

国外资料

需在 600°C 温度下工作的耐热铁素
体钢可焊性的研究

内部资料 注意保存



第一机械工业部
机械科学研究院译制

1960.7. 北京

Министерство тяжёлого машиностроения.

蘇聯重型機器製造部

Центральный

Научно-исследовательский институт

Технологии и машиностроения.

中央機械製造與工藝科學研究院

Отдел сварки

焊 接 科

Лаборатория Электродная.

焊條試驗室

Отчёт

по научно-исследовательской работе

№1.5—23100/30132.

第1.5-23100/30132號科學研究工作報告

ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРИВАЕМОСТИ ЖАРОПРОЧНОЙ

ФЕРРИТНОЙ СТАЛИ ДЛЯ РАБОТЫ ПРИ

ТЕМПЕРАТУРЕ ДО 600 °С.

需在600.С溫度下工作的耐熱鐵素體鋼
可焊性的研究

Москва-месяц-декабрь-1955 Г.

莫斯科 1955年12月.

国外資料 艺資复字第 118 号

外5005

机械科学研究所译制

1960年7月出版 内部发行

787×1092^{1/16}開本 印数1—1,200册 27 千字

东单印刷厂印刷 定價 0.32 元

簡 介

本报告乃是№1.5—23100报告中的一部份。在本报告中对要在600°C温度下工作的某些可鍛半铁素体铬鋼 (ЭИ—754, ЭИ756, ЭИ—757) 的可焊性作出了初步的估价。

在研究热焊的过程中确定了初热和予热所需的温度, 并規定了焊接后接縫处的热处理规范。

在研究冶炼可焊性時, 焊縫形成時产生了一些困难, 这些困难要取决于各种成份对12%铬鋼焊縫之性能的影响, 以及焊接耐热半铁素体鋼用的焊条之制造方法。

目 錄

1. 序言
2. 試驗方法及試驗中用的材料
3. 热可焊性的研究
4. 冶炼可焊性的研究

序 言

在540°C以下的溫度工作的鍋爐、汽輪機的零件，可用前已制成的珠光體低合金鋼來製造。工作溫度較高時，就要用奧氏體高合金工藝鋼。製造合金較低但工藝性較高的鋼來製造在600°C的溫度下工作的零件，這是動力機械製造業中最重要的任務之一。耐熱合金科是用半鐵素體10—12%鉻鋼，再加進不同含量的鉬、鎢、釩和鎳等來完成這個任務的。

本報告所介紹的是某些可鍛鋼的熱焊和冶煉焊。

熱焊時，焊縫附近的金屬受到焊接過程的加熱。在冶煉焊中，在符合要求的焊縫金屬形成時會產生困難。

由於任務的緊迫性，對半鐵素體鉻鋼的冶煉可焊性的估價是初步的。在將來研究成份相同的鎢鋼的性能及其所用的焊條時將繼續進行這一研究工作。

2. 研究方法及其研究時所用的材料。

热焊研究時采用了工业熔炼的ЭИ-754, ЭИ-756, ЭИ-757等可鍛鋼。其化学成份見表1。用來和塗片一起进行焊接的U形試样, 是用截面为100×150的可鍛鋼切成的, 試样的尺寸为50×100×2500。

焊接前, 塗片需按选用的规范进行热处理, 也就是以1050°—1080°C在油中淬火, 以880°C回火3小時。

在研究小軸堆焊及塗片焊接的可焊性時, 采用了Φ5MM×—0型試驗焊条(見表5), 焊接电流为直流电, 电流强度为180—210安培, 反抗性。焊接速度为6—7M/小時。

無論是以300—350°C預热过或未曾預热过的塗片, 必須紧固连接后才可进行焊接。

鋼的焊接接头建議以680°C回火3小時來作为热处理, 热焊研究時, 受热影响区域内的金属应进行韌性試驗, 金相研究并用維生硬度計測定其硬度。

当焊缝金属中伴随有母体金属的成份時, 开始研究冶炼可焊性。这时发现焊缝的韌性特別低。

为了探索最适当的焊缝金属的成份, 在本节內将研究各种加强元素对焊缝韌性的影响。焊缝金属中的各种合金元素(如錳, 錳, 釩, 铌, 鎳)都能各自通过焊条复盖层而进入其铁素体的成份中。其中我們研究过的有52%的錳铁体, 36%的釩铁体, 58%的錳铁体, 50%的铌铁体及金属。复盖物中的大理石及壁石的成份按ГОСТ4416—84及4421—48。

