

高 錳 鋼

[英] R. A. 哈特菲尔德 著

張 文 愷 譯

內 容 簡 介

本书系根据英国哈特菲尔德公司出版的“锰钢”(Manganese steel) 1956年版譯出。

哈特菲尔德锰钢为特殊的鋼种之一，并以耐磨著称，它的屬性与其它鋼种比較有很多不同之处。本书就它的性能、鑄冶、热处理、相的轉变、加工硬化、磨損、成分的影响、切削加工和焊接等方面作了較詳細的闡述，书中收集了有关其它各种特性的資料，并对它的发明和发展的历史作了簡要的叙述。

本书可供机械制造和冶金工业的工程技術人員閱讀，也可供有关科学研究的人員和高等学校師生参考。

MANGANESE STEEL

[英] R. A. Hadfield

OLIVER AND BOYD 1956年

*

高 錳 鋼

張 文 愷 譯

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 号

新华书店北京發行所發行 各地新华书店經售

国防工業出版社印刷厂印裝

*

850×1168 $1/32$ 印張 $2^{13}/16$ 插頁 6 80千字

1964年9月第一版 1964年9月第一次印刷 印數：0,001—7,600册

統一書号：15034·757 定价：(科八-1) 0.75元

譯者序

高錳鋼由于它具有較高的強度和顯著的沖擊韌性；在受沖擊或應力作用時，會迅速的產生加工硬化，使鋼具有非常良好的耐磨性以及無磁性等獨特的綜合性能，因此它在工業上的應用是非常廣泛的，如冶金、礦山、建築材料、電器工程、鐵道、軍工及拖拉機等的機械製造業中均常用它來作為結構材料。

高錳鋼是1882年為英國人 R. A. 哈特菲爾德 (Hadfield) 所發明。他於1878年開始進行錳鋼的研究工作，四年以後，終於發現了當含錳10%或更高時，在加熱至1000°C左右並在冷水中淬火後可獲得良好性能的高錳鋼。哈特菲爾德於1883年獲得了錳鋼的第一次專利，內中包括在低碳的鋼水中加入錳鐵，使鋼水中的含錳量增至7~20%，由此可得到堅韌的高錳鋼鑄件。

高錳鋼液具有良好的流動性，能澆注出各種厚薄不同和形狀比較複雜的鑄件，因此在工業上，它大部分是供作鑄件使用的，但它亦可用於鍛造或軋制工藝，當加熱至1050°C左右時，鍛造和軋制一般是沒有什麼太大的困難。它的切削性能較差，許多年來它被認為是不能進行切削加工的，但由於近代刀具的發展，對其進行切削加工已成為可能。

我國高錳鋼的生產，在解放後，得到了非常迅速的發展，已遍及各個機械製造部門；在提高高錳鋼材料性能，改進生產工藝和消除各種缺陷等方面亦作出了不少的成績，如在高錳鋼中加入稀土元素，可以大大的細化晶粒，沖擊韌性和耐磨性得到顯著的提高；在消除鑄造高錳鋼的裂紋、縮松、粘砂、結疤等方面，亦積累了豐富的行之有效的寶貴經驗。但是對它的材料性能和生產工藝的生產性試驗和科研工作，尚需進一步的加強，同時亦應加強這方面的技術情報工作。

譯者深以為憾的是，在譯文中有不少地方譯筆尚不夠流暢，甚至還有錯誤之處。希望能夠得到讀者的幫助和指正。

張文愷 1963.10

目 录

譯者序	4
錳鋼的一般特性	5
錳鋼的制造方法	7
錳鋼的性能	12
热处理	21
錳鋼的相变和金相学	28
加工硬化、磨損和耐磨性	36
温度对錳鋼性能的影响	54
成分的变化	58
电机工程上应用的无磁性鋼	68
切削加工	69
焊接、堆焊、钎接和氧气切割	73
工业上的应用	83
附图	84
参考文献	95

