

として鑛石に伴はれる粉鑛である。コークスを3分目篩にて篩ひ、篩上は更に水洗した。その分析結果を第13表に示した。

第 13 表

	割合 %	揮發 分%	固定炭 素%	灰分 %	全鐵 分%	金屬 鐵%	發熱量 kcal
3分目の篩下	50	0.80	38.70	57.30	3.7	1.9	3361
3分目水洗精コークス	8	1.00	63.00	34.70	2.0	—	5148
篩上水洗沈澱物	42	1.00	13.80	70.00	14.8	10.1	1115

鑛石を粉碎する際に生ずる粉鑛は15~18%ある。之は低磷鑛石であるために電氣爐にて低磷鉄とする試験を行つてゐる。

爐から出る廢ガスは高温であるからこれは餘熱汽罐に導き蒸氣タービンにて發電する。現在海綿鐵坩當り200~300

kWhを發電してゐる。

VI. 總 括

第1報に於ては短期間の試験作業を述べたが、本報告は大體現場の記録を基礎として操業の實狀を示した。還元機構その他の理論的方面は殆ど述べてない。

製造法に就いては今後技術的に検討すべき點が多々ある。第1報記載の粉鑛處理、磁選滓の利用、廢氣熱の活用は勿論なるも、製品中に含まる珪酸及び硫黄分の除去、再酸化防止等は急據解決せねばならぬ。目下後述の2設備計畫は進行中で遠からず竣工するであらう。

特殊鋼の等温變態に就て(第2報)¹⁾

(日本鐵鋼協會第24回講演大會講演 昭15.10.神戸)

河 合 正 吉*

UEBER DEN ISOTHERMEN AUSTENITZERFALL DES SONDERSTAHLDES (II)

Masayosi Kawai

ZUSAMMENFASSUNG:—Im ersten Bericht wurde die allgemeine Angabe über den isothermen Austenitzerfall geäußert. Der Verfasser hat diesmal die Ergebnisse von der Untersuchung über den isothermen Austenitzerfall einiger Stahlarten aufgestellt. Der S-Kurve des Ni-Cr-Stahles und die des Cr-Mo-Stahles werden zuerst gesucht und ihre Massenwirkungen werden damit abgeschätzt. Ferner erwähnt der Verfasser kurz des Ni-Cr-Mo-Stahles und des nickelarmen Mn-Cr-Mo-Stahles. Die Gefüge der bei verschiedenen Temperaturen isothermisch zerfallenden Proben werden der Reihe nach gezeichnet. Zum Schluss werden die mechanischen Eigenschaften des isothermisch zerfallenden Ni-Cr-Mo-Stahles geprüft und das sogenannte "Austemper-Verfahren" beim Sonderstahl wird beurteilt.

I. 緒 言

前報告に於て等温變態に関する一般論を述べたが、本報告より各特殊鋼の各論に移る事とする。特殊鋼を論ずるに當つては先づ單一合金鋼より始める事が合理的と考へられるが、本實驗に於ては拙速的に先づNi-Cr鋼及びCr-Mo鋼を論じ、更にNi-Cr-Mo鋼及び其の代用鋼と考へられる低Ni-Mn-Cr-Mo鋼に言及せんとす。即ち上述の各鋼種に就てS曲線を求め、其の質量効果を見積り、等温變態に依つて得られる顯微鏡組織を觀察し、機械的性質に關し各組織の特性を論ずる事とする。

II. S 曲 線

1. ニツケルクロム鋼及びクロムモリブテン鋼 試料

¹⁾ 第1報は鐵と鋼 27(昭16)663頁(9號)

* 三菱重工業長崎製鋼所

第 1 表 成 分

成分 鋼種	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
Ni-Cr鋼	0.33	0.30	0.44	3.10	1.66	0.13 ¹⁾
Cr-Mo鋼	0.29	0.32	0.43	0.60 ²⁾	1.84	0.25

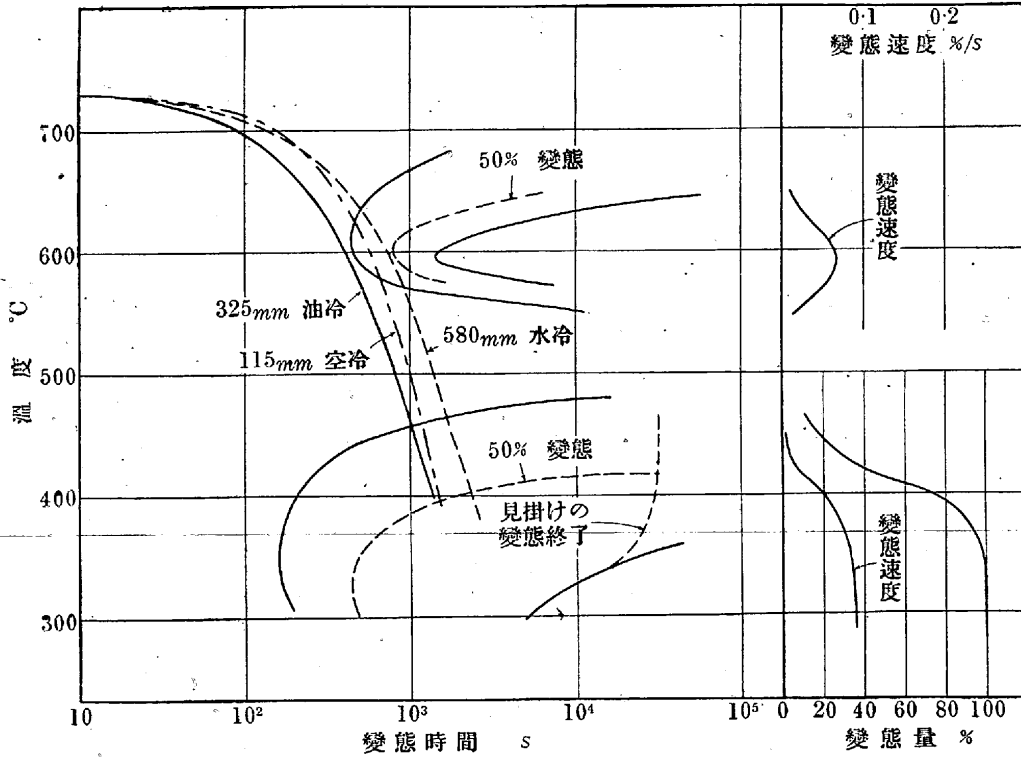
の成分を第1表に示す。各試料より熱膨脹試験片を採取し、各温度に於ける等温變態曲線を求め、之より變態開始時間、終了時間、50%變態時間、變態速度及び不完全變態量等を求め第1圖及び第2圖に示す。簡單の爲に高温部及び低温部の t_k の極小點を夫々 A_{RM}' 及び A_{RM}'' とする。偕て兩鋼種に就てS曲線の特徴を述べれば、Ni-Cr鋼に於ては A_{RM}' 、 A_{RM}'' が何れも比較的低温にある。 t_k の値は全體を通じてNi-Cr鋼に於て優り、Cr-Mo鋼の質量効果の大なる事が結論される。然しCr-Mo鋼に於ては A_{RM}' が上方にある爲、鋼片の大いさが比較的小なる間は冷却速度は高温