电焊条用CB-1×13金属絲制成, 其成份列于表2。

表 1

研究中所用之各利用的化学成份

鋼的牌号	各种元素的含量(%)										
	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Nb	Ni	S	P
ЭИ-754	0,14	0,38	0,83	11,03	0,74	—	0,13	0,24	0,38	0,018	0,012
ЭИ-756	0,14	0,23	0,81	10,85	0,71	2,12	0,11	—	0,15	0,016	0,013
ЭИ-757	0,14	0,29	0,77	10,85	0,74	3,92	0,11	—	0,19	0,018	0,018

CB-1×18 焊条的化学成份

表 2

含 量 (%)					
C	Si	Mn	Cr	S	P
0,15	0,33	0,41	13,3	0,024	0,028

3. 熱 焊 研 究

焊接時，鋼受熱作用的靈敏度的研究要視受熱影響區域內金屬的硬度及組織的情況來進行。為此，我們在ЭИ—754，ЭИ—756及ЭИ—757的鋼塗片上焊上圓形焊縫。焊接時用的焊條：牌號為X—0（見表5）直徑為5mm，電流為直流電，電流強度為180—210安培，反抗性。焊接速度為8—7M/小時。這樣，焊接時的能量（Q/V為）7000—9000大卡/公方，圖1中示出了用維氏硬度計測出的焊縫附近的金屬硬與原來相比有很大的增長；對於鋼ЭИ—754及ЭИ—756為150—190單位HV，對於鋼ЭИ—757為110—130單位HV，鋼ЭИ—757淬硬性的某些下降是因為他的成份中鎢的含量很高（1—4%），這1—4%的鎢在高溫的情況下形成了堅固的碳化物，在珠光體的轉化中中和了一部份碳。

進行金相研究時確定，所研究的鋼在進行焊接時，在焊縫附近的區域內，母體金屬的鐵素體組織比馬登體鐵素體組織弱（圖3）。

因此，為了避免熱影響區域內產生裂縫，鋼ЭИ—754，ЭИ—756及ЭИ—757在焊接時應進行預熱和立即進行焊接接頭的熱處理。

受熱影響區域金屬的脆性用沖擊試樣的焊接接頭進行試驗後確定。

將母體金屬進行試驗時發現，半鐵素體可鍛鋼的性能在很大程度上要取決於粒晶的延伸方向。因此，試驗薄片焊前的準備工作應順橫向纖維進行精加工。薄片的焊接應夾緊的情況下進行，焊前可以300—350°C進行預熱，也可以不進行預熱。在任何情況下，對於鋼都可用680°C時經3小時的回火來作為焊接接頭的熱處理。

受熱影響區域及鋼ЭИ—754，ЭИ—756的韌性綜合數據要視纖維的方向而定，列於表3。

對焊接接頭的硬度進行測量後確定，鋼ЭИ—754及ЭИ—756在焊接（焊前以300—350°C進行預熱）和680°C回火後，其受熱影響區域的硬度不超過300個維氏硬度單位。

受熱影響區域除了確定韌性和測定硬度外，還應進行金相研究，圖4和圖5所示的是受熱影響區域的組織特性。

按纖維方向而定的鋼及受熱影響區域的韌性

表 3

鋼的牌號	試樣切割的方向	韌 性		
		母 體 金 屬	以680°C回火後的受熱影響區域。	焊接（以300—350°C進行預熱）和680°C回火後的受熱影響區域。
ЭИ-754	沿 纖 維	6,8—8,5	6,1—8,1	6,2—14,9
		7,4	7,3	11,3
	沿纖維的橫斷面	5,9—7,2	4,0—6,5	—
		6,0	5,4	
ЭИ-756	沿 纖 維	8,2—10,3	2,4—9,8	8,3—13,0
		8,7	5,2	10,3
	沿纖維的橫斷面	0,7—1,3	—	1,1—3,3
		1,0		2,0

