

焼入及び焼戻温度の影響をも明かにした。

(6) Cr 量を増す程高温衝撃値は概ね減少するも、600~650° 附近に於ては Cr 量によつて餘り大差ない。

終りに臨み本研究を遂行するに當り終始御懇篤なる御指導を賜りたる菊田博士に深甚なる敬意と感謝の意を表す。

参 考 文 献

- (1) 小柴, 永島, 鐵と鋼, 35年. (昭 24), 4號. P 17~21
 (2) 小柴, 永島, 日評, 27 (昭 19), 215

シルクロムタンングステン耐熱鋼に就て

(耐 熱 鋼 の 研 究 II)

(第 5 回東北地方講演會 昭 19. 10. 3 於仙臺)

出 口 喜 勇 爾*

STUDY ON THE SILICHRONE-TUNGSTEN HEAT-RESISTING STEELS

Kiyoji Deguchi

(1) By the results of measurements of the transformation points, tensile proper and shock values at the room and the high temperatures, we have confirmed that we can substitute the molybdenum of Si-Cr-Mo heat-resisting steels by the same amount of the tungsten and that we can lower the content of the silicon.

(2) We have checked in detail the influences of over-heating and the degrees of removal of its influences by the heat-treatments after over-heated, not only on the room temperature, but also on the high temperature shock values of Si-Cr-W steels.

When we deoxydize with the proper amount of the aluminium or the titanium and make the grain sizes fine, we can reduce the grain growth, the coarse fracture and the lowering of the shock values of Si-Cr-W steels after over-heated.

(3) We have studied the influences of the nickel, copper and tin, mixed from the steel-making materials, on the transformation points and, not only on the room temperature, but also on the high temperature mechanical properties.

I. 緒 言

現今耐熱弁用鋼として最も多量に使用される Si-Cr-W 鋼に關する實用的諸問題の解決に資する目的を以て、次の諸項につき研究した。

(1) 従來の Si-Cr-Mo 鋼の Mo を資源的見地より節約するため、これを適量量の W にて置換せる試料及び火造り加工を容易ならしむるため、Si を若干低下せる試料につき、變態點、常溫並に高温の抗張力及び衝撃値を測定した。

(2) Si-Cr-系耐熱鋼は破面の粗大、衝撃値の不同且低い事が屢々問題とされ、過熱を受けた Si-Cr-

W 鋼につき、單に常溫、高温の諸試験をも行つて過熱の影響を検討すると共に、過熱後の熱處理が常溫高温の諸試験値に及ぼす影響をも詳細に検討した。

(3) 結晶粒を微細化せしめ、過熱による粗大結晶粒並に粗大破面を改良せんがために、脱酸劑としての Al 及び Ti の影響を検討した。

(4) 製鋼原料(高周波電氣爐用)より混入せる Ni, Cu, Sn が變態點或は高温機械的性質に及ぼす影響を検討した。

* 日本特殊鋼株式會社

第 1 表 試料の化学成分、変態点及び熱処理温度

試料番號	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	W	Mo	Ti	Cu	Al
1	0.40	3.08	0.30	0.011	0.012	11.12						
2	0.40	2.60	0.40	0.021	0.017	11.34			0.99			
3	0.40	2.44	0.50	0.021	0.019	10.35		0.86				
4	0.48	2.59	0.52	0.019	0.019	9.69		1.43				
5	0.38	2.54	0.48	0.021	0.018	10.37		1.92				
6	0.37	1.95	0.34	0.015	0.019	11.03			0.81			
7	0.38	1.98	0.48	0.020	0.020	10.37		0.82				
8	0.40	1.82	0.45	0.021	0.020	10.20		1.06				
9	0.40	1.89	0.46	0.019	0.018	10.37		1.63				
10	0.36	1.91	0.34	0.019	0.020	10.90	0.24	1.90				
11	0.42	2.19	0.59	0.011	0.013	10.42		0.72				
12	0.45	1.73	0.64	0.012	0.015	10.17		0.80				0.15(0.05)
13	0.42	2.16	0.64	0.012	0.014	10.37		0.81				0.21(0.1)
14	0.42	2.58	0.66	0.013	0.014	10.25		0.85				1.37(0.2)
15	0.40	3.62	0.61	0.011	0.015	10.25		0.79				1.06(0.4)
16	0.41	2.20	0.62	0.012	0.013	10.54		0.79		0.05(0.05)		
17	0.40	2.42	0.51	0.011	0.015	10.42		0.81		0.12(0.1)		
18	0.41	2.58	0.69	0.012	0.014	10.50		0.96		0.18(0.2)		
19	0.42	2.10	0.56	0.011	0.015	10.29		0.95		0.14(0.4)		
20	0.38	2.58	0.41	0.012	0.015	11.37		0.94				
21	0.39	3.76	0.58	0.018	0.018	11.32	0.22	1.21				
22	0.38	3.50	0.54	0.019	0.017	11.28	0.40	1.52				
23	0.38	1.59	0.51	0.020	0.015	11.36	0.58	0.74				
24	0.38	2.14	0.54	0.018	0.019	11.24	0.78	0.70				
25	0.38	1.78	0.54	0.019	0.018	11.36	1.02	0.61				
26	0.39	2.25	0.58	0.020	0.018	11.69		0.97			0.14	
27	0.38	2.04	0.54	0.018	0.017	11.53		0.82			0.36	
28	0.37	2.20	0.60	0.019	0.016	11.28		0.79			0.60	
29	0.38	2.30	0.60	0.020	0.018	11.57		0.79			0.76	
30	0.38	2.48	0.53	0.018	0.020	11.20		0.91			1.30	
31	0.39	2.30	0.70	0.018	0.020	10.67		0.75				
32	0.39	2.11	0.62	0.020	0.020	11.19		0.87				
33	0.38	2.27	0.48	0.022	0.023	11.41		0.64				
34	0.37	2.06	0.61	0.021	0.021	11.10		0.82				
35	0.45	2.37	0.64	0.022	0.019	11.32		0.79				
36	0.40	2.52	0.59	0.021	0.021	11.13		1.02				
37	0.39	2.35	0.50	0.020	0.023	11.09		0.68				
38	0.39	2.37	0.50	0.019	0.018	10.85		0.87				

