

1250°C は抗張力極めて少く伸縮を増大し鋼種別にも差異少くなり抗張力は 800°C で 5~10 kg/mm² 程度, 1250°C で 0.3~2 kg/mm² 程度となり, 壓延, 鍛造に適した温度範囲である. 低炭素質のものは 900°C 前後に抗張力を少量増加し伸縮を減少するも高温に於ける抗張力の小なる時に起る現象で鑄造鋼塊の壓延等は多少の注意を必要とするも鍛鍊した鋼片等は決して問題でない.

(2) T珪素鋼は 900~1150°C に伸縮の少く注意を要するも 850°C 前後に於ける伸は極めて大である.

(3) B珪素鋼は T珪素鋼に類似するも 1000°C 前後に於ける伸縮は稍々劣る.

(4) 不銹鋼は高温に於ける伸縮が大であるが常温~500°C の低温にても大である.

(5) イ. 234 は伸縮少く 800°C~1000°C に於ける抗張力も他鋼種の 2 倍近く 1000°C~1150°C では小龜裂を生じ 13 種中最も鍛鍊困難である, (昭. 24. 8 寄稿)

附録 Hatfield の最高加熱温度

鋼種	最高鍛鍊温度	燃焼温度
C1.5%	1050°C	1140°C
C1.1%	1080	1180
C0.9%	1120	1220
C0.7%	1180	1280
C0.5%	1250	1350
C0.4%	1271	—
C0.3%	1293	—
C0.2%	1320	1470
C0.1%	1350	1470
Si-Mn 發條	1250	1490
3% Ni 鋼	1250	1350
3% Ni-Cr 鋼	1250	1370
Ni-Cr 自硬鋼	1250	1370
5% Ni 鋼	1270	1370
Cr-V 鋼	1250	—
高速度鋼	1300	1380
不銹鋼	1280	1380
Cr-Ni 耐熱鋼	1300	1420

W. H. Hatfield: Trans of A. S. S. T. (1929) 817.

型用鋼に關する研究

(昭和 24 年 4 月本會講演大會講演)

阿部 富美夫*・齋藤 利生*

STUDY ON DIE BLOCK STEEL

Fumio Abe and Toshio Saito

Synopsis:—

There are certain fundamental properties in die blocks which should be found in every one of them. They appear to be as follows:

1. High value both of strength and toughness at room and higher temperature.
2. High wear resistance for use.
3. Mass-effect at any mass should possibly be least in heat treatment.
4. Machinability should be good after heat treatment.

The results of tests and comparative studies of above qualifications on five kinds of steels, namely two kinds of Ni-Cr-Mo steel and each one kinds of Cr-Mo steel, Cr-Mn and Cr-V steel are hereby reported.

After all, Ni-Cr-Mo steel turned out to be the best among all to answer above requirements.

(I) 緒 言

鍛造用型鋼は型鍛造に依る多量生産の發展に伴い材質的に優秀な製品を要望せられてゐる. 現在では米國 Heppenstall 會社及 Finkl 會社の製品が使用上最も優

秀であると云はれてゐる¹⁾が之等型鋼の材質に關する詳細な實驗値は未だ發表せられてゐない.

型用鋼として具備すべき條件は種々擧げられてゐる²⁾が之等を綜合して現在使はれてゐる調質後型彫する型鋼

* 日本製鋼所室蘭製作所研究部

に適用すると次の項目がその主要な點となる。

1. 常溫及高溫に於ける機械的性質良好なること。
2. 使用間に於ける型の磨耗少ないこと。
3. 焼入性良好なこと。
4. 調質後の被削性良好なこと。

最近型用鋼に關する實驗室的な研究結果も二三發表せられてゐる^{3,4)}がその成分は區々であり或ひは又型彫後調質する型鋼を對稱として居り現在の要求と一致してゐない様である。

著者等の工場に於ても Heppenstall と大體同成分の Ni-Cr-Mo 鋼製型鋼を製造してゐるが之の性能を確め且つ之に匹敵する適當な代用鋼を求める目的で當社製品と同成分の Ni-Cr-Mo 鋼及び成分の異なる Ni-Cr-Mo 鋼、之等の代用鋼として Cr-Mo 鋼, Cr-Mn 鋼, Cr-V 鋼の五種を選び前記條件に應ずる種々の適性試験を行ひ比較検討することにした。