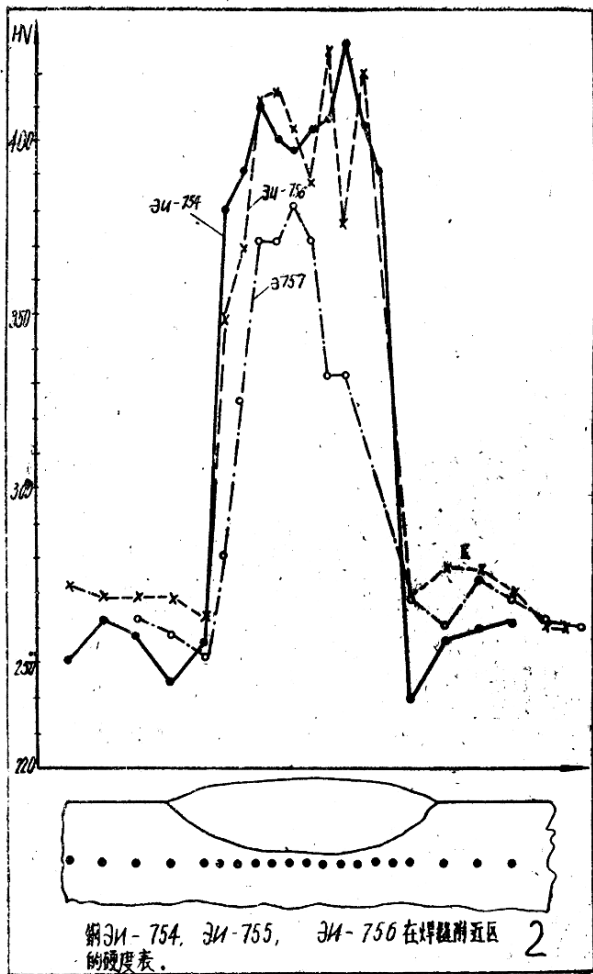


图 1

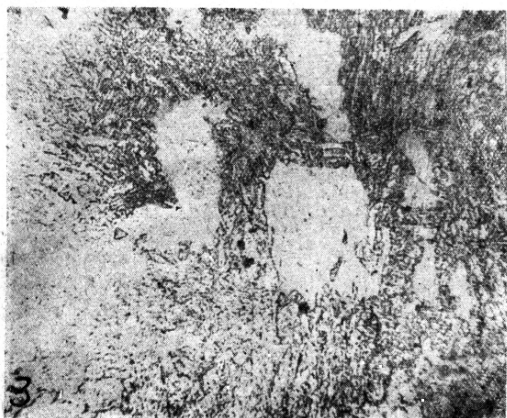


圖2. 半鉄素体鉻鋼熱處理（淬火和回火）後的組織（放大500倍）。

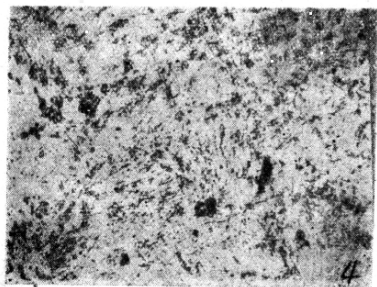


圖3. 半鉄素体鉻鋼在進行無預熱的焊接時，
焊縫附近區的組織（放大500倍）

根据上列数据可以得出以下的結論，

1. 半铁素体铬鋼ЭИ—754, ЭИ—756及ЭИ—757, 在焊缝附近的区域内, 被淬硬的趋向相当大。这些鋼在进行无预热焊接时, 其受热影响区域的硬度为380—430个維氏硬度单位。焊缝附近区域的組織乃是馬登体和铁素体(图3)。

2. 鋼ЭИ—754及ЭИ—756如焊前不进行预热, 且以680°C回火3小时, 則受热影响区域金属組織的稳定性得不到保証。这一区域内的組織存在类似馬登体的屈氏体(图4)。受热影响区域的韌性稍低于母体金属的韌性。