高 錳 鋼

[英] R. A. 哈特菲尔德 著

張文愷 譯

內 容 簡 介

本书系根据英国哈特菲尔德公司出版的“锰钢”(Manganese steel) 1956年版譯出。

哈特菲尔德锰钢为特殊的鋼种之一，并以耐磨著称，它的屬性与其它鋼种比較有很多不同之处。本书就它的性能、鑄冶、热处理、相的轉变、加工硬化、磨損、成分的影响、切削加工和焊接等方面作了較詳細的闡述，书中收集了有关其它各种特性的資料，并对它的发明和发展的历史作了簡要的叙述。

本书可供机械制造和冶金工业的工程技术人员閱讀，也可供有关科学研究人員和高等学校师生参考。

MANGANESE STEEL

[英] R. A. Hadfield

OLIVER AND BOYD 1956年

*

高 锰 鋼

張 文 愷 譯

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $1/32$ 印張 $2^{13}/16$ 插頁 6 80千字

1964年 9 月第一版 1964年 9 月第一次印刷 印数: 0,001—7,600册

統一书号: 15034·757 定价: (科八-1) 0.75元

目 录

譯者序	4
錳鋼的一般特性	5
錳鋼的制造方法	7
錳鋼的性能	12
热处理	21
錳鋼的相变和金相学	28
加工硬化、磨損和耐磨性	36
温度对錳鋼性能的影响	54
成分的变化	58
电机工程上应用的无磁性鋼	68
切削加工	69
焊接、堆焊、钎接和氧气切割	73
工业上的应用	83
附图	84
参考文献	95

譯者序

高錳鋼由于它具有較高的強度和顯著的沖擊韌性；在受沖擊或應力作用時，會迅速的產生加工硬化，使鋼具有非常良好的耐磨性以及無磁性等獨特的綜合性能，因此它在工業上的應用是非常廣泛的，如冶金、礦山、建築材料、電器工程、鐵道、軍工及拖拉機等的機械製造業中均常用它來作為結構材料。

高錳鋼是1882年為英國人 R. A. 哈特菲爾德 (Hadfield) 所發明。他於1878年開始進行錳鋼的研究工作，四年以後，終於發現了當含錳10%或更高時，在加熱至1000°C左右並在冷水中淬火後可獲得良好性能的高錳鋼。哈特菲爾德於1883年獲得了錳鋼的第一次專利，內中包括在低碳的鋼水中加入錳鐵，使鋼水中的含錳量增至7~20%，由此可得到堅韌的高錳鋼鑄件。

高錳鋼液具有良好的流動性，能澆注出各種厚薄不同和形狀比較複雜的鑄件，因此在工業上，它大部分是供作鑄件使用的，但它亦可用於鍛造或軋制工藝，當加熱至1050°C左右時，鍛造和軋制一般是沒有什麼太大的困難。它的切削性能較差，許多年來它被認為是不能進行切削加工的，但由於近代刀具的發展，對其進行切削加工已成為可能。

我國高錳鋼的生產，在解放後，得到了非常迅速的發展，已遍及各個機械製造部門；在提高高錳鋼材料性能，改進生產工藝和消除各種缺陷等方面亦作出了不少的成績，如在高錳鋼中加入稀土元素，可以大大的細化晶粒，沖擊韌性和耐磨性得到顯著的提高；在消除鑄造高錳鋼的裂紋、縮松、粘砂、結疤等方面，亦積累了豐富的行之有效的寶貴經驗。但是對它的材料性能和生產工藝的生產性試驗和科研工作，尚需進一步的加強，同時亦應加強這方面的技術情報工作。

譯者深以為憾的是，在譯文中有不少地方譯筆尚不夠流暢，甚至還有錯誤之處。希望能夠得到讀者的幫助和指正。

張文愷 1963.10

錳鋼的一般特性

錳鋼主要含有約1.2%碳和12.5%錳，並且只有在正確的熱處理條件下它才能獲得特有的性能。為了獲得這些性能，錳鋼應含有較高的含碳量和含錳量，並保持在狹小的成分範圍內，同時必須加熱使碳化物溶解，然後迅速冷卻防止碳化物重新析出。如果成分有偏差或熱處理條件不正確則可能出現自由碳化物，在某些情況下還會出現鐵素體相，這兩種情況均可導致延性和其它特有性能的降低。錳鋼的成分和熱處理一般均由製造者掌握。除非在能重新獲得韌化的情況下，應盡量避免重新加熱這一點是很重要的。

