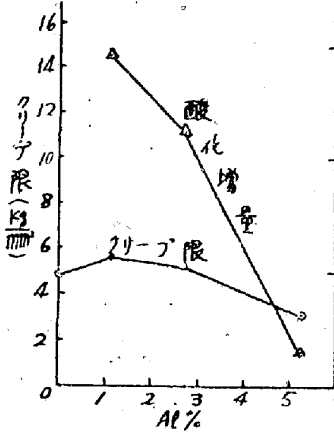
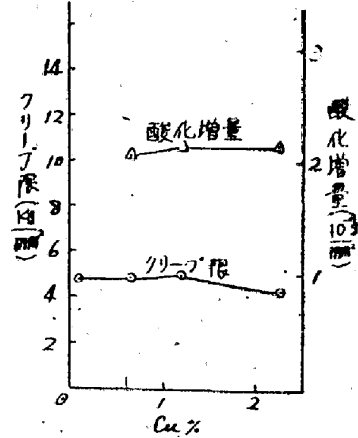


第3圖D 同 Si の影響



第3圖E 同 Al の影響



第3圖F 同 Cu の影響

な種々の性質を測定しこれら諸元素の影響を研究した。

2 C 量を増加すると高温強度及クリープ限は増大するが靱性が低下し特に高温長時間加熱による脆化傾向が著しい。これは炭化物の結晶粒界に凝集すること著しくなるためであると考へられ、クリープ限がC 1.0% を越へると減少するのと同じ理由によるものであらう。

耐酸化性に関しては影響が少い。

3 W を増加すると高温強度クリープ限、靱性及酸化抵抗何れも増大し高温長時間加熱による脆化傾向は少い。

4 Mo を増加すると高温強度、クリープ限、靱性及酸化抵抗は増大するが高温長時間加熱による脆化傾向が見られる、これは Mo が大州田を不安定ならしめ一部 α 相を生ぜしめるによるものと考へられる、添加量としては約 1% 以下が適當である。

5 Si を増加すると高温強度及酸化抵抗は増すが靱

性及クリープ限が低下し且高温長時間加熱による脆化傾向も著しいから添加量は約 2% 以下に止めるがよい。この脆化の傾向は γ 地に α 相が混在するに依るものであり γ-α 二相混在のものは γ 相が不安定で麻留田化の傾向を有しクリープ限も亦 γ 相単一のものより低い。

6 Al の影響は大體 Si と同様であるが強度は稍低く又靱性及クリープ限を低下せしめる程度は Si よりも甚しい。これは γ-α 二相化が Si の場合より更に著しいからである。

7 Cu を添加すると靱性は稍増大するが高温強度、クリープ限及酸化抵抗に影響する所少く長時間加熱による脆化傾向もあり好ましい添加元素ではない。脆化は Cu が大州田を不安定にし麻留田化するに依るものと考へられる。

8 一般に高 Mn 高 Cr 鋼は高靱性を有し高温抗張力、クリープ限は相當高値を保有するが酸化抵抗稍不十分であり且酸化皮膜は固着性に乏しい缺點がある。

(昭和 22. 7. 寄稿)

高炭素高クロム系ゲージ用不収縮鋼の研究

安 田 泰 治*

A STUDY OF THE HIGH CARBON HIGH CHROME NON-SHRINKING STEEL FOR GAUGE

Taiji yasuda

SYNOPSIS:— High carbon—high chromium alloys containing 1.0~2.0 %C and 0~20 % Cr have been studied to make influence of deformability by hardening and tempering clear. Then an adequate heat treatment is done so that less chromium content may be satisfactory to obtain smaller deformability. To summarize the results:

- (1) Deformability decreases suddenly at first to add chromium. It becomes constant if content of Cr is over about 5%, being continuous up to 20%.
- (2) Deformability in range of content is one of 0.02~0.05%.
- (3) Choice of hardening temperature, at the same time, standard status before hardening are significant to decrease deformability.