3. 鋼ЭИ—754及ЭИ—756在焊接(以300—350°C进行预热)及以680°C回火3小时后, 在受热影响的区域内沒有发现被淬硬的組織。

焊缝附近区域的組織結構是铁素体和糙斑体形成的珠光体(图3)。在这种情况下, 受热影响区域内的韌性和母体金属的韌性相等。

因此, 半铁素体铬鋼在进行焊接时应以300—350°C进行预热, 并立即以680°C进行回火。

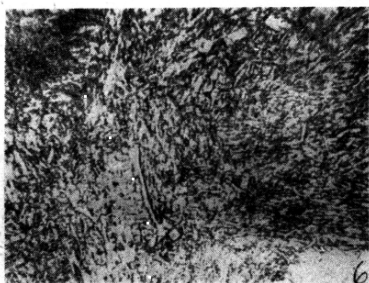


圖4 半铁素体铬鋼以680°C回火後受热影响区的組織

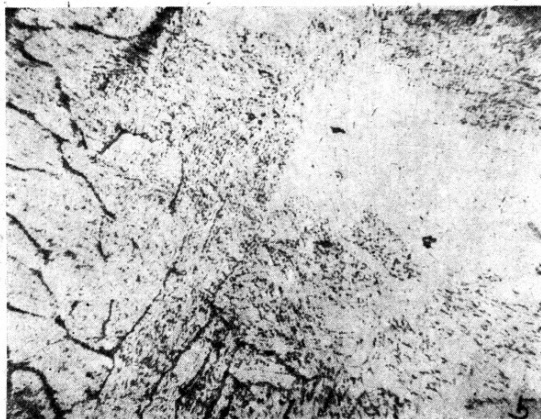


圖5 進行有預熱(預熱溫度300—350°C)的焊接和以680°C進行回火後受热影响区的組織(放大500倍)。

4. 冶煉可焊性的研究

半鉄素体路鋼的冶煉可焊性研究，是从焊縫金屬的成份着手的，ЛЖ-5 (ЭИ-756) 鋼的成份：C=0.10—0.15%，Si=0.17—0.35%，Mn=0.3—0.6%，Cr=10.5—12.5%，Mo=0.6—0.8%，V=0.15—0.35%，W=1.7—2.2%，Ni=0.8—1.1%，S=0.03%，P=0.03%。

能保證熔化金屬的成份之試驗焊條X-3的塗料成份与鋼ЛЖ-5的成份类似，列于表4。

試驗焊條X-3的塗料成份 表4

成份中的元素名称		含量
大	理石	40
堊	石	27
鈦	鉄	10
錳	鉄	1
金屬	鎳	2
鋇	鉄	5
錫	鉄	12
鈳	鉄	3

焊條塗料的重量为焊條芯的32—34%。被焊條X-3所熔化的金屬，其化学成分列于表5。

被焊條X-3所熔化的金屬的化学成份

各种元素的試驗									
C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	Ni	S	P
0,12	0,14	0,51	11,8	0,89	1,90	0,38	1,21	0,021	0,037

將ЛЖ-5制成的薄片，用焊條X-3焊接后应以700—720°C的溫度回火2.5小時。

在試驗時得出，韌性是相当低的，它的变化范围为1.5—1.8公斤公尺/公分²。如以600°C的溫度導致3000小時后，这种韌性不应低于3.0公斤公尺/公分²。这种韌性低的性質，在很大程度上取决于鮮明的树脂狀的焊縫結構。

由焊條X-3焊成的焊接接头，其宏观組織見图6。

再次热处理（淬火和回火或正火和回火）对焊縫的韌性能有某些提高。但是对焊件有如未例所列是不能利用这种热处理方法的。因此，将来还必须研究最适当的焊縫金屬的成份。为此，含~12%銘的焊縫必須分別增加下列元素的含量：鋇、錫、鈳、錳及鎳。后者（“M”，“B”，

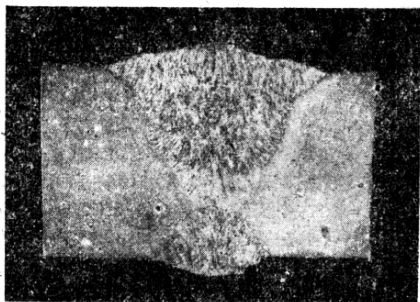


圖 6 用焊條 X-3 焊成的埠接头的宏觀組織 (放大1.5倍)

“Φ”, “Б” 和 “H”) 可以加在用焊絲 CB-1×18 制成的焊條上。(見表6)。合金元素的含量与焊縫 (以700—720°C 回火3.5小時后的焊縫) 韌性之間的关系图示于图表7中。

