

# 含 B 鋼 の 研 究 (第 2 報)

— 焼入性, 恒温変態図及び機械的性質に及ぼす B の影響 —

小 野 健 二\* 根 本 正\*\*

## Study of Boron Steels (Report 2)

— Effect of Boron on Hardenability, Isothermal Transformation Diagrams and Mechanical Properties —

By Kenzi Ono and Tadashi Nemoto  
Hitachi Research Laboratory, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Following their researches as published in the report 1 the writers have continued their investigations into the effect of boron, this time, on hardenability, isothermal transformation diagrams and mechanical properties of steels, and the following are the summary of their observations:

- (1) The effect of boron on transformation rate is known from isothermal transformation diagrams shown in Fig. 7 and Fig. 8. Boron seems to have the tendency to retard nucleation of ferrite and pearlite in  $\gamma \rightarrow \alpha$  transformation.
- (2) Boron increases the hardenability of steel and is effective especially to low carbon steels.
- (3) Mechanical properties of boron steels quenched in oil and tempered is superior to that of plain carbon steel tempered after oil or water and oil quenching.

### 〔I〕 緒 言

含B鋼の焼入性並びにその他の性質に関する研究は数多く<sup>(1)~(8)</sup>,微量Bの添加が鋼の焼入性を著しく増大することが知られて来たが,しかし機械的性質はその熔解条件等によつて影響され易く,従つてBの効果が余り認められないことがしばしばある。筆者等は前報<sup>(9)</sup>で変態点及び組織に及ぼすBの影響に就いて報告したが,引続き本報に於て C 0.38~0.68% の含 B 鋼及び低炭素 Cr-Mn-Mo 鋼に就いて焼入性, 恒温変態図及び機械的性質の究明, 特に焼入方法並びに焼戻温度と打撃強度との関係に就いて実験した結果に就いて述べる。

### 〔II〕 試料及び実験

#### (1) 試 料

試料は電解鉄, 白鉄, フェロクロム, フェロモリブ

\* 日立製作所日立研究所 工博

\*\* 日立製作所日立研究所

デン及びフェロボロン或いはフェロチタンボロンを配合して高周波電気炉により熔製された。試料の中でA群, C群及びSA群の3種は同一熔解を二分し, その一方にBを添加したのでB以外の諸成分の変動が少く, 又その他の試料はそれぞれ別箇に熔製されたものである。

第1表(次頁参照)はこれらの鋼塊の化学成分である。これらは所要寸法に鍛造後熱膨脹試験片(5 mm $\phi$ ×70 mm $l$ ), 硬さ及び顕微鏡試験片(6 mm $\phi$ ×15~10 mm $l$ ), ジョミニー試験片, 引張試験片及び松村式繰返し打撃試験片などに加工され各実験に供された。第1図及び第2図(次頁参照)はジョミニー試験片及び打撃試験片の寸法を示す。

#### (2) 実 験

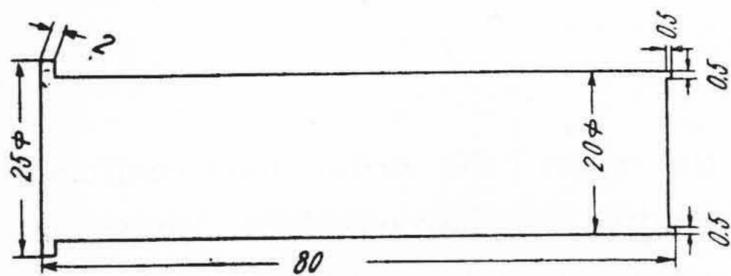
##### (A) 変態点

試料A群及びC群に就いて本多式熱膨脹計により加熱及び冷却変態生起温度を測定した。この場合の加熱及び冷却速度は電位差計式自動温度調節計により0.8°C/minに一定された。

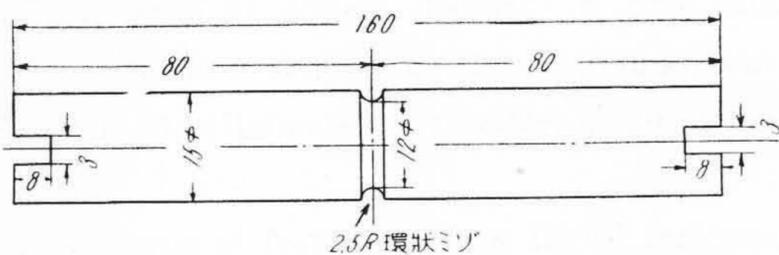
第 1 表 試料の化学成分 (%)

Table 1. Chemical Composition of Specimens (%)

試 番	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	B (配合量)	備 考
A-1	0.38	0.33	0.35					0.004	Fe-B 合金使用
A-2	0.38	0.33	0.35						
C-1	0.49	0.55	0.78					0.004	Fe-Ti-B 合金使用
C-2	0.49	0.55	0.78						
D-1	0.61	0.28	0.73	0.018	0.025			0.004	Fe-Ti-B 合金使用
D-2	0.62	0.28	0.62	0.021	0.023				
E-1	0.68	0.21	0.65					0.004	Fe-Ti-B 合金使用
E-2	0.65	0.41	0.64						
F-1	0.62	0.33	0.61					0.004	Fe-Ti-B 合金使用
F-2	0.62	0.37	0.57						
SA-1	0.39	0.44	0.86			1.08	0.37		
SA-2	0.39	0.44	0.86			1.08	0.37	0.004	Fe-Ti-B 合金使用



第 1 図 ジョ ミ ニ ー 試 験 片  
Fig. 1. Dimensions of Pieces for Jominy Test



第 2 図 繰 返 し 打 撃 試 験 片  
Fig. 2. Dimensions of Pieces for Repeating Impact Test

(B) 焼入及び焼戻温度と硬さ

試料 A 群及び C 群の 4 種に就いて 800~900°C の各温度から油焼入れ後硬さ (Rc) を測定し、焼入温度と硬さとの関係を求め、次いで A 群は 870°C、C 群は 860°C から油焼入れ後 100~700°C の範囲で 50°C おきの各温度で 1 hr 焼戻して焼戻温度と硬さとの関係を求めた。

(C) ジョミニー試験

試料 A 群、C 群及び SA 群に就いてジョミニー試験を行った。この際焼入加熱温度はそれぞれ A 群 870°C、C 群 860°C 及び SA 群 850°C である。

(D) 恒温変態図

試料 A 及び C 群に就いて佐藤式自記焼入試験機により最高加熱温度それぞれ 870°C 及び 860°C とし、700°C ~ 常温の範囲で 50°C おきの各温度に保持して時間による長さの変化及び他方 6 mm φ × 10~15 mm l の試片により各変態温度に於ける保持時間と組織及び硬さとの関

係を求めて変態速度を知り、又 200°C 以下は恒温磁気分析装置により保持時間に伴う磁気変化から磁気的に変態速度が究明された。これらの結果を総合して恒温変態図が決定された。

(E) 機械試験

試料 C 及び D 群に就いてそれぞれ 860°C 及び 850°C から油焼入れ後 100~700°C の範囲で 50~100°C おきの各温度で 1 hr 焼戻した各試験片に就き機械試験が行われた。又試料 E 群は 850°C から油焼入れ (油温 4~10°C) 試料 F 群は 850°C から水と油の二段焼入れ (水温 17~25°C、油温 20~24°C) 及び試料 SA 群は油焼入れ (油温 10°C) 後 100~680°C の各温度で 2 回焼戻された試験片に就き打撃エネルギー 17~30 kg-cm の範囲で打撃試験を行い試験片が破断するまでの打撃回数を求めた。

〔III〕 実 験 結 果

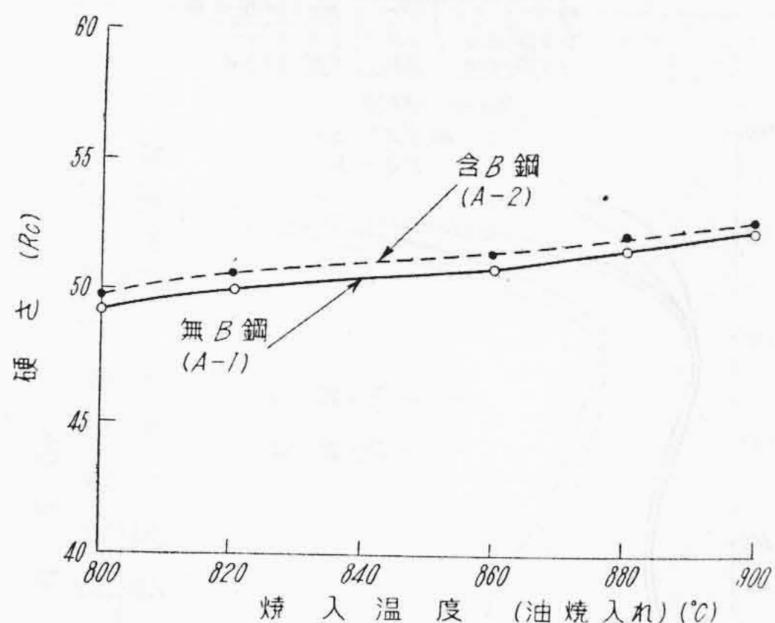
(1) 変 態 点

第 2 表は試料 A 及び C 群の変態点を示す。これによると B は変態点を僅かに上昇させ、又試料 C 群の場合 B は空冷に於ける Ar<sub>1</sub> 変態生起温度を降下させる。なお B が変態点を上昇させることに就いては前報<sup>(9)</sup>で述べたところである。

第 2 表 各 試 料 の 変 態 点 (°C)

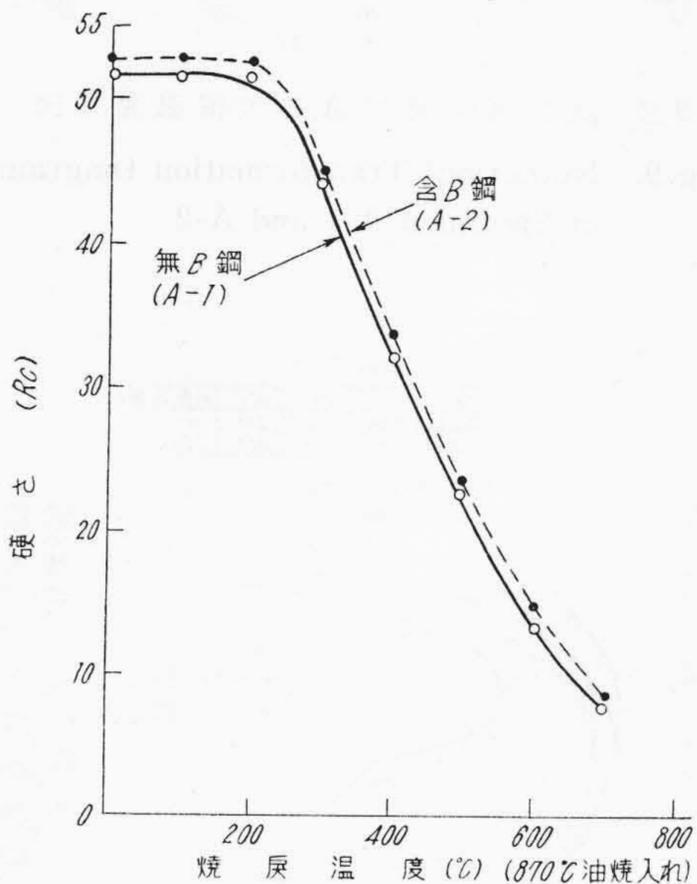
Table 2. Transformation Point of Specimens (°C)

試 番	加 熱 (0.8°C/min)		冷 却 (0.8°C/min)			
	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	Arg	Ar <sub>1</sub>	開 始	終 止
A-1	730	780	740	675	610	525
A-2	732	790	755	685	615	585
C-1	740	780	713	670	552	530
C-2	745	782	720	665	540	517



第3図 試料 A-1 及び A-2 の焼入温度と硬さ(Rc)との関係

Fig. 3. Relation between Quenching Temperature and Hardness (Rc) of Specimen A-1 and A-2