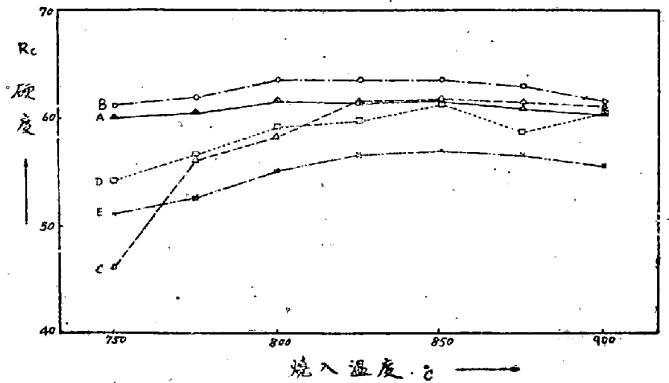
(II) 試料

實驗に用いた試料は高周波電氣爐にて 50kg 鋼塊を熔製し種々の寸法に鍛造した。試験材の成分は第一表の如くである。A は當社の製品と同成分で Heppenstall や Finkl の製品も大體同じである。此の成分の Ni-Cr-Mo 鋼が型鋼として優秀であると云はれてゐるが之を確める爲 Ni, Cr 含量の異なる材料 B を造つて比較し、又代用鋼として C, D, E の三種類を選んで各々に付き適性を比較した。

(III) 常溫に於ける機械的性質

(1) 焼入溫度に依る硬度の變化

先づ各試料の適當な焼入溫度を定める爲 750~900°C の範圍に試験片を保持後油冷し硬度變化を調べた。その結果は第 1 圖の如くで焼入最高硬度は B が最も高く A, C は同程度で E が最も低い。之の結果から B は焼入溫度を 830°C, 他は 850°C と定めた。



第 1 圖 焼入溫度と硬度との關係

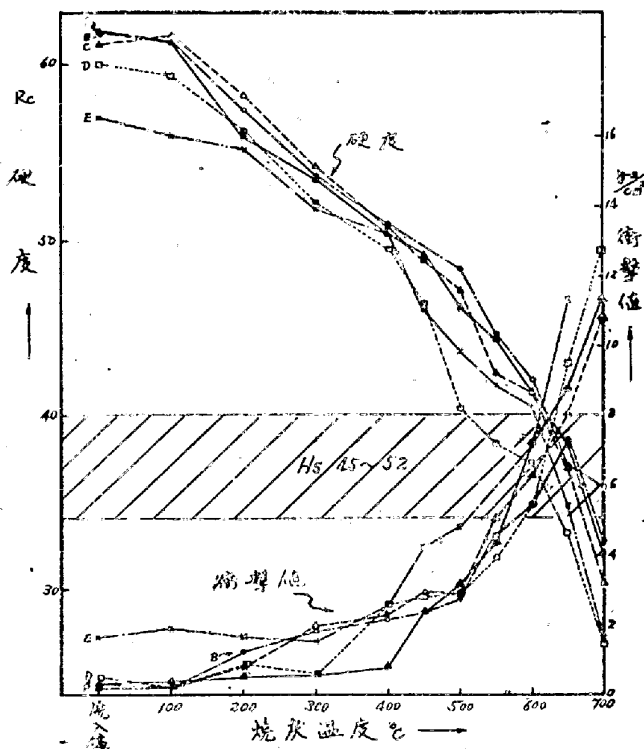
(2) 焼戻に依る硬度及衝擊値の變化

シャルピー試験片を前記溫度から油焼入後各溫度に 1h 焼戻油冷して硬度及衝擊値の變化を調べた。その結果は第 2 圖の如くである。圖に依れば Mo を含む A, B, C 共に軟化に對する抵抗が強く V を含む E も又溫度の高い部分では抵抗が強くなつてゐる。D は最も軟化抵抗が弱く 400°C 以上で急激に軟化する。

調質型鋼の硬度規格はジョアーで 45~52 と定められて居るから之をロックウェルに換算して Rc 34~40 に該當する焼戻溫度を選び第 1 表の如く各試料の熱處理を定めた。後述する各試験に於ては試料の硬度を Rc 34~40 に一定して行つてゐるが之はすべて第 1 表の如く熱處理を施したものである。

