

## 鍛造用型鋼に関する研究

(昭和 22 年 4 月本會講演大會にて講演)

菅野 猛\*, 船木 英吉\*\*

## STUDY ON THE DIE-BLOCK STEEL

*Takesi Sugeno and Eikichi Funaki*

Synopsis: The authors have tried to get the relation between mechanical properties of some alloy steels, such as Ni-Cr-Mo, Mn-Cr-Mo, Cr-Mn or Cr-V, and the practical applicability for the forging die block, but they have failed to find the exact relation between them. Then, for this purpose, they have devised the special testing machine, which shows the relation between the number of blows of small hammer striken on the cylindrical specimen and accumulated infinitesimal deformations of that specimen induced by the blows under high temperature condition. The accumulated deformations are measured with the micrometer.

As the testing condition above mentioned and the actual condition of die block under application are so similar that some exact relation between the results obtained by that testing machine and the endurance of die block must exist

The results are as follows:

- 1) Above 600°C substitute steels (Cr-Mn, Cr-V, etc.) show the abrupt increase of deformation, but at lower temperature than 600°C the deformation of Cr-Mn steel is less than that of Ni-Cr-Mo steel. (by the testing machine.)
- 2) In the case of the deep impression or the large die, the life of Cr-Mn die is shorter than that of Ni-Cr-Mo die. Nevertheless, in other case, the endurance of Ni-Cr-Mo die is not always longer than the others. (by the results of actual measurements of forging dies under application.)
- 3) As we know, in the former case, the temperature of some portion of die often becomes several hundreds degrees, we can recognize that good correlation exists between the results by the laboratory testing machine and the life of die block.
- 4) The mechanical test of the actual die block are also performed.

## I. 緒 言

鍛造粗材の節約、多量生産による能率向上或いは機械的加工の簡易化等の見地から近年急速に發達した型鍛造用型材に關して種々な研究が行はれている。而して之等の多くは基礎的な研究の域を出でず、使用者として最も知り度い所である實用的な研究は餘り行はれて居らない様である。

それでは使用者としては何が最も知り度いかと云へば如何なる材質の如何なる熱処理をした型材が最も長く使用に耐えるか、型彫面の寸法の變化が少く又仲々割れの入りにくい様な型材としては如何なるものがよいのか、試験片に依る材質試験の結果に依つてどの程度迄實際上の効

果の判定が出来るものか等であらう。

我々はこの點に著目して從來使用されている當所製並に外國製の Ni-Cr-Mo 鋼, Mn-Cr-Mo 鋼, Cr-Mn 鋼, Cr-V 鋼等につき單に基礎的試験のみならず實際使用した時の型の壽命、寸法變化が材質の基礎的性質と如何なる關聯を持つているかに重點を置いて研究した。尙從來存在している實用的材料試験のみを以てしては必ずしも型材に必要な適性を把握する事が困難である事からして新らしく高温繰返打撃變形試験機を試作して見たが、今後更に機會があれば實用上必要な性質を試験片に依り測

\* 大阪大學産業科學研究所

\*\* 新扶桑金屬工業株式會社製鋼所技術部研究課

定するには如何なる方法を用いたらよいかと云う點に就きもつと深く研究して見たいと思つてゐる。

### II. 型鋼として具有す可き諸條件

鍛造用型鋼として具有す可き諸條件は種々挙げられるがその主なるものは

1. 高温に於ける變形及び摩耗抵抗の大なる事。
2. 均一なる硬度及び靱性を有する事。
3. 熱處理が容易なる事。
4. 機械加工の容易なる事。

等で(1)は型鋼の壽命を左右する最も重要な條件で精密鍛造を行う際には特に要求される。即ち一口に云へば熱、衝撃、摩耗に耐える事が型鋼として要求される最も重要な條件である。

### III. 鍛造用型鋼の鋼種

鍛造用型鋼の鋼種としては種々な組成のものが使用されているが、外國の例<sup>2)</sup>によれば Ni-Cr-Mo 鋼, Mn-Cr-Mo 鋼があり又用途によつては W-Cr 鋼, Cr-V-Mo 鋼が用いられて居り<sup>3)</sup>、近時は Ni, Mo を節約せる Cr-Mn 鋼が可成り實用に供されている。現在使用されている鍛造用型鋼の代表的なものを第1表に示す。特に(1)

の Ni-Cr-Mo 鋼は鍛造用型鋼の典型的なものとして賞用されている<sup>4)</sup>。

### IV. 各種型鋼の基礎的試験

前述の如き特性を要求される型鋼は通常の構造用鋼の如く單なる材料試験によつて簡単に性能を判定し得ないのは明かである。即ち性能の適、不適を判定するにもそれに適應した特殊な試験法によらねばならない譯であるが、先づ基本的な性質を知る爲各種組成の型鋼から採取した試験片に就て常温並に高温に於ける機械試験、繰返加熱冷却による材質變化の試験等基礎的な試験を行つた。

以下その内の代表的な幾つかの實驗結果に就て簡単に説明する。第2表に供試材の化學成分及び熱膨脹測定による變態溫度を示す。

#### (1) 常温に於ける機械的性質

先づ各種組成の型鋼の大體の性能を検討する爲に焼戻溫度の機械的性質に及ぼす影響を調べた。

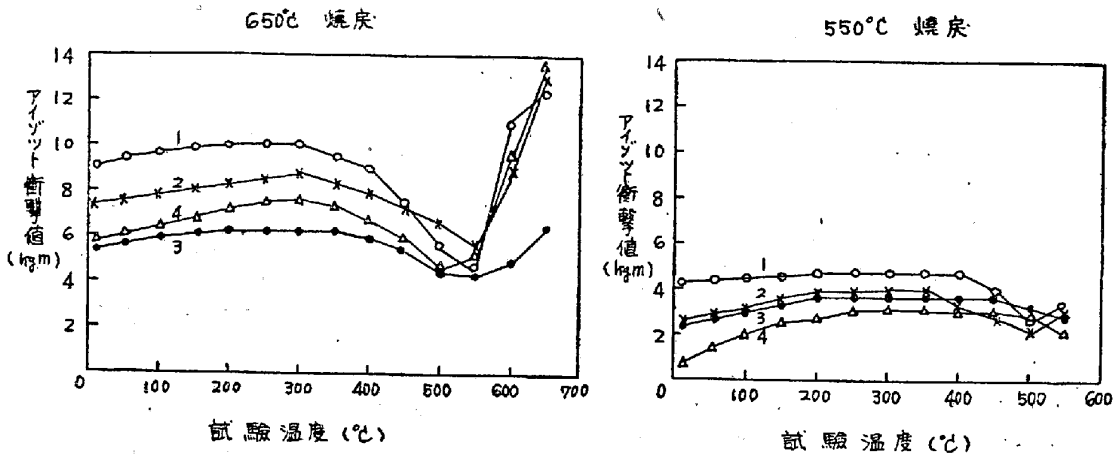
各型材を 40mm φ 棒に鍛伸した試験材に所定の熱處理を施した後規定寸法の試験片を採取して 50t アムスラー萬能試験機による抗張試験及びブリネル硬度試験、アイゾット衝撃試験を行つた。各鋼種共同一抗張力に對