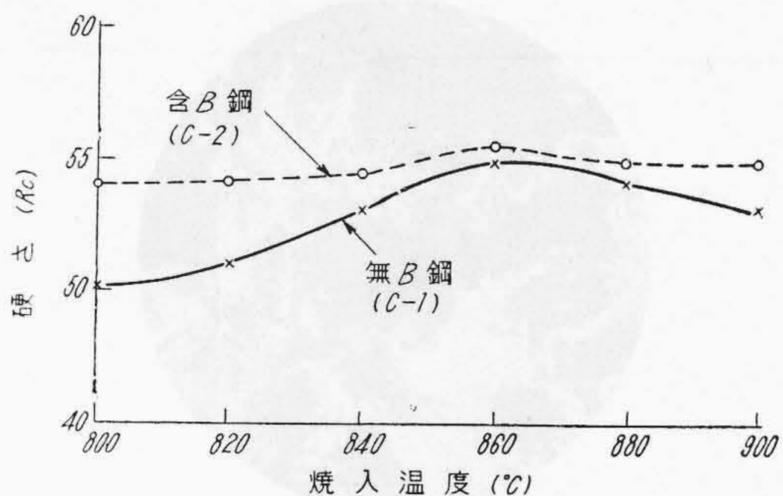


第4図 試料 A-1 及び A-2 の焼戻し温度と硬さ(Rc)との関係

Fig. 4. Relation between Tempering Temperature and Hardness (Rc) of Specimen A-1 and A-2

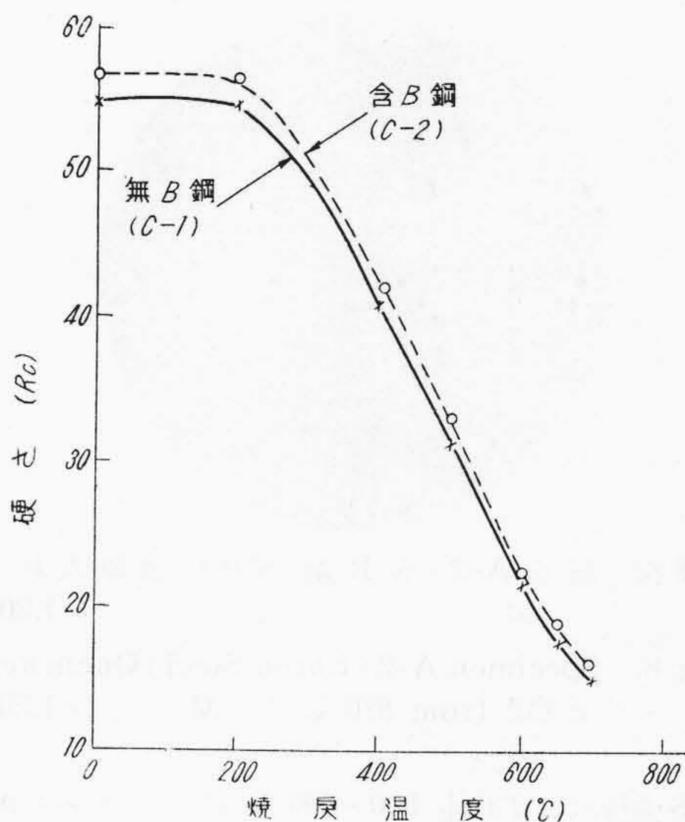
(2) 焼入及び焼戻温度と硬さ

第3図及び第4図は試料 A-1 及び A-2, 第5図及び第6図は試料 C-1 及び C-2 に就いて得られた焼入温度及び焼戻温度と硬さとの関係である。図に於て実線は無B鋼, 点線は含B鋼を示す。これからわかるように含B鋼は無B鋼に比べ概して焼入硬さが高く, 特に焼入温度



第5図 試料 C-1 及び C-2 の焼戻温度と硬さ(Rc)との関係

Fig. 5. Relation between Tempering Temperature and Hardness (Rc) of Specimen C-1 and C-2



第6図 試料 C-1 及び C-2 の焼戻し温度と硬さ(Rc)との関係

Fig. 6. Relation between Tempering Temperature and Hardness (Rc) of Specimen C-1 and C-2

が低い場合にこの傾向が著しいようである。第7図及び第8図(次頁参照)は試料 A-1 及び A-2 の油焼入組織で, 無B鋼(第7図)の組織はフェライト+針状地鉄+トラスタイト+マルテンサイトであり, 含B鋼は均一なマルテンサイト組織である。従つてこれからもBが焼入性及び焼入硬さを増すことが知られる。

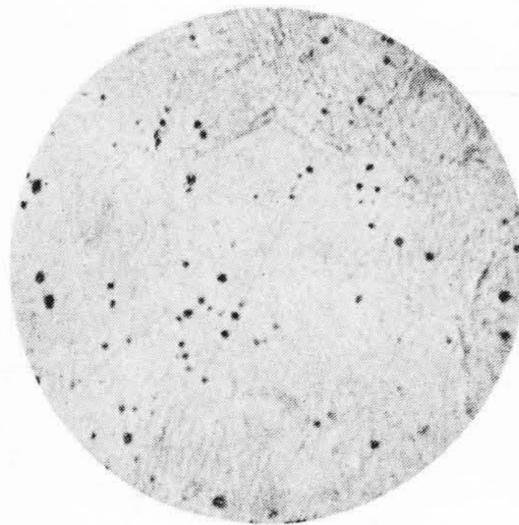
(3) 恒温変態図

第9図及び第10図(次頁参照)は変態速度に及ぼすBの影響を示すものである。即ち第9図は試料 A-1 及び A-2, 第10図は試料 C-1 及び C-2 の恒温変態図である。図中実線は無B鋼, 点線は含B鋼を示す。これらによ



第 7 図 試料 A-1 (炭素鋼) 870°C 油焼入れ  
F+A·F+Tr+M ×1,200

Fig. 7. Specimen A-1 (Carbon Steel) Quenched  
in Oil from 870°C  
F+A·F+Tr+M ×1,200



第 8 図 試料 A-2 (含 B 鋼) 870°C 油焼入れ  
M ×1,200

Fig. 8. Specimen A-2 (Boron Steel) Quenched  
in Oil from 870°C M ×1,200

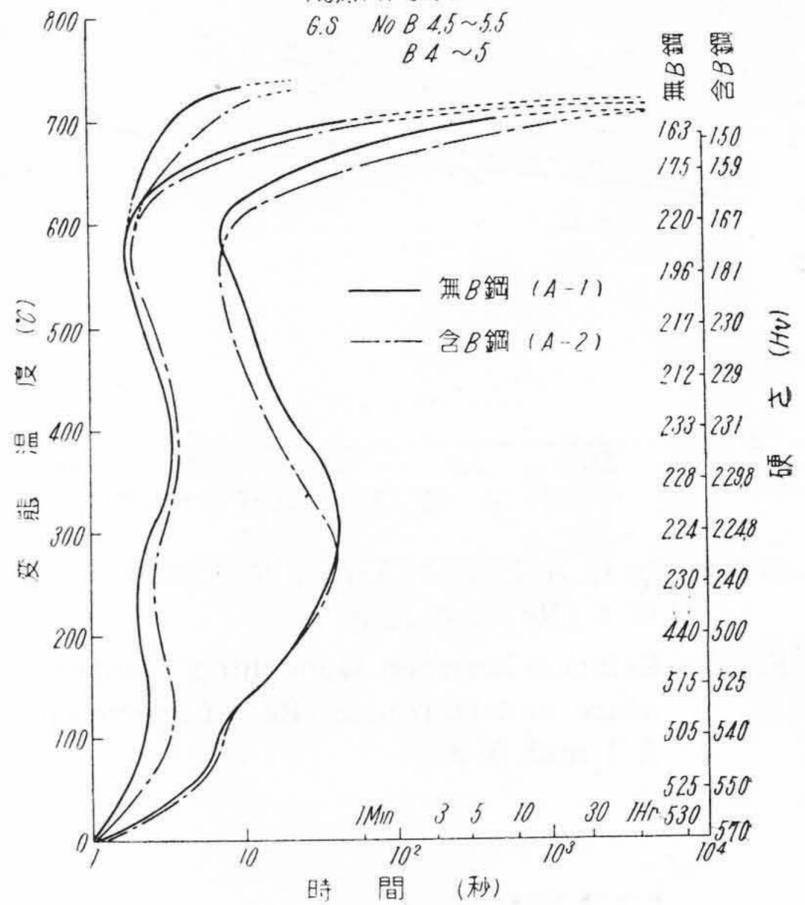
ると S 曲線はいずれも 500~600°C に於て一つの nose を有するが, Ar<sub>1</sub> 変態温度以上に於ける各試料の変態速度を比較すると含 B 鋼が無 B 鋼より変態開始及び終止時間がおそい。即ちこの温度範囲では B がパーライト及びフェライトの核発生速度を抑制することが知られる。又 Ar<sub>1</sub> 変態温度以下では含 B 鋼が無 B 鋼より変態開始が僅かにおそいが変態終止はむしろ早い。又下部ベーナイトが生成される変態温度以下に於ては試料 C 群が A 群より変態終止に長時間を要することが知られる。

第 11 図は試料 C-1 及び C-2 に就いて得られた変態温度 100~200°C に於ける恒温保持時間による磁気の変化(変態速度)を示し, 第 12 図は各試料を 200°C で 10hr, 150°C 及び 100°C でそれぞれ 3hr 恒温処理後各変態温度からの磁気分析結果である。これらから中炭素鋼に Mn が約 0.7% 含有されるとマルテンサイト生成温度範囲に於ける変態速度が減少することがわかる<sup>(10)</sup>。又変態速度に及ぼす B の影響は顕著でないが, 変態温度によ

Composition (%)

種別	C	Si	Mn	B(配合量)
無 B 鋼	0.38	0.33	0.35	—
含 B 鋼	0.38	0.35	0.36	0.004

Max. H.T. 870°C  
G.S. No B 4.5~5.5  
B 4~5



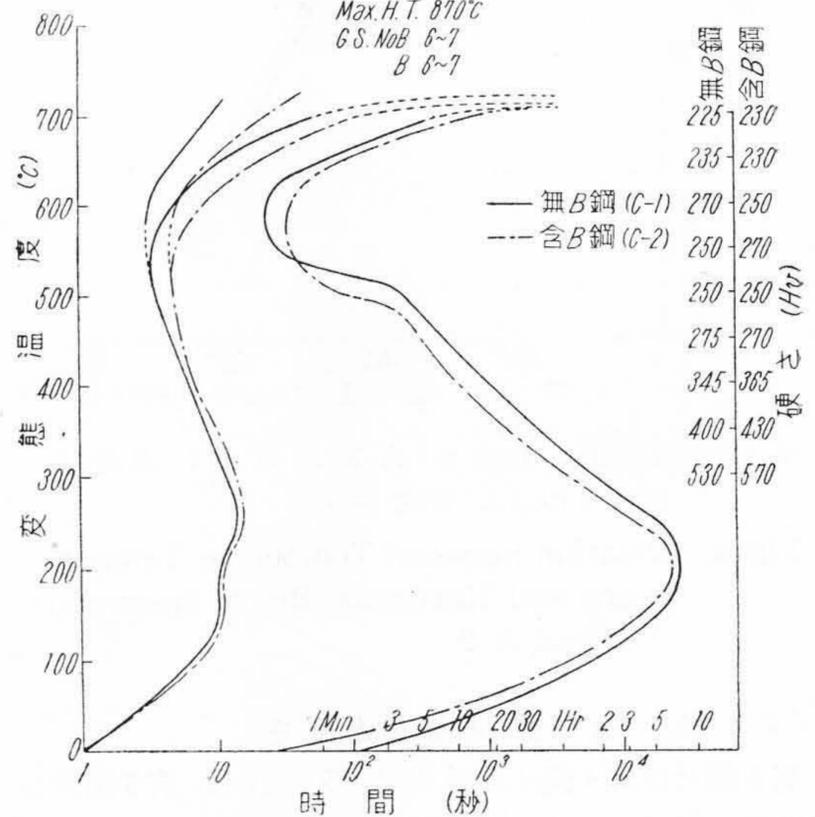
第 9 図 試料 A-1 及び A-2 の恒温変態図

Fig. 9. Isothermal Transformation Diagrams  
of Specimen A-1 and A-2

Composition (%)

