

圖中：○—X射綫分析；  
●—电阻測量；  
×—膨脹測量；  
⊙—氧中的揮發；  
●—根据格·麦辛克等。

圖14 鉑銱系中的混合裂紋

小。室溫時，鉑銱合金處於內部活動位置交換開始時的溫度以下，因此沒有出現分解，也無因分解而生的伸長變形。

## 結 論

在無裂紋的固溶體系形成下凝結的鉑銱合金在較低的溫度時具有寬的混合裂紋，同時臨界點在 975°C 和 50 原子% Ir 左右。700°C 時達到約 7~99% Ir 的混合裂紋。在含 10~90% Ir 的合金時應當把時效當作分解的結果。

由於調整平衡非常緩慢，因此分解的 X 射綫分析特別困難，在組份接近混合裂紋的極限的試樣時和在 700°C 以下的溫度時，根本達不到這種平衡調節。

史常仁譯自“金屬學”雜誌 1856 年 10 期 888 頁

# 高 · 硼 · 合 · 金 · 鋼

英國科爾德爾-霍爾 (КОЛДЕР-ХОЛЛ) 原子發電站里的控制棒是由含硼量為 3.8% 的硼鋼擠壓管或含

表 1

化 學 成 分, %				
C	Si	Mn	B	Al
鑄 造 鋼				
0.16	0.23	0.13	4.05	0.03
0.09	0.38	0.21	4.14	0.12
0.10	0.43	0.14	4.20	0.53
0.11	0.45	0.18	4.25	0.03
0.10	0.44	0.23	4.29	0.35
0.09	0.52	0.19	4.30	0.02
0.11	0.42	0.23	4.40	0.10
0.15	0.43	0.21	4.42	0.05
0.08	0.46	0.27	4.58	0.11
0.12	0.60	0.31	5.03	0.29
變 形 鋼				
0.04	0.20	0.10	1.75	0.54
0.07	0.47	0.26	1.85	0.04
0.10	0.62	0.26	1.90	0.02
0.05	0.70	0.30	1.96	0.03
0.05	0.48	0.13	2.20	0.44
0.07	0.75	0.40	2.64	0.21
0.06	0.31	0.49	3.15	1.75
0.08	0.46	0.24	3.24	0.89
0.11	0.48	0.30	3.40	0.61
0.09	0.53	0.26	3.62	0.74
0.11	0.56	0.29	3.62	0.76
0.10	0.52	0.27	3.69	0.76
0.11	0.48	0.30	3.79	0.61
0.09	0.53	0.26	3.81	0.71

硼量為 5% 的鑄鋼管制成的。英國所採用的工業硼鋼的成分列於表 1。

由 20% 的硼鐵提煉出了各種牌號的硼鋼，而硼鐵是用鋁熱法由氧化硼和氧化銱製備的。為了制取純硼鐵，採用了含低錳的赤鐵礦，在具有酸性耐火磚襯的高周波爐中進行了硼鋼的熔煉。回收的硼達到 85%，當採用廢鋼時並未降低其回收量。

硼鐵在潮濕的大氣中保存很快就會生鏽，致使大量的氫滲入鋼中。所以熔煉前須在 800°C 下進行烘培。硼鋼的澆注是在石墨錠模中進行的，因為即使是在低的澆注溫度下，鑄銱錠模也很快就會磨損。在石墨錠模中澆注出的鋼錠表面良好，所以在鍛制之前無需進行粗加工。硼鋼與大多數的一般耐火材料均起反應。