第1表 鍛造用型鋼の化學成分

	鋼種	鋼番	C	Mn	Ni	Cr	Mo	V	W
Rapatz	Ni-Cr-Mo 鋼	1	0.55	0.50	1.50	0.70	0.20		
A.S.M Metals Hand book	同上	2	0.60	0.60	1.75	0.90	0.70	適量	
同上	Mn-Cr-Mo-V 鋼	3	0.60	0.70		1.15	0.50	0.15	
Forging Handbook	Cr-Mo 鋼	4	0.50~ 0.70	0.50~ 0.90		0.75~ 1.00	0.15~ 0.25		
日本標準規格 鍛造用型鋼第3種	Cr-Mn 鋼	5	0.45~ 0.60	0.80~ 1.20		0.80~ 1.20			
同上第4種	Cr-V 鋼	6	0.45~ 0.60	0.60~ 0.80		0.80~ 1.20		0.15~ 3.05	
Rapatz Spitzner	Cr-W 鋼	7	0.30~ 0.50			1.00 (Si0.5~ 1.0添加)			1.00~ 3.00
Forging Handbook	炭素鋼	8	0.60~ 0.75	0.20~ 0.40					

第2表 供試型鋼の化學成分並に熱處理溫度

番號	鋼種	化學成分									變態點 °C		焼入溫度 °C
		C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>3</sub>	
1	Ni-Cr-Mo 鋼	0.45	0.24	0.46	0.020	0.006	1.88	0.85	0.28		760	800	850
2	Mn-Cr-Mo 鋼	0.46	0.11	1.08	0.020	0.016		1.65	0.42		754	795	850
3	Cr-Mn 鋼	0.51	0.44	0.98	0.025	0.015		0.87			799	854	900
4	Cr-V 鋼	0.47	0.32	0.62	0.031	0.021		1.07		0.32	780	830	880



第3圖 試験温度と高温衝撃値との関係

- 1 ○—○ Ni-Cr-Mo 鋼 850°C O.Q
- 2 ×—× Mn-Cr-Mo 鋼 850°C O.Q
- 3 ●—● Cr-Mn 鋼 900°C O.Q
- A △—△ Cr-V 鋼 880°C O.Q

する伸、絞、硬度等には殆ど大差はなく最も節約的な代用鋼と考えられている Mn 約 1% の Cr-Mn 鋼も標準の Ni-Cr-Mo 鋼と餘り違はぬ性能を示しているが衝撃値では幾分劣つてゐる様である。かくの如く常温に於ける機械的性質では而も小試片による材料試験結果によれば、之等の材質については何れも優劣の差が殆ど認められないと云う事になる。

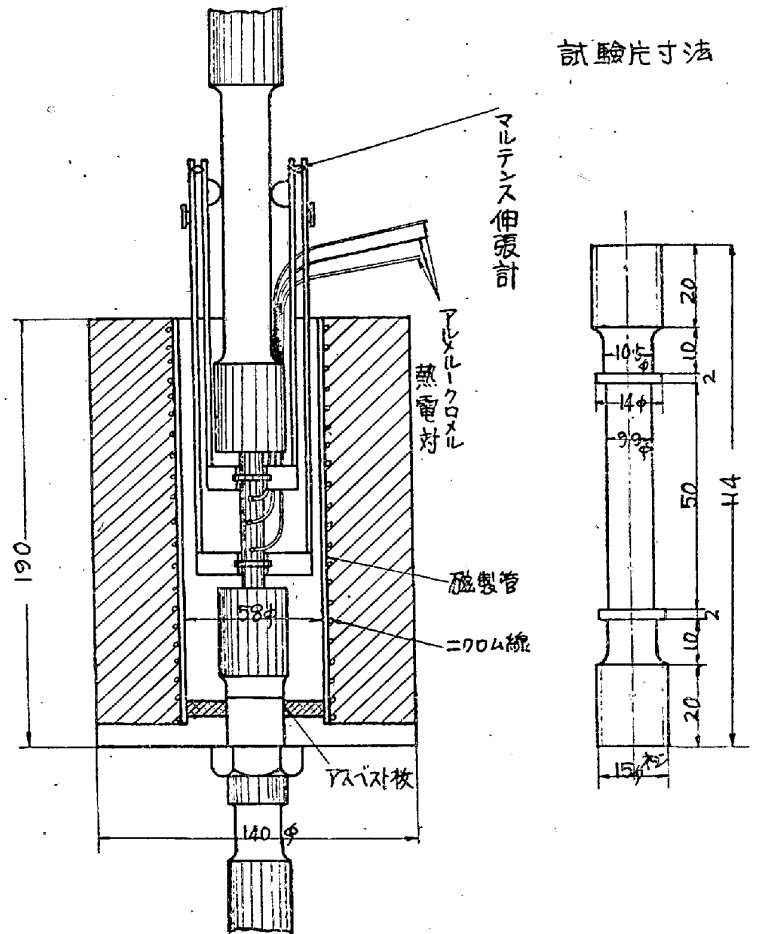
(2) 高温に於ける機械的性質

型鋼は使用中高温で種々な条件下に衝撃的応力を受けるものである。従つて高温に於ける靱性、強度等を調べて置く必要があるので次に述べる如き高温衝撃試験、高温抗張試験を行つた。

イ. 高温衝撃試験

試験方法は佐々川式高温衝撃試験装置を普通のアイゾット衝撃試験機に取付けて試験片をそれぞれ試験温度に加熱して約 20min 保持後衝撃試験を行つた。試験片は試験に先立ちそれぞれ油焼入を行つた後 550°C 及び 650°C の2種の温度で焼戻を施し、試験温度は常温より 550-650°C迄 50°C 置きに行つた。

第3圖に各種型鋼の高温衝撃試験結果を示す。650°C 焼戻のものゝ試験結果を見るに Ni-Cr-Mo 鋼、Mn-Cr-Mo 鋼、Cr-V 鋼共に 250-350°C 附近に極大値が認められ 550°C 附近に極小が見られる。Cr-Mn 鋼も前者程顯著ではないが同じく 550°C 附近に極小が見られる。而して 500°C 以下では鋼種により



第4圖 高温抗張試験装置

相當衝撃値が異つてゐるが、550°C 附近では何れも値は極めて接近している。即ち各鋼種共 500-550°C の間では靱性が低下する爲、作業中型の温度がこの温度範囲

に來ない様留意す可きである。又 550°C 焼戻のものでは 650°C 焼戻のものに比して鋼種間の差が小さく 500°C に於ける衝撃値の低下も僅かである。

ロ. 高温抗張試験

第4圖に高温抗張試験機の概略圖並に試験片の寸法を示す。圖に示す如く 30t アムスラー型抗張試験機にニクロム線抵抗爐を取付け試験片の中央及び両端に3本のアルメルクロメル熱電對を取付け試験片の温度を測定し、又試験片のカラーに伸測定用のマルテンス伸張計を取付けた。試験片は直径 9.9mm、標點距離 35mm でそれぞれ所定の温度に約 30min 間保持して一定の引張り速度で試験した。尙試験片は各鋼種共豫め中、小物型の標準硬度 (B·H·N 340~430) が得られる如き調質を施して置いた。

(3) 繰返加熱, 冷却試験

型鋼を實際に使用する際高温の鍛造物が可成の時間接觸している場合があるので、型の形状によつては局部的に 700°C 附近迄加熱され鍛造物が取り除かれると再び冷却され、この様な操作を繰返す事がある。これが材質の如何なる影響を及ぼすかを調べる爲繰返加熱, 冷却試験を行つた。試験方法は 15mm 角、長さ 100mm の試験片を小型電気マツフル爐中で所定温度に加熱、10 min 保持後冷却し加熱回数が 100 回、200 回、350 回 500 回のものに就てブリネル硬度試験及びシャルピー衝撃試験を行つた。尙加熱温度は比較的低い温度の場合は加熱, 冷却の影響が餘り著しくないものと考え 500°C 600°C を選び、又冷却方法は時間の都合で水冷を行つた。

