

(65) 低合金鋳鋼におよぼす Te 並びに B の影響(II)

Effect of Te and B on the Low-Alloy Cast Steel

T. Yamashita, et alius.

日本製鋼所室蘭製作所

理博 前川静弥・○山下 健

I. 緒 言

鋼質改善と金属材料の節約を目的として特殊金属元素または稀土類元素を僅か熔鋼に附加し効果の可否に関する研究が従来からも行はれている。筆者等はさきに普通鋼の二、三の性質に対して Te が興味ある影響を与えることを報告した。(鉄と鋼(40) 341)。構造用強靱低合金鋼には多くの種類があり、なかんづく Ni-Cr-Mo-Mn 系が優れていることは衆知の通りである。特に鋳鋼においては形状の複雑なものもあり、また機械加工、熔接等多分に作業性を加味した材質の選定が必要である。

ここでは Mn, Cr, Mo の二元または三元系低合金鋼に Te ならびに B を単独または併用しいわゆる Ni 代用

の見地から二、三実験せる結果を取纏めて報告する。

II. 実 験 要 領

熔解には高周波電気炉を用い、対象鋼種は C 0.28~0.35% の Mo (0.3~0.5%)—Mn (1.6~1.8%) 鋳鋼 Cr (0.4~1.4%)—Mo (0.25~0.50%) Mn (1.6~1.8%) の二種とした。実験に用いた Te および B の組成と添加量を Table 1 に示す。

Te は Al で Kill した後鋳込直前に、また B は Si と同程度の脱酸力を有し、また N₂ との親和力も相当に強いのでここでは Al 0.1%, Fe-Ti 0.1% を添加したるのちそれぞれ投入した。

供試材料の化学成分を Table 2 に示す。

なお鋳型はいずれも乾燥砂型を用い、材料強度試験用 Keel Block は A.S.T.M. 選定のものに準拠し、また mass effect および Jominy 用試材を鋳造した。(各試材寸法図省略)

III. 実 験 結 果

上記試材により mass effect, オーステナイト結晶粒度, 焼入性, Over-Heating, 非金属介在物ならびに機

Table 1. Chemical analysis of Te and B.

Kinds	Chemical composition (%)										Amount of Te and B added (%)	
	Te	B	Ti	Se	Cu	C	Si	Mn	Al	Fe	B	Te
Metallic Te*	97.56			2.14	tr	0.06				0.03		
Fe-B*		11.34	0.41		3.49		2.76	0.33	1.61	79.85	0~0.007	0~0.07

* Sold in market.

Table 2. Chemical composition of test pieces.

Sort of steel	Symbol	Te and B added	Chemical composition (%)											
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	Ti	B	Te	
Mo-Mn	I-o	None	0.34	0.32	1.56	0.016	0.009			0.43	0.040			
	I-b	Te	0.33	0.32	1.57	0.019	0.009			0.43	0.076		0.014	
	I-c	Te	0.34	0.38	1.56	0.016	0.011			0.43	0.080		0.036	
	I-d	Te	0.33	0.34	1.56	0.019	0.012			0.44	0.084		0.054	
	I-e	B	0.33	0.32	1.58	0.021	0.011			0.43	0.085	0.030	0.0032	
	I-f	B	0.34	0.36	1.56	0.021	0.009			0.45	0.080	0.026	0.0013	
	I-g	Te+B	0.34	0.32	1.56	0.014	0.016			0.43	0.081	0.030	0.0013	0.036
Cr-Mo-Mn	II-o	None	0.32	0.38	1.78	0.019	0.022	0.50		0.36	0.041			
	II-a	Te	0.30	0.36	1.78	0.020	0.019	0.49		0.38	0.074		0.019	
	II-b	Te	0.32	0.36	1.78	0.018	0.020	0.50		0.38	0.084		0.032	
	II-c	B	0.30	0.36	1.78	0.019	0.021	0.49		0.36	0.088	0.060	0.0034	
	II-d	Te+B	0.32	0.39	1.78	0.017	0.022	0.49		0.35	0.096	0.014	0.0034	0.022
	II-e	None	0.34	0.32	1.52	0.015	0.016	1.29		0.31	0.080			
	II-f	Te	0.35	0.32	1.54			1.34		0.27	0.078		0.011	
	II-g	Te	0.34	0.32	1.54			1.34		0.27	0.078		0.036	
	II-h	B	0.35	0.29	1.44			1.30		0.30	0.095	0.010	0.0031	
	II-i	Te+B	0.34	0.34	1.48	0.014	0.016	1.35		0.29	0.078	0.060	0.0013	0.014
	II-j	Te+B	0.34	0.32	1.54			1.34		0.30	0.081	0.030	0.0013	0.036
II-k	Te+B	0.33	0.30	1.55			1.35		0.30	0.081	0.020	0.0056	0.041	

Table 3. Effect on the mass effect.