第 1 表 型用鋼 試験材 成分

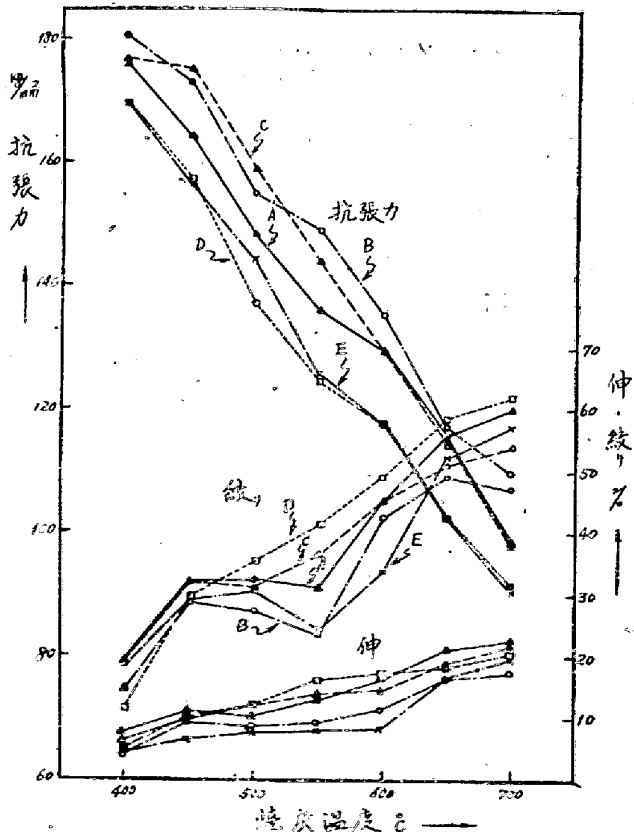
符號	材質	成分									熱處理
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	
A	Ni-Cr-Mo	·52	·20	·50	·024	·028	1·40	·80	·25	—	850°C 油焼入 630°C 焼戻油冷
B	Ni-Cr-Mo	·57	·24	·55	·013	·024	2·54	1·33	·38	—	830°C 油焼入 650°C 焼戻油冷
C	Cr-Mo	·52	·30	·50	·013	0·27	—	1·34	·34	—	850°C 油焼入 650°C 焼戻油冷
D	Cr-Mn	·50	·20	1·06	·014	·030	—	1·40	—	—	850°C 油焼入 600°C 焼戻油冷
E	Cr-V	·50	·20	·52	·023	·030	—	1·44	—	·35	850°C 油焼入 630°C 焼戻油冷



第2圖 焼戻に依る硬度と衝撃値の變化

衝撃値の變化ではAは400°C, B, Cは500°C, Dは300及500°C, Eは300°Cに夫々脆性が見られるが第1表の焼戻温度は何れも此等の脆性範囲は外れてゐる。

(3) 焼戻に依る抗張諸元の變化



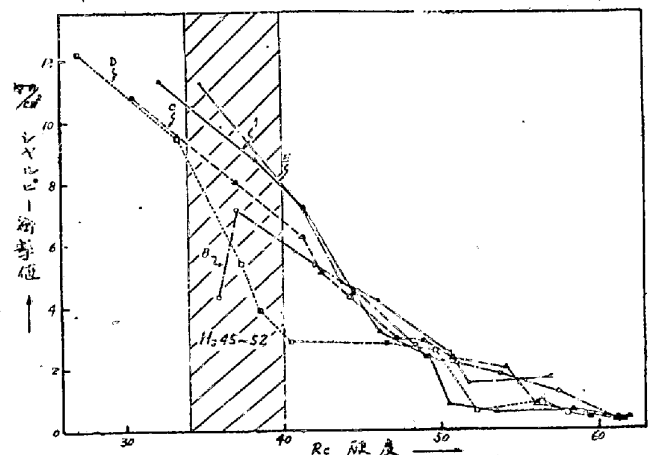
第3圖 抗張試験結果

7mm 抗張試験片を油焼入後各温度に1h 焼戻油冷して焼戻に依る抗張諸元の變化を調べた。その結果は第3圖の如くである。400°C以下では試験片は皆頭部から剝離して眞値を得なかつた。

抗張力の變化は硬度と同様でMoを含むA, B, Cが焼戻抵抗は強い。又絞りにA, B, Eに550°C, Cは500°Cに脆性が現はれてゐるが之も第1表の焼戻温度には何れも該當しない。

(4) 常温に於ける靱性

第2圖硬度及衝撃値の測定結果から硬度と衝撃値との關係を求めると第4圖の如くなる。型鋼の硬度範囲に於て靱性を比較するとE, A, C, Bの順序でDは著るしく靱性の劣つてゐる事が明瞭である。