I 緒 言

高炭素高クロム系ゲージ用不収縮鋼として文献に挙げられてあるものは多くはクロムが12%前後で、炭素は1.0, 1.5, 2.0並びに2.5%内外の4種類である。そこでクロムの影響に就て研究したものを調査してみたが、著者の限られた狭い調査範囲では僅にScott⁽⁶⁾が炭素1%, クロム5.2%のものに就て述べてある程度である。依つて著者は炭素1.0~2.0%, クロム0~20%の範囲を目標にして炭素とクロムとの焼入焼戻変形率に及ぼす影響を明にする目的で本研究を行った。

第1表 試料化学成分 (%)

記 號	C	Cr
A-1	0.76	0.11
A-2	0.67	2.01
A-3	0.66	2.07
A-4	0.72	2.36
A-5	0.65	9.75
A-6	0.67	7.86
A-7	0.61	2.33
A-8	0.62	13.92
A-9	0.62	15.71
A-10	0.65	17.54
A-11	0.66	19.89
B-1	0.97	0.10
B-2	1.05	2.30
B-3	1.11	3.59
B-4	1.21	5.37
B-5	1.30	7.26
B-6	1.33	9.70
B-7	1.26	11.58
B-8	1.34	14.65
B-9	1.46	14.65
B-10	1.20	16.68
B-11	1.34	18.60
C-1	1.20	0.08
C-2	1.39	2.12
C-3	1.42	3.73
C-4	1.47	5.48
C-5	1.68	7.35
C-6	1.60	9.30
C-7	1.82	10.33
C-8	1.87	13.12
C-9	1.91	15.34
C-10	1.91	17.19
C-11	1.86	18.61

* 日産化学工業, 王子工場

II 試料の調整並びに実験方法

試料は炭素鋼, 木炭鉄及びフェロ・クロムを材料とし35 KVA鹼基性高周波電気爐に依り熔解した。鋼塊は重量約4 kg, 平均直径85mm高さ130mmである。これを直径12mmの丸棒に鍛伸し, 次に所定の熱処理を行った後試料片素材とした。試料の化学成分は第1表の如くである。炭素量はそれぞれ1.0, 1.5, 2.0%を目標にして熔解したが結果は表の如くクロムの少ないものでは炭素が可成低くなつてゐる。炭素, クロム以外は一部のものについてしか成分の分析を行つてゐないが大差ないものと思ふ。

次に試験片素材より長さ100mm, 径8mmの丸棒を作り試片とした。試片には両端に端より各々10mmづゝ離れて浅い切込を附し, この切込間の長さを測定の対象とした。測定には島津製測長顕微鏡A型を使用した。精度は1/1,000 mmである。尚長さは試片の周囲4ヶ所で測定しその平均をとつた。

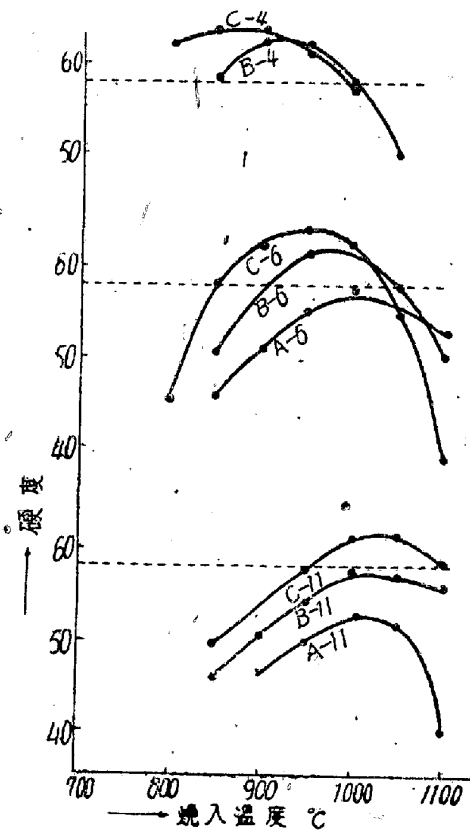
焼入加熱の方法であるが, 多く鹽浴⁽⁷⁾⁽⁸⁾が使用されてゐる様であるので試みに鹽浴にて實驗してみた。然し焼入後試片に浴物質が附着し測定が行ひ難いので減壓加熱法に依ることにした。加熱爐は堅型で内径52mm, 長さ600mmである。この爐内に径36mm, 長さ1,000mmの引抜鋼管を入れ下端を密閉し上端を廻轉式真空ポンプに連絡して減壓した。そして一定時間減壓加熱した後下端を開き試片を焼入槽に落し焼入した。本法に依れば試片の酸化は殆ど防止され測定上何等の困難はない。又温度分布も極めて良好で全長區間を通じて温度差3°Cである, 従つて焼入後の硬度分布も極めて均一で一例を挙げれば炭素鋼で試片の中央部の硬度 Rc 59 端が 56 である。

扱て次に試片を焼入した場合試片が彎曲すれば測定結果は不正確なものとなる。依つて試片の焼入操作に依る彎曲の程度をダイヤルゲージを用ひて測定してみた。その結果本焼入操作では彎曲の程度が僅少で, その長さの測定結果に及ぼす影響は測長器の精度以下であることが分明した。依つて測定した見掛けの長さをそのまま焼入後の長さとすることにした。