Sort of steel	Symbols	Te (%)	B (%)	Charpy impact (kgm/cm ²)		Brinell hardness (H.B)		Heat treatment
				Section 25 mm	Section 75 mm	Section 25 mm	Section 75 mm	
Mo-Mn	I—o	None		8.3	7.8	230	218	1000°, 900°C double normalizing 630°C tempering
	I—c	0.036		9.4	9.0	232	224	
	I—f		0.0013	6.4	6.2	245	242	
	I—g	0.036	0.0013	6.5	6.7	237	237	
Cr-Mo-Mn	II—o	None		7.9	6.2	232	230	950°, 870°C double normalizing 650°C tempering
	II—b	0.032		8.8	7.6	240	239	
	II—c		0.0034	5.0	5.2	269	267	
	II—d	0.022	0.0034	6.5	6.6	282	286	
	III—o	None		12.0	10.4	238	235	1000, 900°C double normalizing 650°C tempering
	III—c	0.036		14.2	12.6	255	252	
	III—e		0.0031	6.4	6.6	302	298	
	III—h	0.036	0.0013	11.4	10.0	262	262	

械的性質におよぼす影響について実験した。以下に結果の概要を述べる。

1) BおよびTeの効果に対する再現性はその歩留にあるがBおよびTeを添加する前に脱酸を行ったものゝ歩留は70~80%である。(Table 2 参照)

2) TeおよびBの凝固ならびに熱処理による質量効果は共に肉厚感受性を少くし、この傾向はBにいちじるしく、Teは一次晶を微細化する作用がある。Table 3に mass effect におよぼす影響の一例を示す。

3) 拡散焼鈍等、高温加熱時の over heating に対する結晶粗大化はBはMnの増加と共に促進される。傾向があり、Teは阻止する作用がある。(図省略)

4) 焼入性に対してはTeは期待出来ない、Bは僅か0.0013%で向上されるがCr量の増加によって不明瞭

になる。(図省略)

5) オーステナイト結晶粒度に対しては、Teは細粒化作用があるが、Bはほとんど変化せず、併用した場合にはTeの効果が強く現れる、Table 4にその一例を示す。

6) 0.003%のBは引張強さおよび降伏比を向上する遷移温度は高温側に移行し、0.02~0.03%のTeは降伏比を向上し遷移温度は低温側に移行するがCrの増加によって不明瞭となる。(図省略)なお硬度と衝撃値から強靱性を比較したものをFig. 1 および Fig. 2, 3に示す。

7) TeおよびB共に非金属介在物を globular type としやや清浄度は低下する傾向がある。Table 5にその一例を示す。

Table 4. Effect of Te and B upon austenite grain size.

Sort of steel	Symbols	Te (%)	B (%)	Grain size No.	Al and Ti added (%)	Remarks
Mo-Mn	I—o	None		3(10)~4(90)	Al 0.07	Carburizing process BaCO ₃ (40%) + charcoal 930°C×6h furnace cool. * 1.35% Cr-Mo-Mn cast steel () : Per cent.
	I—b	0.014		3(10)~4.5(90)	Al 0.10	
	I—c	0.036		5(40)~6(60)	〃	
	I—d	0.045		4.5(50)~6(50)	〃	
	I—e		0.0032	4(90)~5(10)	Al 0.10, Ti 0.10	
	I—f		0.0013	4(70)~5(30)	〃	
	I—g	0.036	0.0013	5(50)~6(50)	〃	
Cr-Mo-Mn	II—o	None		3(40)~4.5(60)	Al 0.07	
	II—a	0.019		4(60)~4.5(40)	Al 0.10	
	II—b	0.032		5(60)~6(40)	〃	
	II—c		0.0034	4(60)~4.5(40)	Al 0.10, Ti 0.10	
	II—d	0.022	0.0034	4(50)~4.5(50)	〃	
	III—o*	None		3(30)~4(70)	Al 0.07	
	III—b*	0.011		5	Al 0.10	
	III—c*	0.036		5.5(30)~6(70)	〃	
	III—e*		0.0031	3(40)~4.5(60)	Al 0.10, Ti 0.10	
	III—h*	0.036	0.0013	5(40)~6(60)	〃	
	III—i*	0.041	0.0056	4.5(50)~6(50)	〃	

Table 5. Effect of Te and B on non-metallic inclusion.