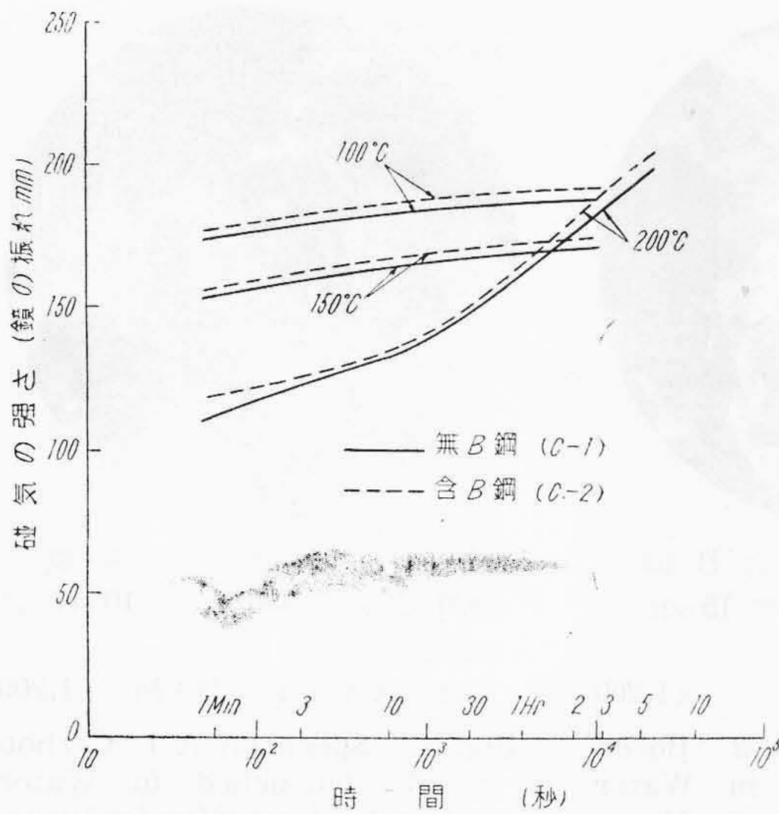
種別	C	Si	Mn	B(配合量)
無 B 鋼	0.49	0.55	0.78	—
含 B 鋼	0.49	0.50	0.68	0.004

Max. H.T. 870°C  
G.S. No B 6~7  
B 6~7



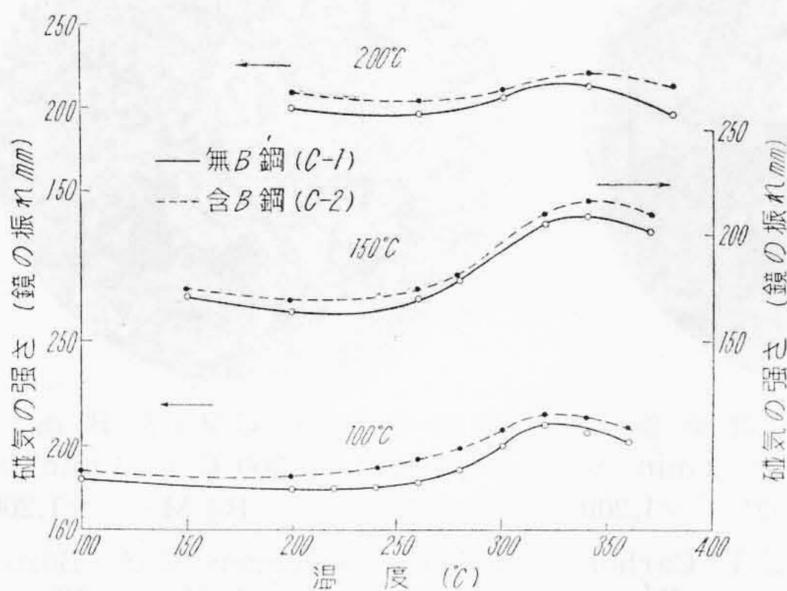
第 10 図 試料 C-1 及び C-2 の恒温変態図

Fig. 10. Isothermal Transformation Diagrams  
of Specimen C-1 and C-2



第 11 図 試料 C-1 及び C-2 の恒温変態保持時間と磁気の強さとの関係

Fig. 11. Relation between Holding Time in Isothermal Transformation and Intensity of Magnetization of Specimen C-1 and C-2

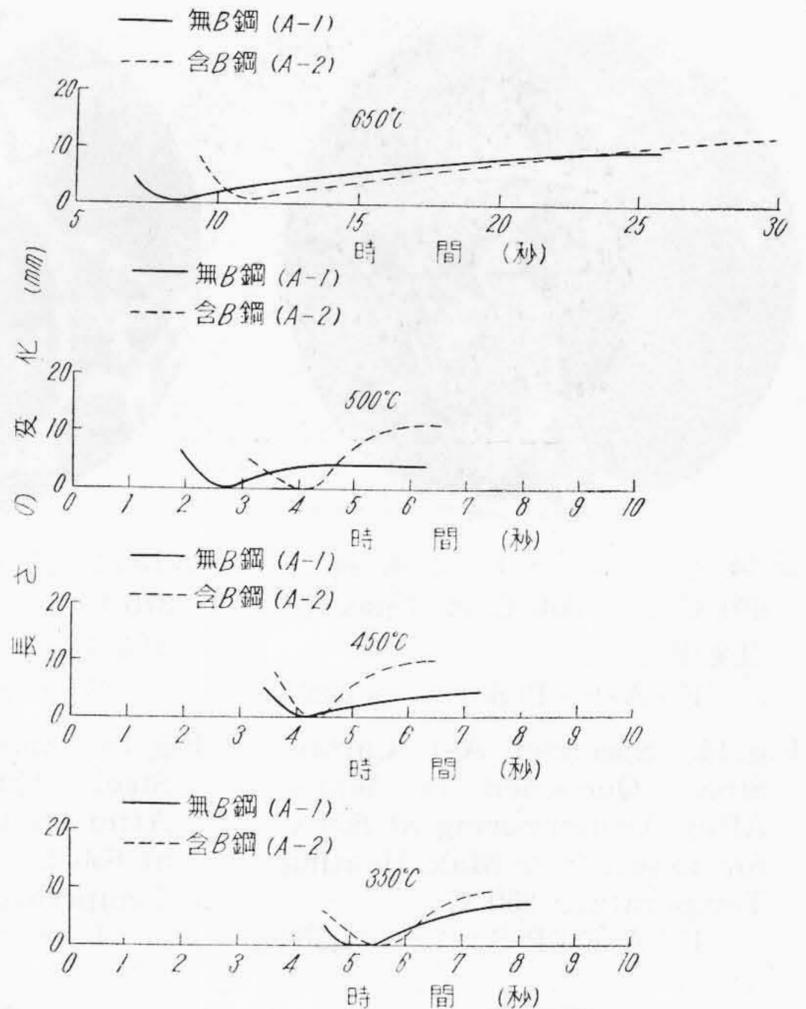


第 12 図 試料 C-1 及び C-2 の各恒温変態温度からの磁気分析結果

Fig. 12. Results of Magnetic Analysis from Various Temperatures of Isothermal Transformation

る変態速度は、短時間側では 100~150°C が 200°C より大で、長時間側では 200°C の場合が大である。又これらの磁気分析結果 (第 12 図) には  $r_R$  の分解に伴う磁気増加が起るから各温度に於けるこの程度の保持時間では変態は終止しないことが知られる。

次に第 13 図は試料 A 群に就いてこの変態温度 650, 500, 450 及び 350°C に於ける恒温保持時間に伴う長さの変化を示す。これによると含 B 鋼は無 B 鋼より変態開始時間はおそいが、終止時間は 650°C に於て前者がおそく、



第 13 図 試料 A-1 及び A-2 の各変態温度に於ける  $r$  の分解に伴う長さの変化

Fig. 13. Change of Length due to Austenite Decomposition at Various Transformation Temperatures of Specimen A-1 and A-2

500°C 以下になると後者がおくれている。即ち含 B 鋼は変態開始後の長さの変化が急激に起り単位時間当りの膨脹量が含 B 鋼は無 B 鋼より大きいことがわかる。

次に二三の代表的顕微鏡組織を掲げて変態温度と組織との関係を説明しよう。第 14 図~第 19 図 (次頁参照) は試料 A-1 及び A-2 の変態温度 650°C/15 sec 並びに 350°C/10 sec 恒温処理後水冷したもの組織である。まず無 B 鋼 (第 14 図) はフェライト+針状地鉄+パーライト (ソルバイト) 組織であるに対し含 B 鋼 (第 15 図) の場合フェライト+パーライト (ソルバイト) 組織で、組織中のフェライト量は後者が少い。これは同一変態温度で同一時間保持された場合含 B 鋼が無 B 鋼よりフェライトの析出量が少いことを示す。即ち B がフェライト核発生を抑制する作用を有することが知られる。又無 B 鋼 (第 16 図) はフェライト+針状地鉄+トルースタイトベーナイト+マルテンサイト組織の混在組織であるに対し、含 B 鋼 (第 17 図) はベーナイト+マルテンサイトを呈する。これから前述のように B が  $r \rightarrow \alpha$  変態に際しフェライト及びトルースタイトの析出を阻止する作用を有することがわかる。次に第 18 図及び第 19 図 (次頁参照) は試料 C-1 及び C-2 の変態温度 300°C/1 min 恒温処理



第14図 試料 A-1 (炭素鋼)  
870°C から 650°C に 15 sec 恒  
温変態後水冷  
F+A·F+P(S) ×1,200

Fig. 14. Specimen A-1 (Carbon Steel) Quenched in Water After Austempering at 650°C for 15 sec. from Max. Heating Temperature 850°C  
F+A·F+P(S) ×1,200



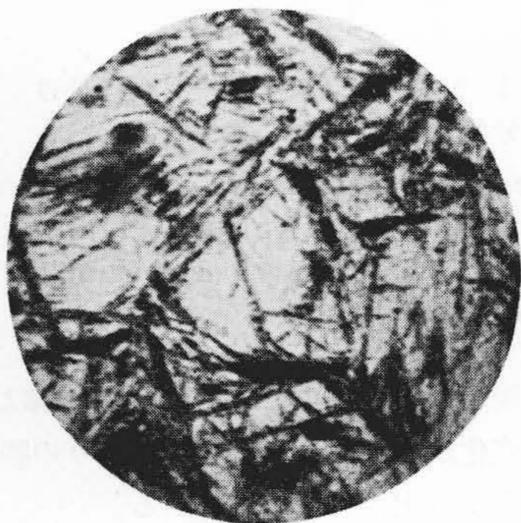
第15図 試料 A-2 (含 B 鋼)  
870°C から 650°C に 15 sec 恒  
温変態後水冷  
F+P(S) ×1,200

Fig. 15. Specimen A-2 (Boron Steel) Quenched in Water After Austempering for 15 sec. at 650°C from Max. Heating Temperature 870°C  
F+P(S) ×1,200



第16図 試料 A-1 (炭素鋼)  
870°C から 350°C に 10 sec 恒  
温変態後水冷  
F+A·F+Tr+B+M ×1,200

Fig. 16. Specimen A-1 (Carbon Steel) Quenched in Water After Austempering for 10 sec. at 350°C from Max. Heating Temperature 870°C  
F+A·F+Tr+B+M ×1,200



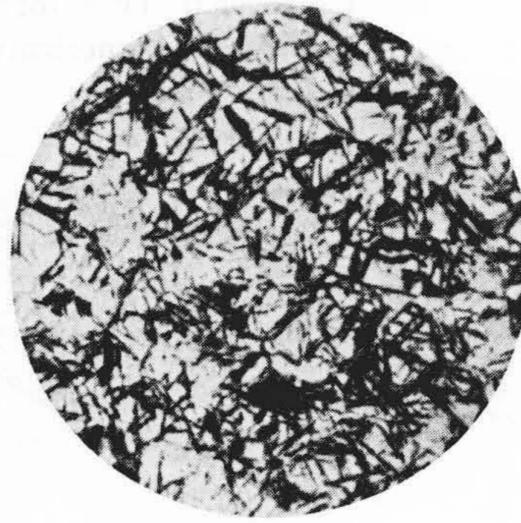
第17図 試料 A-2 (含 B 鋼)  
870°C から 350°C に 10 sec 恒  
温変態後水冷 B+M ×1,200

Fig. 17. Specimen A-2 (Boron Steel) Quenched in Water After Austempering for 10 sec. at 350°C from Max. Heating Temperature 870°C  
B+M ×1,200



第18図 試料 C-1 (炭素鋼)  
860°C から 300°C に 1 min 恒  
温変態後水冷 B+M ×1,200

Fig. 18. Specimen C-1 (Carbon Steel) Quenched in Water After Austempering for 1 min at 300°C from Max. Heating Temperature 860°C  
B+M ×1,200



第19図 試料 C-2 (含 B 鋼)  
860°C から 300°C に 1 min 恒  
温変態水冷 B+M ×1,200

Fig. 19. Specimen C-2 (Boron Steel) Quenched in Water After Austempering for 1 min at 300°C from Max. Heating Temperature 860°C  
B+M ×1,200