試料番號	Sn	Ac (°C)	Ar (°C)	油焼入 (°C)	焼戻 (°C)
1		930 ~ 950	865 ~ 900	1050	850, 700
2		915 ~ 930	775 ~ 850	1030	" "
3		895 ~ 920	(Ar' = 740~800 Ar'' = 350~400)	1000	" "
4		910 ~ 935	835 ~ 860	1030	" "
5		950 ~ 972	890 ~ 900	1050	" "
6		910 ~ 925	840 ~ 860	1020	" "
7		880 ~ 905	790 ~ 815	1000	" "
8		890 ~ 905	805 ~ 835	1000	" "
9		890 ~ 910	785 ~ 820	1000	" "
10		900 ~ 920	760 ~ 830		
11				1000	800
12		887 ~ 910	690 ~ 730	"	"
13		915 ~ 940	300 ~ 370	"	"
14		922 ~ 945	820 ~ 850	"	"
15		935 ~ 960	810 ~ 845	"	"
			835 ~ 865	"	"

16		910 ~ 930	800 ~ 820	〃	〃
17		915 ~ 940	815 ~ 845	〃	〃
18		915 ~ 940	810 ~ 840	〃	〃
19		910 ~ 935	810 ~ 835	〃	〃
20		915 ~ 935	840 ~ 870	〃	〃
21		880 ~ 900	785 ~ 815	〃	〃
22		880 ~ 910	730 ~ 770	〃	〃
23		875 ~ 900	740 ~ 775	〃	〃
24		860 ~ 890	750 ~ 785	〃	〃
25		835 ~ 865	(Ar' = 670~705 Ar'' = 240~335)	950	750
26		900 ~ 925	850 ~ 875	1000	800
27		900 ~ 928	820 ~ 850	〃	〃
28		900 ~ 925	795 ~ 825	〃	〃
29		885 ~ 910	790 ~ 820	〃	〃
30		865 ~ 895	180 ~ 320	〃	〃
31		890 ~ 910	795 ~ 818	〃	〃
32	0.021(0.02)	885 ~ 910	780 ~ 815	〃	〃
33	0.034(0.04)	920 ~ 940	850 ~ 875	〃	〃
34	0.047(0.06)	880 ~ 915	765 ~ 800	〃	〃
35	0.075(0.08)	910 ~ 925	820 ~ 850	〃	〃
36	0.070(0.10)	910 ~ 930	845 ~ 870	〃	〃
37	0.030(0.20)	910 ~ 930	820 ~ 850	〃	〃
38	0.050(0.30)	910 ~ 940	830 ~ 860	〃	〃

() 内は配合成分

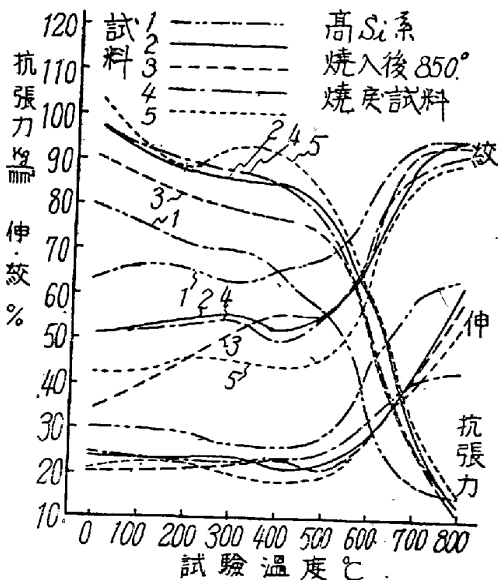
II. 試料の調製

試料は殆んど全部試験用高周波誘導爐によつて溶解した。それらの化学成分、変態点及び熱処理温度を第1表で、この中試料1~9は試験用鋼塊を、試料10は工場製品を、残餘は全部試験用 8kg 鋼塊を鍛伸して試験片を製作した。