^{1), 2)} 何れも屑鐵より混入せるもの。

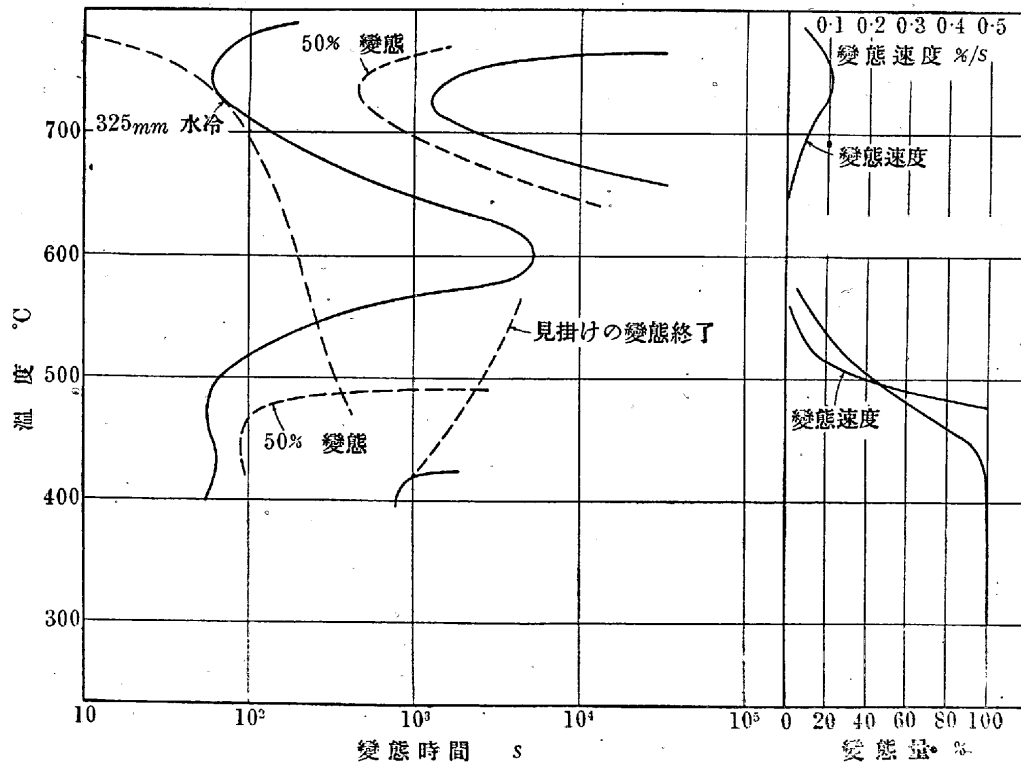
度範圍に於て大となり焼入條件は好都合である。又大型の鋼片に於ても特に高温部を急冷し鋼片の平均温度を速に不變態温度域に持來し、焼割れを防止する爲に爾後の冷却を緩に行へば或程度質量効果を減少せしむる事が出来る。

變態速度はCr-Mo鋼に於て優り其の差異はAr'變態に於て著しい。依つてNi-Cr鋼及びCr-Mo鋼が比較的急

冷される場合には後者の組織は比較的一様であらう。次に各種の大いさの丸型鋼材の中心部の冷却曲線をS曲線上に畫き焼入臨界直径を推定すれば第2表の通りである。但茲で注意しなければならぬ事は焼入臨界直径は單にAr'を行はぬ限界を與へるのみで勿論鋼の硬度、抗張力等は冷却速度と共に増大する。



第1圖



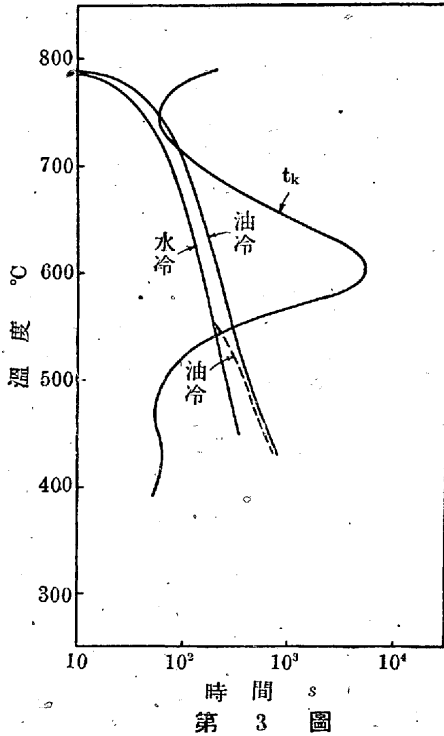
第2圖

第2表 焼入臨界直径

冷却法	空冷	油冷	水冷
鋼種 Ni-Cr 鋼	100mm	330mm	500mm
Cr-Mo 鋼	—	160mm	300mm

2. クロムモリブデン鋼の二段焼入法 第1報に於て鋼

の二段焼入法の原理に就て述べたが第3圖に200mm 径のCr-Mo 鋼を水冷後油冷せる際の冷却曲線と t_k 曲線との關係を掲げる。即ち油冷の際には微量のフェライトの析出が豫想されるが、二段焼入を行へば之を完全に防止し得る。尤も何れの場合にも Ar'' 變態が行は



れるが油冷の場合には水冷に比して比較的高温の變態が行はれる。後述する如く高温の Ar'' 變態は焼入効果が小である。此の二重の効果に依り油冷せるものは水冷せるものに比し機械的性質が遙に劣る。然るに後者は焼割れの危険があり、二段焼入に依つて Ar'' 部の冷却を緩徐ならしむれば機械的性質は水冷に劣るも猶油冷に勝る結果が得られる。第3表は各種の焼入を施せるものを 600°C に焼戻せる際の機械的性質を與へるものである。猶注意すべき事柄はフェライトの析出に依り上部變態を行はざる部分の炭

第3表 焼入法の比較

焼入法	降伏點	抗張力	伸	絞	衝擊値	硬度
	kg/mm ²	kg/mm ²	%	%	kgm/mm ²	HB
水冷	69.5	84.5	23.0	63.1	15.5	255
二段焼入	71.5	83.8	21.0	58.7	12.5	259
油冷	71.5	84.5	21.0	54.0	7.8	255

素量が増加し Ar'' 變態が降下する爲に、析出せるフェライトの分布が良好ならば機械的性質特に衝擊値は損ぜられない。例へば結晶粒度大ならば小フェライト片が均一に分布するから、200mm 径の鋼片に對しても油冷で比較的大なる衝擊値が得られてゐる。

次に各直径に就て適當なる水冷時間を冷却曲線と t_k 曲線

とより判定すれば第4表の通りである。但 800°C より水中

第4表

径	300mm	200	160	100
水冷時間	150s	100	70	50

冷却するものとする。猶二段焼入法は上述の Cr-Mo 鋼に對しては 160mm 以上の径に就てはフェライト析出の阻止を主とし、其以下の径に對しては高温に於けるパーナイト析出の阻止を目標とする。

