

24'26'78(-194.56 = 621.039.53 = 669.781 = 539.4
 (157) ボロンステンレス鋼の諸性質に

およぼす B, C, Ni および Cr
 の影響 62337

(原子炉用ボロンステンレス鋼の研究-I)

日本冶金工業川崎製造所○西 間 勤

Effect of B, C, Ni and Cr Contents on
 Properties of Boron Stainless Steels.

(Studies on boron stainless steels for nuclear
 reactors-I)

1495~1496

Tsutomu NISHIMA.

I. 緒 言

原子炉制御用ボロンステンレス鋼は、優れた核的特性の他に、耐食性が良く供給が容易でしかも経済的であるために、主として商業用の軽水型動力炉用としてもつとも重要視されている。また、ボロンステンレス鋼は制御材のみでなく、構造物材料としての適性を失わない程度のBを含有する鋼は熱遮蔽材や燃料被覆材としても用いられている。

ボロン鋼およびボロンステンレス鋼の問題点は、B含有量の増加につれて靱性と熱間加工性が著しく害われることである。ボロン鋼に関してはこの点を改善するための冶金学的な試みが MIDDEHAM¹⁾らによつてなされているが、ボロンステンレス鋼に関しては有効な手段は提起されていない。

本報告は、ボロンステンレス鋼の靱性と熱間加工性を改善する目的で行つた研究の第1報として、ボロンステンレス鋼の機械的性質および熱間加工性に対するB, C, Ni および Cr 含有量の影響を調べ、かつ、この種諸性質に大きな影響を与える合金中の硼化物の形態を Fe-Ni-Cr 三元系について明らかにしたものである。

II. 供試材および実験方法

試料の化学組成を Table 1 に示す。表中系列IIはB含有量を0~2%に、系列IIIはC含有量を0.02~0.2%に変化した17Cr~15Ni鋼である。この他にB1%を含みNiを10~20%に、Crを10~25%に変化した9鋼種(系列IV)とB2~3%を含み基質組成をFe-Ni-Cr三元系内で広範囲に変化した20鋼種(系列V)を試験に供した。

これら試料は電解鉄、電解ニッケル、フェロクロームおよびフェロボロン(B25%)を原料とし、48kVA塩

基性高周波炉を用いて溶製した。こゝで系列IIおよびVの試料は湯面をAr気流で覆いながらフェロボロンを添加し、また、系列IIIおよびIVは真空中で溶製し、それぞれ10kgの鋼塊を製作し、径15mmの丸棒に鍛伸後1050°Cにて焼鈍して試験に用いた。

試験はこれら試片について機械的性質その他を調べた。ただし系列Vの試料については、鍛造のままで試験に供し、顕微鏡試験と抽出硼化物のX線回折および化学分析を行い、基質組織と硼化物の形態を調べた。

III. 実験結果

1. ボロンステンレス鋼の諸性質におよぼす B, C, Ni および Cr の影響

17Cr-15Ni ステンレス鋼のBおよびC含有量が増加するにつれて、熱間加工性は低下しとくにB2%以上を含有する場合には鍛伸できなかつた。Fig. 1はB含有量と機械的性質の関係を、またFig. 2にC含有量と機械相性質の関係を示す。これから明らかなように、BおよびC含有量が増加するにつれて強度は増大するが延

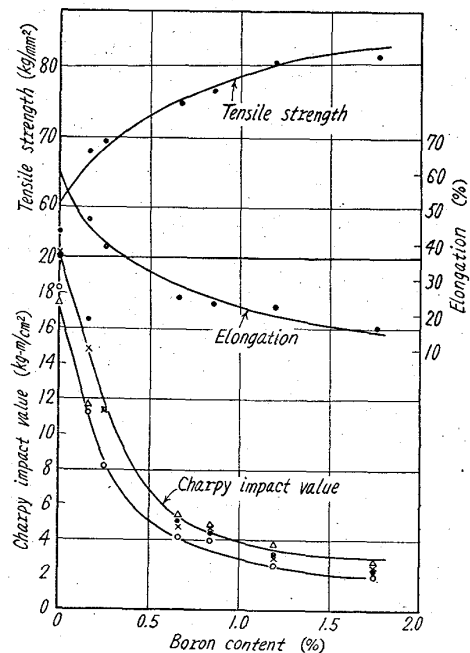


Fig. 1. Effect of boron contents on mechanical properties of stainless steel.

Table 1. Chemical composition of materials tested.

Series	Specimens	Chemical composition (%)						Melting atmosphere
		C	Si	Mn	Ni	Cr	B	
II	Br-1	0.089	0.50	0.64	14.70	18.75	0.16	Melted in argon
	2	0.086	0.82	0.84	13.20	18.37	0.47	
	3	0.105	1.00	0.87	15.35	18.27	0.83	
	4	0.104	0.87	0.84	14.10	18.46	1.75	
	5	0.089	0.90	0.87	14.70	18.61	2.35	
III	C-1	0.026	0.57	0.57	15.30	17.05	0.98	Melted in vacuum
	2	0.047	0.68	0.97	15.87	16.37	0.68	
	3	0.105	0.66	1.00	15.47	16.00	1.05	
	4	0.195	0.64	1.01	15.52	17.04	0.74	

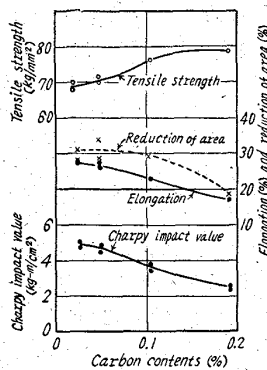


Fig. 2. Effect of contents on mechanical properties of stainless steels containing 1% boron.