在正確的生產條件下，許多工程上使用的錳鋼是具有韌性、延性和軟的奧氏體組織，這可用壓痕硬度測定法來判斷，但經加工硬化後則就變得硬而耐磨的了。這種鋼的熔點比較低，約在 1360°C 。由於它的热膨脹系数比較高，鑄件的收縮裕量，包括液態和固態的收縮，一般採用每呎為5/16吋。導熱性和導電性均較低，並且是無磁性鋼。

在鑄造或鍛造狀態下，錳鋼是很脆的，但在 $1000\sim 1050^{\circ}\text{C}$ 的溫度下經水淬後，可得到延性極高的良好拉力性能，和顯著高的抗剪強度。彈性極限無論在張力和壓縮情況下均較低。

雖然錳鋼有良好的鑄造性能，可是要使鑄件獲得和鍛件一樣的韌性和延性是有困難的，但在許多情況下它們之間是很接近的。

錳鋼之所以得到成功並廣泛採用，這是因為它有一個突出的特點，即它在衝擊負荷作用下所具有的表面硬化能力，使得它具

有既硬又耐磨的表面，同时仍能保持其内层金属原有的韧性和延性。由于锰钢具有这一重要的性能，故它在实际中的应用范围是很广泛的。大量的锰钢用来制造破碎、挖掘和采矿等机械，铁路和电车轨道的辙尖和道岔，以及其它许多机件等。

由于它具有很高的加工硬化能力，使锰钢的机械加工变得很困难。过去曾经认为它是不能加工的，所有的精加工都采用磨削的方法。然而采用现代的刀具和采取适当的切削条件以避免挤压，采用的切削深度，应使其刀尖处于前一切削所产生的薄加工硬化层的下面，则可克服这一缺点。故目前切削加工已被广泛的应用。

经水淬回火处理后的锰钢，重新加热会对其机械性能产生不利的影响，因此在一定程度上限制了焊接工艺的采用，但若用正确的工艺方法，和利用在空气中可以回火的哈德门（Hadmang）牌号焊条，则焊接就可以成功地和广泛地在实际中应用。

以上是锰钢某些显著特性的一些简要叙述，详细的论述将见以下各个章节。

錳鋼的制造方法

錳鋼可用目前所有的任何一种煉鋼方法来制造。然而由于氧化錳对酸性耐火材料的强烈侵蝕作用，故若錳和炉料一起加入时，則不能采用酸性炉衬的炉子。若采用酸性煉鋼法，則只可将炉料在酸性炉中熔化，而錳鉄或其它含錳炉料另在碱性炉中熔化，并加入盛鋼桶內使二者混合。如炉料中有含錳的廢鑄件，例如湯道、切头及澆冒口等回收料或鍛軋生产中的廢料，則必須采用碱性炉进行熔煉。在这种情况下，回炉料一般不得超过全部炉料的60%。在一般电炉熔化操作中，采用較低电压对生产优质鋼有利。采用較高电压并加入錳和鉄矿石，可引起鋼液的沸騰，有助于气体的逸出，从而可改进鋼的质量，但一般以不超过90伏为宜。采用錳鋼回炉料在碱性平炉中熔煉时，提高炉渣中的石灰含量已証明是有好处的，但在电炉熔煉操作中还未得到这种反映。

哈特菲尔德最初制造錳鋼的方法是将熔化的錳鉄加入經充分脫碳的轉炉鋼水中，这种底吹或側吹轉炉的熔煉方法至今仍然广泛地应用于錳鋼鑄件的生产上，同时也是最經濟的方法。在当时想得到大量的和便宜的高含量的鉄合金是困难的，甚至常常是不可能的。所以在1893年哈特菲尔德用鋁使氧化錳还原的方法，制成了含97.2%錳和0.10%碳的錳鉄。