III. Si—Cr—Mo 鋼の Mo 並に Si の低下に就いて

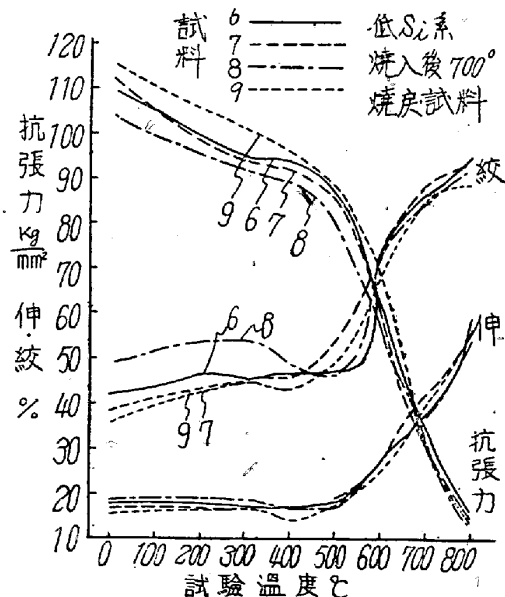
第1表中の試料2~9、即ち標準組成の Si—Cr—Mo 鋼試料2及びこれの Si を若干低下せる試料6並にその各々につき、Mo を約 1.0~2.0%W にて置換せる

第1圖

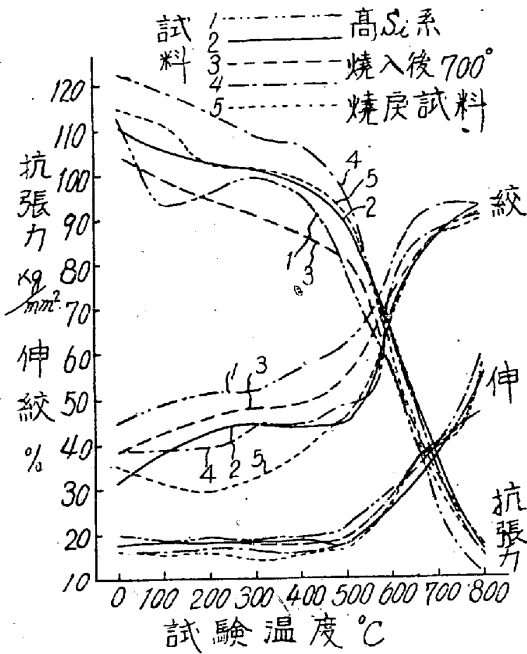


もの3種づゝ計8種類の試料に就て變態点を測定し(本多式全熱膨脹計による)。又 800° 以下の温度に於て高温抗張試験並に衝撃試験を行つた。第1表及び第1~6圖はその結果を示す但し高温試験前の熱処理は各試料共油焼入後 850°, 700° 焼戻の2種とした。蓋し 700° 焼戻は焼戻温度低きに過ぎるが、これは本鋼を窒化して硬化する代りに焼入焼戻によつて全體の硬度を高め耐磨耗性の大きなるものを得るためである、尙 Mo, W の何れをも含有せざる試料1を比較のために添附した。これらの結果を要約すると。