Symbol	Te (%)	B (%)	Non-metallic inclusion (%)			Remarks
			A Type	B Type	C Type	
I—o	None		0.1694	0.0065	0.0617	Point counting process Mo-Mn cast steel
I—b	0.014		0.0325	0.0030	0.1470	
I—c	0.036		0.0041		0.1956	
I—d	0.054		0.0081	0.0030	0.1796	
I—f		0.013	0.0880		0.1030	
I—e		0.032	0.0760		0.1584	
I—h	0.038	0.0054	0.0427		0.2350	

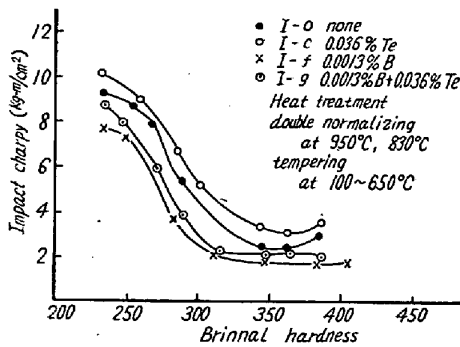


Fig. 1. Effect of Te and B on hardness and impact value of Mo-Mn cast steel

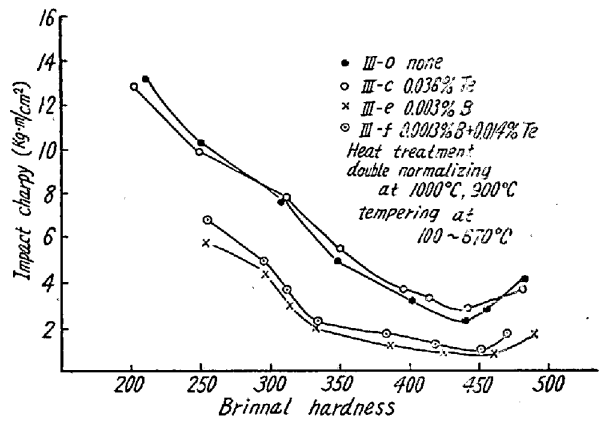


Fig. 3. Effect of Te and B on hardness and impact value of 1.3% Cr-Mo-Mn cast steel

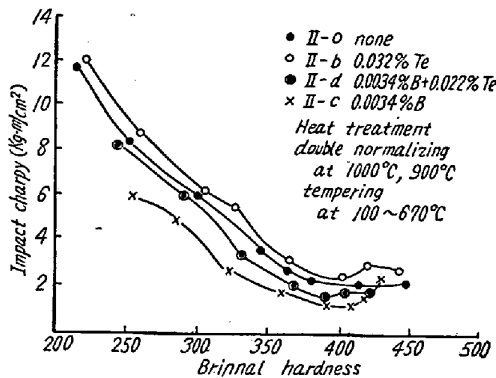


Fig. 2. Effect of Te and B on hardness and impact value of 0.5% Cr-Mo-Mn cast steel

8) マトリックスは Te, B 共に carbide を小さくかつ Ferrite の分散を均一にし sorbite 化する傾向がある。ただし Te 0.05% 以上は却つて組織を乱す傾向を示す。(写真省略)

9) Te は carburizing の際、滲炭深さを浅くするが Te, B 共に滲炭部の焼入硬度を向上する。(図省略)

IV. 結 言

無 Ni 低合金鑄鉄鋼として、Mo-Mn ならびに Cr を 0.5% および 1.3% 含有せしめた Cr-Mo-Mn 鑄鋼に Te および B を単独または両者を微量含有せしめ、該鋼種の材質の改善ならびに特性等について実験した。それ等の結果の概要は上述の如くであるが二、三の考察を加

えるとつぎの如くである。

i) B を単独に 0.002% 前後含有せしめると焼入性を増大し、引張り強さおよび降伏比を改善するが靱性を低下する欠点を有する。

ii) Te は 0.02~0.03% まで降伏比を増加し、特に靱性を附与せしめる。またオーテナイト程度を細粒化させる傾向が強い。

iii) 然しこれ等の傾向は Cr 量の増加と共に消失する傾向がある点から、Mn および Mo 鑄鋼ならびに比較的 low Cr 鑄鋼とこれ等の合金鑄鋼に有効と考える。

iv) Te および B を併用する場合前者を 0.02%, 後者を 0.0015% 含有せしめるとそれぞれ単独の場合の欠点を相殺し得る様である。

v) 工業的には B および Te の添加方法に研究する余地がある。