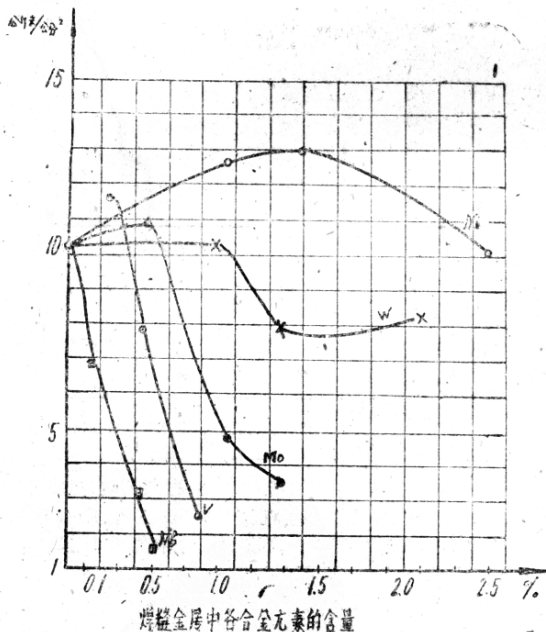


圖 7 12% 鉻鋼焊縫金屬的韌性 (以700—720°C 回火後的韌性) 与焊縫金屬中 Mo, W, V, Nb 及 Ni 等含量的关系。

試驗焊條的藥料的成份：以700—720°C 回火3.5小時後焊條的韌性和硬度及化學成份

試驗 焊條的 名稱	藥 料 成 份								焊 條 金 屬 的 化 學 成 份							焊條金屬硬 度 (布氏)	韌性以公斤 公尺/公分 ²
	大理石	礬石	FeTi	FeSn	FeW	FeV	FeMo	Ni merez.	C	Si	Mn	Cr	S	P	金 元 素		
X-0	45.0	45.0	10.0	—	—	—	—	—	0.10	0.06	0.27	12.2	0.17	0.039	—	217—241 229	6.8—11.8 10.3
M-1	44.0	42.0	10.0	—	—	—	4.0	—	0.12	0.12	0.31	11.90	0.015	0.032	Mo 0.48	223—241 229	10.2—11.9 11.0
M-2	42.0	40.0	10.0	—	—	—	8.0	—	0.11	0.04	0.31	12.09	0.015	0.880	0.95	229—241 285	2.8—7.7 4.8
M-3	40.0	38.0	10.0	—	—	—	12.0	—	0.12	0.07	0.32	12.06	0.015	0.080	1.29	229—241 295	2.4—6.1 3.6
B-1	44.0	42.0	10.0	—	4.0	—	—	—	0.13	Ca	0.28	12.30	0.014	0.027	W 0.87	197—285 217	9.0—11.2 10.4
B-2	42.0	40.0	10.0	—	8.0	—	—	—	0.11	Ca	0.28	12.25	0.015	0.023	1.25	207—223 217	6.2—10.4 8.0
B-3	40.0	38.0	10.0	—	12.0	—	—	—	0.12	0.03	0.25	12.25	0.020	0.023	2.10	223—248 235	5.9—9.6 8.8
Φ-1	44.0	43.0	10.0	—	—	3.0	—	—	0.10	0.03	0.29	12.80	0.013	0.017	V 0.25	202—229 223	11.3—12.6 11.7
Φ-2	42.0	42.0	10.0	—	—	6.0	—	—	0.10	0.03	0.28	12.50	0.013	0.030	0.46	197—229 207	5.8—9.8 7.9
Φ-3	41.0	40.0	10.0	—	—	9.0	—	—	0.12	Ca	0.29	12.55	0.018	0.029	0.80	192—228 207	2.1—3.9 2.6
B-1	44.0	43.0	10.0	3.0	—	—	—	—	—	—	—	12.05	0.018	0.029	Nb 0.15	241—277 202	6.5—9.5 8.9
B-2	42.0	42.0	10.0	6.0	—	—	—	—	—	—	—	12.30	0.014	0.020	0.43	299—285 277	1.3—5.3 3.2
B-3	41.0	40.0	10.0	9.0	—	—	—	—	—	—	—	12.30	0.015	0.024	0.53	248—269 255	1.1—2.2 1.5
H-1	44.0	44.0	10.0	—	—	—	—	2.0	0.10	0.06	0.25	12.05	0.18	—	Ni 0.95	235—248 241	12.4—13.7 12.7
H-2	43.0	43.0	10.0	—	—	—	—	4.0	0.10	0.07	0.27	12.05	0.16	—	1.44	235—248 241	10.8—14.4 13.0
H-3	41.0	41.0	10.0	—	—	—	—	8.0	0.10	0.06	0.23	12.10	0.16	—	2.50	262—295 277	8.9—12.7 10.1

根据上列数据可以得出结论，在含12%钨的焊缝中，钨、钼、钒及铌等含量的增加会大大降低韧性。加入少量的钒和钼对韧性有某些提高，这显然是因为这些元素能使熔化金属的晶粒变小。

钨、钼、钒和铌乃是一种能时成为铁素体和氧化物的元素。应当注意这一事实，由这些元素而引起的焊缝金属的脆性程度完全取决于这些元素的碳化能力。当这些元素的含量增加时，它们的碳化能力愈强，则焊缝韧性的下降也愈快。铌对增长焊缝脆性的程度较大，钨则较小。