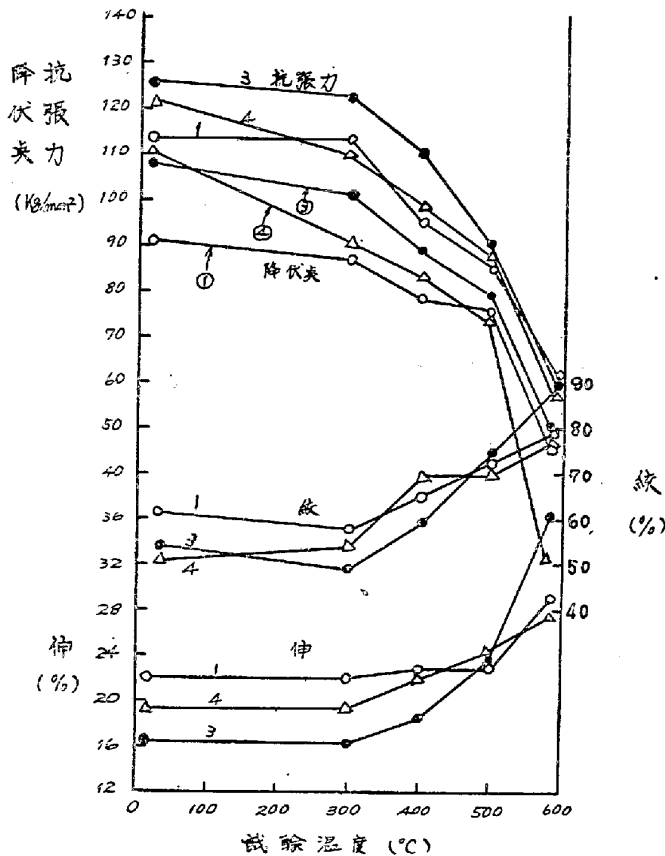
第6圖はその試験結果で加熱温度が 500°C の場合では加熱回数が増加しても硬度, 衝撃値に殆ど影響ないが 600°C の場合になると Ni-Cr-Mo 鋼, Mn-Cr-Mo 鋼は加熱回数の増加と共に硬度は減少の傾向を辿り 400 回以上では一定値を保つ。又衝撃値は加熱回数と共に増加している。Cr-Mn 鋼, Cr-V 鋼では前者の如く顯著ではないが硬度は加熱回数と共に若干の減少が見られる。

尙 Ni-Cr-Mo 鋼はこの試験を行う前の焼戻温度が 530°C で加熱, 冷却試験の 600°C より稍低くその影響が利いて來ているとも考えられるが他の二つは何れも豫め 600°C 乃至それ以上の温度に約 1h 間保持して焼戻しているので、この結果の様に加熱, 焼戻回数の増加と共に著しい影響を受けるのならば焼戻温度をもつと (使用温度よりも) 高めるか、焼戻時間を更に長くする必要があると考えられる。

V. 高温繰返打撃變形試験機の試作  
並に試験結果

さて型鋼の性能を判定するには前述の如き單なる常温高温に於ける材料試験のみでは適性を把握する事は困難である。型鋼は使用中高温で繰返打撃を受けて變形, 摩耗しこれが鍛型の壽命を短かくする最も大きな原因となるのであるが、實際の鍛型の壽命と材料の機械的性質との關係を系統的に調べた例が無い爲如何なる機械的性質が鍛型の壽命と密接に關係しているかは未だ判つていない。然し少くとも常温で高硬度のものが必ずしも壽命が長いと云う譯では無い様である。

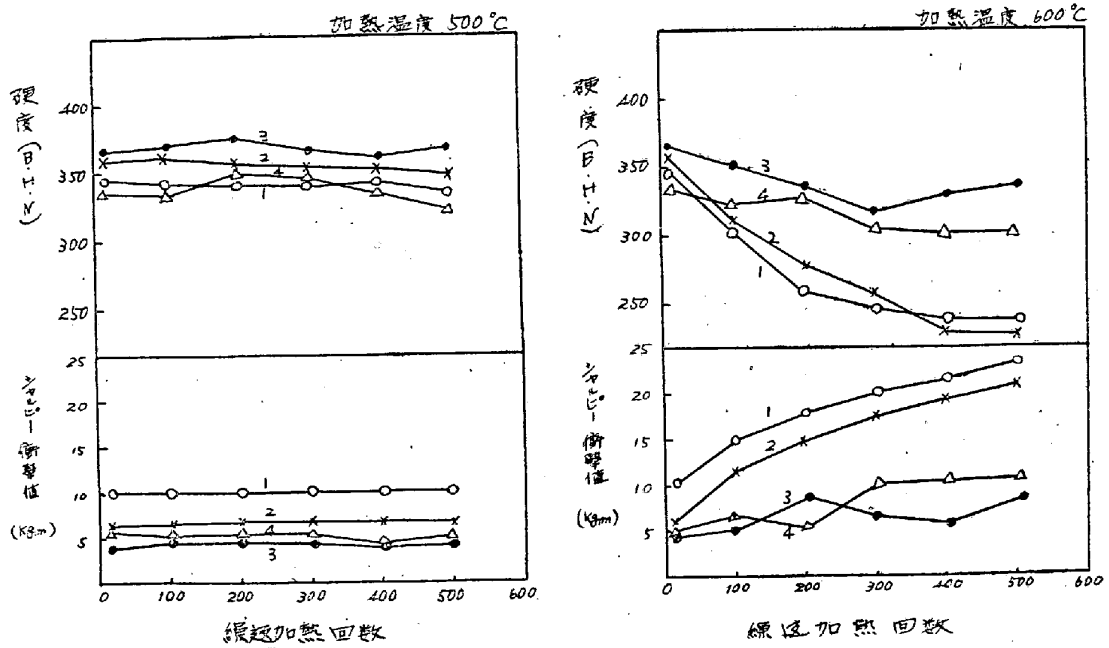
型材の性能を判定する一つの方法としては實際使用している鍛型の變形, 摩耗して行く状態を再現出来る様な試験機を考案して定量的に試験片の變形量を求めて見た