第4圖 硬度と衝撃値との關係

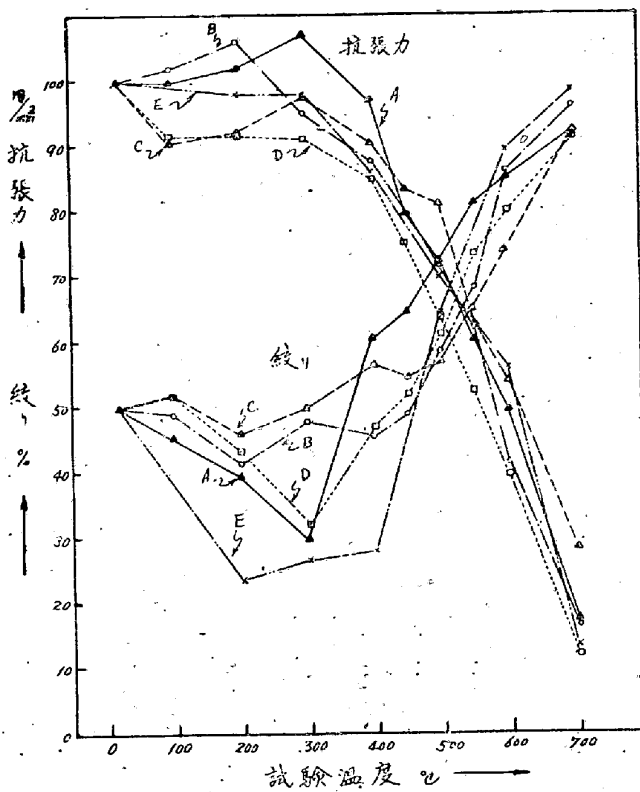
(IV) 高温に於ける機械的性質

型用鋼は高温にて使用するものであり且つ使用時に加ふる應力は一時的で永続的なものではないから高温強度と耐摩耗性が問題となる。

(1) 高温抗張試験

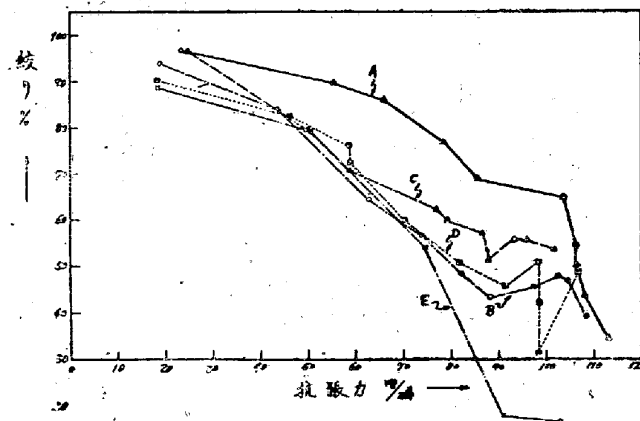
第1表の熱処理を行つた調質試験片を常温~700°Cの範囲に一時間保持後引張破断した。試験結果は第5圖の如くである。但し第5圖では常温に於ける抗張力を100 kg/mm², 絞を50%として現はした。

試験結果に依れば耐熱性はA, C, E等がよくDは特に悪い。絞の變化から判る様にAは300°Cに青熱脆性が現はれ400°Cに於て著るしく粘性を増加し450°C附近で第二次脆性の傾向を示す。B, Cは200°Cに脆性を生じ300°Cでは粘性を増加し450°C附近から第二次脆性が現はれ550°C附近で恢復する。DはAと殆んど同形であるが粘性恢復後の絞の値が小さい。Eは200°Cから脆性を生じ400°C迄此の状態を持續し400°C以上になると急激な粘性増加をする。



第5圖 高温抗張試験結果

高温抗張試験の結果から抗張力と絞りとの関係を調べると第6圖の如くである。圖に依ればAは他と比較して著るしく上位にあり高温に於いて強度、靱性共に優れてゐることが明らかである。Aに次いでCがよくEは最も劣つてゐる。