哈特菲尔德公司的鑄造車間現裝有4~20吨的碱性电炉，同时已建成一近代化的側吹轉炉工厂，采用輔助的炉子来熔化錳鉄，这些設備均可用来生产錳鋼，而側吹轉炉工厂专用来生产各种較小的鑄件。

錳鋼具有极好的流动性，它和鑄鉄一样能充滿形状复杂的鑄

第 I 表 和鑄型硅砂发生作用后的錳鋼表面成分

(分析鑄塊表面連續深入每1/32吋薄层的錳鋼成分)

	碳			硅			磷			錳		
	第一 1/32	第二 1/32	第三 1/32	第一 1/32	第二 1/32	第三 1/32	第一 1/32	第二 1/32	第三 1/32	第一 1/32	第二 1/32	第三 1/32
鑄件成分	1.18			0.60			0.085			12.35		
砂模鑄造	1.30	1.31	1.27	1.79	1.25	0.72	0.102	0.087	0.080	8.9	10.55	11.9
砂模鑄造, 加入 0.3%鋁	1.26	1.27	1.29	2.02	1.06	0.96	0.096	0.086	0.082	8.35	9.45	10.9
硬模鑄造	1.24	1.27	1.30	1.98	1.01	0.78	0.135	0.089	0.086	8.5	9.6	11.25
硬模鑄造, 加入 0.3%鋁	1.26	1.32	1.30	1.97	0.61	0.53	0.17	0.097	0.094	7.1	9.1	11.0

型, 并可經常生产数磅至数吨重的鑄件。

較大的鑄件常采用干砂模鑄造, 小的簡單的鑄件可用湿砂模亦能获得滿意的結果。錳鋼的收縮率比普通鋼要高, 制造錳鋼鑄件的模型, 必須留有适当的收縮裕量, 每呎約为 0.30~0.33 吋。由于錳鋼的熔点低和具有极好的流动性, 故鑄件可用較低的溫度进行澆注。实际使用的澆注溫度按鑄件的性质来决定, 但不应低于約 1420°C。

用硅砂作鑄型材料时, 由于鑄型砂中的二氧化硅和鋼中的錳发生作用, 使鑄件表面的錳含量貧化而硅含量增加。第 I 表所列数据为这一作用的实例, 并如图 1 所示。从該表和图中所表示出碳和磷含量从表面往內层的变化亦是有規律的。

由以上实例可見最高的硅含量已达到使錳鋼的强度和韌性受到有害影响的程度, 而錳、磷、碳成分亦均有不利的傾向。因此由于鑄型化学作用的結果, 有可能使良好成分的鑄件出現有质量显著不良的表面层。

由于在鑄型中冷却时产生应力的結果, 可使大型鑄件很容易发生裂紋, 故必須趁热打开鑄型并将鑄件退火。退火是在 950°C 进行, 并用很緩慢的速度冷却。在这种条件下鑄件是很脆的, 故