第5圖 試験温度と機械的性質との關係

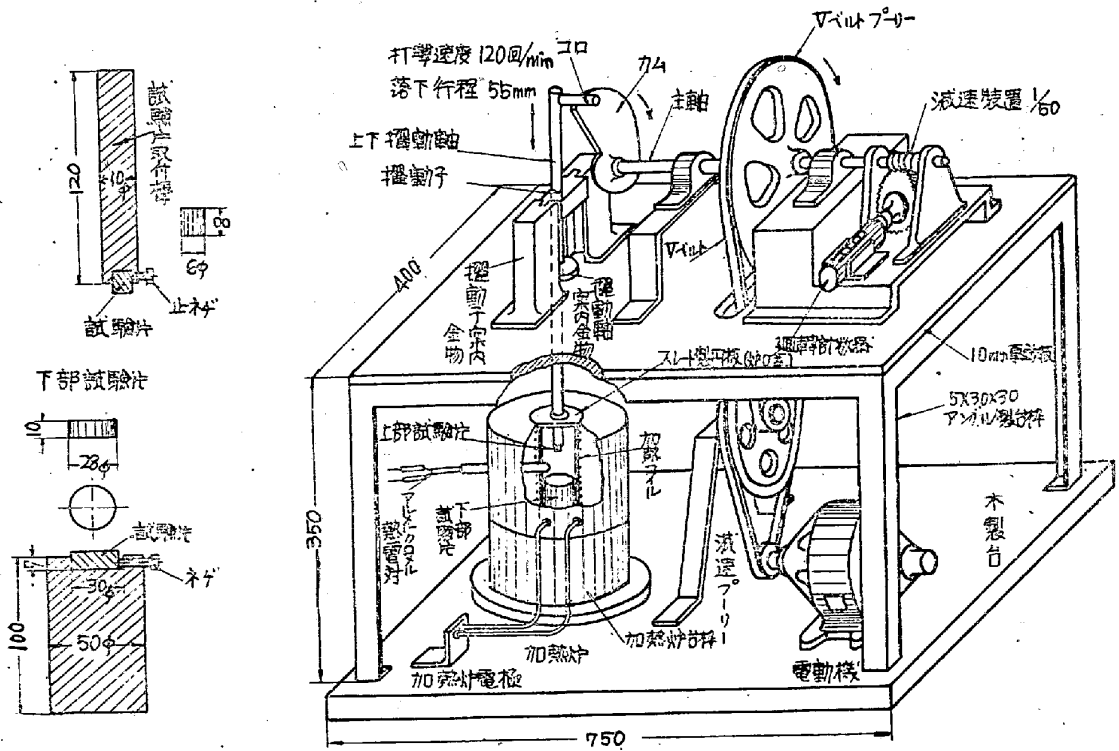
- 1 ○—○ Ni-Cr-Mo 鋼 850°C O.Q 580°C W.C
- 3 ●—● Cr-Mn 鋼 900°C O.Q 650°C W.C
- 4 △—△ Cr-V 鋼 880°C O.Q 600°C W.C

第5圖に高温抗張試験結果を示すが各鋼種共 500°C 迄は強度の減少率は少いが、500°C 以上になると何れも急激に強度が低下し伸, 絞は急増している。即ち 500°C 以上で型を使用すると變形が極めて著しいであらう事が、この試験結果から豫想される。



第6圖 繰返加熱(冷却)に依る硬度、の衝撃値の變化

- 1 ○—○ Ni-Cr-Mo 鋼 850°C O.Q 580°C W.C
- 2 ×—× Mn-Cr-Mo 鋼 850°C O.Q 620°C W.C
- 3 ●—● Cr-Mn 鋼 900°C O.Q 650°C W.C
- 4 △—△ Cr-V 鋼 880°C O.Q 600°C W.C



試験片及び附屬金具寸法上部試験片

第7圖 高温繰返打撃變形試験機全體圖

ら如何かと云う事が考えられる。

其處で我々は第7圖に示す様な高温繰返打撃變形試験機を考案試作し、本試験機を用いた試験片による結果と

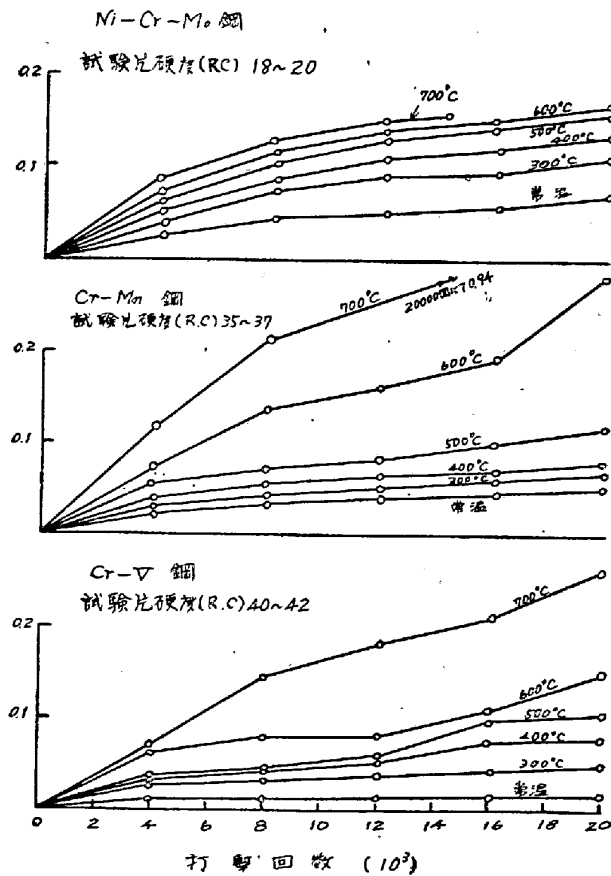
後に述べる實際型打使用している鍛型に就て實測した變形量とを比較して相關性を検討して置けば研究室で試験片によつて大體の耐久度を判定する事が出来ると思え

る。試験機の概略の構造は図を見れば一目瞭然で別に説明を要しないが簡単に説明すれば電動機、減速装置、カム等を用いて小型の落下槌が約 120回/min の割合で摺動軸に沿って落下するようにされており、この落下槌の下端に直径 6mm、長さ 8mm の試験片を取付けこれが所定の試験温度に保持された管状電気爐内で下部試験片の上面に落下して之を打撃する、落下槌の重量を加減して1回の衝突エネルギーが餘り大きくならないようにして置くと打撃回数の少い内は試験片の變形も極く微少で問題にはならない。然し打撃回数が累加されて行くと變形量も認め得る程度となる。この際實際の型に於ける打撃回数と略同程度の回数で實際の型に起る位の變形が起るように槌の重量を定めて置く。

さて現在は打撃回数の累加に伴う試験片の變形量(長さ、直径の擴大)と重量の變化をマイクロメーター及び天秤により測定し試験温度に對する變形量、減摩量の割合を各鋼種に就て比較して見た。試験材としては第2表に挙げた型鋼の内から Ni-Cr-Mo 鋼, Cr-Mn 鋼,

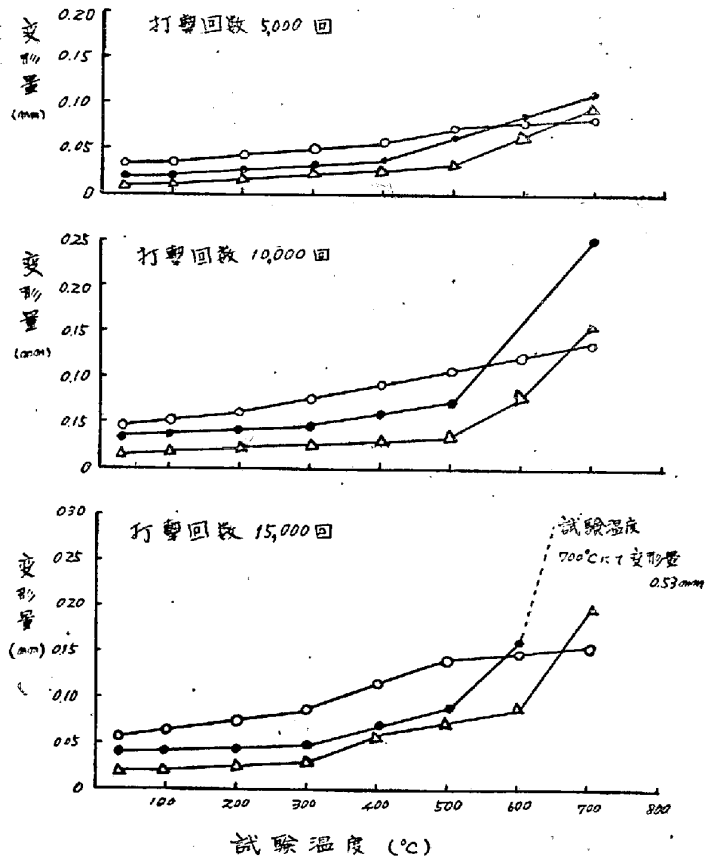
Cr-V 鋼の3鋼種を撰び常温より 700°C迄の各温度で、打撃回数 20,000 回迄に於ける變形量の測定を行つた、

