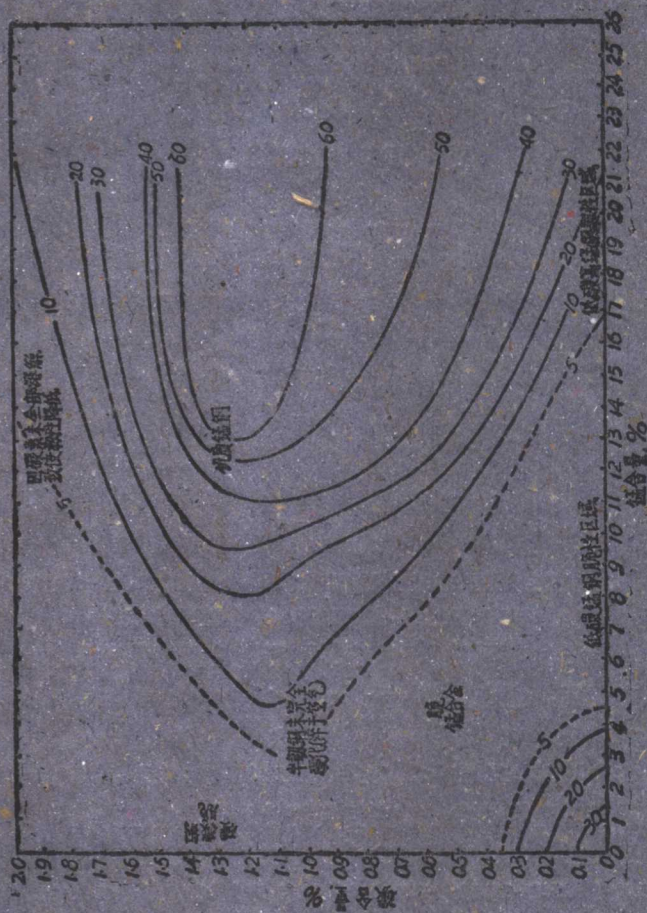


图 2 碳锰钢的延伸率, 1000°C 水处理

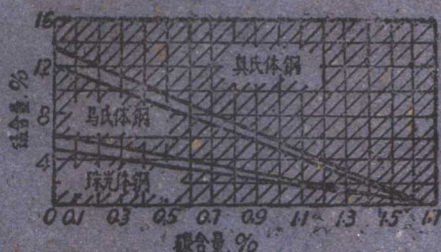


图 3 錳鋼組織圖

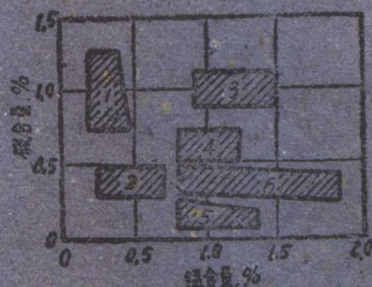


图 4 各种成份中錳鋼的使用範圍

1—碳素工具鋼；2—碳素機器製造鋼；3—含錳工具鋼；4—螺旋和
平板彈簧鋼；5—渗碳錳鋼；6—含錳機器製造鋼

用于热状态下軋軋、鍛造、冲压、成型鑄件以及冷状态下拉
絲的高錳鋼，它的化学成份为：

碳	錳	矽	鉻	鎳	磷	硫
1.0—1.3%	13—14%	≤0.5%	≤0.2%	≤0.3%	≤0.03%	≤0.03%

用于重型机械中一般高錳鋼鑄件的化学成份为：

碳	錳	矽	鉻	鎳	磷	硫
0.9—1.3%	11.5—14.5%	0.5—1.0%	≤0.5%	≤0.5%	≤0.12%	≤0.05%

在苏联国家标准中，对于水泥生产的磨机中使用的高錳鋼衬
板（也适用于其他工业部門的磨机衬板），其化学成份規定为：

碳	錳	矽	磷	硫	鎳鉻允許存在
1.1—1.5%	11—15%	≤1.0%	≤0.1%	≤0.05%	

高錳鋼中的碳與錳的含量相當高，錳具有顯著溶解碳的能力，高錳鋼中錳和碳的含量對鋼的性質有很大影響。鋼中的錳和鋼中的一部份碳生成碳化錳，而鋼中的另一部份碳和鐵生成碳化鐵，碳化錳比碳化鐵是更為穩定的，而且不單獨存在，它們之間組成了雙碳化物 $(FeMn)_3C$ 存在於鋼中。在高錳鋼中，這雙碳化物可以完全溶解到奧氏體組織中去或是從奧氏體組織中析出，由於這種情況的不同，因而也決定了高錳鋼性質的顯著不同。在5—13%錳和1%碳的鋼中，其所含碳化物具有22%的錳和7%的碳，這說明了隨著碳化物從固溶體內析出，會使基體內的錳量貧化，錳並能提高碳在奧氏體中的溶解度極限，錳的作用大致和加速冷卻相同，因此，鋼的臨界冷卻速度減小，這樣就使高錳鋼能部份地或全部地能獲得奧氏體組織。