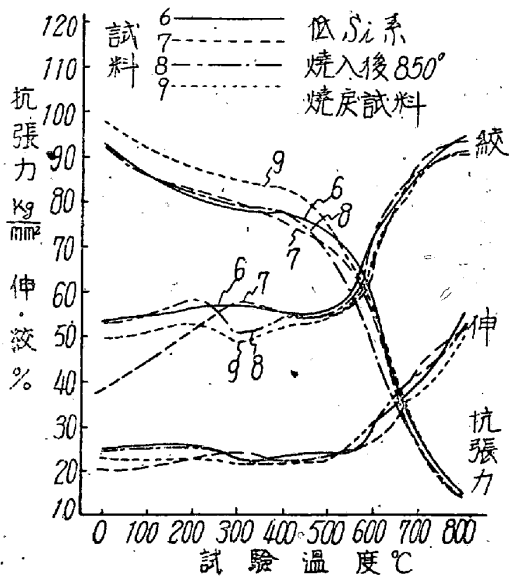
第2圖



第 3 圖



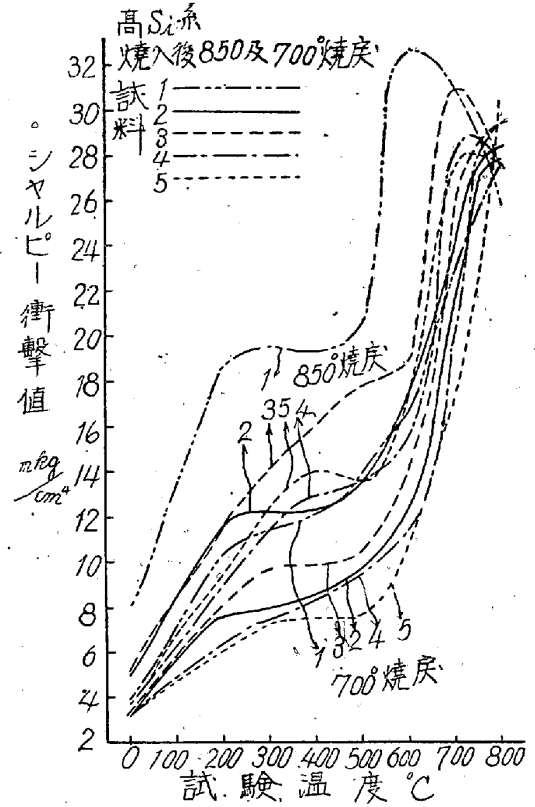
第 4 圖



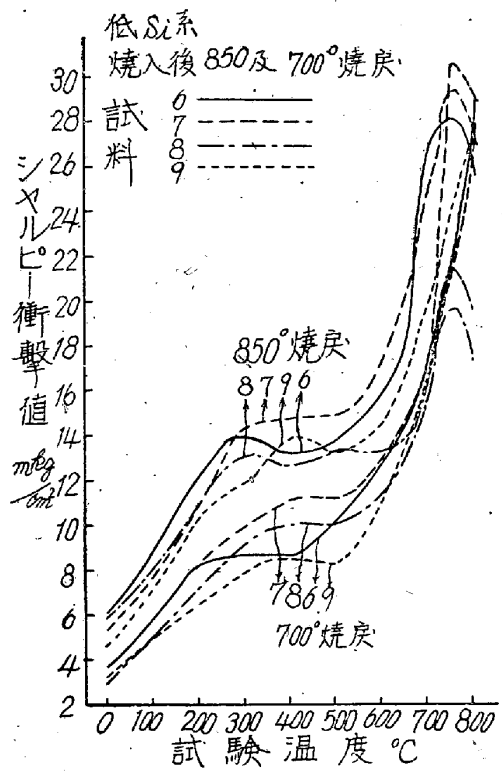
(1) Si—Cr—Mo 鋼を焼入後 850°, 700° の何れの温度に焼戻して使用する場合に於ても、高温抗張試験結果によれば、Mo は同量の W にては少々低値を示すが W 約 1.6% を加ふれば大體同等の性能が得られる。又一方高温衝撃試験結果によれば同量の W にて置換した場合が最良の成績を示す、又本鋼種の特性として常温衝撃値は低くても高温衝撃値は充分高いのであるから、常温衝撃値の高いものを選ぶ方が安全である。尙この場合 Mo の代りに W を置換しても變態温度は殆ど低下しない。

(2) Si—Cr—Mo 鋼の Si を 2.6% より 1.9% に低下する時は、高温抗張力は殆ど影響がないが高温衝撃値は全般的に少しく上昇し變態温度は約 5° 低下する

第 5 圖



第 6 圖



が大差がない。

(3) 低 Si 系の Si—Cr—Mo 鋼の Mo は焼戻温度 850° 700° の場合に於ても高温抗張試験結果によれば、1.6% 以上の W にて置換すれば充分で、同量の W にて置換しても著しい差はない、又高温衝撃試験結果では同

量の W にて置換の方が良好である。但し變態温度はそのため少しく低下する。

(4) Si-Cr-Mo 鋼の特質の一つは變態温度の高い事である。然るに Si の低きもの、或は Mo を W で置換した場合 W の低いものは若干變態温度が低下して居る、例へば試料 7 の Ac 變態は 880°C で試料 2 に比し 25° 低下して居る。この程度ならば焼戻温度 850° 以上とすれば使用上は支障がないが、若し不用意に多少 Ni, Cu 等が含まれたる場合には更に變態温度が低下するから注意を要する。尙添附せる Si, Cr 鋼 (試料 1) の高温抗張力は可成り低いが、伸、絞、衝擊値は高い。特にこの事は 850° 焼戻の場合に著しい。