第8圖は打撃速度 120 回/min, 打撃エネルギー 4.7 kg-cmの條件の下で各温度に於ける打撃回数と變形量との關係を表はしたものである。この圖を仔細に點檢して見ると、先づ常温乃至比較的低温の方では硬度の最も低い Ni-Cr-Mo 鋼の變形量が最大で硬度の最高の Cr-V 鋼の變形量が最小である。然して温度の低い所では何れの鋼種も打撃試験を開始した當初の變形が比較的大きく打撃回数を累加して行つてもその割に變形量が増加しない。所が試験温度を高くした場合、Ni-Cr-Mo 鋼のみは依然として同じ傾向を持続しているが Cr-Mn 鋼や Cr-V 鋼は打撃回数の累積と共に急激に變形量が増大して行く。



第8圖 各温度に於ける繰返打撃回数と變形量との關係

試験片寸法 6mmφ×8mm  
打撃速度 120 回/分



第9圖 試験温度と變形量との關係

- Ni-Cr-Mo 鋼 (硬度 R.C 18~20)
- Cr-Mn 鋼 (硬度 R.C 35~37)
- △—△ Cr-V 鋼 (硬度 R.C 40~42)

この事は同じデータを試験温度と變形量との關係に書き直した第9圖により更に明瞭に示される。第9圖は打撃回数 5,000 回, 10,000 回及び 15,000 回の場合につき變形量と試験温度の關係を示したものであるが、各打

撃回数のもに共通して見られる事は試験温度が 500°C 乃至 600°C 以下では常温硬度の高いもの程變形量が小で硬度の低い Ni-Cr-Mo 鋼の變形量は可成大きく、且つ試験温度の上昇に伴う變形量の増加も Cr-V 鋼では餘り著しくないにも拘らず Ni-Cr-Mo 鋼では略直線的に増えている。所が 600°C を超えるとこの関係は全く逆轉して、常温硬度の高かつた Cr-V 鋼及び Cr-Mn 鋼は却つて急激に變形量が増加しているのに對し常温硬度の低かつた Ni-Cr-Mo 鋼の變形量は 600°C 以下に於けると同様な割合でしか増えていないので圖に見られるように双方の曲線が交叉する結果となつている。そしてこの傾向で打撃回数が 10,000 回、15,000 回と増加すると共に一層著しく誇張されて現はれて来る。

これ等の結果は型の温度が 500°C 以上にならないような場合、即ち小物型の様な場合には硬度さへ高ければ代用鋼でも充分使えるが特別に深く刻んである型や、大型の如く部分的に屢々 500°C を超える温度迄上昇し易いものでは矢張り代用鋼では壽命が短かく標準型鋼を使用す可き事を示している。然してこれ等の結果は後に述べる鍛型の變形量の實測結果と良く一致している。

尙第 8 圖を見るに比較的低温の曲線では打撃開始の初期に急激に變形が起り、打撃量の累積と共に變形量の増加の割合は漸次減少している。所が Ni-Cr-Mo 鋼以外のものでは高温試験の場合打撃回数の累加と共に變形量は増加の一途を辿り、低温乃至 Ni-Cr-Mo 鋼の場合に於けるが如き飽和曲線的な形をとらない。これは要するに低温では打撃回数が重なると段々加工硬化の影響が大きくなつて來て變形量の増加を防げるのに對し、高温では加工硬化の進行よりも歪回復の速度の方が速い爲加工硬化により妨げられる事なく變形が累積して行く事を示すものであろう。従つて打撃の速度を變えれば又異つた形の曲線が得られるものと思われる。尙 Ni-Cr-Mo 鋼の場合は Cr-Mn 鋼や Cr-V 鋼に比して耐熱性が良く高温に於ける歪回復の速度が遅い爲この程度の打撃速度では 700°C に於ける試験でも依然として加工硬化の影響を受け變形量の増加の割合が打撃回数の増加に伴つて減少して行くのであろう。これ等の事項に關しては又機會があれば改めて考察したいと思つている。

## VI. 鍛型の實地使用に伴う變形量の測定

以上述べたのは凡て研究室に於ける基礎的な試験結果であるが、これが果して鍛型の性能、壽命と如何なる關係があるかと云う事は實物に就て研究して見ないと決定出来ない。

抑々型の壽命は假令化學成分が同じであつても熔解、精煉、造塊、鍛造、熱處理の製造過程の如何により左右されるのは勿論、更に製品の種類（大きさ、形状、材質）ハンマーの能力の大小、鍛造技術の優劣等により著しく影響されるものである。即ちこれ等の條件を考慮に入れた上で實際の型打筒數と型の寸法變化の關係或いは Crack の發生時期等に關し詳細且つ多數のデータを取つた上でなくては眞の性能の優劣を云々する事は出来ない譯である。然るに現在迄我が國の各工場に於てこのようなデータは殆ど集聚されていない。其處で我々は當所で型打に使用している鍛型に就て材質別、製品別、熱處理別等に型打使用に伴う型の變形、割れの發生時期等に關するデータを取つて如何なる材質に如何なる處理を施したものが如何に變形或いは毀損して行くかと云う事を實測して見た。

鍛型寸法變化の測定方法は正確には型そのものに就て測定す可きであるが非常に手数を要するので、簡便法として型打された製品の寸法を測つてこれより間接に型の寸法變化を求める事にした。但しこうすると熱收縮の爲型の眞の寸法が測定出来ない憾みがあるが相對的な寸法變化を求める上には少しも差支へ無い筈である。測定を行う各鍛型の型打筒數約 100 筒目毎に鍛造された製品に芯出を行つて各部分の寸法を測定し且つ鍛型の龜裂發生狀況、隅角部の「ダレ」等の缺陷狀況を觀察して記録して行つた。測定されたデータは相當多數に上つたが以下にその内の重要な測定結果に就て述べる。