在嚴格控制澆鑄溫度的條件下，硼鋼才能在薄殼鑄型中進行鑄造，例如在薄殼砂型中鑄造壁厚為 6.5 公厘的管子。同時，可保證尺寸的高度準確性和良好的表面質量。

硼鋼具有很高的液體流動性，並在 1400°C 的澆鑄溫度下能良好地填充鑄型。

如果硼鋼中含有鋁，則在含硼量至 4.75% 時還能順利地鍛制（圖 1）。鍛造溫度在 850~1090°C 的範圍內。這種含硼量的鋼，截面為 225×225 公厘的鑄錠可以進行鍛造。含硼量不超過 2% 時，鋼錠截面可以增加至 355×355 公厘。為了以後得到擠壓管而經受軋制或鍛制的鋼，其含硼量實際上不超過 3.8%。

碳在鋼中的含量必需低於 0.1%，因為硼的含量高的時候，碳會妨礙鍛造。鍛造含有硼的鋼時，應注意到它的脆性。當使用一定的支架時不允許彎曲。最好是在沖模中鍛造。此外，應嚴格遵守鍛造的溫度規範，因為硼

表 2

化 学 成 分, %				
C	Si	Mn	B	Al
0.04	0.30	0.22	4.2	<0.02
0.04	0.28	0.18	4.2	1.10
0.05	0.33	0.24	4.2	4.30
0.03	0.34	0.25	4.2	6.90
0.03	0.51	0.53	4.0	20.20
0.02	0.42	0.22	3.1	<0.01
0.03	0.40	0.20	3.0	6.90
0.01	0.51	0.20	3.1	17.10

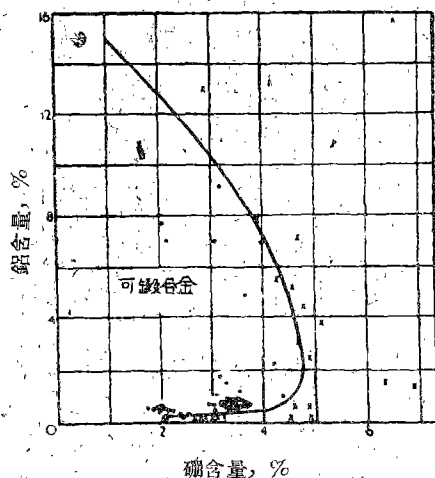


圖 1 硼及鋁含量對鋼鍛造性能的影響

鋼在過高於1100°C的溫度時具有很大的過燒傾向。鍛造、加熱時產生嚴重的氧化，在1100°C時鋼錠表面形成液體氧化物。許多牌號的硼鋼也可以軋制，但軋制開始溫度必需比鍛造開始溫度稍低些。此外，軋制時嚴禁沖擊。

管子的擠壓在1100°C進行，而且壓力必需是均勻的。心棒溫度對表面質量具有極大的影響。擠壓速度必需比擠壓不銹鋼時的速度低一倍。心棒和陰模的潤滑僅可使用煤焦油。

含硼量至2%鋼的切削加工性能與灰口鐵相似。隨著含硼量的增加，其加工性也逐漸劣化；當含硼量為4%時就只能用硬質合金加工。含硼5%的鋼實際上就不能進行加工。

為了研究硼鋼的組織，曾熔煉了八種組成分的硼鋼，其成分列於表2。

含硼量4.2%和各種含鋁量之鋼的顯微組織如圖2所示。不含鋁的組織（圖2a）是由以下兩個相組成，即一次鐵的硼化物枝狀結晶網和共晶基體。由於脆性枝狀

結晶網的存在，使鋼不適於鍛造。當在合金中加入1%鋁時（圖2b）一次鐵的硼化物的枝晶性質被破壞了，鋼的鍛造性也就顯著地有所提高。鋁含量提高到4%（圖2c）和7%（圖2e）時，促使組織進一步細化和鐵的硼化物量的降低。這是由於共晶成分改變的緣故所致。鋼的鍛造性能起初是隨著鋁含量的增加而提高，而後又下降，當鋁增加到7%時，含4%B的合金就不能再進行鍛造了。增加鋁含量到12%時，合金成分接近於共晶體成分。在共晶合金中，隨含鋁量增加而發生的組織變化，是由於共晶成分經較高含硼量方向移動的緣故。在含3%B的組織中根據鋁含量增加的程度發現在共晶體中一次鐵素體的枝狀結晶數量有所增加（圖3）。這些鋼在1100°C時的热處理可引起鐵素體的輕微集聚，但淬火和退火試樣的顯微組織彼此間並沒有區別。