圖5表示含錳為13%的鐵碳錳組織圖，圖6表示含碳1%的鐵碳錳組織圖，它們都說明了試樣自高溫經過緩慢的冷卻後，高錳鋼的組織是逐漸變化的。在高溫時，所有碳化物都溶解到奧氏體中去，成為均勻的奧氏體組織，但是，在溫度下降時，碳化物會逐漸自奧氏體晶格內析出，而成為奧氏體+碳化物組織。若溫度再繼續徐緩下降，又將成為純鐵體+奧氏體+碳化物的組織，最後成為純鐵體+碳化物組織。從這圖中也可以看到，由於含碳量的不同，它的組織變化開始溫度也是不同的，含碳量愈低，碳化物全部溶解到奧氏體中去所需要的溫度也愈低，同時也說明了高錳鋼也僅有在室溫時才能保持其本身的穩定性。

高錳鋼無論是鑄造狀態或是鍛造以及熱軋後自然冷卻後的組織，或多或少都有碳化物自奧氏體中析出，這碳化物的存在，會使鋼的機械性能不高，抗磨性不大，鋼有脆性，碰擊之容易裂紋，因而不能使用。高錳鋼只有在為純粹的奧氏體組織時才具有非常堅韌的性能。

要使高錳鋼能得到純粹的奧氏體組織，應當把鋼加熱到臨界溫度以上，約1000—1100°C，並保持此溫度一定時間，使鋼中的

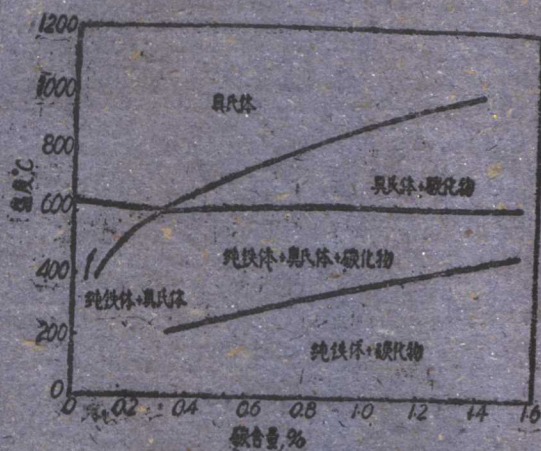


图 5 含锰13%的铁碳锰組織图

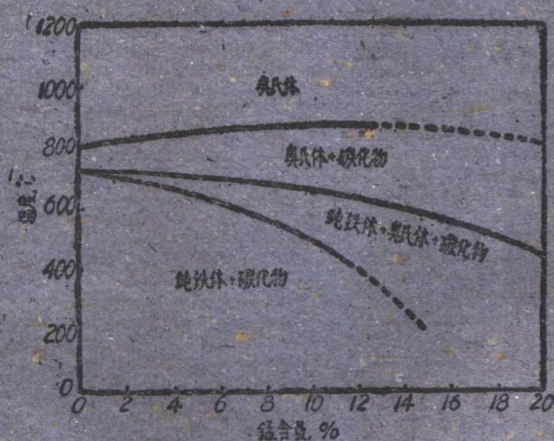


图 6 含碳1%的铁碳锰組織图

碳化物能够全部溶解到奥氏体中去，而后迅速的把鋼件浸淬于水中冷却，由于冷却非常迅速，碳化物就来不及自奥氏体中析出，而保持了均匀的奥氏体組織状态，经过这样方法处理后的高錳鋼，会具有非常坚韧的性能，这样淬火处理操作也叫做水韧处理。