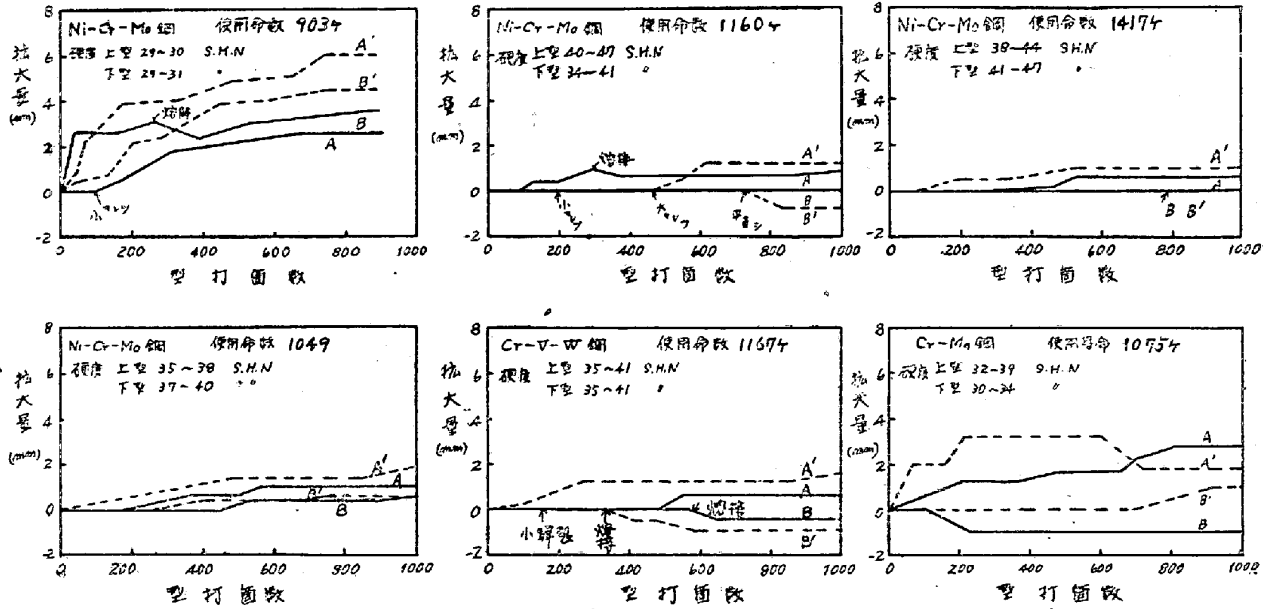
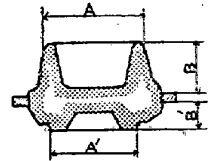
第 10 圖に Ni-Cr-Mo 鋼及び Cr-Mn 鋼の中物型 (350×450×450) の型打使用に伴う各部寸法變化狀況並に龜裂等の發生狀況を示す。鍛型は何れも油焼入の焼戻を施したもので左より右へ硬度が高くなる順に列記した。圖から明らかな如く型打筒數の累加と共に變形量も増加し、同一型打筒數に對する變形量は硬度の高いもの程少なくなつてはいるが但し使用命數は必ずしも硬度によらない事を示している。尙圖に示した部分は型固有の寸法變化を示す部分のみで例えば「イバリ」抜きを行へば正規の寸法が得られる部分とか又は鍛造方法により或る程度寸法に差異を生ずる様な部分の測定結果は省略した。又圖中一部に擴大量が逆に減少している所のあるのは手直しにより部分的に熔接肉盛した事を示す。

Ni-Cr-Mo 鋼と Cr-Mn 鋼とを比較して見るに必ずしも兩者の硬度が等しく無い爲正確な結論を出す事は困難であるが後者は前者より幾分擴大量が大きい様である。使用命數に就て言へば Cr-Mn 鋼では寧ろ軟いものが型打筒數が多く Ni-Cr-Mo 鋼では硬度の高いものが持續

製品の形状並に寸法測定箇所

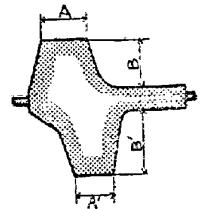
鍛型寸法 = 430 X 500 X 560

—— 上型 { A.....横方向  
B.....上下方向  
----- 下型 { A'.....横方向  
B'.....上下方向



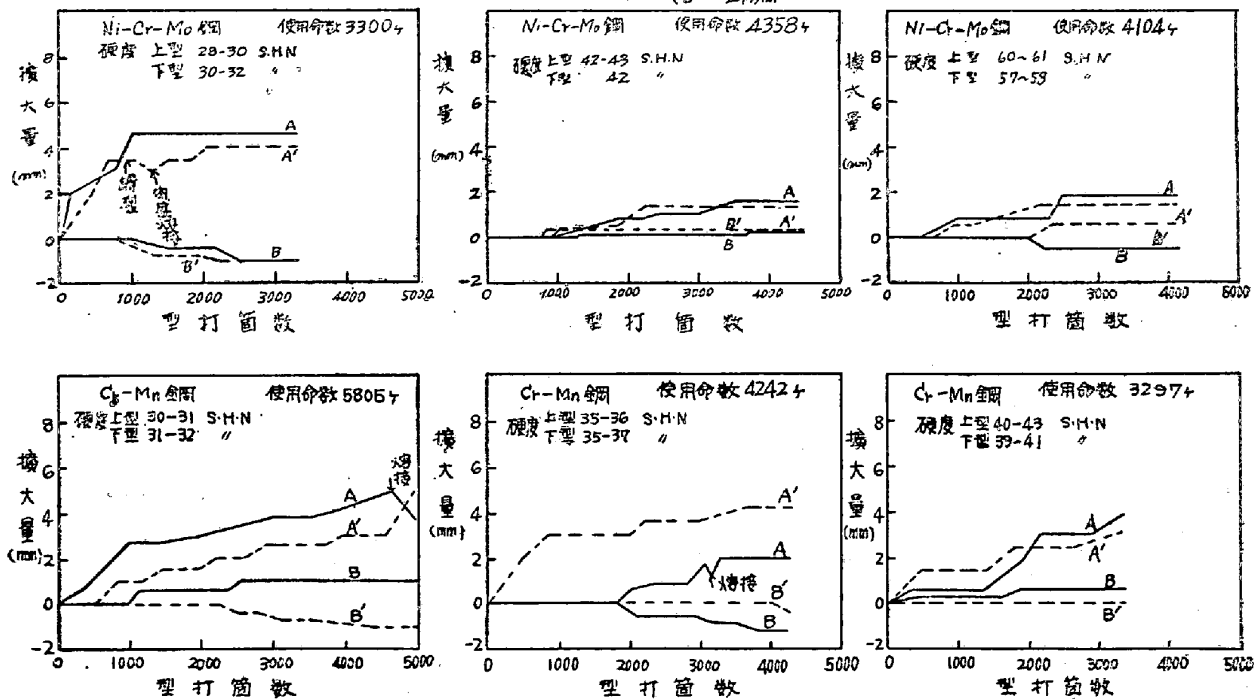
第 10 圖 實地使用鍛型 (製品) 各部寸法變化狀況 (其の 1)

製品の形状並に寸法測定箇所→



鍛型寸法 = 350 X 450 X 450

—— 上型 { A.....横方向  
B.....上下方向  
----- 下型 { A'.....横方向  
B'.....上下方向



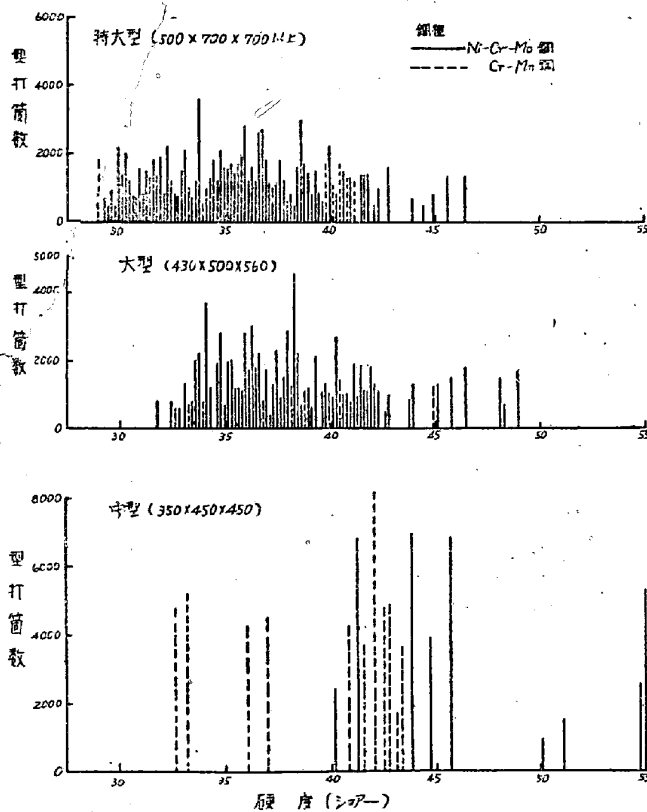
第 11 圖 實地使用鍛型 (製品) 各部寸法變化狀況 (其の 2)