3. ニッケルクロムモリブデン鋼及び其の代用鋼 第5

表の如き成分の Ni-Cr-Mo 鋼及び其の代用鋼に就て S 曲線、變態速度及び不完全變態域に於ける變態量を求めた結果を第4~6 圖に掲げる。A は炭素量低く比較の標準には

第5表

成分符号	C	Ni	Mn	Cr	Mo
A	0.25%	3.24%	0.88%	1.62%	0.51%
B	0.28	2.25	1.47	1.49	0.36
C	0.28	1.17	1.76	1.47	0.31
D	0.27	0.34	1.92	1.45	0.54
E	0.30	1.10	0.56	1.92	0.52
F	0.30	1.14	1.05	6.64	0.73

稍、不適當である。 t_k 曲線に關しては A の Ni を Mn で置換せる B, C, D 特に B, C には A との差異は殆ど認められない。即ち焼入臨界直径は空冷で A, B, C 何れも 600mm, D は 500mm 程度である。Cr で置換せる E, F は前4者に比し質量効果は遙に大である。Cr の効果は不完全變態部の温度の低下及び變態速度の減少に見られるのみである。猶 Cr が上部變態を高温に移動せしむる事は從來知られてゐる通りである。第6表に此等の鋼の臨界焼入直径を

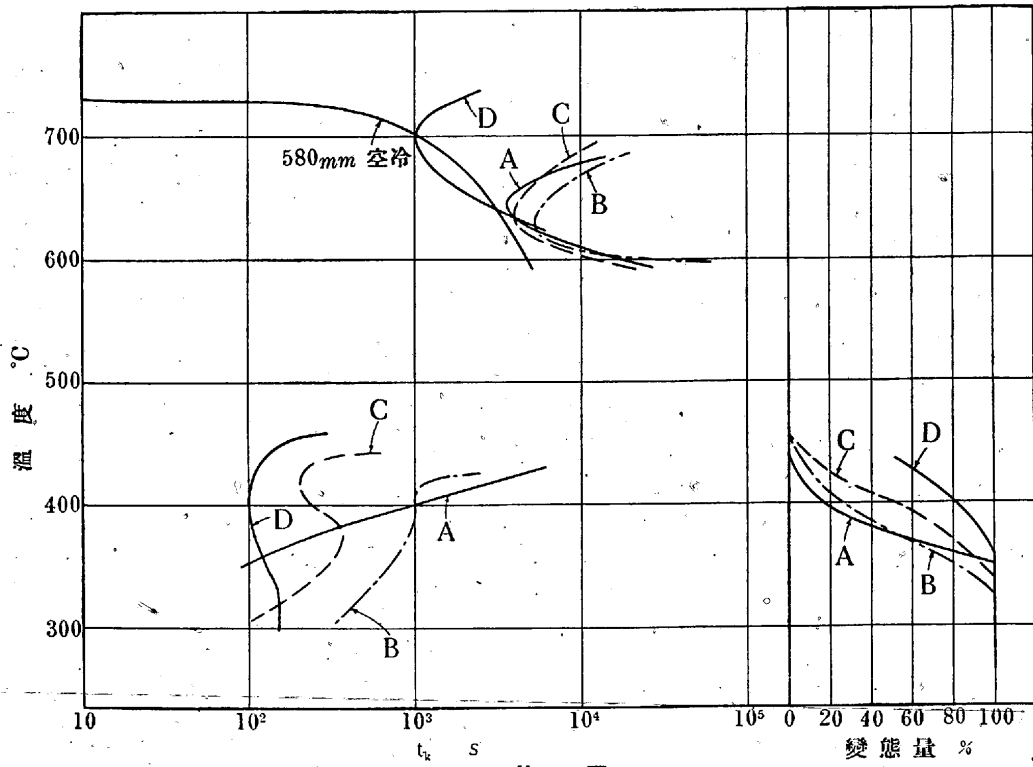
第6表

冷却符号	空冷	油冷	水冷
A	600mm	—mm	—mm
B	600	—	—
C	600	—	—
D	500	—	—
E	—	170	350
F	—	300	400

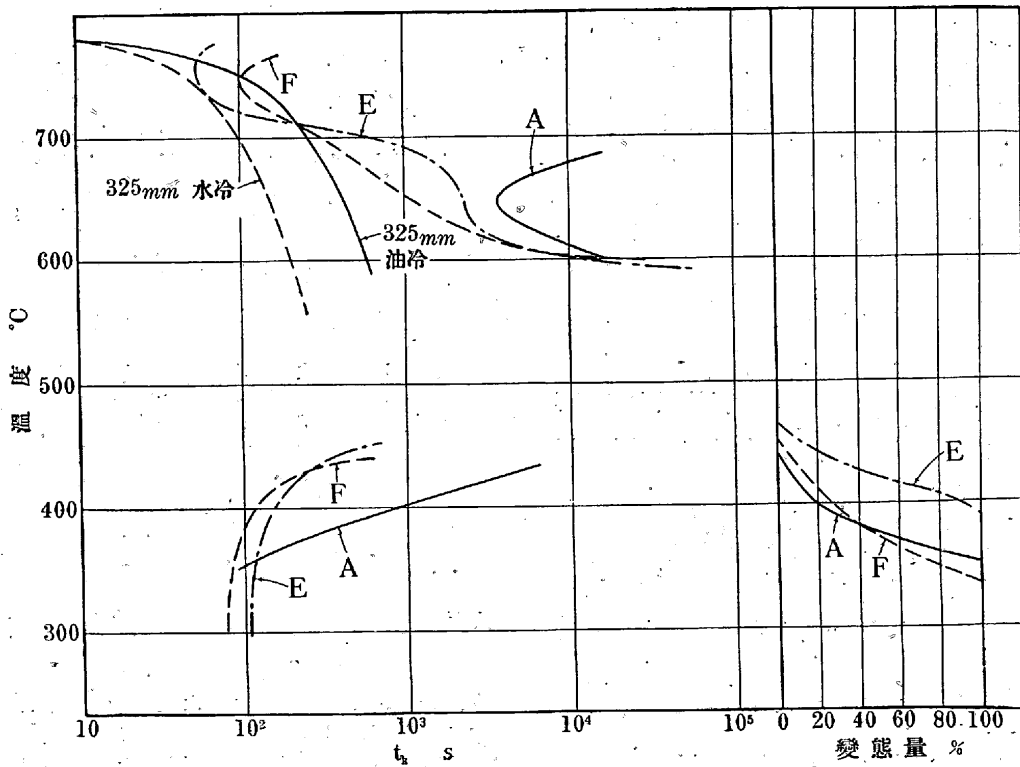
示す。 t_k 曲線に關しては Ni の影響が明瞭に現れ A, B, C, D の順に右方に偏してゐる。

上述の如く Cr のみを増加しても焼入効果を上昇せしむる事は出來ない。之は第一報で述べた如く Ni と Cr の補足性に依るものである。之が爲に代用鋼の焼入効果¹⁾のみ注目すれば Ni の置換は大體に於て Ni と類似の性質を