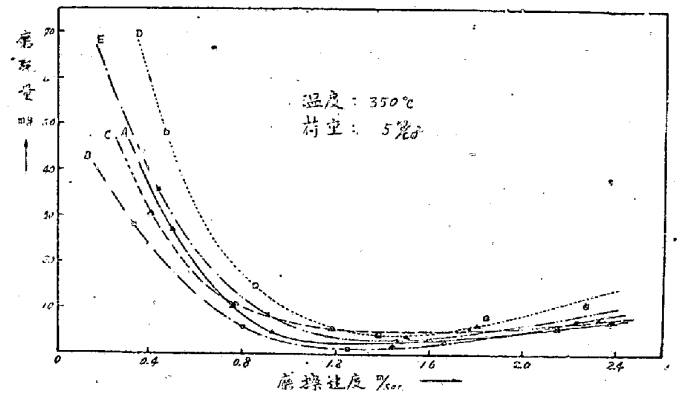
第6圖 抗張力と絞りとの関係

(2) 高温磨耗試験

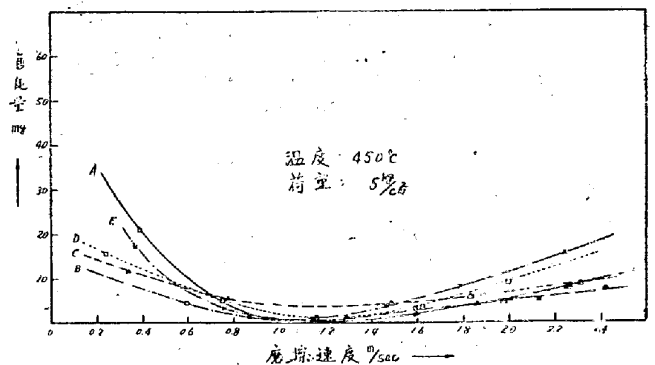
高温磨耗は津上式磨耗試験機を用ひて試験した。なるべく實際と条件を同じくする爲に回転側には調質した試験片、静止側にはC量0.48%の炭素鋼を焼鈍して Rc 12(Hs 29)とした試験片を宛てた。荷重は5 kg/cm²とし速度を0.2~2.4 m/sの範囲に變化して1h當りの磨耗量を測定した。試験片は回転軸共電氣爐で圍み熱電對

を試験片に接觸せしめ試験温度に20分保持後熱電對を外して回転せしめた。温度は使用状態に鑑み350°C及450°Cの二温度を選んだ。初期磨耗は含めて測定したが試験前の磨耗面の状態は常に一定して行つた。

試験結果は第7圖其の一、其の二の如くである。實際の型鍛造作業を考へれば磨擦速度の遅い範囲は問題とならないから速度の大なる範囲について試験結果を考察すると350°C、450°C共Moを含むA、B、CはD、Eに比べて磨耗量少なくよい結果を示してゐる。



第7圖其の一 耐温磨耗試験結果



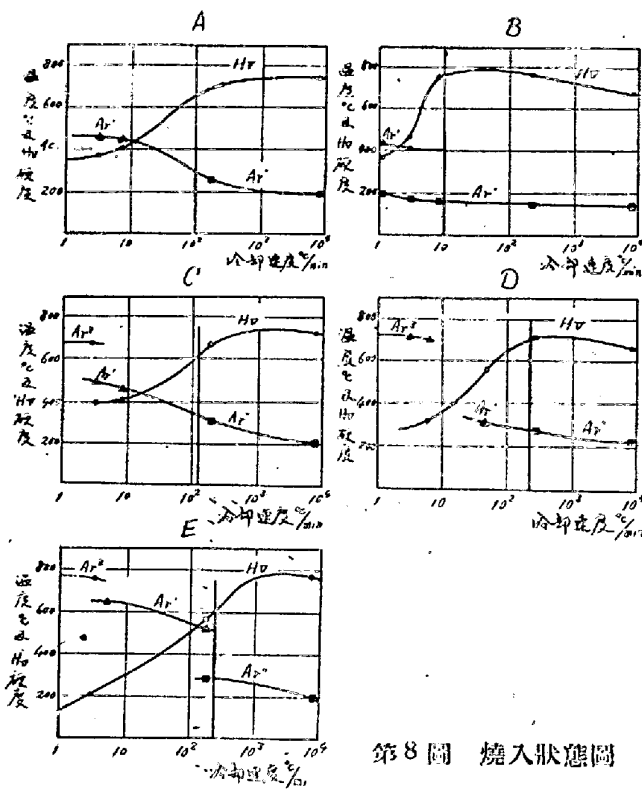
第7圖其の二 高温磨耗試験結果

(V) 焼入性試験

型用鋼は内部迄硬度が均一で然も低下が少ないもの程何度も型を彫り直して使用することが出来る。従つて焼入性は型鋼に對しては最も重要な性質と云ふことが出来る。本實驗に於ては焼入性は主として焼入状態圖から臨界冷却速度を測定して判定し補足的に焼入試験を行つてみた。