因此，对于高錳鋼說来，不但要有一定的化学成份要求，而且还必須进行所謂水韧处理，这样才能得到我們所需要的性能。

假如高錳鋼的含碳量和含錳量不适当，即使经过 1000—1100°C 的水处理，也不可能得到單純的奥氏体組織，由于含碳及錳量的不同，其淬火后的結晶組織概略情况如图 7 所示，得到三种情况：

奥氏体——馬丁体=脆性

奥氏体——碳化物=脆性

奥氏体=軟

由图 7 也可以知道，即使能同样得到奥氏体錳鋼的，它的含碳和錳量成份范围也是頗大的。又从图 5 及图 6 得知，含碳量高低也决定了到得奥氏体所需要的临界温度，即含碳量愈高，所需要的溶解温度也愈高，因此，有关高錳鋼最适宜的含碳量和錳量以及其他成份問題，很值得注意。

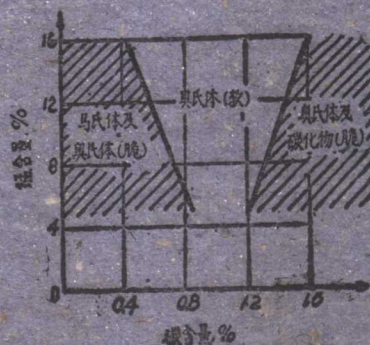


图 7 錳鋼組織图 1000—1050°C 水处理

以下綜述一些研究人員在實際應用中關於高錳鋼所含各種化學成份最適宜含量範圍的意見。

高錳鋼中的含碳量對鋼耐磨性的影響，蘇聯波德沃伊斯基和通柯夫曾作了這方面的研究試驗，他們認為，當降低含碳量時，雖然能提高鋼的沖擊值，但卻很顯著的降低了鋼的耐磨性，他所作的沖擊摩擦試驗比較結果數據是：當用含碳量為1.5%時，試樣在沖擊摩擦550小時以後，試樣的重量損失大約為原來重量的0.3%，當用含碳量為1.0%時，在同樣沖擊摩擦時間內，磨損為0.7%，當試樣含碳量為1.2—1.3%之間時，其磨損在0.4—0.5%之間，由此可知，降低高錳鋼中的含碳量，會顯著的降低鋼的耐磨性。

高耐磨性是高錳鋼的最大特徵，因此，為保證鋼具有良好的耐磨性，在生產高錳鋼時，就應當力求選用在允許條件下較高的含碳量。如磨機襯板，其含碳允許高至1.5%。

為提高耐磨性而選用較高的含碳量的同時，尚應當聯系到含碳量對其他方面的影響。如考慮到鑄件的尺寸與複雜性情況的時候，一般來說，在製造小的零件，特別是薄壁鑄造，含碳量可採用1.3—1.4%左右，厚壁鑄件的含碳量應稍低些，但也不宜低於1.1%。厚壁鑄件若含碳量過高，當冷卻時將引起鑄件裂紋，這些裂紋通常是分布在鑄件內部，僅在使用時才暴露出來，而大型鑄件的含碳量高於1.4%時，在熱處理時也會發生裂紋。但是，若只是為了鑄件減少裂紋，而經常採用過低含碳量，如低於1.2%的作法，也是不應當予以提倡的，因為從蘇聯波德沃伊斯基和通柯夫的研究試驗指出，過低含碳量會大大減低高錳鋼的耐磨性，從而縮短了鑄件的使用壽命，是不經濟的。在考慮採用含碳量與鑄件重要性的情況時，對於重要鑄件來說，含碳量可採用不高于1.2—1.25%。對於次要鑄件，則含碳量允許高些。