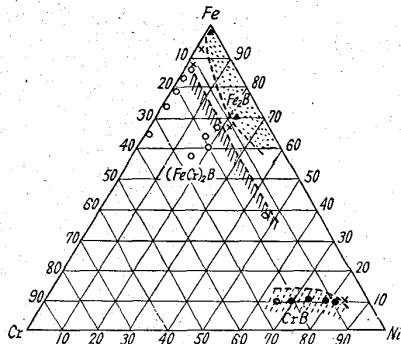


Fig. 3. Crystal structure of boride in Fe-Ni-Cr alloys containing 2.3% boron.

2. Fe-Ni-Cr-B 系の硼化物について

B 2.3% を含み基質組成を異にする Fe-Ni-Cr 三元合金の鑄造状態は、ほぼ共晶に近い硼化物と基質相とより成る。Fig. 3 に存在する硼化物を結晶構造別に類別して Fe-Ni-Cr 三元図上に示す。この結果によると

(1) Fe-Cr, Fe-Ni-Cr 系で Cr 5% 以下の Fe 側の合金には Fe₂B と見做される CuAl₂ 型正方晶が検出される。

(2) Fe-Cr, Fe-Ni-Cr 系で Cr 10% 以上の合金に存在する硼化物は、従来 Fe-B および Cr-B 二元系にみい出されているいずれの硼化物とも一致しない結晶構造を示す。この硼化物は分析の結果、組成的には (FeCr)₂B とほぼ一致するが、よく知られている CuAl₂ 型正方晶の M₂B ではなく、また、斜方晶として報告されている Cr₃B と一致しない。この (FeCr)₂B 硼化物中の Cr/Fe 比は合金の Cr 含有量と共に増大する。

(3) 上述の合金で Cr 含有量が (1) および (2) の中間すなわち 5~10% の範囲にある合金の硼化物は、(FeCr)₂B および Fe₂B のいずれにも一致せず、両者の中間形態とみなされるような結晶構造を有する。

(4) 10% 以下の Fe を含む Ni-Cr 系の合金では、Cr 量の低い場合は結晶形不明の Ni に富んだ硼化物が検出されるが、Cr 10% 以上では CrB 型斜方晶が検出される。

以上の結果によると、Fe-Ni-Cr 系オーステナイトス

性は低下する。また衝撃値は B および C 量の増加につれて低下し、とくに B の増加により著しく低下する。

Ni および Cr 含有量の変化は実験の範囲では熱間加工性および常温の機械的性質には大きな影響は与えないが、40%硝酸中での耐食性は Cr 含有量の増加につれて向上する。

ステンレス鋼の硼化物は、(FeCr)₂B であることがわかる。これら硼化物は比較的粗大な針状であり、B 2% 以上では粗大な初晶として晶出している。

IV. 結 言

1) ボロンステンレス鋼の熱間加工性および衝撃靱性は、B および C 含有量の増加と共に著しく低下する。これは鋼中にほとんど溶解度を持たない B が硼化物として大量に存在するためであり、また C は B 炭化物として有害な作用を与えるものと考えられる。

2) ステンレス鋼としての組成範囲内の Ni および Cr の含有量変化は、熱間加工性、靱性には大きな影響を与えない。Ni, Cr は主として耐食性の観点および基質をオーステナイト組織に保つために必要である。

3) Ni-Cr ステンレス鋼としての組成内では、B は (FeCr)₂B と見做れる形態で存在し、この結晶構造は従来みだされているいずれの硼化物とも一致しない。鍛造状態ではこの硼化物は粗大な針状である。このような硼化物の存在が熱間加工性と靱性を阻害するものと見做れる。

文 献

1) T. H. MIDDEHAM: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), 187 (1957) 1, p. 1~14.

669.14.018.8:669.15'24'26'
 781-194.56:621.039.53:546
 271:539.4

(158) ボロンステンレス鋼の諸性質におよぼす 2, 3 の合金元素の影響

(原子炉用ボロンステンレス鋼の研究—II)

日本冶金工業川崎製造所 ○西 間 勤

Effect of Some Alloying Elements on Properties of Boron Stainless Steel.

(Studies on boron stainless steels for nuclear reactors—II)

62338

Tsutomu NISHIMA.

I. 緒 言

本報は、ボロンステンレス鋼の冶金学的特性に大きな影響を与えている硼化物の量、形状、分布状態または硼化物自体の特性などが第三元素の添加によりどう変化するかを実験した結果である。これは、硼化物の形態変化を通して、この鋼の熱間加工性や衝撃靱性の改善に役立つ可能性のある添加元素を見出すことを目的として行なわれた。

各種金属元素と B との二元系に存在する安定な硼化物の結晶構造は、B と結合する元素の周期率表上で占める位置によつて異つてることがみとめられる¹⁾²⁾³⁾。その代表的なものは、CaB₆ 型立方晶の MB₆、AlB₂ 型 (または W₂B₅ 型) 六方晶の MB₂ (または M₂B₅)、Cr₃B₄ 型 (または CrB 型) 斜方晶の M₃B₄ (または MB)、および Fe, Co, Ni などによつてつくられる体心正方晶の M₂B である。

ここに、ボロンステンレス鋼中の (FeCr)₂B に形態変化を起させて目的とする特性を改善させるために興味があるのは、Al または第 IV~V 族遷移元素の添加であると考えられた。