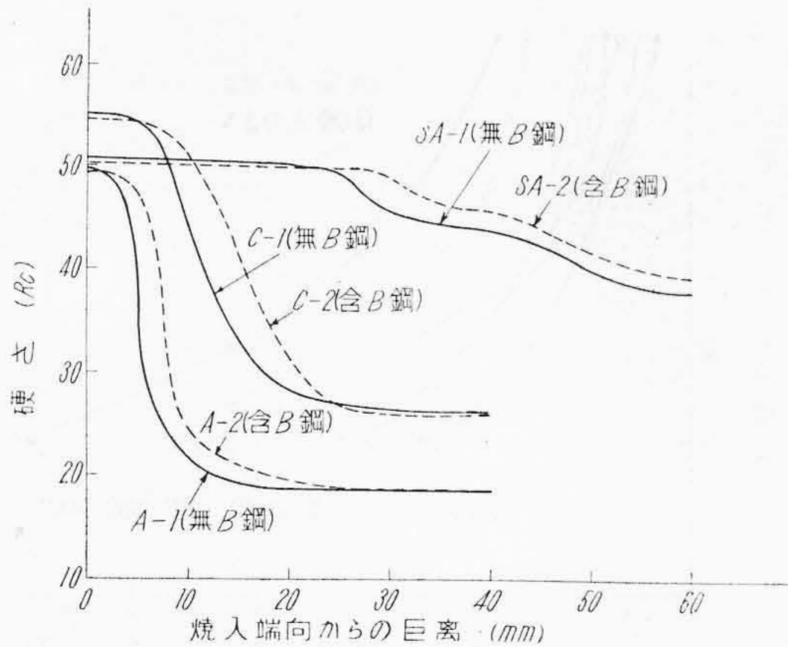
後水冷した組織を示す。いずれも下部ペーナイト+マルテンサイト組織であるが、含B鋼がペーナイト組織が多く即ち変態量が多いことから変態開始後の変態速度は含B鋼が無B鋼より大であることが知られる。

#### (4) ジョミニー試験

第20図は試料 A-1 及び A-2, C-1 及び C-2, SA-1 及び SA-2 の6種に就いて得られたジョミニー試験結果である。図中実線は無B鋼, 点線は含B鋼に就いての結果を示す。

まず試料 A-1 と A-2 とを比較するに、含B鋼が無

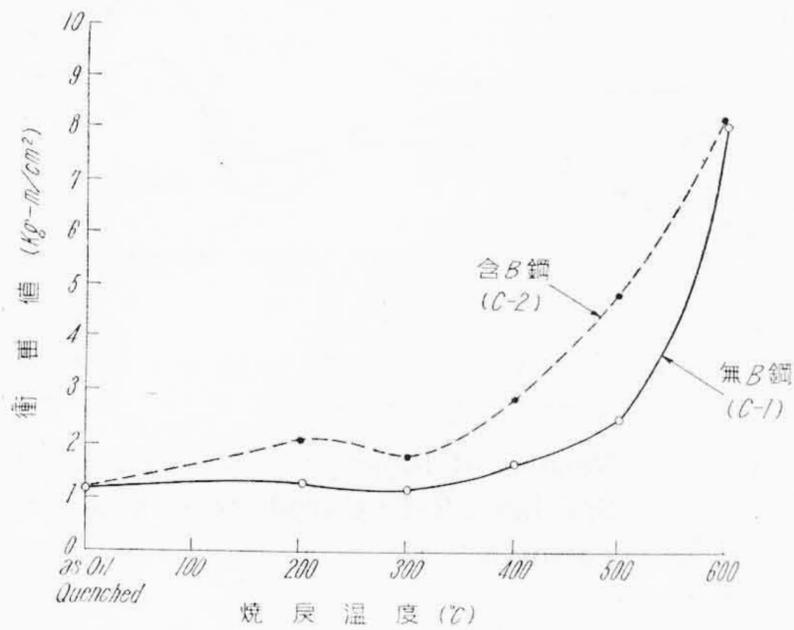
B鋼より水冷端面からの硬化距離が大で、Bが硬化深度を増すことがわかる。C-1 と C-2 に就いてみるに試料A群の場合と同傾向を示している。又試料 SA 群の Cr-Mo 鋼は硬化深度が炭素鋼の場合より大であり、焼入端面から約 40 mm のところに曲線が水平になる部分が存在している。これはペーナイト生成と関連して生起するものと首肯されるが、この種の特殊鋼に於てもBが炭素鋼の場合と同様に焼入性を増大させることが知られる。従つてC量が一定であるときBが焼入性をますことが知られる。



第 20 図 各 試 料 の ジ ョ ミ ニ ー 試 験 結 果  
Fig. 20. Results of Jominy Test of Each Specimen

(5) 機 械 的 性 質

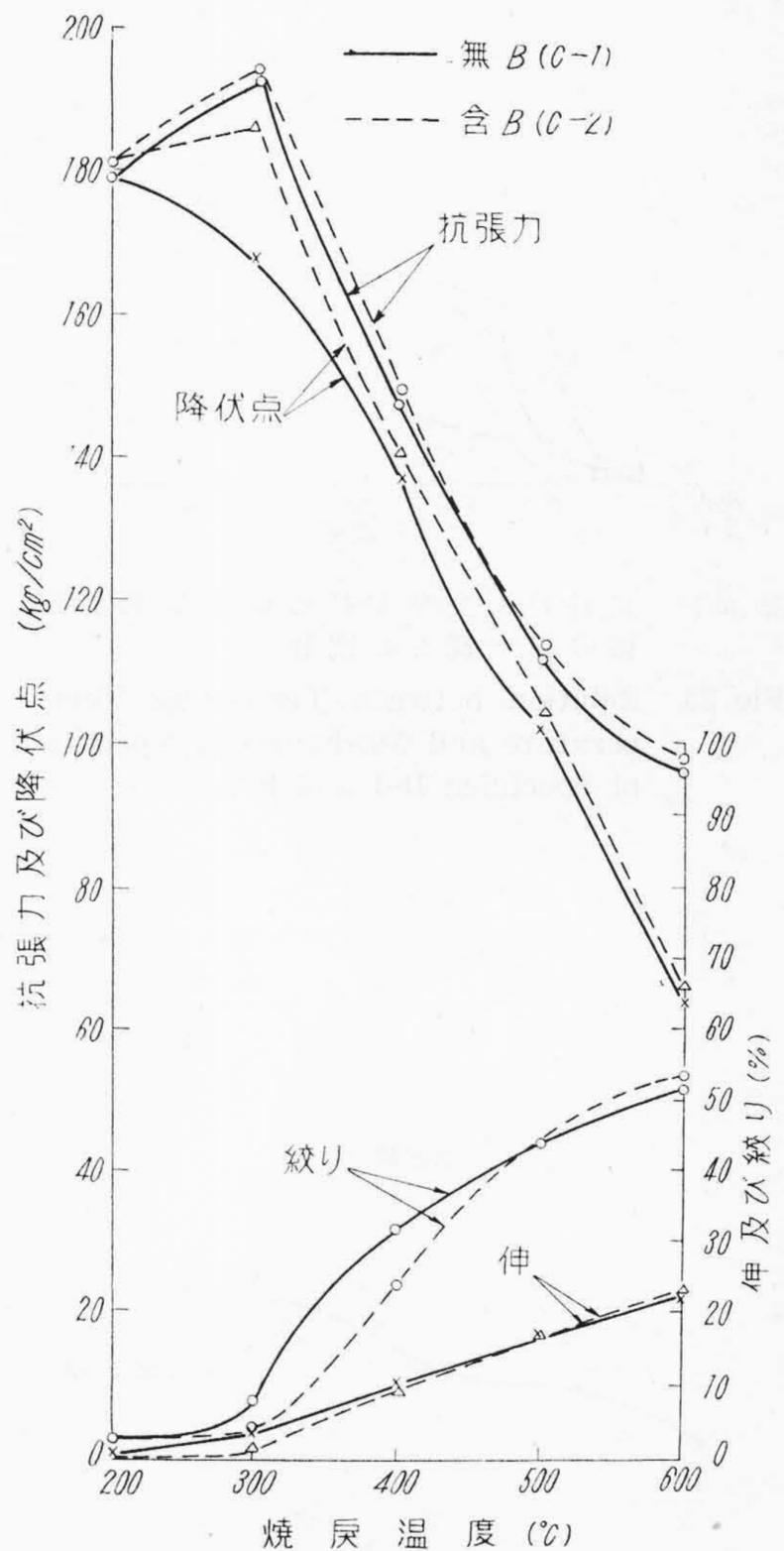
第 21 図 及 び 第 22 図 は 試 料 C 群, 第 23 図 及 び 第 24 図 (次 頁 参 照) は 試 料 D 群 に 就 いて の 焼 戻 温 度 と 機 械 強 度 と の 関 係 を 示 す。図 に 於 て 実 線 は 無 B 鋼, 点 線 は 含 B 鋼 の 場 合 で あり ます。こ れ ら か ら わ か る よ う に, 中 炭 素 鋼 に 於 て B 添 加 に よ つ て 引 張 強 さ の 著 し い 向 上 は 期 待 出 来 ない が, 300°C 焼 戻 の 場 合 僅 か に 増 加 し 脆 化 し て いる。又 一 般 に 含 B 鋼 の 衝 撃 値 は 無 B 鋼 の そ れ よ り 高 い が, 前 者 は 300°C 焼 戻 に 於 て 衝 撃 値 が 急 激 に 低 下 し て いる。こ の 原 因 は 前 述 の 引 張 強 さ の 場 合 と 同 様 に 焼 戻 脆 性 に よ る 衝 撃 値 の 低 下 と 考 え ら れ る。



第 21 図 試 料 C-1 及 び C-2 の 焼 戻 し 温 度 と 衝 撃 値 と の 関 係

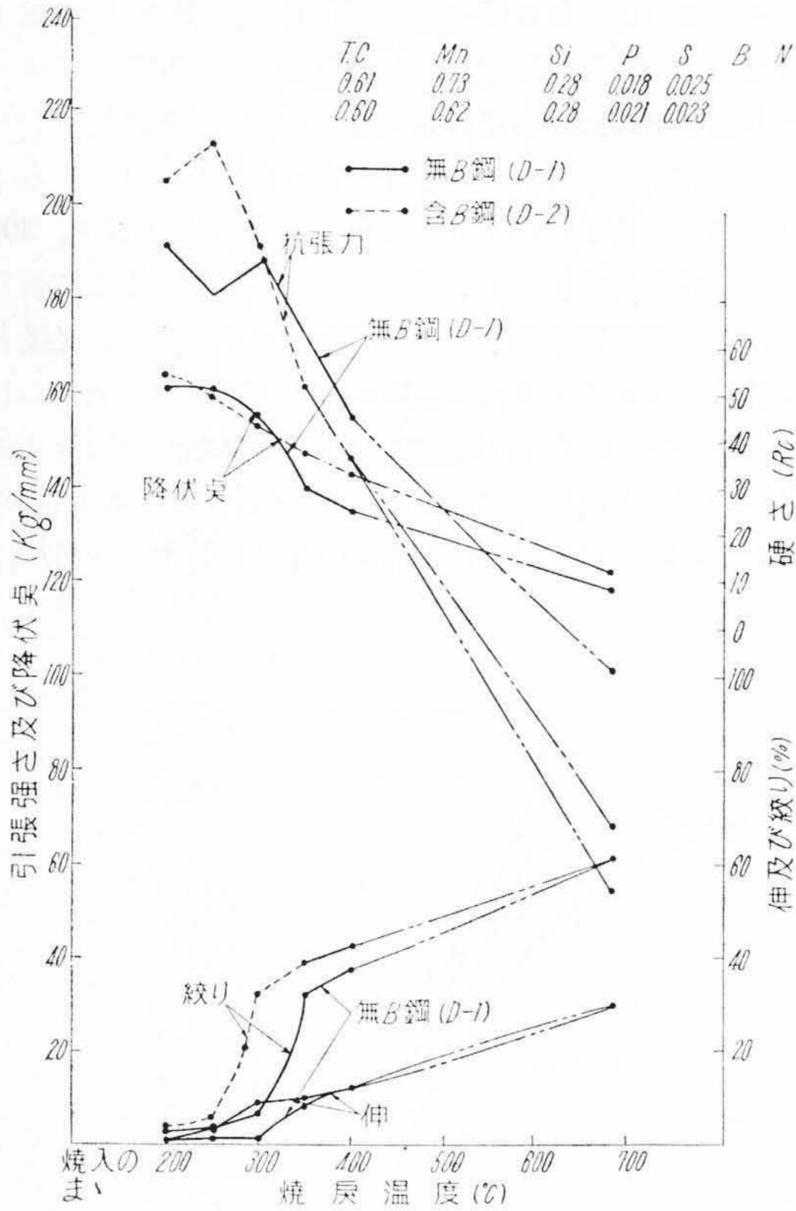
Fig. 21. Relation between Tempering Temperature and Impact Value of Specimen C-1 and C-2