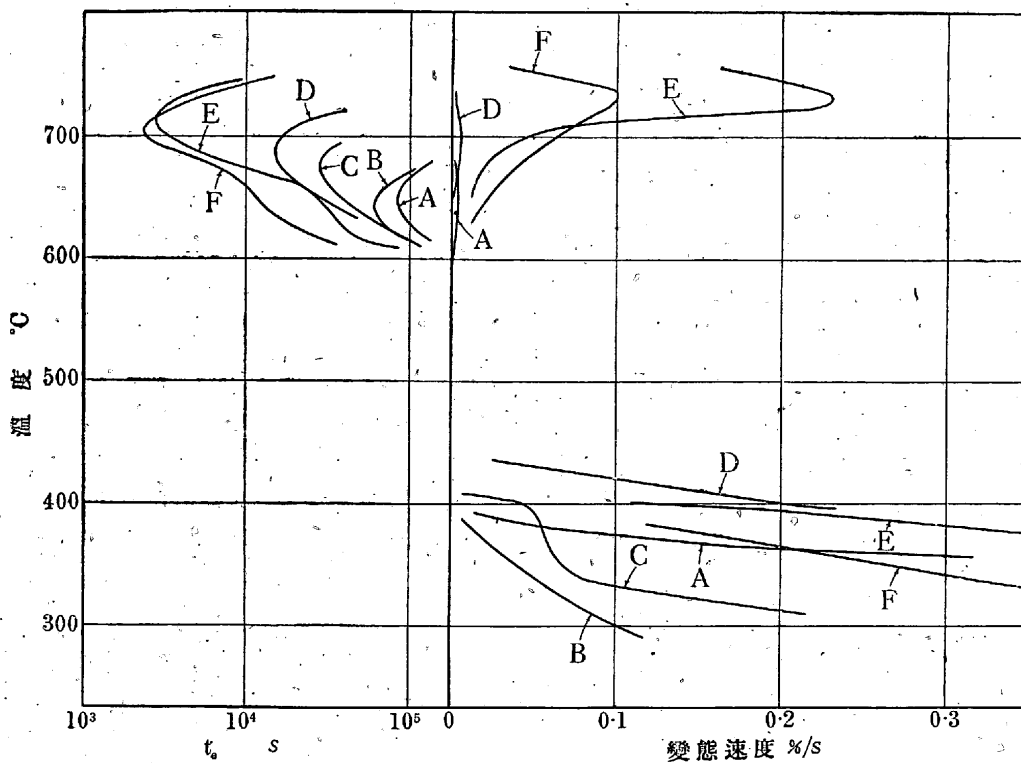
¹⁾ 焼戻脆性及び長時間高温保持に依つて生ずる脆性に對する感受性が大である。



第 4 圖



第 5 圖



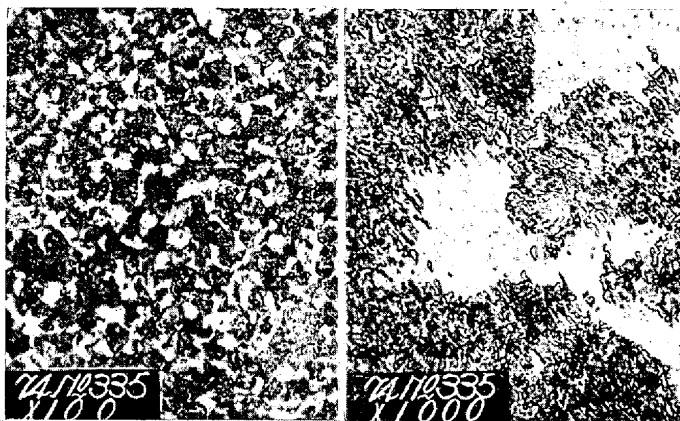
第 6 圖

有する Mn に依つて行はなければならない。

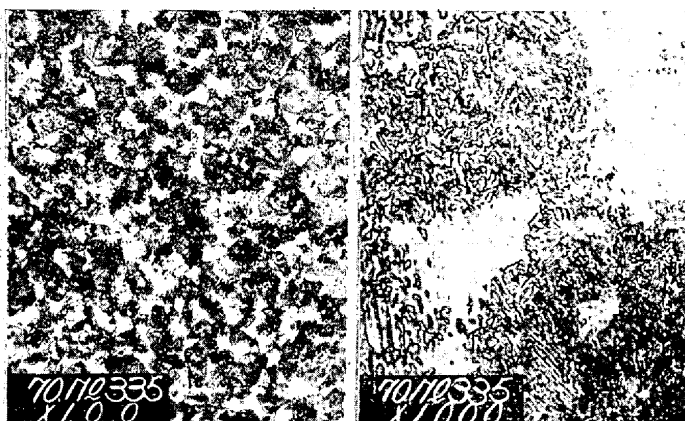
III. 顯 微 鏡 組 織

各温度に於ける等温變態に依つて得られる組織に關して

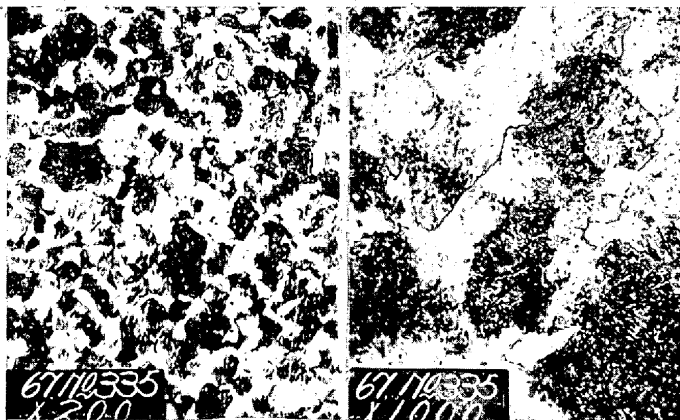
は既に多くの文獻に見られるが、参考の爲に $Cr-Mo$ 鋼の組織を掲げる事とする(第7~17圖参照). 圖に依れば $700^{\circ}C$ 迄は明瞭なるパーライトを析出するが $670^{\circ}C$ に於てはトルースタイトとなる. $600^{\circ}C$ 附近では t_k 大なる爲殆ど