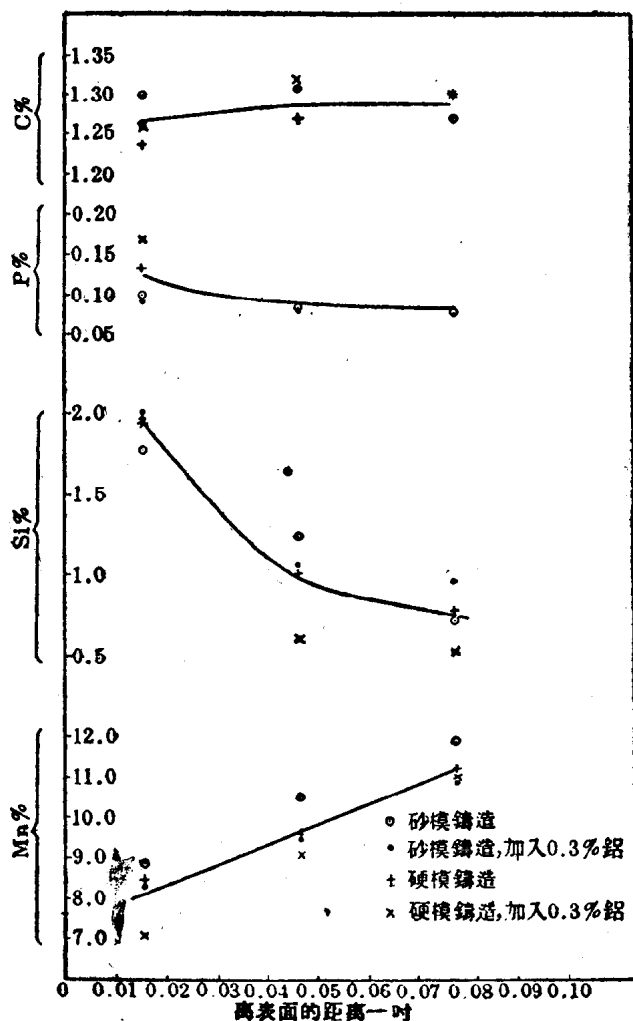


图1 和鑄型硅砂发生作用后的錳鋼表面成分(分析鑄塊表面連續深入每1/32吋薄层的錳鋼成分)。

在搬运时应特別小心。在1894年哈特菲尔德試用了趁热打开鑄型来制造錳鋼車輪的方法，并将車輪运送到退火炉中予以緩慢的冷却，以避免輪臂間被拉裂，这就为近代大型鑄件的操作方法打下基础。同年他用硬模来鑄造錳鋼車輪亦获得一定的成功，但砂模

鑄造仍為最普遍使用的方法。其它的鑄造方法也曾引起了他的注意。很早他即對使用錳鋼來製造輪箍的問題給予重視。在1891年他已探討用离心澆鑄的方法生產輪箍的可能性。於4月間第一次試用离心澆鑄的方法在軟鋼體和輪轂上製造錳鋼輪箍。接着於6月間又繼續試用离心澆鑄裝置製造了帶有錳鋼輪箍的車輪。在离心澆鑄方面而不是在車輪和輪箍組合生產方面的這些成功引起了進一步的重視。於是同年十月間又為蘭開夏郡 (Lancashire) 的 J. F. 亞司賓納爾 (J. F. Aspinall) 和約克郡 (Yorkshire) 的賀維許 (Horwich) 鐵路鑄成了兩個輪箍。在雙方規定的“錳鋼冶煉”及“不在盛鋼桶中加入錳鐵”的協議中，可看出比以前的製造方法已有了某些改進。在賀維許裝配其中一個輪箍時，哈特菲爾德曾親自進行觀察，並當輪箍在車輪上由於收縮而破裂時，他認為“太厚”而可能引起收縮裕量不合适的緣故。以後在這方面雖沒有進一步的發展，但從這一事例中，卻可以看出哈特菲爾德對解決錳鋼在製造過程中所發生的問題的观点。离心鑄造在當時並沒有成為一種被普遍採用的鑄造方法。

為了獲得錳鋼的特殊性能，必須進行最後的軋化處理，先緩慢地加熱至 $1000\sim 1050^{\circ}\text{C}$ ，並在該溫度保溫足夠的時間，使全部金屬均達到最高溫度，然後淬於水中。如前所述這種處理方法的目的是使碳能全部溶解，故淬火時的冷卻速度是非常重要的。為了防止碳化物的析出，淬火時整個截面必須都超過最低的臨界冷卻速度，這就使有效軋化的最大截面尺寸受到了限制。該問題已引起哈特菲爾德的注意，在1893年他處理了達8平方吋截面的鋼塊，但後來在撞錘下斷裂。雖然這些8吋的鋼塊已經軋化並在處理中未出現任何缺陷或裂紋，但最大的有效截面卻只有5吋左右。在1897年曾提出一些改進水淬軋化效力的方法，即在水中加入5%的硫酸，這可在錳鋼軋化結果上看出。