以上是從耐磨性、鑄件的尺寸和複雜程度甚至鑄件的重要性等方面來考慮含碳量的，如果從抗拉強度方面來考慮含碳量的時

候，从图 8 得知，含碳量的提高很影响到高锰钢的屈服点强度，因此，当需要较高强度时，就不应当采用过低的含碳量。

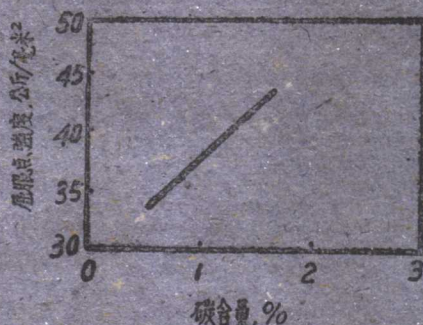


图 8 碳含量对高锰钢屈服点强度的影响（钢已水处理）

关于高锰钢中锰的含量，当锰的含量低于11%时，钢的强度及韧性就会急剧降低，当锰的含量低于10%时，强度就降低得更多，当含量降低至8%时，钢的强度仅及正常强度值的一半。研究人员指出，锰量的下限宜采用11%，上限为13—14%，这个范围内的含锰量是最优的，因为在这样情况下，钢的机械性能最好。

高锰钢中锰含量自11%增加至14%时，钢的屈服强度并不受到影响，而能逐渐增强抗拉强度及延伸性。当提高含锰量大于15%时，已不再显著的影响到钢的机械性能的提高。增加含锰量高于通常最优的成份时，会引起钢的收缩量增大，使铸件在冷却过程和在热处理时产生缩孔和裂纹，因而可能增加废品。所以，增加钢内含锰量高于14%是没有多大必要的。

高锰钢中锰和碳含量的比例 $Mn:C=10$ ，这在铸造中等壁厚的铸件才是正确的，在薄壁铸件中这个比例没有重要意义，小型零件生产的经验指出，增加锰与碳的比例将会引起热裂现象。对于耐磨的高锰钢件来说，不能广泛应用 $Mn:C=10$ 的比例，因为这将使钢内含锰量过高，不仅需要较贵的低碳锰铁来熔炼，增加锰的消耗，提高铸件价格，而且因为它将引起钢的韧性和延性的提高，结果会大大降低高锰钢的耐磨性。

关于高錳鋼中的含矽量，个别研究者試驗指出，当矽含量超过2.2%的时候，对鋼的强度及延性才会急剧降低，而在2.2%以内时，抗拉强度及延伸率几乎不变，而屈服极限仅有微小的提高（图9）。因此，有人認為高錳鋼中的含矽量限度可达到1%，甚至到2%也不影响到鋼的机械性能。至于矽含量对高錳鋼耐磨性的影响方面，許多研究者表明还没有研究清楚。

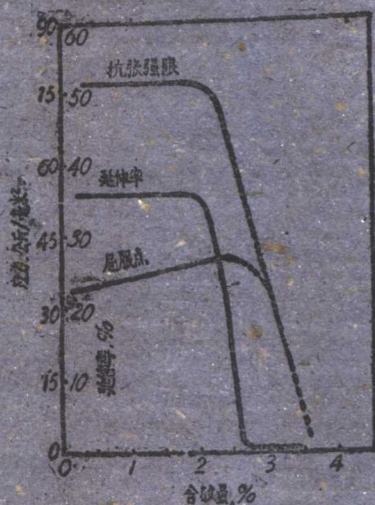


图 9 矽含量对高錳鋼性能的影响（鋼已水处理）

高錳鋼中的含矽量限度，在实际应用中，通常認為是0.5%，矽的正常含量为0.3%。对于小型鑄件，矽对提高鑄件的质量起着有利的影响，矽能改善鋼的組織，这組織能减少鋼的脆性和縮孔。但是，提高含矽量超过0.6%时，是認為有害的，因为在这种情况下，鋼的硬度会增高，也即使脆性增加。

磷是最不利的杂质，高錳鋼中的含磷量，很大程度决定于所用的錳鉄合金的含磷量情况，磷在鋼內成鉄合金，如含磷量大于0.1%时，会引起冷脆性增加及鋼內枝晶偏析增加，含磷量高时，