次 に 第 25 図 ~ 第 28 図 (次 頁 参 照) は 試 料 E-1 及 び E-2 に 就 いて 得 ら れ た 焼 戻 温 度 と 打 撃 強 度 と の 関 係 を 示 す。無 B 鋼 (第 25 図 及 び 第 26 図) を み る に 各 温 度 に 焼 戻 し た も の が 破 断 ま だ の 打 撃 回 数 は 打 撃 エ ネ ル ギ が 減 少 す る に 従 い 増 大 す る が, い ず れ も 400°C 焼 戻 に 於 て 最 大, 300~350°C 焼 戻 に 於 て 谷 を 示 す。前 者 は 脆 性 に よ る 抗 張 力 の 増 加 と 衝 撃 値 の 低 下 に よ り 打 撃 強 度 が 減 少 し, 又 後 者 は 靱 性 の 増 加 に よ り 打 撃 強 度 が 増 大 す る も の と 考 え ら れ る<sup>(11)</sup>。試 料 E-2 (含 B 鋼 第 27 図 及 び 第 28 図) の 場 合 は 無 B 鋼 の 場 合 と 同 様 の 傾 向 が あ る が, 低 打 撃 エ ネ ル ギ 側 (17~20 kg-cm) に 於 け る 打 撃 強 度 は 無 B 鋼 よ り 遙 か に

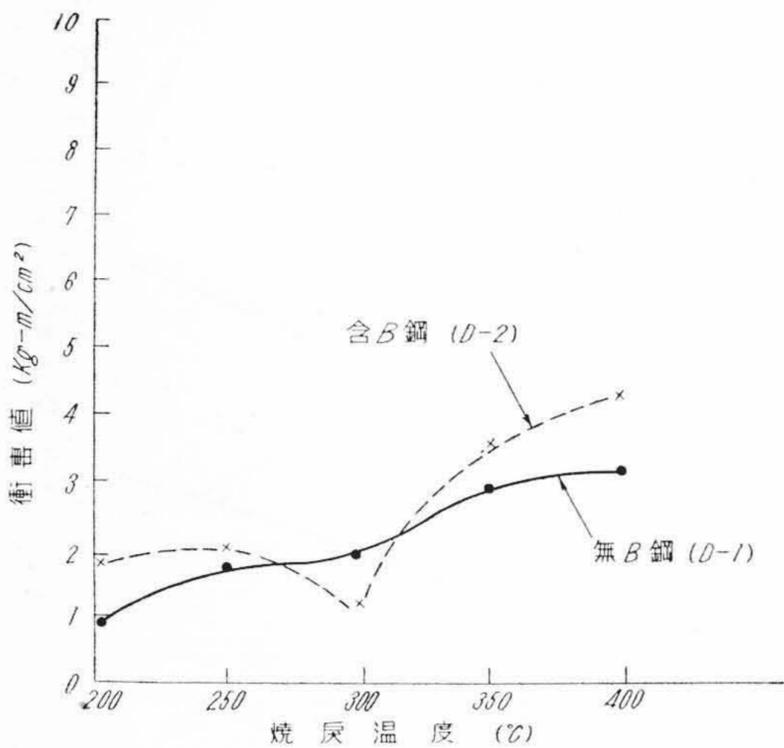


第 22 図 試 料 C-1 及 び C-2 の 焼 戻 し 温 度 と 機 械 的 性 質 と の 関 係

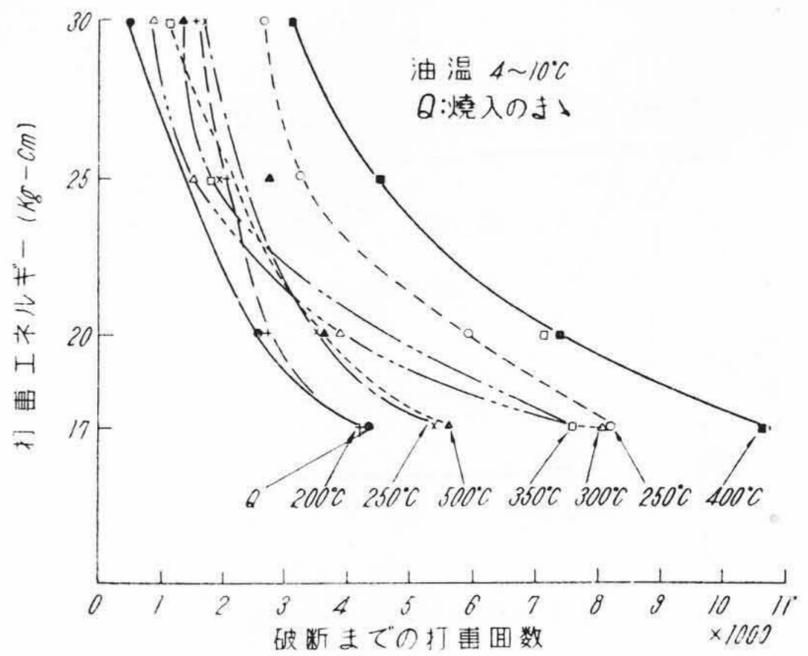
Fig. 22. Relation between Tempering Temperature and Mechanical Properties of Specimen C-1 and C-2



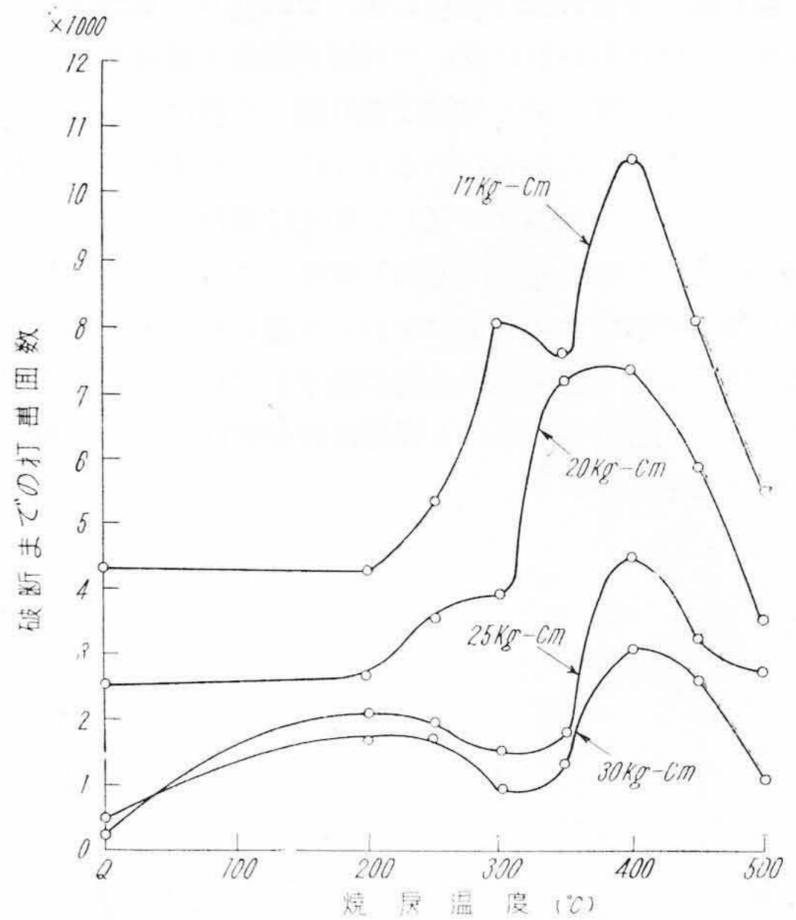
第 23 図 試料 D-1 及び D-2 の焼戻し温度と機械的性質との関係  
 Fig. 23. Relation between Tempering Temperature and Mechanical Properties of Specimen D-1 and D-2



第 24 図 試料 D-1 及び D-2 の焼戻し温度と衝撃値との関係  
 Fig. 24. Relation between Tempering Temperature and Impact Value of Specimen D-1 and D-2



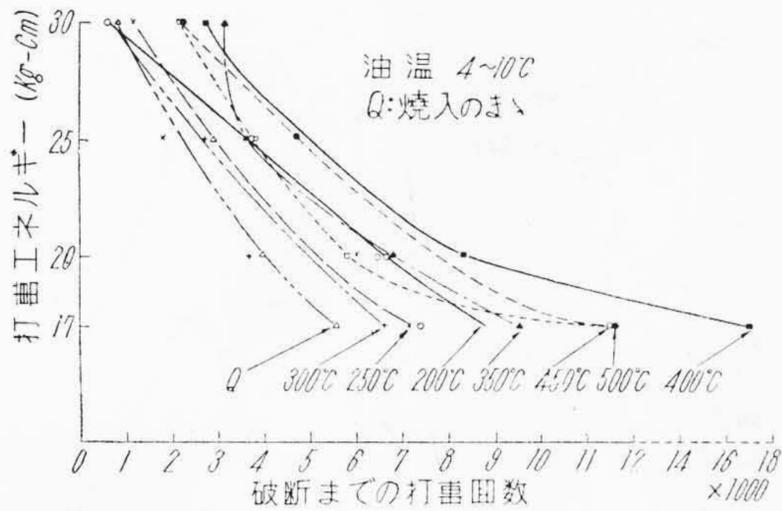
第 25 図 試料 E-1 (炭素鋼) の繰返し打撃試験結果 (油焼入れ)  
 Fig. 25. Results of Repeating Impact Test of Specimen E-1 (Carbon Steel Quenched in Oil)



第 26 図 試料 E-1 (炭素鋼) の繰返し打撃試験結果 (油焼入れ)  
 Fig. 26. Results of Repeating Impact Test of Specimen E-1 (Carbon Steel Quenched in Oil)

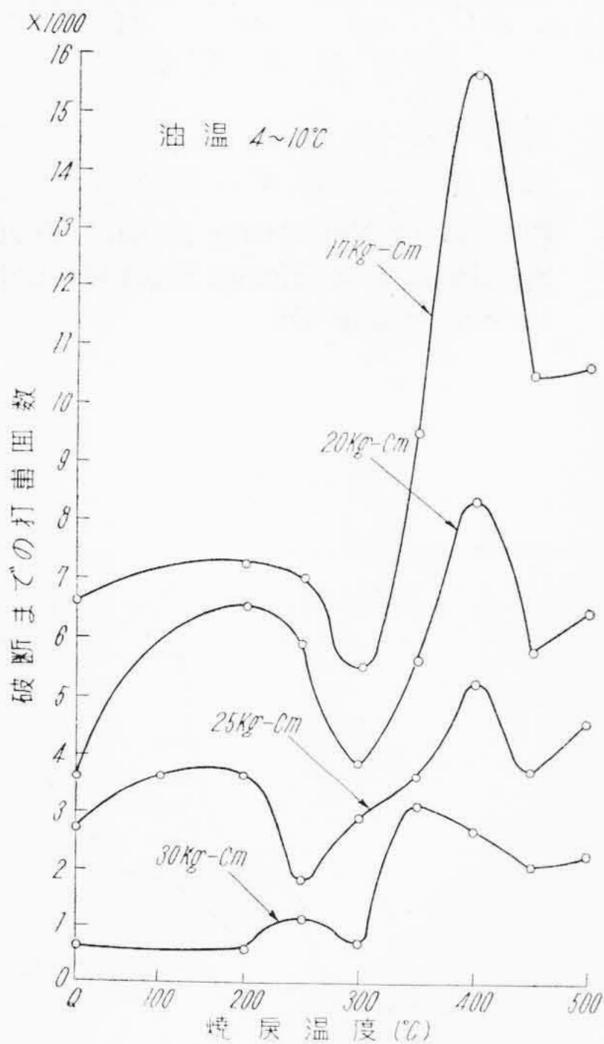
大であり、又焼戻し温度が 400°C 以上では無B鋼は打撃強度が漸次低下するが、含B鋼は 500°C 焼戻しでやゝ増加している。

以上の結果を比較するためにまとめて図示すると第 29 図のようである。図中実線は無B鋼、点線は含B鋼に就



第 27 図 試料 E-2 (含 B 鋼) の繰返し打撃試験結果 (油焼入れ)

Fig. 27. Results of Repeating Impact Test of Specimen E-2 (Boron Steel Quenched in Oil)