回数が多い。

第 11 圖は Ni-Cr-Mo 鋼, Cr-V-W 鋼, Cr-Mn 鋼の大物型 (430×500×560) の測定結果を示すものでこの場合も前と同様硬度の高いもの程鋼種の如何に拘らず型各部の寸法擴大量が少なくなつており、又使用壽命は適當に熱處理された Ni-Cr-Mo 鋼が特に優秀である以外には餘り大差が認められない。

以上は大物型、中物型の數種の例を示したに過ぎないが更に多數の測定結果を要約して、第 12 圖に示す如く鍛型の鋼種及び硬度、使用壽命との關係を型の大きさ別に圖示して見た。



第12圖 鍛型の鋼種、硬度と使用壽命との關係

圖から判る事は前にも述べた如く鍛型の壽命は必ずしも硬度によらない事を明瞭に示しており且つ型の大きいもの程壽命が短かく小さいもの程壽命が長くなつてゐるのが判る。又鋼種による壽命の差違は特大物型の大型型では Cr-Mn 鋼は餘り使用されていなかつた爲そのデータも少く明確な結論は得られないが、此處に示されているものに関しては Cr-Mn 鋼は Ni-Cr-Mo 鋼に比して壽命が短い様である。然し中物型では鋼種による壽命の差違は殆ど見られず却つて Cr-Mn 鋼の方が優つてゐる事を示している。

以上實際使用している鍛型に就て行つた變形量、命數の實測結果より次の様な事が判明した。

1. 鍛型の使用壽命は必ずしも硬度によらない。
2. 材質と使用壽命との關係は大物型或いは特に形狀の複雑なものでは Cr-Mn 鋼は Ni-Cr-Mo 鋼に比して壽命が短い。然し中物型以下のものでは殆んど差違が見られない。
3. 當然の事ではあるが型が大きい程壽命短かく小さい程壽命が長い。
4. 同一材質に於て硬度と摩耗率 (擴大量) との關係は硬度の低いもの程摩耗が大きくなつてゐるのが目立つ。又同一硬度のものでは Ni-Cr-Mo 鋼は他の鋼種よりも摩耗率が小さい傾向を示している。
5. 一般に上下方向より横方向の擴大が大きい。
6. 上型より下型の變形量が大きい傾向が認められる。

と云う結果が得られ前述の高温繰返打撃變形試験の實驗結果と良く一致する。即ち中型以下では代用鋼なる Cr-Mn 鋼を以て充分實用に供し得るが、大型では矢張り Ni-Cr-Mo 鋼を使用す可きであるとう云う結論になる譯である。

## VII. 各種型鋼の焼入性と鍛型本体の確性試験結果

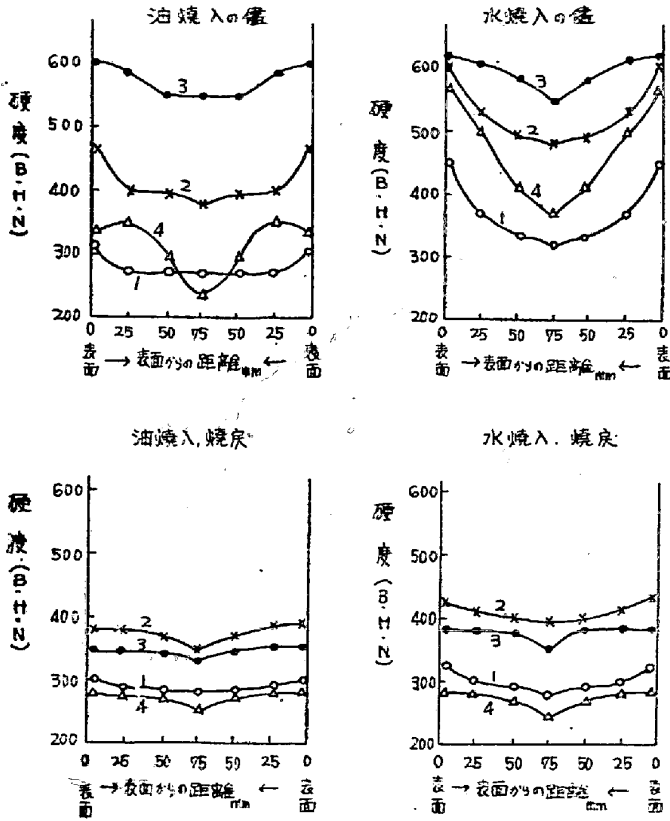
型鋼として最も問題とされる焼入性即ち質量効果を検討する爲に各種型鋼に就て焼入性試験を行い實際の鍛型本体に就て行つた確性試験との關係を求めた。

先づ焼入性試験の試験法に就て簡単に述べる。直径 100 乃至 250mm、長さ 200 乃至 500mm の各種寸法の試験材を圓筒軸に直角に中央より切斷して斷面にグラインダー仕上を施し更に切斷部を合せて周圍を緻密に肉盛熔接してそれぞれ焼入温度より油焼入、水焼入を行つた後再び熔接部を切離して斷面の硬度分布を測定した。測定を終つた試験片は更に所定の温度 (中、小物型の標準硬度 340~430 B·H·N を得られる焼戻温度) に焼戻して再び硬度測定を行つた。

第 13 圖に試験結果の一例として直径 150mm、長さ 300mm の試験片の場合に於ける表面より中心に至る間の硬度變化の狀況を示す。圖を一見して判る如く各鋼種共水焼入の場合よりも油焼入の場合の方が遙かに内外の硬度差少なく、且つ油焼入の場合では Ni-Cr-Mo 鋼が最も質量効果少なく次いで Cr-Mn 鋼, Mn-Cr-Mo 鋼, Cr-V 鋼の順となつてゐる。然して焼戻後の硬度分布は油焼入、水焼入何れの場合も各鋼種共内外の硬度差は僅少となり大體一樣な硬度分布が得られてゐる。