各種組成分的顯微硬度測定指出，當含5%B時共晶體的硬度為565HV，而硼化物的硬度為1524~1684HV。熱膨脹的研究確定，在含4.2%B的無鋁鋼中 $\alpha \rightarrow \gamma$ 的轉變是在840~980°C溫度範圍內進行的。在500~700°C溫度範圍內發現有不大的均勻收縮，加入鋁則在所有研究過的三種牌號鋼中完全消除了 $\alpha \rightarrow \gamma$ 的轉變。在500~700°C溫度範圍內的收縮，是因為 $Fe_2B$ 在鐵素體中溶解

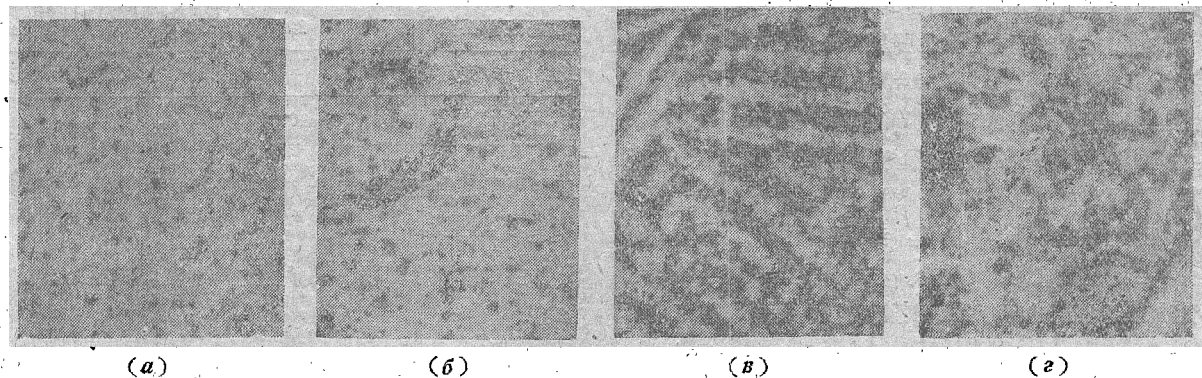


圖 2 4.2%B和不同含鋁量鋼的顯微組織(×50):