会沿着晶粒周界上生成由含磷的共晶组成的脆性网，因而大大降低了高锰钢的冲击强度及耐磨性。图 10 曲线表明，虽然含磷量在 0.1% 以内时不见到有害处，但这仅仅是在室温时的机械性质的基础上，若在高温时试验，则如图 11 所示，当磷的含量大于 0.06% 时，它的强度及延伸就会急剧降低。因此，含磷量高时，高锰钢铸件在浇铸时，就有促成铸件产生裂纹的可能性。

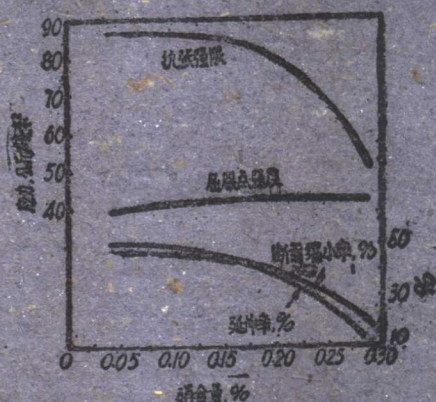


图 10 常温时磷含量对高锰钢性能的影响钢已水处理

关于高锰钢铸件，由于含磷量不同而影响铸件裂纹方面，苏联“镰锤”工厂曾作了研究，在研究由 100 炉钢浇铸的 248 个铸件中得到下列数据：

钢的含磷量 (%)	P < 0.09	P > 0.09
因裂纹造成废品 (%)	4.1	8.6

因此，高锰钢中的含磷量，不仅对需要冷状态加工的钢件应当予以注意，就是在供铸件使用时，含磷量也应尽可能降低。

高锰钢铸件中的含硫量，一般是不十分予以注意的，因为在熔炼高锰钢时，钢液中有大量的锰，硫是能与锰化合成硫化锰而使硫量降低的。但是，对于需要在高温锻打的高锰钢来说，控制含硫量就很必要了。

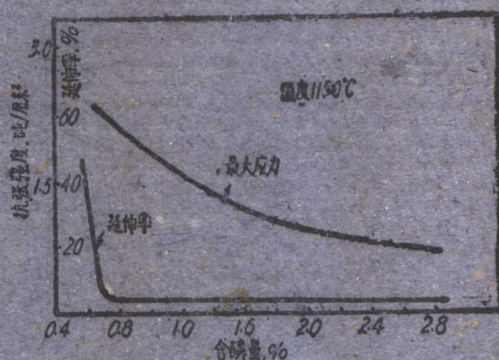


图 11 高温时磷含量对高锰钢性能的影响

下面介绍一些关于高锰钢的机械性能与物理性质。

表 1 所列出的是一些高锰钢在锻造、轧制和铸件状态下，经过 1100°C 水韧处理后的试样性能。

表 1 中的数据可以说明试样的种类对高锰钢机械性能的影响，例如：轧制试样比铸造试样的延伸率就约大一倍，同时，从表中也可以知道，随着晶粒的缩小，而机械性能则急剧增高，晶粒大小为 7 号或是更细的锻造试样，能获得很高的机械性能。

在国家标准中，对于重型机械用的一般高锰钢铸件，经过 1060—1100°C 淬火处理后，对其机械性能的要求如下：

抗张公斤/毫米 ²	弹限公斤/毫米 ²	延伸% (L ₀ =5d)	收缩率	布氏硬度
>56	>30	>15	>15	179—229

高锰钢件的抗弯试验，对于铸件试样来说，应为 120° 不折断，对于锻件的试样来说，应为 180° 不折断。

高锰钢的冲击值很高，约在 30—50 公斤米/厘米²。

高锰钢在淬火处理后，它的硬度并不高，约在 H_B=180—220，但若受到剧烈的冲击力或压力时，钢会产生加工硬化现象，硬度值能提高 450—550H_B。高锰钢在受到冲击力或压力时，在变形过程中，会消耗那些对钢表面继续冲击的力，会阻止力的作