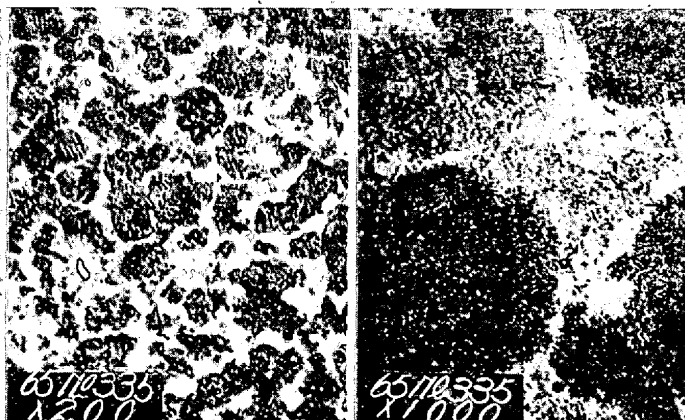
第 7 圖 $740^{\circ}C \times 1h$, 空冷



第 8 圖 $700^{\circ}C \times (5/3)h$, 空冷



第 9 圖 $670^{\circ}C \times (5/2)h$, 空冷



第 10 圖 $650^{\circ}C \times (7/2)h$, 空冷



第 11 圖 630°C × (11/2)h, 空冷

第 12 圖 600°C × (13/2)h, 空冷



630°C × (11/2)h, 空冷; 630°C 焼戻 600°C × (13/2)h, 空冷; 600°C 焼戻

第 13 圖

第 14 圖 550°C × (16/3)h, 空冷



第 15 圖 500°C × (5/3)h, 空冷

第 16 圖 475°C × 1h, 空冷



第 17 圖 450°C × 1h, 空冷

變態せず組織はパーナイト+マルテンサイトを示すが、パーナイトは爾後の空冷に依つて生じたものである。之を焼戻すれば第 13 圖の如く不齊形のフェライト及び針狀フェライトが見られる。550°C に達すれば明瞭なる針狀フェライトが現れ、更に温度が低下するに従つて次第に不齊形となり炭化物は次第に微細化し終にマルテンサイトを析出するに到る。

IV. 直接焼鈍

前報告に於て鍛造後の割れを避ける爲に上部變態を行はしむる事即ち直接焼鈍の有効なる事を述べて置いたが、S

曲線より適當なる温度及び時間を求める事とする。猶高炭素鋼の高抗張力板に就て電氣的點熔接が行はれる際熔接部の硬化に依る脆化を避ける爲に、熔着後更に比較的大なる電流を通じて上部變態温度に保持する事が合理的と考へられる。第7表に直接焼鈍温度及び時間を掲げる。猶表中の

第 7 表

鋼 種	温 度	時 間
高 炭 素 鋼	600~550°C	10s
Ni-Cr 鋼	620~580	4,000
Cr-Mo 鋼	750~700	3,000
A	670~630	100,000
B	660~620	80,000
C	690~650	40,000
D	710~660	20,000
E	730~690	4,000
F	720~690	3,500

時間は變態を完了するに要する時間であるから、實際上は更に短縮し得る。

V. 組織と機械的性質

・調質鋼に於ては焼入に依つてマルテンサイト乃至低温にて變態するベーナイトとし、焼戻に依りソルバイト組織を得る事が理想である。然るに鋼材の大いさに依り冷却速度

の不足する場合或は焼割れの懸念のある場合には、比較的高温のパーナイト變態或は更に上部變態を受ける事は必然である。今 15mm 角の試料に就て次の如き熱處理を行ひ抗張試験及び衝撃試験を行つた結果を示す。但材質は低(Cr-Ni-Mo 鋼)である。

- A: 850°C×2h $\xrightarrow{4h}$ 400°C 空冷
- B: 850°C×2h 空冷
- C: 850°C×2h 油冷

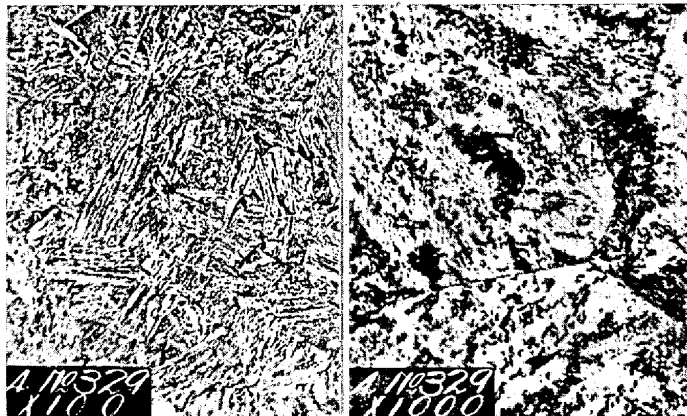
之等を 500, 600, 650°C に焼戻したものの機械試験の結果を第8表に掲げる。

第 8 表

符號	熱處理	抗張力 kg/mm ²	伸 降伏點 % kg/mm ²	絞 衝擊值 % kg.m	硬度 Hr-C
1	A 500°C 焼戻	88.9	18.0 76.9	42.5 1.5	26.5
2	A 600°C 焼戻	80.9	20.2 65.0	46.9 2.7	22.5
3	A 650°C 焼戻	72.7	22.0 54.5	54.8 5.5	18.5
4	B 500°C 焼戻	112.8	18.0 100.8	44.8 1.8	30.0
5	B 650°C 焼戻	81.1	26.0 62.8	65.7 8.1	22.0
6	C 500°C 焼戻	116.4	18.0 107.6	49.0 3.5	36.5
7	C 650°C 焼戻	85.6	26.0 71.0	71.2 8.2	23.0

各試料の組織を第 18~23 圖に示す。此等の試料は何れも

2) 0.31% C, 2.90% Ni, 0.51% Cr, 0.35% Mo.



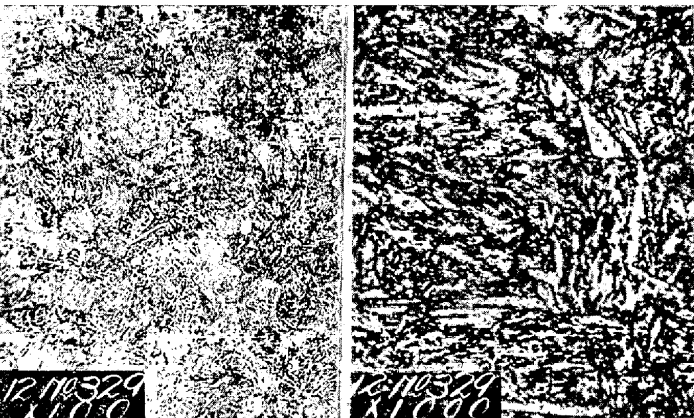
第 18 圖 試料 1



第 19 圖 試料 3



第 20 圖 試料 4



第 21 圖 試料 5



第22圖 試料6

第23圖 試料7

臨界冷却速度以上の熱處理を受けてゐるが組織には著しい差異が見られる。即ち A は比較的高温のパーナイト變態, B は比較的低温部, C は殆どマルテンサイト變態を行つてゐる事が知られる。殊に A に於ては母結晶たるオーステナイトの粒界が明瞭に現はれる。之は高温焼戻の際迄残留し機械的性質に悪影響を及ぼすものと考へられる。従つて機械的試験値は C が斷然勝り抗張力衝撃値共に B, A を遙に凌駕する。此の結果を更に系統的に調査する爲に次の如き