(1) 焼入状態圖

佐藤式自記焼入試験機を用ひ徑5mmの試料を種々の冷却速度で冷却して變態點を測定しその結果から各試料につき焼入状態圖を造つた。第8圖に状態圖を示した。試料は冷却後硬度と顯微鏡組織を検し之等の結果から各試料の臨界冷却速度を求めて焼入性を比較した。A

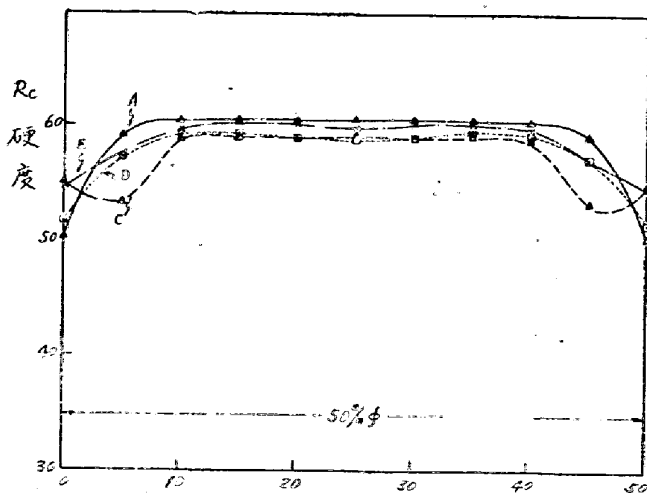


第8圖 焼入状態圖

では Ar'_1 と Ar''_1 とは連つて居り Ar'_1 は $0.5^\circ\text{C}/\text{min}$ で現はれてゐる。B, Eは變態は三段に出てゐるがC, DはAと同じく Ar'_1, Ar''_1 は續いてゐる。各試料の臨界冷却速度を判定すると次の如くなる。

材 番	臨 界 冷 却 速 度
A	100°C/min
B	10
C	120
D	150
E	200

焼入性はBが最もよいが斯の如く臨界冷却速度が小さいのでは焼割の可能性が大きくなつて危険である。A,



第9圖 焼入試験結果

Cは大體同程度に焼入性はよくEが最も悪くなつてゐるが之はVの含有量が若干多い爲と思はれる。

(2) 焼入試験

以上の焼入状態圖に依る焼入性の比較を更に確める目的で徑 50mm の丸棒を油焼入しグラインダーで中央から切斷して斷面の硬度分布を測定した。測定結果は第9圖の如くである。Bは試料不足の爲以下の試験からは除外した。

圖に依ればA, Cは中心部迄硬度の低下は全然ないがD, Eには若干凹みが見られて居り臨界冷却速度に依る焼入性の判定の正しいことが判る。

(VI) 繰返加熱試験

型鍛造に際しては彫型部及びその附近は加熱冷却を繰返して受けるから各試料が繰返加熱に依り如何に變化するかを確めることにした。試料は徑 20mm, 長さ 40mm の丸棒を第1表の調質を行ひ硬度を描えた後エメリー紙で磨いて同程度に仕上げ磁製坩堝に入れて電気抵抗爐で 450°C 及 550°C に 1h 保持後空冷を 30 回繰返して前後の硬度變化, 酸化増量及形狀變化を測定した。

(1) 硬度變化

硬度測定結果は第2表の如くである。 550°C でCの軟化が若干多い様であるが何れも大差はない。

第2表 繰返加熱に依る硬度變化 (Rc)

	450°C × 1h AC 30回	550°C × 1h AC 30回
A	+ 1.7	+ 0.5
B	+ 0.5	- 0.4
C	+ 0.6	- 3.1
D	+ 0.6	- 0.4
E	+ 0.3	+ 0.2

(2) 酸化試験

試料の酸化程度は第3表の如くである。各試料共大差はないが 550°C でEが他より稍多くなつてゐる。

第3表 繰返加熱に依る酸化増量

	450°C × 1h AC 30回	550°C × 1h AC 30回
A	0.607mg/cm ²	1.624mg/cm ²
C	0.492	2.021
D	0.524	1.822
E	0.564	2.624

(3) 形狀變化

試料は加熱前後の徑及長さを Zeiss 萬能測定器で精確に測定して容積の増減を%で現はした。測定結果は第4表の如くである。容積變形率は 450°C ではDのみが收縮し又Eが大きな變形をしてゐる。 550°C では何れも膨