III 實驗結果

1 硬度試験 ゲージ用鋼としての所要硬度を一應 Rc 53 以上とし、この硬度を得るに必要な焼入焼戻温度を決定する目的より先づ各試料に就いてその焼入焼戻に依る硬度の變化を求めた。硬度試料は 12mmφ×15mm で所定温度に 15 分保持後油中急冷を行つた。尙 15 分に定めたのは 900, 1,000, 1,100°C の各温度に 5, 10, 15, 20 分保持後焼入した結果 15 分でいずれも一定の値を得られたからである。第 1 圖に代表的成分のものに就いて焼入温度に依る硬度の變化を示し

第 1 圖 焼入温度と硬度



た。焼戻は 100~300°C に加熱した油中に各々 3 時間保持後空冷とした。焼戻した場合の硬度變化は焼入硬度曲線に平行して變化し、且又焼戻し温度に依つても殆ど直線的に變化するのでこゝには變化の様子は省略した。

2 成分と焼入焼戻變形率 本實驗では鍛伸方向を長軸とする前述の如き細長い棒状試片の長軸方向の長さの變形率を測定した。即ち豫め標準に選んだ状態での長さ l_1 と所定の熱處理後の長さ l_2 とを測定して $\Delta l = l_2 - l_1 / l_1 \times 100\%$ に依り變形率 Δl を求めた。尙直径の變化も求めたが測定數値に自信がないので述べないことにする。扱て同一鋼種の場合でも焼入温度に依

つて變形率に非常な差があることは山田氏も強調しておられ、著者も豫備實驗の際確認した所である、依つてこゝでは所要の硬度が得られる範圍で熱處理を二三適當に選んだ場合の數値を示した。尤もこれらの中には硬度が所要の値に達しないものもあつた。測定の結果は第 2 表に示した如くである。即ち各炭素量共クロムが 2% 程度添加されると變形率は急激に減少する。

第 2 表 焼入焼戻變形率 (%) I

試料	焼 入			焼 戻		
	温度 (°C)	硬度 (Rc)	變形率 (%)	温度 (°C)	硬度 (Rc)	變形率 (%)
A-1	900	62.3	0.243	150	60.2	0.158
	1,000	62.0	0.185	100	58.2	0.121
A-2	850	61.8	0.135	150	59.9	0.058
	950	63.7	0.157	150	60.4	0.071
A-3	800	45.0	0.077			
A-4	900	63.4	0.124	200	59.7	0.052
	900	58.6	0.037			
A-5	1,000	61.9	-0.097	100	59.9	-0.145
	900	50.4	-0.002			
A-6	1,000	57.4	0.008			
	900	50.8	-0.006			
A-7	1,000	55.5	-0.014			
A-8	950	55.4	0.014			
A-9	900	51.6	-0.056			
	1,000	56.3	-0.082			
A-10	950	57.3	0.006			
A-11	850	42.3	-0.002			
	950	52.1	-0.055			
	900	38.3	0.014			
	1,000	50.3	-0.045			

第 2 表 焼入焼戻變形率 (%) II

試料	焼 入			焼 戻		
	温度 (°C)	硬度 (Rc)	變形率 (%)	温度 (°C)	硬度 (Rc)	變形率 (%)
B-1	950	60.7	1.267	100	60.7	0.162
	1,050	58.5	0.291			
B-2	850	63.3	0.120	200	60.0	0.033
	950	58.9	0.008			
B-3	800	60.1	0.237			
	900	62.1	0.218	150	59.5	0.127
B-4	900	62.2	0.038	200	59.0	-0.028
	950	62.1	0.076	150	60.0	0.066
B-5	900	56.7	0.097			
	1,000	60.1	0.032			
B-6	1,000	59.8	0.055			
B-7	1,000	59.6	0.017			
B-8	1,050	59.6	0.048			
B-9	1,000	57.8	0.048			
B-10	1,000	57.8	0.073			
B-11	1,000	57.8	0.073			