以上の焼入性試験の結果より考えられる事は型材の如

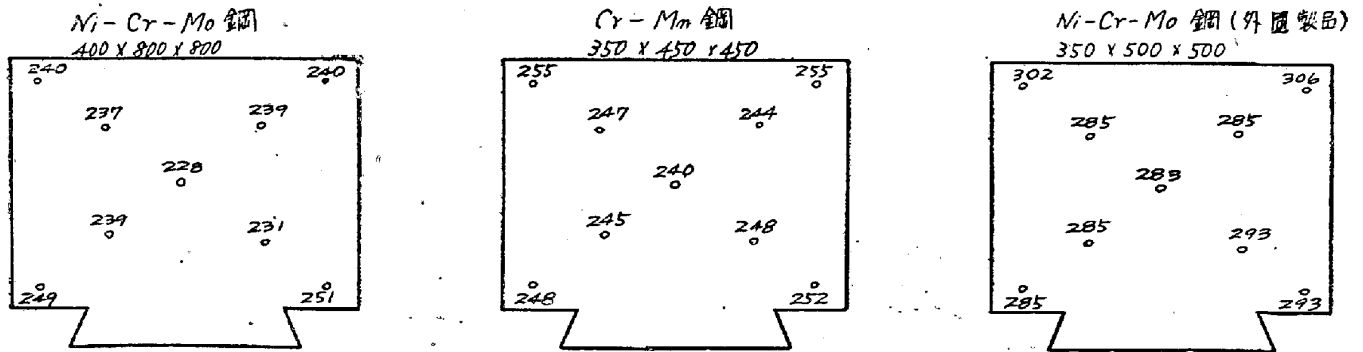
鋼種	焼入温度	焼戻温度
1. Ni-Cr-Mo 鋼	850℃	580℃
2. Mn-Cr-Mo 鋼	850℃	620℃
3. Cr-Mn 鋼	900℃	650℃
4. Cr-V 鋼	880℃	600℃



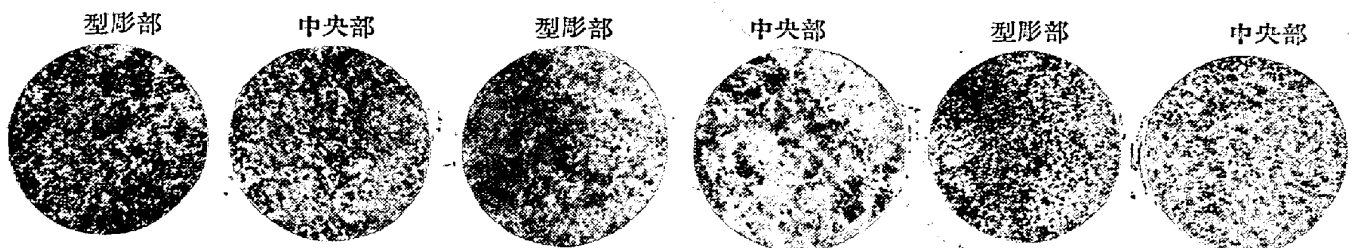
第13圖 焼入性試験結果 (150mmφ)

第14圖 鍛型の確性試験結果 (其の1) 化学成分、硬度分布並に顕微鏡組織

1. 硬度分布 (B·H·N)



2. 顕微鏡組織



く質量の大きなものでは内外の硬度差が大となるような水焼入は極力避け油焼入を用いる可きであると云う事で比較的小型のものならば質量効果の大きい代用鋼でも或る程度使用出来るのではないかと思われる。然し試験片による結果のみでは大體の傾向しか分らないので、貨物の鍛型に就て内外の硬度分布、顕微鏡組織、機械的性質等を調べて見た。

試験に供した鍛型は當所製の Ni-Cr-Mo 鋼特大物型 (400×800×800)、Cr-Mn 鋼大物型 (350×500×500) 及び外國製 Ni-Cr-Mo 鋼大物型 (350×500×500) の三種で、何れも油焼入、焼戻を施したものである。第14圖にそれぞれ化学成分、硬度分布、組織分布の状況を示す。當所製 Ni-Cr-Mo 鋼は型鋼としてはCが低過ぎ硬度も少し低目で参考にするには適當なものとは云えない。

先づ硬度分布に就て云えば何れも良好で内外の硬度差5° (B·H·N 33) 以内の範囲内の均一性を具備している<sup>6)</sup>。

顕微鏡組織は當所製並に外國製の Ni-Cr-Mo 鋼では内外共に均一で微細な Sorbite 組織となつて居るが Cr-Mn 鋼では外部は微細な Sorbite であるが中央部に Ferrite の折出が見られ焼入が完全でなかつた事を示している。

焼入性試験結果に於ては Cr-Mn 鋼でも餘り質量効果が著しくない事を示していたが上述の様に貨物の確性試験結果に於ても此の程度の大きさの型鋼ならば Cr-Mn 鋼

## 3. 化学成分

種 別	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo
Ni-Cr-Mn 鋼	0.37	0.28	0.66	0.037	0.024	0.11	1.12	1.50	0.31
Cr-Mn 鋼	0.51	0.44	0.98	0.025	0.015	0.015		0.87	
外國製品 (Ni-Cr-Mo)	0.63	0.27	0.73	0.020	0.020	trace	1.94	0.75	0.28

でも Ni-Cr-Mo 鋼でも質量効果の點に於ては餘り差がない事を示している。尙外國製品は硬度分布が極めて均一であるので熱處理方法の點で研究の餘地あるものと思われる。

## VIII. 結 論

從來使用されている各種型鋼に就て基礎的試験、實地使用試験並に鍛型本體の確性試験を行つて、基礎的性質と實際の鍛型の命數及び性能とに如向なる關聯が有るか云う事を検討して見た。尙之等の結果と新らしく考案試作した高温繰返打撃變形試験機による試験結果との相關性をも求めた。以上の研究によつて得られた結果を要約すれば

1. 常溫並に高温に於ける機械的性質では鋼種による差は餘り顯著でなく、從つて之等の試験結果のみでは型鋼の適性を判定するのは困難である。

2. 考案試作した高温繰返打撃變形試験機による試験結果と、實際型打使用している鍛型に就て行つた變形量の測定結果とにより次の如き結果が得られた。

(イ) 各鋼種の變形量は 600°C 迄では常溫硬度の高いもの程少なく鋼種の差異による影響は餘り顯著ではないが、600°C 以上の温度では Cr-Mn 鋼、Cr-V 鋼等の所謂代用鋼の變形量が急増するのに對して Ni-Cr-Mo 鋼は前者の如き急激な變化が見られない。

(ロ) 故に比較的簡単な形状の型或いは小さな型では代用鋼と雖ども特に Cr-Mn 鋼は充分實用に供し得るが大型或いは複雑な形状を要する型ではどうしても Ni-Cr

Mo 鋼を用いる可きであらうと云う事が容易に推察出来る。

(ハ) 研究室に於ける高温繰返打撃變形試験の實驗結果と上述のデータとにより型鋼の凡よその性能を判定する事が可能である。

3. 鍛型本體の確性試験により中物型 (350×450×450) 程度のもものでは Cr-Mn 鋼でも Ni-Cr-Mo 鋼でも質量効果の點では餘り差が認められなかつた。從つて Cr-Mn 鋼で充分實用に供し得る。尙當所製のものと同國製のものとは比較すれば他の機械的性質には差違がない様であるが、衝撃値は外國製のもの非常に良好で且つ内外の顯微鏡組織も非常に均一且つ微細な Sorbite 組織となつている。此の點熱處理法に就て研究する餘地がある。

終りに臨み鍛型實地使用試験に關して絶えず御指導並に御援助を賜つた我が國型鍛造の權威者新扶桑金屬工業株式會社製鋼所鍛造課長、三井清氏に對して深甚なる感謝の意を表す。

(昭和 25 年 6 月寄稿)

註. 第 1, 2, 及 15, 16, 17 圖は紙面の都合上省略す。一編集部

## 文 献

- 1) A.S.M. Forging Handbook, 65
- 2) A.S.M. Metals Handbook, (1939) 1018
- 3) 同 上 (1936) 1392
- 4) W. Spitzner. Maschienebon, 5 (1926) 880
- 5) F. Rapatz Die Edelmstäble
- 6) A.S.M. Metals Handbook (1939) 1018