第4表 繰返加熱に依る形状變化

	450°C×1h AC 30回			550°C×1h AC 30回		
	徑變化(mm)	長さ變化(mm)	容積變形率(%)	徑變化(mm)	長さ變化(mm)	容積變形率(%)
A	+ 0.004	+ 0.009	+ 0.062	+ 0.011	+ 0.020	+ 0.175
C	+ 0.004	- 0.004	+ 0.034	+ 0.012	+ 0.020	+ 0.190
D	+ 0.005	- 0.041	- 0.045	+ 0.017	+ 0.019	+ 0.239
E	+ 0.017	+ 0.006	+ 0.205	+ 0.015	+ 0.004	+ 0.176

脹してゐるがDは他に比べて稍々變形が大きい。A, Cは何れの場合にも大體よい値を示してゐる。

(VII) 長時間焼戻試験

型鋼は前記の如く繰返し高温度に曝されるが之が爲長時間の焼戻を受けると同じ結果になる。従つて長時間の焼戻に依る硬度及衝撃値の變化を試験した。試料は酸化及脱炭の影響を除く爲 12mm 角, 長さ 60mm の角棒を用ひ第1表の調質をした後 400~650°C の各温度に 10h 及 30h 保持後空冷した。爾後之からシャルピー試験片を削り出し衝撃値及硬度を測定した。結果は第10圖其の1, 其の2の如くで測定値は各々 2~3本の平均である。硬度は試験前の硬度に對する増減で, 衝撃値は

試験前の衝撃値に對する増減を%で現はしてある。

(1) 硬度變化

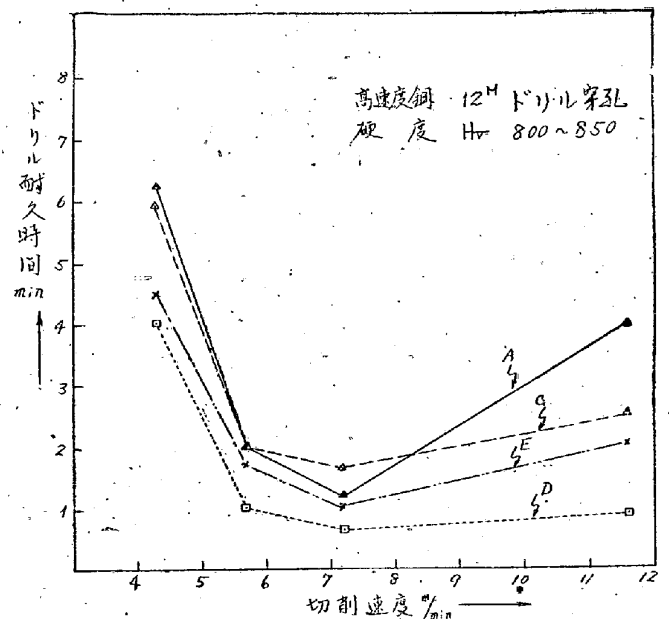
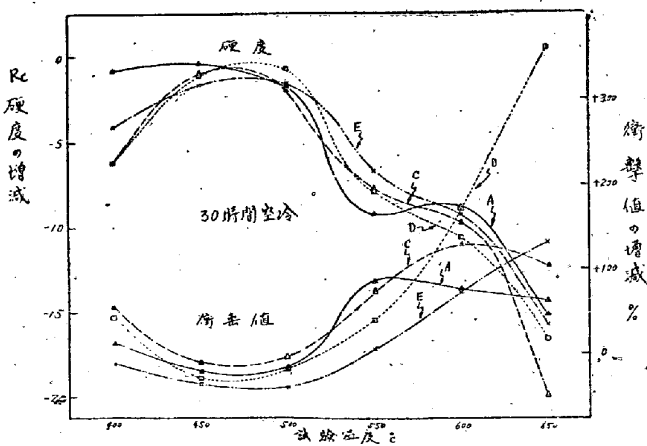
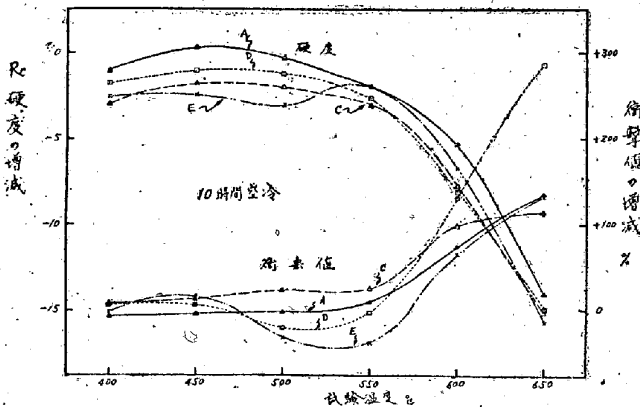
圖に示す如く何れも軟化するがその様式は 450~500°C 附近及 550~600°C 附近では硬化現象を呈する。此の様相は 30h 加熱をした其の2に最も明瞭に現はれて居る。10h ではEが明瞭で他は僅かにその傾向を示すに過ぎない。450~500°C 附近の硬化は所謂第一次焼戻脆性であり, 550~600°C の硬化は Mo, V, Cr 等の特殊炭化物生成元素による二次硬化であらうと考へる。