IV. Si-Cr-W 鋼の過熱に就て

尙用鋼 Si-Cr-W 鋼の過熱による破面及び結晶粒の粗大化せる試料の標本を作製し、その硬度及び衝擊値を測定して置いて、工場製品検査の参考に供せんために工場製品 3 チャージを採り、15mm 角に鍛伸後次の熱處理及び試験を行つた (但 1 チャージ (試料 10) について述べる)、即ち。

(1). 1000~1200° 間の 50° 毎の各温度に夫々 1h 保持し、油冷後 780° に焼戻した状態。

(2) 1000~1350° 間の 50° 毎の各温度に夫々 3h. 過熱空冷後、

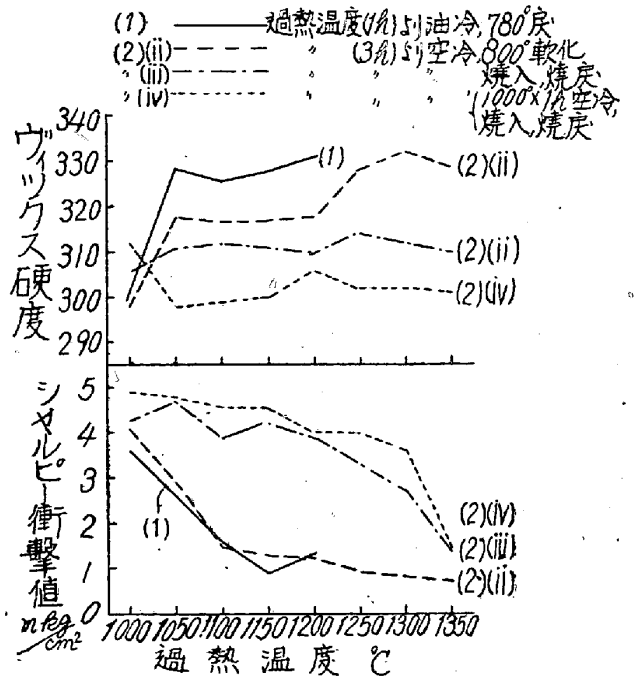
- i) このまゝの状態に於て。
- ii) 800° × 50mm 空冷軟化
- iii) 1000° × 30mm 油焼入 800° × 50mm 焼戻。
- iv) 100° × 1h 空冷, 1000° 油焼入 800° 焼戻。

の 5 種の熱處理を施したものに就て常温硬度、顯微鏡組織、衝擊値、破面の検査を行ひ又 400~800° 間の高温衝擊値を測定した、但し (2) の (i) では試料の切削不可能のため衝擊試験は施行しなかつた。これらの試験結果を次に簡述する。

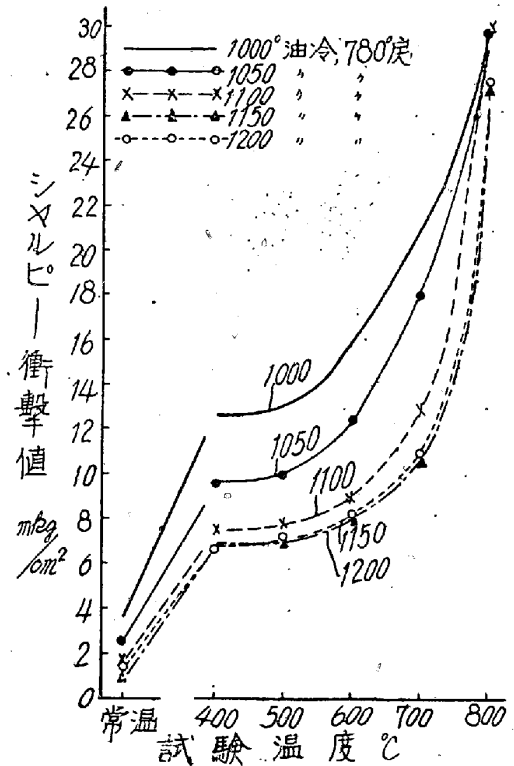
(1) 第 7 圖曲線 1 は油冷温度の影響を示すもので、1000° 油冷の試料のみが常温衝擊値 3 kgm/Cm² 以上を示す。加熱温度 1050° になると破面は粗大となり、顯微鏡組織に於て大洲田結晶粒界が表はれる³⁾ この様に過熱された試料の 400~800° に於ける衝擊値は第 8 圖に示すが如く 1050° 以上に過熱油冷されたものは、1000° 油冷の試料に比し、何れの試験温度に於ても衝擊値が低い²⁾、即ち本鋼種は一度過熱油冷されたものはその悪影響が、使用状態たる高温に於て著しく残存してゐる事を警告するものである。