第 9 表

符號	C%	Ni%	Cr%	Mo%
G	0.33	2.97	0.53	—
H	0.26	2.88	1.28	0.37
K	0.19	4.70	0.91	0.36

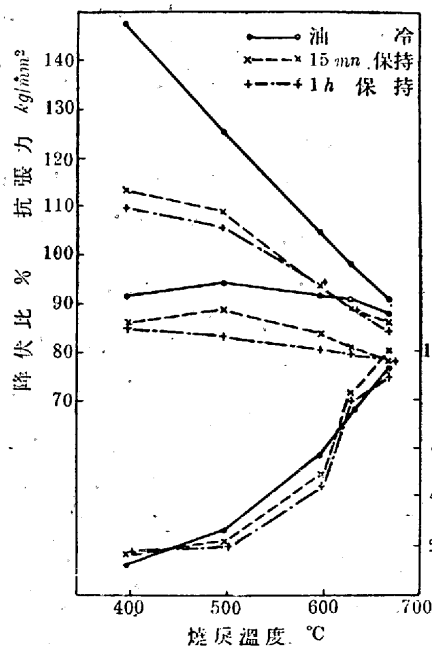
試料に就て等温變態と機械的性質に關して次の如き實驗を行つた。

1. ニツケルクロム鋼 試料 G

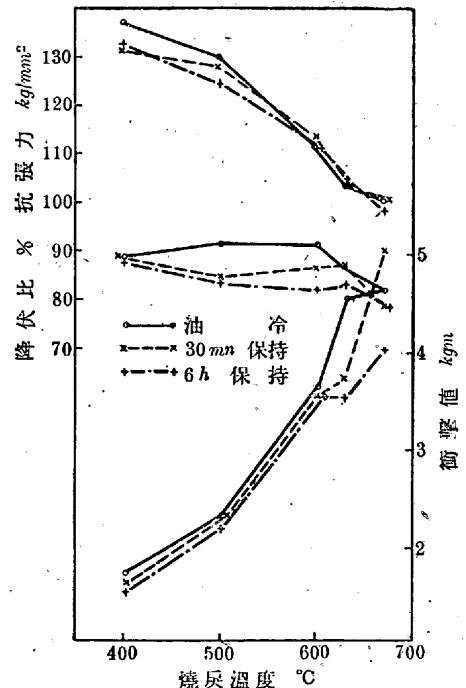
に就て 400°C に適當時間等温保持し各温度に焼戻せるものを、油冷後各温度に焼戻せるものと比較した。之を第 24 圖に示す。油冷試料は抗張力及降伏比に於て遙に優り、衝撃値は等温變態試料と同程度である。即ち等温變態を行つたものは一定の抗張力に對し降伏比、衝撃値が小であり、此は上述の低 Cr-Ni-Mo 鋼に關する豫備實驗と一致する。大型の鋼材は普通の冷却法に依れば、假令臨界焼入冷却速度以上の場合でも比較的高温のパーナイト變態域を徐冷されるから上述の如き降伏比、衝撃

ては更に低温等温變態の効果は試験中であるが、次に述べる Ni-Cr-Mo 鋼の場合より豫想せられる如く、少くとも衝撃値に對しては有害でないものと推論される。

2. ニツケルクロムモリブデン鋼 試料 H に就て試料 G と同様な實驗を行ひ第 25 圖を得た。抗張力、衝撃値は等温變態試料に於て稍低き傾向にあるも其の差は小である。唯降伏比に相當な差が認められる。故に斯かる成分を有する大型の鋼片を焼入れ 600°C 附近の温度で焼戻せば質量効果は小であり小型の鋼片に比し稍降伏點の降下する事が推論される。然るに試料 G に於ては大型の鋼片の抗張力を小型の鋼片の夫れと等しからしむる爲には、焼戻温度を低く取る事が必要であり、従つて衝撃値は低下し、降伏點の減少する事は試料 H と同様であるが其の程度は比較

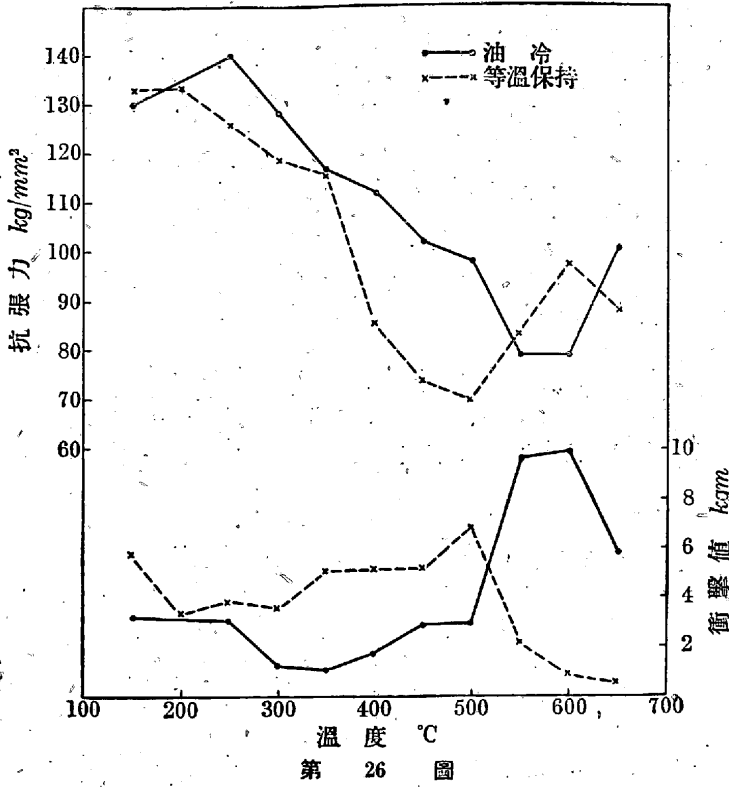


第 24 圖



第 25 圖

的の低下を示し質量効果が現れる。猶之等の試料に關し、Mo の添加が其の調



第 26 圖

質度を如何に増加せしむるかが容易に理解されるであらう。更に試料 K に就て各温度で等温變態せるものと、油冷後其等の温度に焼戻せるものを機械的性質に關して比較した。之を第 10~11 表及び第 26 圖に示す。圖に依れば

第 10 表 油焼入試料の機械的性質

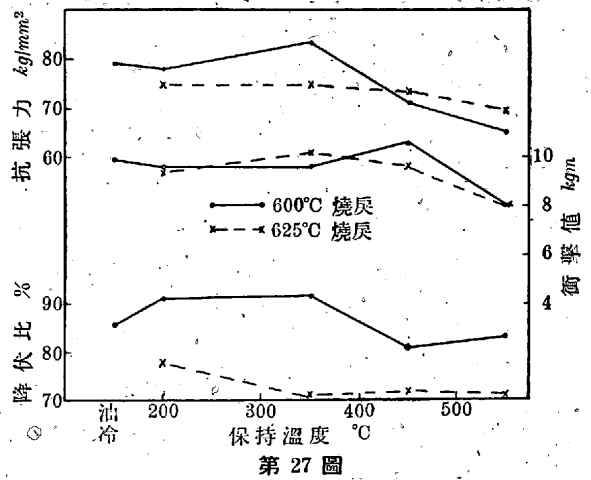
焼戻温度	抗張力 (kg/mm²)	伸 %	降伏點 (kg/mm²)	絞 %	衝撃値 (kgm)	硬度 HB
150°C	130.0	16.0	119.0	53.0	3.1	388
200	134.6	15.8	124.7	54.9	3.1	388
250	139.8	16.0	120.4	56.8	3.0	388
300	127.8	14.6	116.4	49.0	1.2	341
350	116.4	14.8	105.0	54.9	1.0	326
400	111.7	17.2	100.8	58.7	1.7	321
450	101.9	19.4	93.0	56.8	2.8	302
500	97.7	21.4	93.0	56.8	2.9	281
550	79.0	26.6	52.5	59.0	9.6	212
600	79.0	28.0	67.6	64.0	9.9	220
650	100.8	22.2	73.0	46.9	5.8	241