(2) 衝撃値變化

加熱時間 10h, 30h 何れの場合も略々上記の硬度變化に應じて衝撃値が變化してゐる。衝撃値は一般に増加するが 10h の場合D, Eが 500~550°C 附近, 30h の場合は凡てが 450~500°C 附近の長時間加熱に依り衝撃値を減少すると云ふ結果を示した。

(VIII) 被削性試験

現在の型鋼は大部分が調質状態で供給し使用者側で任意の型を彫つて使用するから型彫に際しての切削性は又重要な因子となる。従つて本實驗に於ても又簡単な切削



試験を行つてみた。

試料は 50mm 径の丸棒を調質して硬度を揃え高速度鋼製 12mm 径の略同一硬度のドリル数本を準備して旋盤を使用して試験した。圧力は全部同一にし切削速度を變化して切削開始よりドリルが磨耗して切削状態が變る迄の時間を測定した。試験結果は第11圖の如くである。此の結果に依れば被削性は大差はないが大體に於てA、Cは上位にありDが悪くなつてゐる。

(IX) 實驗結果の考察

以上各種の適性試験の結果から各試料について考察するとAの Ni-Cr-Mo 鋼は實用上優秀であると同様に實驗室の適性試験に於てもB其の他と比較して頗る優秀な成績を示してゐることが明らかである。従つて Heppenstall や Finkl の製品の優秀性も之から認められ又當社の製品も實際使用上優秀であらう事が推定される。

代用鋼としてはCの Cr-Mo 鋼がAと同様の優秀性を示して居り兎に角 Mo を含有するものは型鋼としてよい性質を持つてゐる。Dの Cr-Mn, Eの Cr-V は各試験の結果に現はれた如く型鋼としての適性は相當劣つてゐると云ひ得る。

(X) 結 論

當社製品の Ni-Cr-Mo 型鋼及現用型鋼4鋼種に付各種の適性試験を行つた結果次の事が明らかとなつた。

- (1) A成分の Ni-Cr-Mo 鋼は各種の適性試験に於て最も優秀な鋼種である。
- (2) C成分の Cr-Mo 鋼はAと略同等の成績を示し代用鋼としては最も適當である。
- (3) 一般に Mo は型鋼に對しよい適性を與える。
- (4) Cr-Mn, Cr-V 鋼は他に比べて型鋼としての適性は相當劣つてゐる。

終りに本研究の發表を許可された日本製鋼所室蘭製作所長小林佐三郎博士に深厚なる謝意を表すと共に御指導を頂いた荻原巖博士並びに實驗に協力された材料試験室の各位に厚く御禮申上げる。(昭. 24. 7 寄稿)

文 献

- 1) J. L. Gregg: Alloys of Iron and Molybdenum, 1932, p. 305.
- 2) Heat Treating and Forging, Gan, 1923, p. 44. F. Rapatz: Edelstähle.
- 3) 足立: 金屬學會誌 11卷 1~3號, 4~6號
- 4) 小紫, 永島: 鐵と鋼 34年 4~6號 p. 7

日本鐵鋼協會研究部會・鋼材部會概況

(昭和 24 年 10 月日本鐵鋼協會第 38 回講演大會にて報告)

湯 川 正 夫*

ACTIVITY REPORT OF FINISHED STEEL DIVISION OF RESEARCH COMMITTEE OF IRON AND STEEL INSTITUTE OF JAPAN

Masao Yukawa

Synopsis:—

The Finished Steel Division of the Research Committee of the institute, from a viewpoint of its management, sets up several sectional research committees according to the kinds of steel products, entrusts respectively special committees and holds a meeting of research committee in each section.

The sectional Committee is composed of the following five sections.

1. Medium and Small Size Steel Sectional Committee
2. Strip Steel Sectional Committee

* 研究部會・鋼材部會長