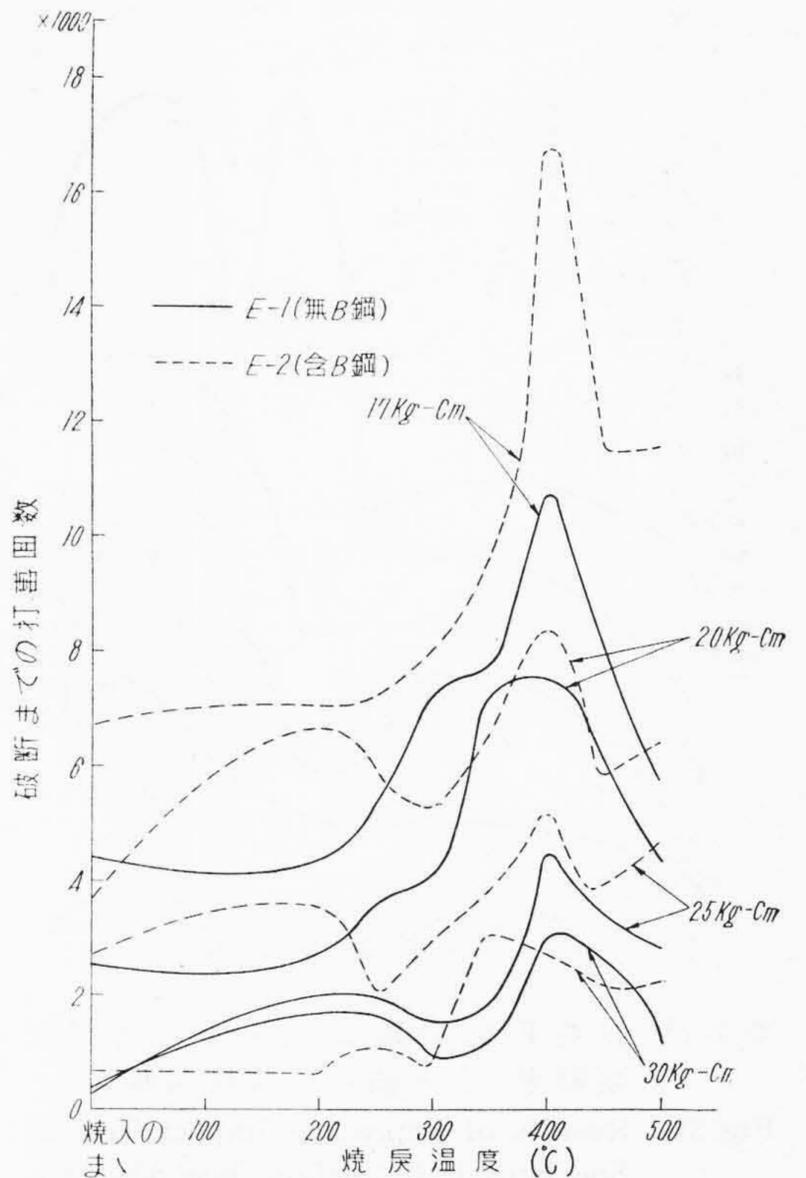


第 28 図 試料 E-2 (含 B 鋼) の繰返し打撃試験結果 (油焼入れ)

Fig. 28. Results of Repeating Impact Test of Specimen E-2 (Boron Steel Quenched in Oil)

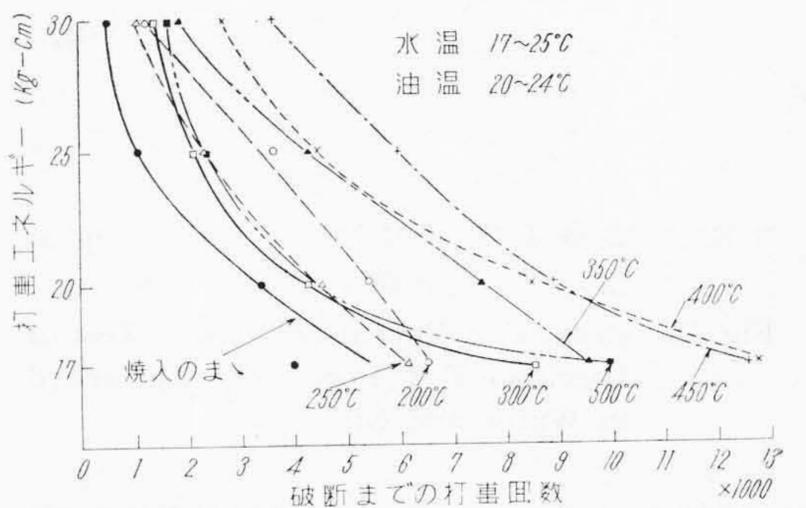
いての結果を示す。これらからわかるように油焼入れの場合打撃エネルギー 25 kg-cm 以下に於て含 B 鋼が無 B 鋼より遙かに打撃強度が大であり特に焼戻温度が低く、従つて硬さが高い場合に特に顕著である。

次に第 30 図及び第 31 図 (次頁参照) は水と油の二段焼入れ後各温度で焼戻した試料 F-1 (無 B 鋼) に就いて得



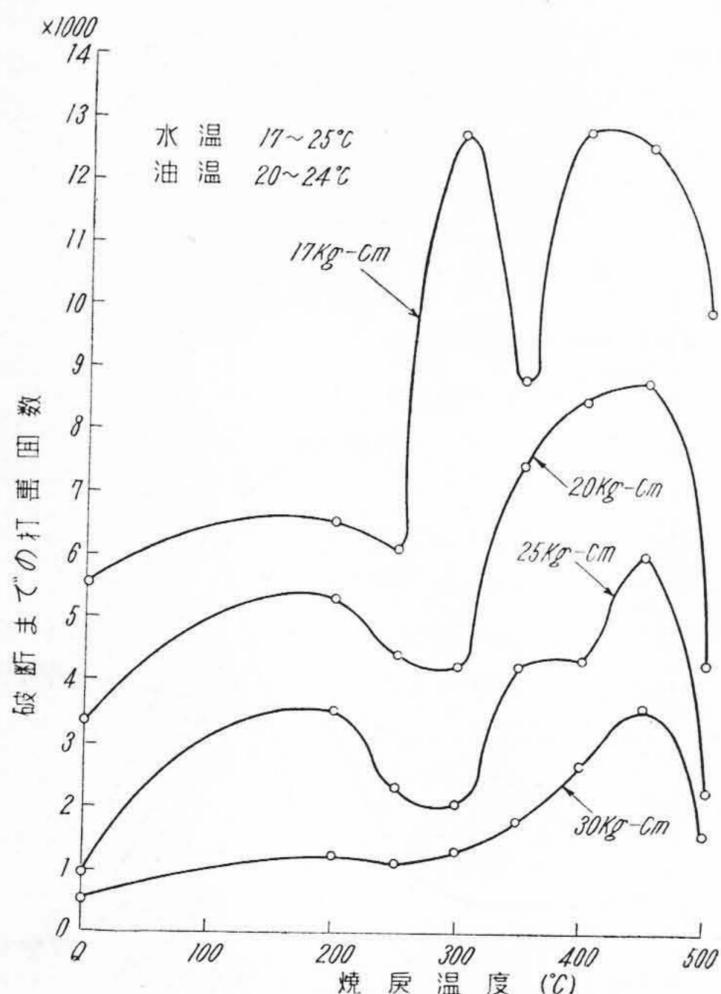
第 29 図 試料 E-1 及び E-2 の繰返し打撃試験結果 (油焼入れ)

Fig. 29. Results of Repeating Impact Test of Specimen E-1 and E-2 (Quenched in Oil)



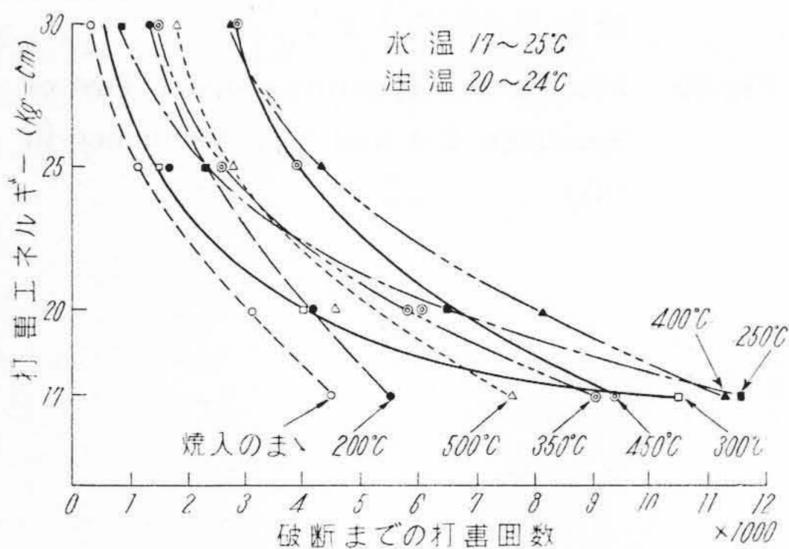
第 30 図 試料 F-1 (炭素鋼) の繰返し打撃試験結果 (水と油の二段焼入れ)

Fig. 30. Results of Repeating Impact Test of Specimen F-1 (Carbon Steel Quenched in Water and Oil)



第 31 図 試料 F-1 (炭素鋼) の繰返し打撃試験結果 (水と油の二段焼入れ)

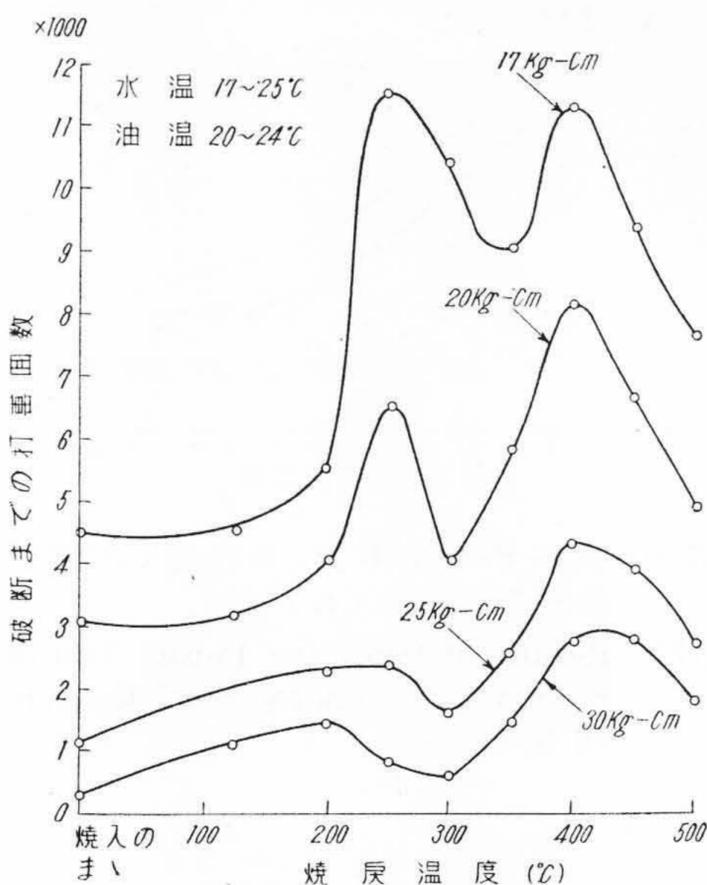
Fig. 31. Results of Repeating Impact Test of Specimen F-1 (Carbon Steel Quenched in Water and Oil)



第 32 図 試料 F-2 (含 B 鋼) の繰返し打撃試験結果 (水と油の二段焼入れ)

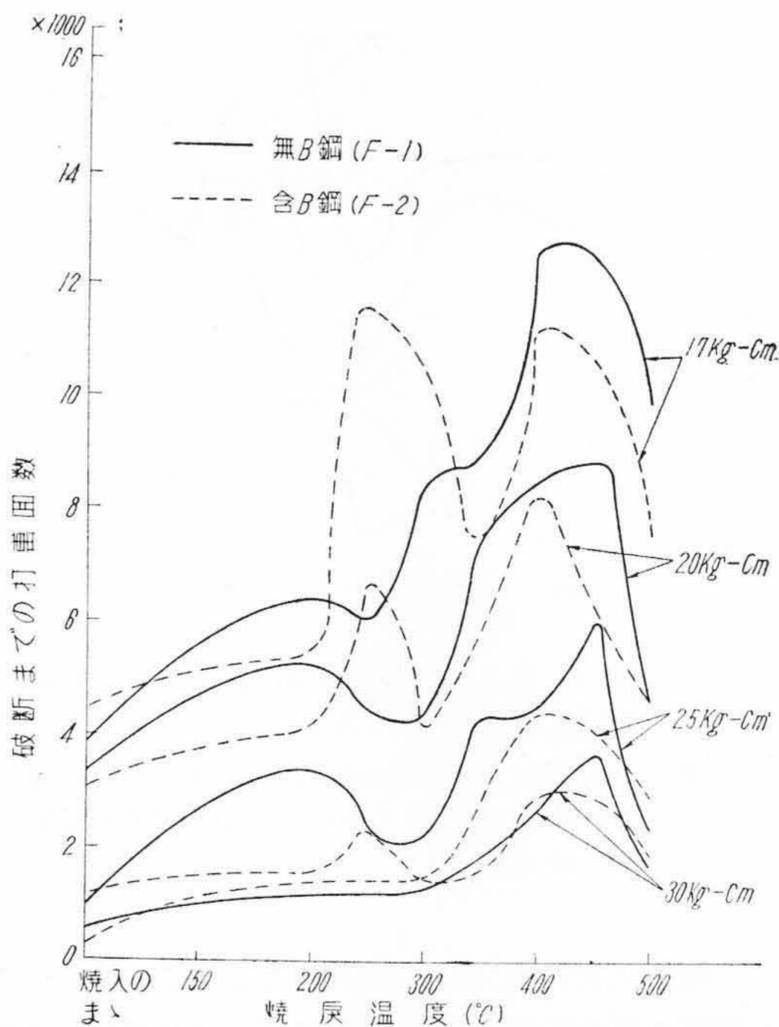
Fig. 32. Results of Repeating Impact Test of Specimen F-2 (Boron Steel Quenched in Water and Oil)