第 11 表 等温變態試料の機械的性質

保持温度	保持時間 (h)	抗張力 (kg/mm²)	伸 %	降伏點 (kg/mm²)	絞 %	衝撃値 (kgm)	硬度 HB
150°C	1.0	133.0	16.0	105.0	46.9	5.7	379
200	1.0	133.6	16.0	105.0	49.0	3.2	379
250	1.5	126.1	15.4	103.7	54.2	3.8	347
300	2.0	118.5	14.6	99.8	56.8	3.5	336
350	6.0	115.4	14.2	103.7	60.5	5.0	302
400	10.0	85.2	17.2	76.4	62.3	5.1	248
450	30.0	73.8	26.4	60.3	58.7	5.2	210
500	40.0	70.0	27.2	52.0	57.8	6.8	197
550	22.0	83.7	15.2	60.8	24.1	2.2	225
600	1.5	107.6	8.6	101.9	16.4	0.9	285
650	25.0	98.2	10.0	73.8	11.1	0.6	269

350°C 迄は等温變態試料の靱性大なる事が知られる。

400~500°C 内の温度範圍に於ては抗張力、衝撃値の兩者を考慮すれば一定の結論は得られない。500°C のものは宛も上述の直接焼鈍を行つた場合に相當し組織は殆どフェライトより成り切削性極めて良好である。550°C 以上では變態が完了しない爲に等温變態試料の衝撃値が遙に小である。次に等温變態の影響が高温焼戻の際如何に残留するかを調べる爲に 200, 350, 450, 550°C に夫々 1, 6, 30, 22 h 等温變態せしめた試料を 600°C 及び 625°C に焼戻して機械的試験を行つた結果を第 27 圖に示す。圖に依れば等温變態



第 27 圖

の影響は 600°C 焼戻の際抗張力、降伏比等に少しく現れてゐるが、衝撃値に關しては 550°C の場合を除けば殆ど差異は見られない。即ち K 試料は H 試料よりも大なる調質度を示した。之は K 試料の Ni 量大なる事に依るものと推論される。尙上述の如く低温温度に於ける等温變態に依つて比較的大なる靱性を得る事が出来るから、比較的小なる鋼片に對しては特殊鋼に就ても炭素鋼と同様に Austempering を適用する事が合理的である。例へば自動車用鋼、航空機材等に應用し得る。

終りに油冷試料と等温變態試料との組織を試料 K に就て比較する。300°C 迄は兩者の間には殆ど差異は認められないが、350°C 附近より焼戻されたトルースタイトとベーナイトとの差異が明瞭となり、更に高温となれば等温變態が完了せずフェライト+マルテンサイトとなる。500°C で等温變態せるものは殆どフェライトより成り、既述の如く切削性が良好である。

3. 展 望 大型の物體を焼入する場合には高温部のベーナイト變態を受ける事は必然である。焼入の儘では如何なる構造用鋼も高温のベーナイト變態を行つたもの程抗張力を減ずる。勿論質量効果小なるものは低下の程度は小である。然るにこの影響は更に高温に焼戻す場合にも残留



第 28 圖 油冷後 150°C 焼戻



150°C × 1h 等温變態



第 29 圖 油冷後 200°C 焼戻



200°C × 1h 等温變態



第 30 圖 250°C 焼戻



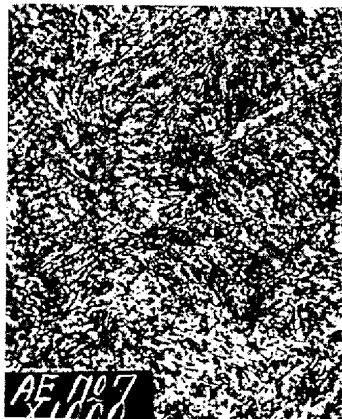
250°C × (3/2)h



第 31 圖 300°C 焼戻



300°C × 2h



第 32 圖 350°C 焼戻



350°C × 6h



第 33 圖 400°C 焼戻



400°C × 10h



第 34 圖 450°C 焼戻



450°C × 30h



第 35 圖 500°C 焼戻



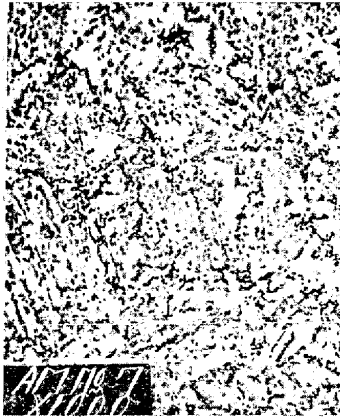
500°C × 40h



第 35 圖 油冷後 550°C 焼戻



550°C × 22h 等温變態



第 37 圖 油冷後 600°C 焼戻



600°C × (3/2)h 等温變態



第 38 圖 650°C 焼戻



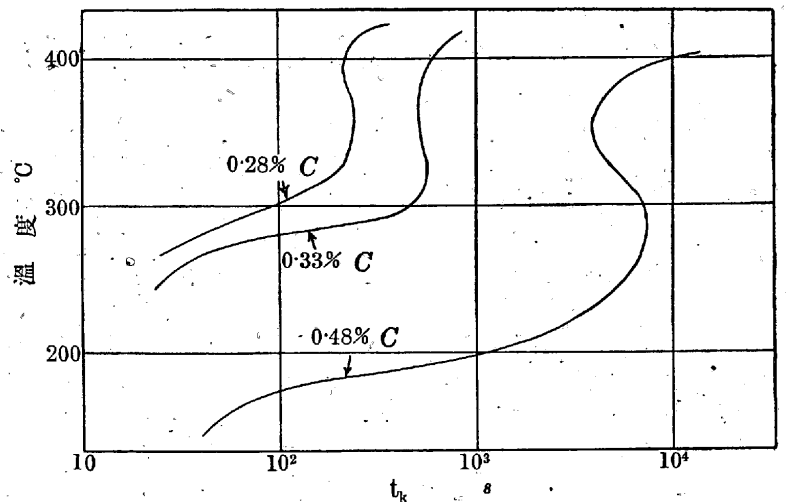
650°C × 25h

する。即ち *Ni-Cr* 鋼等に於ては衝撃値の抗張力に対する比及び降伏比が著しく減少する。然るに *Ni, Cr* 等を適當に大に取り *Mo* を添加すれば此の缺點が除かれる。即ち焼入の儘では質量効果が現れるが高温焼戻を行へば降伏比を除き衝撃値、抗張力等は一樣となる。此の意味に於て質量効果を小ならしめんとする限り(單に焼入のみならず焼戻をも考慮して、既述の如く S 曲線に於て完全なる補足性を示した。*Ni, Cr, Mo* の 3 元素は不可缺である。*Mn* に依る *Ni* の置換は比較的有効であり *Mn, Cr, Mo* の 3 元素は之に次ぐ補足性を有するものと考へられるが、熔解上の難點、熱處理上の困難、靱性低き缺點等があり、之を遺憾なく實用する爲には(特に大型の鋼片に對して)尙多くの研究を要する。尙 *Ni-Cr* 鋼より調質度小なるもの例へば其の代用鋼に於ては後述する如く、ベーナイト變態は比較的炭素量に敏感である。即ち炭素量はベーナイト變態域の S 曲線を著しく右方に偏せしむる。依つて炭素量の増加に依り高温のベーナイト變態を抑へて調質度を大ならしむる事が可能である。換言すれば *Ni* の一部を炭素に依つて置換するのである。實際獨逸に於ては代用鋼の炭素量は凡て高目に選んでゐる。