(2) 本鋼種につき過熱の影響がその後の熱處理によりどの程度に恢復されるかを實驗した。

第 7 圖



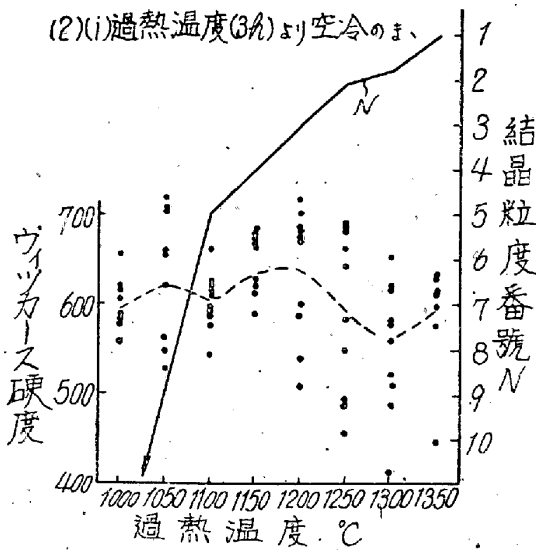
第 8 圖



(i) 第 9 圖は過熱空冷で過熱温度による硬度の差はない。結晶粒は³⁾ 1000° では細粒であるが、1050° では混粒、1100° より著しく粗大化し始める。

- 1) 破面及び顯微鏡寫眞省略
- 2) 試料 10 は試験温度 800° に於て相接近せる高温衝擊値で、他の試料は然らず。
- 3) 學振法並びにチンマー法により數回測定せるものゝ平均結晶粒度を示す。

第 9 圖



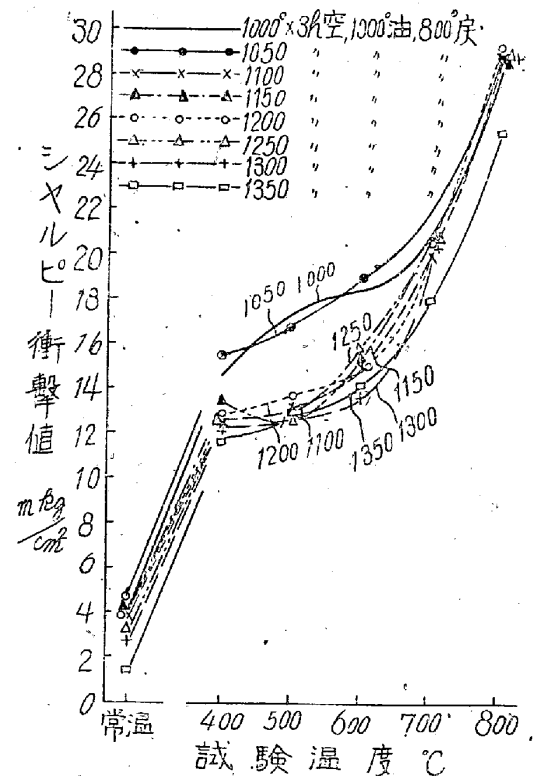
過熱に及ぼす影響を検討した結果は (1) 過熱後軟化した試料では、第 10 圖の如く、 $400^{\circ}\sim 600^{\circ}$ に於ける衝撃値は、 1000° 、 1050° 、 $1100^{\circ}\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 、 $1300\sim 1350^{\circ}$ と加熱温度上昇するに従ひ、階段的に夫々大約 4, 2, 1.5kgm/cm^2 づゝ低下する。試験温度 600° 以上に於ては、 1300° 以下の加熱試料では、加熱温度による衝撃値の差異が少い。(ロ) 加熱温度 1250° 迄ならば加熱後焼入焼戻する事により、過熱による常温衝撃値の低下を少なくする事が出来る、然るに高温衝撃値は第 11 圖の如く、試験温度 $400\sim 600^{\circ}$ に於ては加熱温度の影響著しく、加熱温度 1050° 迄ならば、加熱後焼入焼戻する事により、過熱による衝撃値の低下を少なくする事が出来るが、 1100° 以上に加熱された試料では依然靱性が低い。

(ii) 過熱空冷後各種熱処理を施せる場合

(a) 常温試験： 過熱による粗大破面は爾後の熱処理によつては殆んど恢復せず、又粗大結晶は再後の熱処理によつて粒内の組織は均一になり粒界は幾分不明瞭になるが、 1100° 以上の過熱試料に於ては再結晶により微細化する事は出来ない。尙第 7 圖にこれら試料の常温衝撃値及び硬度を示す。これによれば衝撃値 3kgm/cm^2 以上を示すものは過熱空冷後、軟化した場合には加熱温度 1050° 迄、焼入焼戻した場合には 1250° 迄、焼準焼入焼戻した場合には 1300° 迄である。