為了鍛造和軋制，常常採用鐵模來鑄錠。在一定的溫度範圍內錳鋼具有良好的熱加工性能，並且在 $800\sim 1040^{\circ}\text{C}$ 溫度範圍內

进行鍛造或軋制均无困难。将軋制条件加以适当的調整，在軋制操作结束后保持該溫度，直接进行水淬軋化以避免重新加热，亦可以获得所需要的特殊性能。在哈特菲尔德工厂中为这一操作設有特殊装置，它是用来专门生产鋼軌的。

在热加工和热处理的加热过程中，可引起表面层的脫碳，因此在表面层可能形成馬氏体、帶有磁性和比內层金屬延性降低的情况。出現这一具有磁性的外层，往往使那些认为錳鋼应經常稳定无磁性的人們发生混乱，甚至惊奇。其实这是一种自然現象，是由于表面化学成分脫碳的結果。它对正常成分的奧氏体錳鋼并无損害。在这一薄层下面的內层金屬仍具有韌性和延性。在大多数情况下不管其在內层錳鋼的性能未有效的發揮前具有較快的磨損，但是这一表面层的存在并没有什么害处，如在对表面层要求較严的情况下，則可用磨削，車削或酸漬的方法除去表面层。

錳鋼的性能

在下列各节中提出的錳鋼机械性能和物理性能的詳細数据，都是用标准錳鋼在正确的热处理条件下試驗获得的。实际上由于化学成分在允許範圍內的波动，自然会使其性能有若干差別。但第II表所引用的数据可作为可靠的平均值。

第II表 哈特菲尔德錳鋼的性能

表內所列各值是指錳鋼在正确的热处理条件下所获得的。

物理性能

熔点：液相綫1400°C；固相綫1350°C。

比重：在15°C时为7.87。

密度：0.285磅/每立方吋。

比热：克·卡/克/°C。

温度範圍°C	50~100	150~200	350~440	550~600	750~800	950~1000
平均比热	0.124	0.135	0.145	0.168	0.155	0.161

热膨胀：平均綫膨胀系数， $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 。

温度 °C	0~100	0~200	0~400	0~600	0~800	0~1000
膨胀系数	18.0	19.4	21.7	19.9	21.9	23.1

导热系数：克·卡/厘米/秒/°C。

温度 °C	0	200	400	600	800	1000
导热系数	0.031	0.039	0.046	0.052	0.056	0.061

电阻系数：微欧/立方厘米。

溫 度 °C	-183	0	100	200	400	600	800
電 阻 系 數	53	66	76	84	99	110	121

導磁率: 1.003~1.03 ($H=24$)。

在有脫碳表面的試樣上得出的導磁率為1.3。

機械性能

拉伸:

	屈 服 點 噸/平方吋	最大應力 噸/平方吋	延 伸 率 %	斷面收縮率 %	布氏硬度
鑄造的	22~27	40~65	15~40	15~40	185~220
鍛造的	22~28	55~65	40~60	35~50	185~220

彎曲試驗:

鑄造的, 120°C不斷裂

鍛造的, 180°C不斷裂

沖擊: 埃左 (Izod) 沖擊試驗方法——100呎·磅

法萊蒙 (Fremont) 沖擊試驗方法——公斤·米

溫 度 °C	+20	-78	-183	先在-183 冷卻後, 回復至+20
沖擊值, 鑄造的	16	8	2	15
沖擊值, 鍛造的	26	18	2	20

壓縮:

錳鋼可以承受每平方吋 350 噸的壓縮應力而不致斷裂, 其相應的塑性形變為50~55%。

加工硬化能力:

從原始布氏硬度 185~220 經應變硬化後可提高至布氏硬度 550 左右。

疲勞:

鍛鋼材料的疲勞極限, 當經受 10×10^6 循環次數時為每平方吋30噸。

熱強度:

拉伸——加負荷的速率為120秒·每噸/吋²。