られた結果である。これによると曲線は焼戻温度 250~350°C の範囲で谷を、400~450°C で山を示している。谷を示す温度は打撃エネルギーが増すに従い低い焼戻温度側に移行し、又山が現われる温度は油焼入れの場合より高い焼戻温度側に移行していることがわかる。第 32 図及び第 33 図は試料 F-2 (含 B 鋼) に就いて得られた結果で



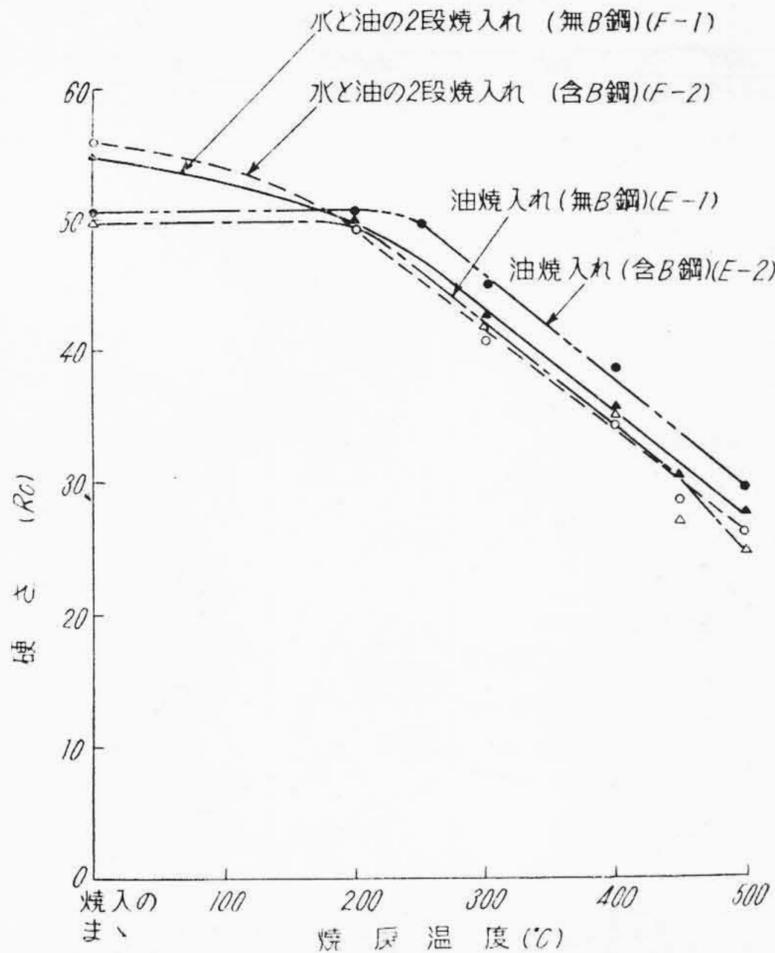
第 33 図 試料 F-2 (含 B 鋼) の繰返し打撃試験結果 (水と油の二段焼入れ)

Fig. 33. Results of Repeating Impact Test of Specimen F-2 (Boron Steel Quenched in Water and Oil)



第 34 図 試料 F-1 及び F-2 の繰返し打撃試験結果 (水と油の二段焼入れ)

Fig. 34. Results of Repeating Impact Test of Specimen F-1 and F-2 (Quenched in Water and Oil)



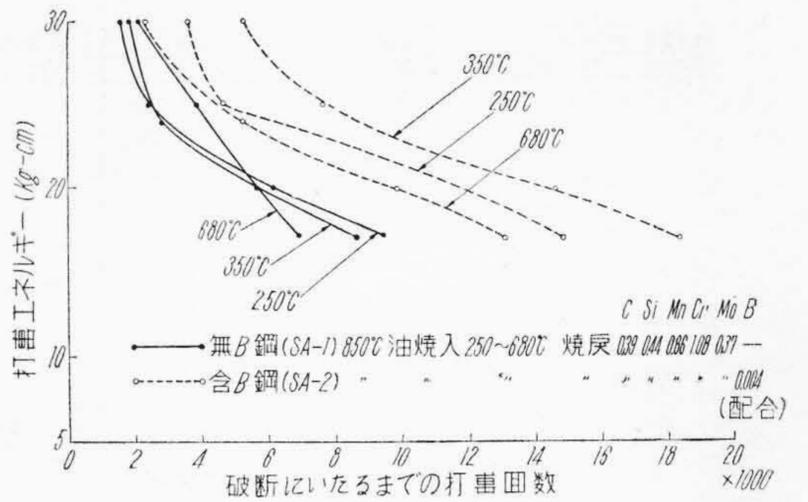
第 35 図 各試料の繰返し打撃試験後の硬さ (Rc) と焼戻し温度との関係

Fig. 35. Relation between Hardness (Rc) and Tempering Temperature of Each Specimen after Repeating Impact Test

ある。これによれば打撃エネルギー 17 kg-cm 及び 25 kg-cm の場合曲線は 250°C と 400°C 焼戻にそれぞれ山を示すが、これ以上より高い打撃エネルギーでは山は 400°C 焼戻温度のみに、又谷は 300~350°C で現われ、打撃エネルギーの減少とともに谷は焼戻温度の高い方にずれていることがわかる。

以上の結果をまとめると第34図のようである。図中実線は無B鋼、点線は含B鋼に就いての結果を示す。これによると打撃エネルギー 17 及び 20 kg-cm に於て 250°C 焼戻を除き無B鋼が含B鋼より打撃強度がすぐれており、試料E群の油焼入れの場合ほど打撃強度に及ぼすBの影響は顕著でない。

第35図は試料E及びF群に就いて打撃試験後破断部中心の硬さ (Rc) を測定して焼戻温度と硬さとの関係を図示したものである。これによると含B鋼の硬さが僅かに高く、特に水焼入れ後 200°C 以下で焼戻されたものは硬さが高いことがわかる。第36図は油焼入れされた試料 SA-1 及び SA-2 に就いての同様の結果である。これからわかるように各焼戻温度に於て含B鋼が無B鋼より遙かに優秀な打撃強度を示し、特に焼戻温度 350°C で倍以上の強度を有している。かように特殊鋼の場合にBが鋼の打撃強度を顕著に改善することが知られる。



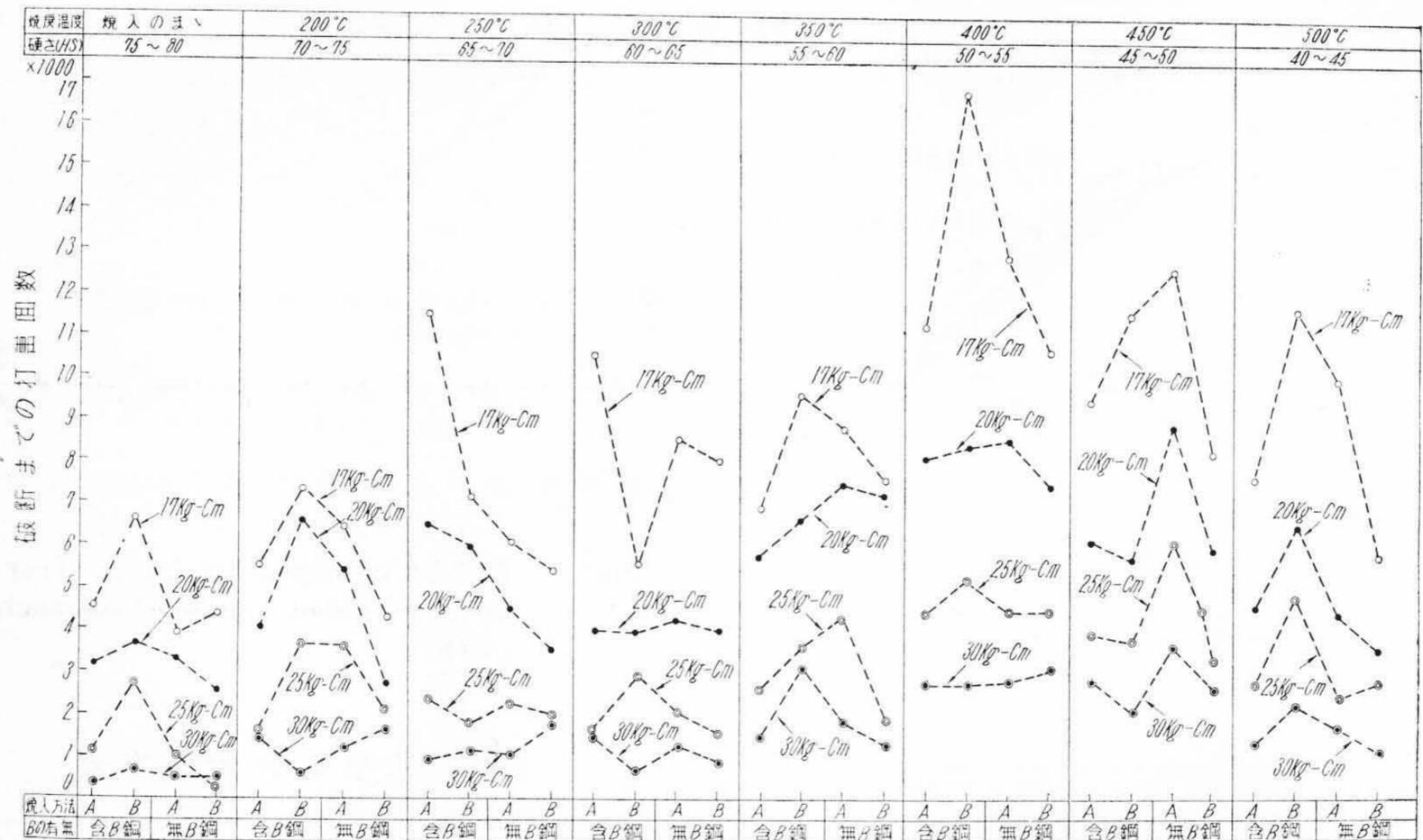
第 36 図 試料 SA-1 及び SA-2 の繰返し打撃試験結果 (油焼入れ)

Fig. 36. Results of Repeating Impact Test on Specimen SA-1 and SA-2 (Quenched in Oil)

#### 〔IV〕 結果に対する考察

Bの変態点に及ぼす影響に就いては前報<sup>(9)</sup>で報告したが、第2表からもわかるようにBは鋼の変態生起温度を僅かに高める。第3図~第6図の焼入れ及び焼戻温度と硬さとの関係から含B鋼が無B鋼に比べて焼入れ及び焼戻し硬さが概して高い。この傾向は焼入れ温度又は焼戻温度が低い場合特に明瞭である。次に第20図のジョミニ試験結果によるとBは硬化深度並びに焼入れ性をますことが知られる。第9図及び第10図の恒温変態図及び第7図、第8図及び第14図~第17図の組織等から微量Bが変態に際しフェライト及びパーライト開始線を長時間側に移行させる。即ちBが  $\gamma \rightarrow \alpha$  変態に際しフェライト及びパーライトの核発生を抑制する作用があることを示すものであろう。次に第13図の恒温変態保持時間に伴う長さの変化から判るようにB添加により  $A_{r1}$  変態温度以下に於ける変態開始時間は僅かにおくれるが、終止時間は早められる傾向がある。この原因は次のように考えられる。即ち含B鋼は無B鋼よりも過冷され易いため、変態開始時間はおくれるが、変態が生起するとその後の変態は急速に進行するためであろう。