クロム 5% 以上は凡そ 20% 附近迄大差無いと云ふてよい。

3 再現性並びに繰返焼入の影響 同一鋼種に就いて試片を變へ再現性を試験した結果は第 3 表の如くで大體近い値が得られる。但し中には著しくはなれた値

第2表 焼入焼戻變形率(%) III

試料	焼 入			焼 戻		
	温度 (°C)	硬度 (Rc)	變形率 (%)	温度 (°C)	硬度 (Rc)	變形率 (%)
C 1	950	58.8	0.195			
	1.050	59.3	0.218			
C 2	800	63.3	0.071	200	59.0	0.042
	850	65.2	0.102	250	60.0	0.094
	900	62.8	0.099	200	59.8	0.051
	950	61.8	0.077	300	57.5	—
C 3	800	60.1	0.067			
	900	63.2	0.087	200	55.0	0.024
C 4	800	61.5	0.054	150	58.7	0.025
	900	63.5	0.095	200	58.3	0.049
C 5	850	58.1	-0.088			
	900	62.9	0.038	150	60.1	-0.027
	950	61.6	0.053	150	58.4	-0.017
C 6	1.000	59.0	-0.037			
	850	58.0	0.063			
	950	64.0	0.130	250	58.8	0.069
C 7	950	63.5	0.130	250	58.0	0.068
	1.000	61.9	0.090	150	60.2	0.052
C 8	900	59.1	0.098			
	1.000	61.0	0.111	100	60.1	0.068
C 9	950	63.5	0.112	250	58.0	0.060
	1.050	60.0	0.062	150	58.4	0.028
C 10	950	58.9	0.109			
	1.000	61.9	0.158	150	58.1	0.138
	1.050	60.0	0.057	100	60.6	0.046
C 11	950	57.9	0.147			
	1.000	59.7	0.099	100	60.5	0.064
	1.050	62.0	0.094	150	58.8	0.057

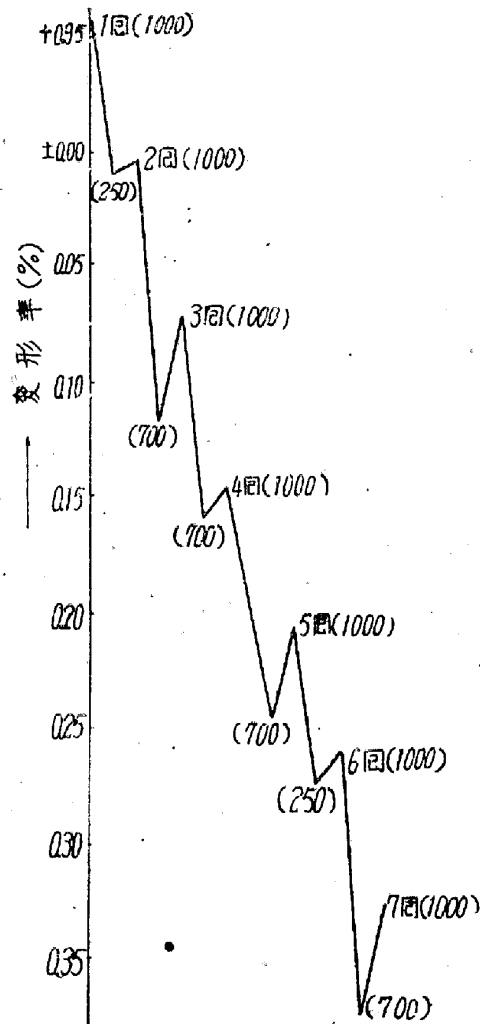
第3表 變形率再現性

試料	焼 入			焼 戻		
	温度 (°C)	硬度 (Rc)	變形率 (%)	温度 (°C)	硬度 (Rc)	變形率 (%)
C-3-1	900	62.9	0.087	200	59.7	-0.002
-2	"	63.8	0.050			
-3	"	63.5	0.095	200	58.3	0.049
-4	"	64.0	0.101	300	58.2	0.092
-5	"	62.8	0.117	200	59.3	0.051
C-4-1	"	62.9	0.038			
-2	"	59.4	0.049			
-3	"	64.5	0.116	200	59.5	0.049
-4	"	62.5	0.047			

を焼入の時示すものがあるが焼戻すと殆ど同じとなる。次に同一試片を繰返した場合の長さの變化を示すと第4圖の如くである。但し焼入は1.000°C、焼戻は100~700°C 迄行つた。硬度は焼入で Rc 59.3、700°C 焼戻で26.1である。5 回焼入後は低下し焼入で56~57 となつた。かくの如く焼入する毎に收縮するが顯微鏡的には大きな炭化物が吸収溶解されその數が増加し組織が均一化されて行く様である。