VI. 下部變態に及ぼす炭素量の影響

3.5% *Ni*-1.2% *Cr*-0.5% *Mo* 鋼に就て炭素量の下部變態に及ぼす影響を調査した。之を第 39 圖に示す。即ち炭素量 0.40% 附近から t_k 曲線が著しく右に偏し Ar''' が急激に降下する事が知られる。

肌焼炭素鋼に於ては滲炭層の靱性を増す爲に Austempering が行はれる事があるが、上述の如く *Ni-Cr-Mo* 鋼の如き特殊鋼に於ては變態を終了する爲には極めて長時間を要し實際上不可能となる。尙炭素量に依る t_k 及び Ar'''



第 39 圖

の相違は變態温度、變態時期の不同を結果し、之が焼入歪と關聯する事を考慮しなければならない。

VII. 總 括

以上の實驗を總括すれば次の通りである。

1. *Ni-Cr* 鋼及び *Cr-Mo* 鋼の S 曲線を求め兩者の熱處理に對する特性を比較した。即ち
 - 1) 既知の如く *Cr-Mo* 鋼は *Ni-Cr* 鋼に比し質量効果は大である。
 - 2) 焼割れの危険はあるが二段焼入法を施行すれば *Cr-*

- Mo鋼の質量効果を相當小ならしむる事が可能である。
- 3) 下部變態域に於ける Cr-Mo鋼の變態速度は Ni-Cr鋼に比して比較的大であるから、焼入歪及び焼割れ感受性は Cr-Mo鋼に於て比較的大であらう。
 - 4) S曲線より兩鋼に就て焼入臨界直徑を求めた。
 2. Ni-Cr-Mo鋼及び其の代用鋼に關してS曲線を求めた。
 - 1) 各鋼種に就て焼入臨界直徑を求めた。
 - 2) 焼入効果のみに就て云へば Mnに依る Niの置換は殆ど完全である。
 - 3) Crに依る置換の不完全なる事は Niとの補足性に依り説明し得る。
 3. Cr-Mo鋼に就て等溫變態に依る組織を撮影した。
 - 1) パーライトよりトルースタイトに變化する溫度域は略、670°Cにある。
 - 2) 600°C附近の變態速度は極めて小であり、針狀フェライトの析出が始まる。
 - 3) 550°Cに於ては明瞭なる針狀フェライトが析出し更に溫度が低下すれば次第に不齊形となり組織は次第に微細となり終にマルテンサイトを析出するに到る。

4. 以上の各鋼種に就て直接焼鈍に適當な溫度及び時間を求めた。
5. 低 Cr-Ni-Mo鋼, Ni-Cr鋼, Ni-Cr-Mo鋼に就て等溫變態と機械的性質との關係を調査した。
 - 1) 低 Cr-Ni-Mo鋼及び Ni-Cr鋼に於ては 400~500°C附近の等溫變態の影響は高温焼戻の際迄残留し、急冷せるものに比し衝擊値に對する抗張力の比が小である。此は焼入臨界冷却速度以上の場合の質量効果に相當し、之等の鋼種が比較的大なる製品に適用し難い事を意味する。
 - 2) Ni-Cr-Mo鋼に於ては 350°C附近迄の等溫變態は靱性に好影響を與へ、高炭素鋼と同様に比較的小なる自動車用鋼, 航空機材等に Austempering を適用する事の合理的なる事が知られた。又 450°C附近の等溫變態は高温焼戻の際何等惡影響を示さず、該鋼種が焼入臨界冷却速度以上の場合質量効果極めて小にして、極めて大形の鋼片迄高温焼戻の状態に於ては徐冷に依つて充分焼入効果を得る事が出来る。
6. Ni-Cr-Mo鋼に於て下部變態に及ぼす炭素量の影響を調査した。

快削鋼の性質種類及び用途

(日本鐵鋼協會第 24 回講演大會講演 昭 15. 10. 神戸)

森山達郎・矢野巖夫*

DIE EIGENSCHAFTEN UND EINTEILUNG VON AUTOMATEN-STAEHLEN UND IHRE VERWENDUNGSGEBIETE

Taturo Moriyama und Izuo Yano.

Inhalt:—Begriffsbestimmung des Automatenstahles. Unentbehrlichkeit des Automatenstahles für die Schnellarbeiten mit den Werkzeugmaschinen. Beziehung der Zerspanbarkeit des Werkstoffes auf die Bearbeitung mit den Werkzeugmaschinen. Allgemeiner Einfluss verschiedener Elemente auf die Zerspanbarkeit des gewöhnlichen Stahles. Einteilung der Automatenstähle. Vorteile beim Anwenden von Automatenstählen und ihre Verwendungsgebiete. Birnenverfahren und die Herstellung von Automatenstahl. Dringende Notwendigkeit der Förderung und Verbreitung von Automatenstählen. Schluss. Schrifttum.

内 容

- I. 快削鋼の意義
- II. 工作機械の高速運轉と快削鋼の使用
- III. 鋼の削易性に及ぼす各元素の影響
- IV. 快削鋼の種類
- V. 非鎮靜快削鋼の諸性質
 - (1) 機械的性質 (2) 壓延及び鍛錬性 (3) 冷間加工性 (4) 電氣熔接試験 (5) ガス熔接試験 (6) 鍛接試験 (7) 實地使用試験 (8) 普通旋盤による重切削試験 (9) 形削盤による低速重切削試験 (10) 自動旋盤による高速度輕切削試験 (11) 非鎮靜快削鋼が高速切削に最適なる理由 (12) 快削鋼の衝擊値の問題 (13) 熱間加工の可能とその理由
- VI. 快削鋼使用に基く利益
- VII. 快削鋼の用途

- VIII. 米國及び獨逸に於ける快削鋼の活用
- IX. トーマス製鋼法と快削鋼の製造
- X. 本邦に於ける快削鋼普及の急務
- XI. 快削鋼の名稱
- XII. 結 論
文 獻

緒 言

快削鋼使用量の多寡はある意味に於て機械工業發達の尺度と稱するも決して極言ではなく、その實例として本鋼の製造と使用竝にその普及とが米獨の機械工業進歩に寄與する所甚大なるものあり、就中獨逸は米國の衣鉢を繼承して、更に之を大成せしめたる事實に鑑み、切削容易なる材料と工具及び工作機械とが兩々相俟つて機械工業を進歩せしむ

* 日本鋼管株式會社