a—無鋁；b—1.1%鋁；c—4.3%鋁；d—6.9%鋁。

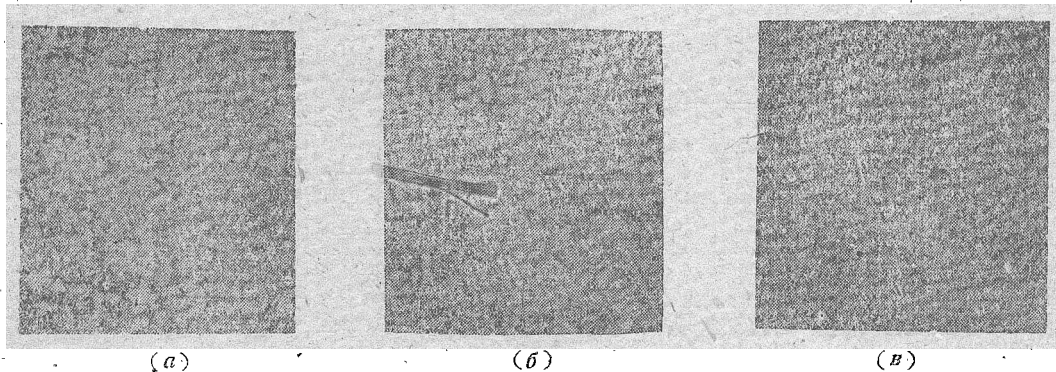


圖3 3%B和不同含鋁量鋼的顯微組織(×50):  
α—無鋁; δ—6.9%鋁; B—17.1%鋁。

度的变化所致。

X-射綫結構分析証明,所有試樣都具有鉄的硼化物( $Fe_2B$ )和 $\alpha$ -固液体兩相組織。虽然含鋁量的变化是从0.02到10.8%,但鉄的硼化物的晶格常数是恒定的。 $\alpha$ 相晶格常数随着含鋁量的增加而提高。当含硼量为5%时,其晶格常数从2.865 Å增加到2.890 Å;再繼續增加鋁的含量时,晶格常数几乎不变化。硼对相晶格常数的影响不大。含鋁量超过9%时,發現了某种反常現象,即由于形成 $Fe_2Al$ 的結果 $\alpha$ -相的晶格常数略有减低。随着含硼的增加,硼化物的相数量也有所增加,鋁对它并没有影响。各种牌号硼鋼的綜合研究指明,沒有鋁存在的情况下,在鍛造溫度範圍內这些鋼是由共晶( $\gamma-Fe+Fe_2B$ )和与含硼量有关的基体形成的。某些牌号鋼在冷却时轉变成 $\alpha-Fe+Fe_2B$ 。当含硼量不超过2%时,这些合金可以进行鍛造。含硼量較高时,欲鍛造这些合金就必须加入一定量的鋁,以便消除 $\alpha \rightarrow \gamma$ 的轉变。在此种情况下,合金組織是由 $\alpha$ -固液体+ $Fe_2B$ 构成。鋁可扩大 $\alpha$ -固液体的晶格和提高其在鍛造溫度下的塑性,并且也可促使共晶体細化。

各种牌号硼鋼的物理性能列于表3。

硼鋼的特点是低塑性和低冲击韌性。含2%硼的鋼,其相对延伸率等于3%,而含3%硼之鋼的相对延伸率尚小于1%。含2%硼之合金的强度極限等于70公斤/公厘<sup>2</sup>,而含3%硼的鋼等于83~100公斤/公厘<sup>2</sup>。

由硼鋼制成長305公厘管的質量按以下方式进行檢驗,即将管子由3公尺高度逐漸地提高至12公尺的高度,然后自由垂直降落在金屬板上。

硼鋼可进行釐焊和焊接,当采用硬焊料釐焊时,硼鋼可与軟鋼形成良好的結合。在釐焊之前表面必須經過噴砂清理。同样也可以采用双層鋼或包复金屬層,这种包

表3

性 能	溫度, °C	硼含量, %		
		2	3	4
綫膨脹系数, 公厘·10 <sup>-6</sup> /公厘·°C	20~100	10.0	10.0	9.5
	20~200	11.0	10.3	10.0
	20~300	11.5	10.6	10.4
	20~400	11.9	10.9	10.8
	20~500	11.4	11.2	11.2
	20~600	11.8	11.5	11.6
	20~700	13.0	11.8	11.8
	20~800	13.3	12.0	12.0
	20~900			12.5
	20~1000			13.0
比电阻, 微欧/公分 <sup>3</sup>	0	24.9	37.2	39.9
	25	26.4	39.2	42.7
	100	30.9	45.6	50.6
	200	38.7	54.6	61.5
	300	47.6	63.6	72.3
	400	57.4	73.2	83.3
	500	69.3	84.1	94.3
	600	81.9	95.5	106.5
	700		107.5	119.6
	800			129.4
比重, 克/公分 <sup>3</sup>	20	7.72	7.44	7.36
比热, 卡/克/度		0.110	0.124	0.125
比导热性, (CGS單位)	70~100		0.096	

复金屬層是由硼鋼和二層軟鋼外層組成的。这样的包复鋼也可以焊接。

王仁智譯自苏联快报“金屬学与热处理”58年第2期