4 標準化處理の影響 焼入前の標準化處理が變形率に大きな影響を有することは前述の結果よりも豫想

第2圖 精返焼入と變形率

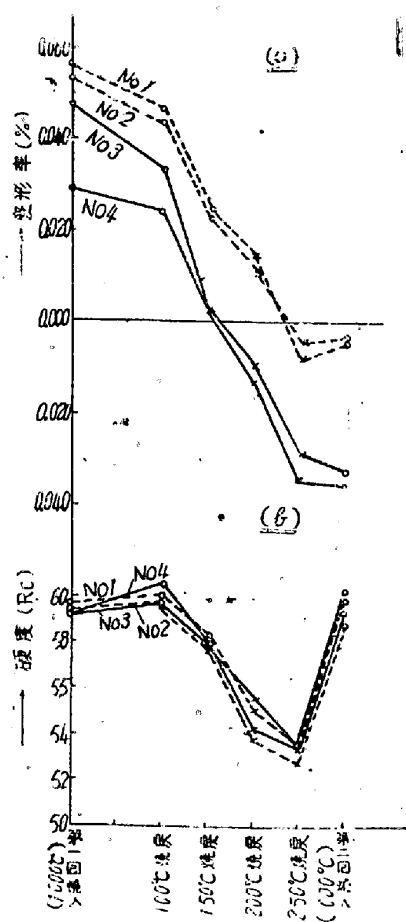


される所である。この點を明にするために標準化處理として 800、900°C の各温度に 30 分保持後爐冷と云ふ條件を選んで同一鋼種に就て各々二個づゝ試片を採り試験を行つた。その結果は第3圖に示した如くである。圖中 (a) は變形率を、(b) は硬度を示した。圖より明な如く兩者で硬度に現はれる差異は僅であるが、變化率では可成の差異が認められる。而も 800°C のものでは試片に依る相違も大きい。顯微鏡に依る検査では組織上の差異を認め得なかつたが、C-Cr 系平衡圖⁽⁹⁾に依れば C 1.0, Cr 12% の成分のもの、 $\alpha + C_m$ より $\alpha + \gamma + C_m$ に移る温度は 800°C、 $\alpha + \gamma + C_m$ より $\gamma + C_m$ 領域に移るのは 870°C であることより 800°C 爐冷のものでは組織が不安定であり、この状態を標準にすれば最終焼入状態との相違も不同を來し易く結果がまちまちになるものと解される。但し變形率の小さい場合のあることは注意を要する。

IV 結 言

(1) クロムが添加されると變形率は急激に減少し

第3回 標準熱處理と變形率



程以上になると殆ど一定し 20% 附近迄變りない。
 (2) 以上の成分範圍に於けるものゝ變形率は 0.02 ~ 0.05 のものが多い。
 (3) 炭素量の低いものでは硬度が出難く又結果も不同になり勝ちである。
 (4) 變形率を小ならしめるためには焼入温度の選定と共に標準に選ぶ焼入前の状態が重要な意義を有することを強調したい。
 終りに臨み本研究を行ふに當り終始懇篤なる御指導を頂いた日立製作所安來工場長菊田博士に衷心御禮申上げる。(昭, 22.8, 寄稿)

参考文献

- 1) 山田: 工具と材料, 4 (昭 16), 194
- 2) W. H. Wills, Traus, Am, Soc, Metals, 23 (1935)
- 3) Thum: The book of stainless steels (1935), 299
- 4) E. Houdremont: Werkstoff-Handbuch St. u. Ei., (1937), 013
- 5) W. H. White: Metal & Alloys 14(1941), 166
- 6) H. Scott: T. A. S. M. 29 (1941), 503
- 7) 山田: 前掲
- 8) 石田, 川口: 鐵と鋼, 28 (昭 17), 1083
- 9) Thum: 前掲, 29

焼入硬度に及ぼす肉厚及びコーナ部の影響

大和久重雄*
 飯島一昭*

1 試験目的

焼入用試片として用ひられるものは小型の角又は丸棒状の極めて簡単な形状もので、普通これより得られた試験結果を直ちに現場に於て使用される如き大型の且つ形状の複雑した材料に應用して居るのであるが、質量効果といふ點より見て之は少しく危険である様に思はれる。

然るに、この點に就いての定量的な研究は少しく等閑に附せられてゐる如き觀がないでもない。

筆者等は斯かる實狀に鑑み、先づ炭素鋼に就き試料の

* 鐵道技術研究所

肉厚並びにコーナ部がその焼入硬度に及ぼす影響を調べ、現場に直ちに應用し得る如き實驗室試料め大いさの限界を確かめる目的を以て、次の如き二三の試験を行つたのである。

2 試験方法

(イ) 肉厚の影響を調べるためには、次の如き方法を採用した。第1圖に於ける立方體 AC' は板材の一部分を、又 AC 面は板状材の縦斷面を示すものである。この材料の肉厚は AD' 面と BC' 面の距離で示される。この材料が均一に加熱された状態より急冷されるものと考へると、材料内部の熱量は AD' 面及び