镍是一个奥氏体元素，在钢中不会氧化，能提高焊缝的韧性。

进行金相研究时得出，钨、钼、钒和铌应增加焊缝中铬铁的含量而镍则可减少焊缝中铬铁的含量（图8）。

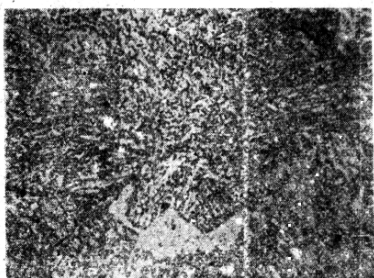


图8 12%钨钢的焊缝金属

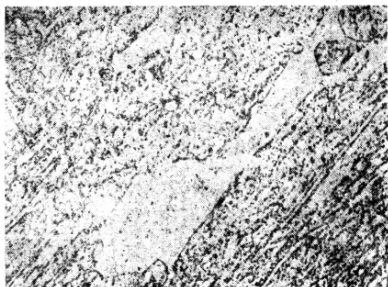


图10 含0.46%钒的焊缝金属

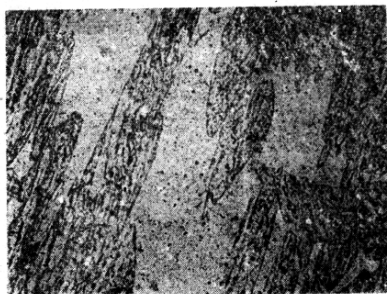


图9 含1.29%钼合金的焊缝金属



图11 含有1.14%镍的焊缝金属

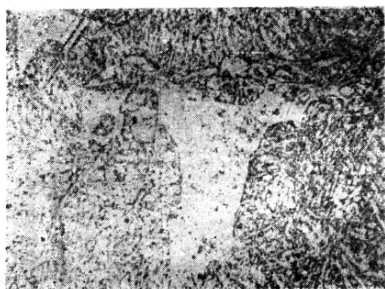


圖12 含有2.10%鎳的焊縫金屬



圖13 含0.53%鎳的焊縫金屬

12%鉻鋼的焊縫 (以700—720°C回火3.5小時後) 組織 (放大100倍)

这里可以得出結論，鎢、鉬、釩和鎳是一種能形成鐵素體的元素，能使碳成為堅固的碳化物，減少焊縫金屬中的珠光體組成，增加鐵素體，使之重新結晶，因而使得少部份金屬的晶粒變小。這就是在焊縫中鎢、鉬、釩和鎳等的含量增加時，使焊縫韌性降低的主要原因。鎳的作用恰恰相反，所以它對含有12%鉻的焊縫的韌性能有所提高。

這樣，在確定適合於鋼的焊縫金屬的成份時所產生的一些困難，就可用降低鐵素體組成或對焊縫進行變性處理的方法來克服。

將來編制半鐵素體耐熱鋼的焊接工藝和製造焊條時將運用在本報告中所述的研究結果。

5. 結 論

对半铁素体耐热可锻钢所进行的热可焊性及冶炼可焊性的研究可以得出如下的結論：

1. 鋼ЭИ-754, ЭИ-756及ЭИ-757, 在焊缝附近的区域内, 被淬硬的趋向相当大, 这些钢进行无予热的焊接时, 其受热影响区域的硬度为380—430个維氏硬度单位。焊缝附近的組織結構是馬登体和铁素体。

2. 半铁素体铬钢焊接时, 应以300—350°C进行预热, 并立即以680°C的温度进行回火。在这种情况下, 在受热影响区域内沒有发现被淬硬的組織。焊缝附近的組織結構是珠斑体形成的马氏体和铁素体。受热影响区的韌性等于母体金属的韌性。

3. 在确定适合于钢的焊缝金属(12%铬钢)的成分会产生一定的困难。焊缝金属的合金元素是会使焊缝韌性迅速下降的钒、钨、钼和铌等加强元素。

后面一句可以这样來解释, 所列举的这一些合金元素是铁素体形成物并能使碳成为坚固的碳化物, 能使焊缝金属的铁素体組織增加, 而发生重新結晶, 因而使一部份金属的晶粒变小。

4. 在制造半铁素体耐热钢焊接用的焊条时, 必須考虑到镍和小量的钼对12%铬钢焊缝之韌性的肯定作用。镍能降低焊缝中铁素体的含量, 故能提高韌性; 小量的钼(0.25%以下)能起变性作用, 使焊缝金属的原晶粒变小。