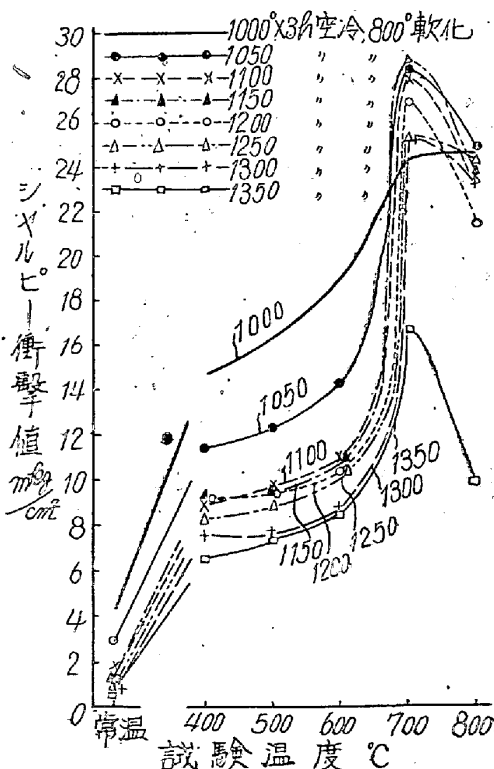
(b) 高温衝撃試験： 過熱後の熱処理が過熱試料の高温

第 11 圖



(ハ) 過熱後焼準、焼入焼戻せる試料の高温衝撃値は加熱温度 $1250^{\circ}\sim 1300^{\circ}$ 以下ならば餘り著しい衝撃値の低下は示さないが、 1350° 過熱試料のみは低下してゐる (圖省略)

第 10 圖



V. Si—Cr—W 鋼の過熱抵抗性に及ぼす脱酸剤 Al, 及 Ti の影響

Si—Cr—W 鋼が過熱により結晶粒並びに破面が粗大化し、衝撃値が低下するのを減少せしめる目的で、適量の Al 及 Ti を脱酸剤として添加し、Si—Cr—W 鋼の結晶粒を微細ならしめた試料 11~19 につき、過熱による衝撃値の低下を研究した。第 2 表⁴⁾ は其の結果

第2表 Si—Cr—W 鋼の過熱抵抗性 (常温衝撃値) に及ぼす
脱酸剤 Al, Ti の影響 (ρ: ジャルビー衝撃値 kgm/cm²)

試料 番号	投入 脱酸剤 %	焼入温度 °C (油)											
		1000		1050		1100		1150		1200		1250	
		ρ	平均	ρ	平均	ρ	平均	ρ	平均	ρ	平均	ρ	平均
11	—	4.3 4.3 4.1	4.2	4.0 4.0 4.3	4.1	3.2 1.8 3.5	2.8	0.9 1.1 1.1	1.0	1.3 1.1 1.1	1.2	0.9 1.3 1.1	1.1
12	Al 0.05%	5.8 4.6 5.0	5.1	3.8 4.6 5.2	4.5	3.5 3.5 3.8	3.6	3.2 3.3 3.3	3.3	3.1 3.1 2.6	2.9	1.1 2.3 1.3	1.6
13	Al 0.1%	4.6 5.0 5.5	5.0	3.7 3.3 3.3	3.4	1.5 3.2 2.6	2.4	2.3 2.3 1.8	2.1	2.1 1.4 1.5	1.7	1.3 1.0 0.9	1.1
14	Al 0.2%	5.3 4.7 5.6	5.2	4.3 3.8 4.1	3.1	1.5 2.7 3.1	2.4	2.8 3.6 2.7	3.0	2.6 2.8 2.8	2.7	1.3 2.3 1.2	1.6
15	A 10.4%	5.0 4.7 5.0	4.9	4.7 3.6 3.7	4.0	3.3 3.1 2.2	2.9	3.1 2.8 3.3	3.1	2.6 2.6 2.8	2.7	2.1 1.1 2.6	1.9
16	Ti 0.05%	4.6 4.4 4.1	4.4	3.3 4.1 4.1	3.8	2.1 1.3 2.8	2.1	1.8 3.0 1.4	3.1	1.3 0.9 1.1	1.1	1.3 1.3 1.1	1.2
17	Ti 0.1%	4.7 5.0 5.3	5.0	3.8 4.1 3.7	3.9	2.6 2.3 3.5	2.8	3.3 3.1 2.8	3.1	3.1 1.5 2.1	3.3	2.7 2.3 2.8	2.6
18	Ti 0.2%	5.0 4.7 4.7	4.8	2.6 3.8 4.6	3.7	3.2 3.5 2.8	3.2	3.1 3.1 2.8	3.0	3.1 2.7 3.6	3.1	2.1 3.5 1.3	2.3
19	Ti 0.4%	2.6 5.3 2.6	3.5	3.8 3.6 3.3	3.6	3.1 3.0 1.5	2.5	2.6 3.0 3.1	2.9	2.7 3.2 3.3	3.1	3.2 3.3 3.6	3.4