機械的性質 (第21図及び第22図) では含B鋼は無B鋼より引張及び降伏点が僅かに高く、伸及び絞りは逆に少い。一方衝撃値では含B鋼の方が高いが、これは焼入れ組織の如何が焼戻後の組織に影響するものと首肯される。焼入れ方法及び焼戻方法と打撃強度との関係 (第25図~第34図) によると打撃エネルギー 25 kg-cm 以下の場合油焼入れでは含B鋼が無B鋼より打撃強度が遙かにすぐれているが、30 kg-cm になると両者の優劣は殆どない。水と油の二段焼入れでは、一般に無B鋼が含B鋼より打撃強度がすぐれ、打撃エネルギー 20 kg-cm 以下で



第 37 図 試料 E-1, E-2, F-1 及び F-2 の繰返し打撃強度に及ぼす焼入れ方法の影響  
(A: 水と油の二段焼入れ B: 油焼入れ)

Fig. 37. Effect of Quenching Method on Repeating Impact Strength  
(A: Quenched in Water and Oil B: Quenched in Oil)

250°C 焼戻の場合含 B 鋼の方が勝れている。又図の各曲線には凹凸があり、打撃エネルギー如何によらず 400~450°C 焼戻 (Hs 45~50) で打撃回数が最大に達する。第 37 図は焼入れ方法を変えた場合の含 B 鋼と無 B 鋼との打撃強度を焼戻温度別に示すものである。図中 A は水と油の二段焼入れ、B は油焼入れを示す。これによると含 B 鋼の場合焼入れのまゝ、焼戻温度 200°C 及び 350~500°C に於て各曲線が左から右に上昇している。これは油焼入れの方が水と油の二段焼入れに比べ打撃強度がすぐれていることを明瞭に示す。これに反し無 B 鋼では各焼戻温度に於て曲線が左から右方に降下し、従つて水と油の二段焼入れしたものが油焼入れより耐打撃強度性を向上させることがわかる。

〔V〕 結 言

以上 C 0.38~0.68% の炭素鋼の恒温変態図並びに機械的性質、焼入れ性、打撃強度に就いて炭素鋼の他低炭素鋼 Cr-Mn-Mo に就いて B の影響を究明した。これらの結果を要約すると下記の如くである。

- (1) B がフェライト及びパーライトの核発生を抑制するため鋼の変態速度をおくらせ鋼の焼入れ性を増大する。

- (2) B は鋼の引張強さ及び衝撃値を僅かに改善し、特に低炭素鋼に於て著しい。
- (3) 打撃強度の向上には含 B 鋼に対しては油焼入れが、又無 B 鋼に対しては水と油の二段焼入れがよい。
- (4) 含 B 鋼は最適の熱処理が行われた場合無 B 鋼より打撃強度が大である。
- (5) B 添加の効果は中炭素鋼より低炭素鋼に於て顕著で耐久度を著しく向上する。

なお耐摩耗性及び疲労強度に及ぼす B の影響に就いては今後補足される予定である。

終りに臨み種々有益な御指導を賜つた村上先生並びに日立製作所日立研究所兼先所長の方々に敬意を表わすとともに実験に熱心に従事された赤津康之、柴田親昌両君に深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) R.A. Grange and T.M. Garvey: Trans, A.S.M. Vol. 37 (1946), p. 136-191
- (2) R.A. Grange, W.B. Seens, W.S. Holt and T.M. Garvey: Trans, A.S.M. Vol. 42 (1950), p. 75
- (3) G.D. Rahrer: Metal Progrese, Vol. 64 (1954), p. 85

- (4) Boron Steel: Amer. Socie. for Metals, 1953  
 (5) 今井,今井: 日本金属学会誌 B-15 (1951), p. 44  
 (6) 河合,井上,小川: 鉄と鋼 Vol. 39, No. 6 (1953), p. 602  
 (7) 河合,井上,小川: 鉄と鋼 Vol. 39, No. 7 (1953), p. 716  
 (8) 今井: ボロン鋼研究懇談会報告, (1953)  
 (9) 小野,根本: 日立評論 Vol. 35, No. 11 (1953), p. 103  
 (10) 小野,根本: 日本金属学会分科会報告, (1951)  
 (11) 新持: 鉄と鋼 Vol. 35, (1949), p. 29



日立製作所社員社外講演一覽表 (昭和28年10月分受付)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
11/1	全日本産業安全連合会	災害ポテンシャルの究明に就いて	亀戸工場	寺 下 信
10/7	計 量 管 理 協 会	空気作動式調節計の二三の研究	多賀工場	北 川 栄
10/20	日 本 機 械 学 会	ニューマチックコンベア	川崎工場	大 貫 重 信
10/21	関東甲信越静岡労働衛生協会連合会	疾病ユストの調査要領に就いて	戸塚工場	鶴 卷 又 三 郎
10/14	日 本 能 率 協 会	作業改善の仕方と治工具管理	亀有工場	多 田 新 二
10/14	東京商工会議所産業機械協会	起重機用電気設備に就いて	亀有工場	原 政 次
3/	日 本 機 械 学 会	フレームアレスターの防爆機構に関する研究	笠戸工場	桑 江 和 夫 渡 辺 寛 雄
10/17	会津鋸工業組合 外三共催	双 物 鋼 の 熟 処 理	冶金研究所	小 柴 定 雄
10/31	応 用 物 理 学 会	質量分析計によるガス分析	中央研究所	神 原 豊 三
11/19	日 本 機 械 学 会	標準時間の管理と決め方	多賀工場	真 鍋 典 男
10/7	生産技術協会鋳物部会	銑 鑄 鉄 中 の ガ ス 分 析 法 の 比 較	中央研究所	北 川 公
11/12	工業技術院 東京通商産業局	ベーターatronとその応用	中央研究所	神 原 豊 三
11/20	日 本 能 率 協 会	我が工場の原価引下方策	亀戸工場	高 橋 常 生
11/1	藤井寛教授退官記念	キ ュ ポ ラ 脱 湿 送 風	日立工場	池 田 滋
10/13	東京商工会議所	起重機の構造に就いて	亀有工場	赤 木 進
12/5	日 本 化 学 会	可塑剤としての珪酸エステルに就いて	中央研究所	高 谷 通
11/27	日本科学技術連盟	図面公差に於ける経済的ねらいの一考察	亀戸工場	猪 瀬 実
11/27	日本ゴム協会	珪素ゴムの二三の性質に就いて	日立研究所	中 牟 田 昌 治
12/14~17	電気学会東京支部	磁 気 増 幅 器 の 応 用	日立工場	泉 千 吉 郎
11/21~23	山口県立博物館	点熔接に於ける二段タイマーの効果	笠戸工場	俵 洋
11/21~23	山口県立博物館	ワイリソン自動連結器の特性の研究	笠戸工場	稲 月 乾
11/21~23	山口県立博物館	X 線 撮 影 の 透 過 に 就 いて	笠戸工場	小 山 田 易

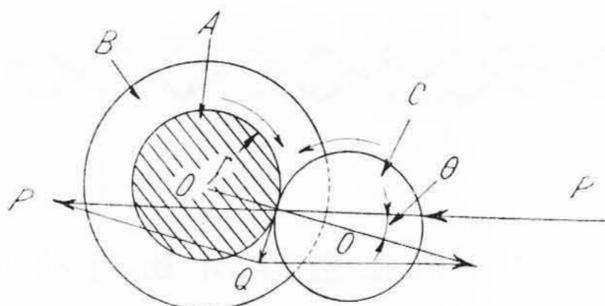
特許 第 200024 号

山 田 勇 飛

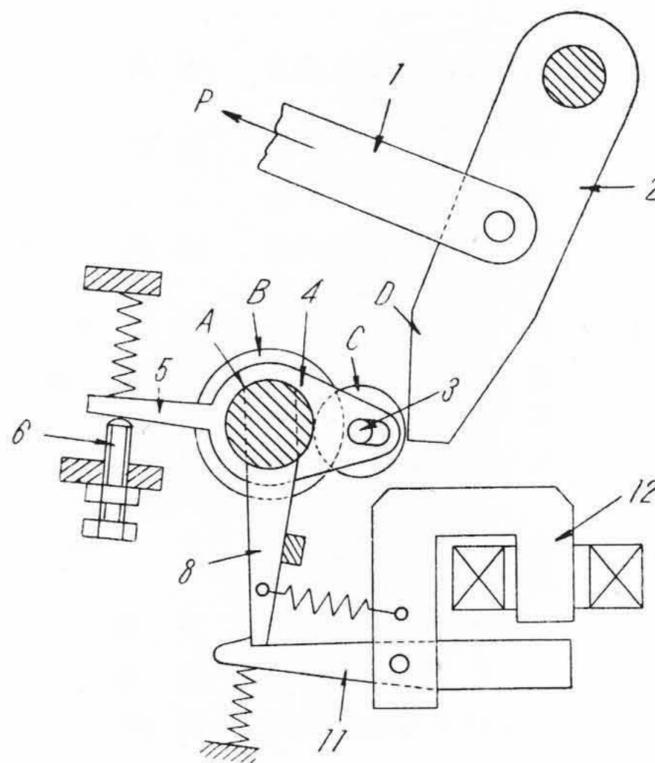
電路遮断器の高速引外装置

この発明は、遮断時間 0.05sec 以下の高速度電路遮断器に適用する引外装置に関するものである。第 1 図は発明の原理を示すもので、 $A$  はスピンドル、 $r$  はその半径、 $B$  はスピンドルの両端を支持する軸受、 $C$  は遊星転子である。遊星転子  $C$  に  $P$  方向の外力を加えると、外力方向と  $A, C$  の各中心を結ぶ  $O-O$  線との交る角度  $\theta$  が十分小さい場合は、外力  $P$  と転子  $C$  及びスピンドル  $A$  と転子  $C$  との滑り摩擦係数は、転がり摩擦係数に較べて著しく大きいので、転子  $C$  はこの装置の関連から飛び出すことなく、スピンドル  $A$  は  $Qr$  なる回転力を受ける。 $Qr$  は  $rP \sin \theta$  に等しい。軸受  $B$  として摩擦係数  $\mu$  の著しく小さいもの、例えばボールベアリングを用いれば、スピンドル  $A$  の摩擦による回転抵抗力  $Pr\mu \cos \theta$  は  $Qr$  に較べて著しく小さくなり、スピンドル  $A$  は回転力  $Qr$  に略等しい力により回転傾向を与えられる。それ故に  $\sin \theta$  はこの装置の関連が全く転がり摩擦のみにより成立つため、その値を極度に小さく  $1/20 \sim 1/100$  にすること可能である。若しスピンドル  $A$  を何等かの方法により固定すれば、スピンドル  $A$  及び遊星転子  $C$  の矢印方向転がりを抑止して外力  $P$  に対向して静止することができる。

第 2 図は発明の実施例を示すもので、前記原理を利用したものである。即ちスピンドル  $A$  の回転傾向をフック 8 を引外電磁石 12 のフック 11 で抑止し、遊星転子  $C$  に遮断器閉合鎖錠レバー 2 の  $D$  面を対向させ、リンク 1 に作用する遮断器の開放方向勢力  $P$  を前記  $C, D$  の掛合いにより抑止するようにしたものである。引外電磁石 12 が動作しフック 11 を吸引して、フック 8 との掛合いを外すと、スピンドル  $A$  は前記回転力  $Qr$  により回転され、遊星転子  $C$  は遊星運動を開始し、鎖錠レバー 2 の鎖錠を釈放し遮断器の開路動作を行わせるものである。なお前記角度  $\theta$  は調整ネジ 6 により、クランク 4 のレバー 5 を上下方向に加減して行うことができる。この発明になる引外装置は大なる摩擦を生ずる部分がなく、主要部は軽微な転がり摩擦であるため、一段落し率を  $1/20 \sim 1/100$  の高率にすることができる。高率の一段落し装置は一般に



第 1 図



第 2 図

その動作が不安定となる傾向を免れないものであるが、この発明によれば引外しスピンドル  $A$  は軸受  $B$  に安定に支持されるためこの傾向を全然持つていないから、極めて安定度の高い優秀な一段落し高速度引外装置が得られる。

この発明の引外装置を 278 kV 碍子型遮断器に適用した実験結果によれば、スピンドル  $A$  の回転開始から、鎖錠レバー 2 の始動までの時間は 0.003sec, 引外電磁石の励磁より鎖錠レバー 2 の始動までの時間は 0.0075sec であり、各動作に於ける時間差は  $\pm 2\%$  という好成績を収めることができた。

(滑 川)