を示す。これによれば適量の脱酸剤添加により本鋼種の結晶粒を微細化するときは、過熱による衝撃値の低下を軽減することが出来、破面も良好となる。就中現場に於て実行する場合には Al 0.05% の使用が最も簡単に行へるものと思ふ (破面及び顕微鏡写真省略)

VI. 製鋼原料より混入せる Ni, Cu, Sn の, Si—Cr—W 鋼の高温機械的性質に及ぼす影響。

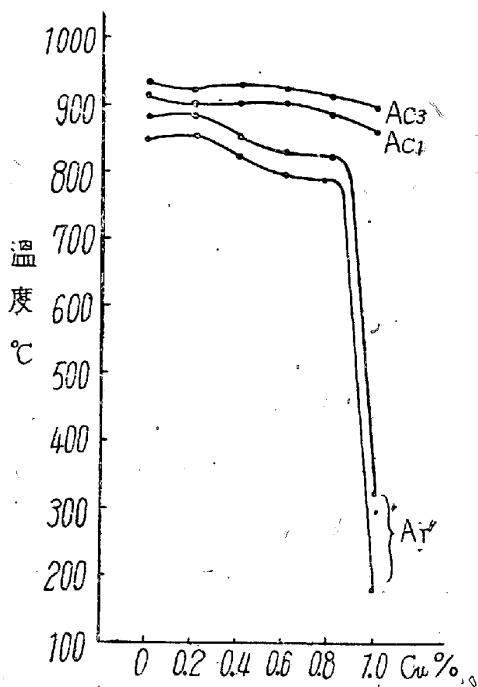
(1) Ni の影響。

約 1.0% 以下の Ni 含有量が Si, Cr, W 鋼の高温機械的性質に及ぼす影響を試料 20~25 につき試験した結果は (1) 変態温度⁵⁾: 第 12 圖の如く, Ac 変態は Ni 0.2% 含有されると約 30°, 1.0% では約 80° 低下し, Ar 変態は Ni 0.4% で約 100° 0.4~0.8% では

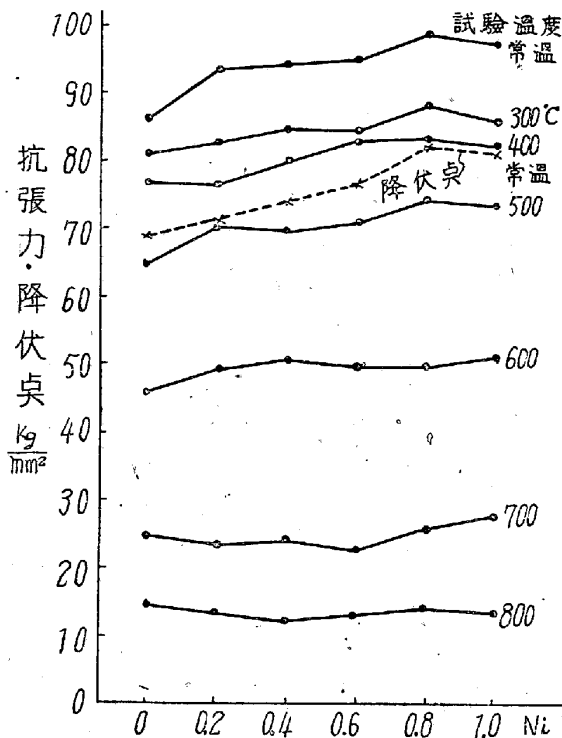
著しき変化なく, 0.8% より 1.0% に増加する時に著しく低下して二段変態をなす。(ロ) 衝撃値: 衝撃値に及ぼす Ni の影響は, 第 13 圖の如く, 常温に於ては少いが高温に於ては可成大きい, 衝撃値の概略の変化は Ni 0.2% で少く減少するか或は変化しないものが多く (700° に於ては増加), 0.4% で増加し更に Ni を増す時は却つて低下して 0.8% で最小値を示し, 1.0% で再び増加する。然しこれらの変化は

4) 第2表に於ては試料 11~19 を 1000~1250° の各温度に 1h 加熱油焼入焼戻, 800° 時の常温衝撃値のみで, 別に試料 11~19 を 1000~1300° の各温度に 3h 加熱空冷後 1000° x 1h 加熱油焼入, 800° 焼戻時の常温衝撃値も, 本項目で記述と同様の結論を得た。
5) 変態温度測定の際はすべて最高加熱温度 1000°, これより 650° 迄 30mm, 300° 迄 1.5h にて冷却。

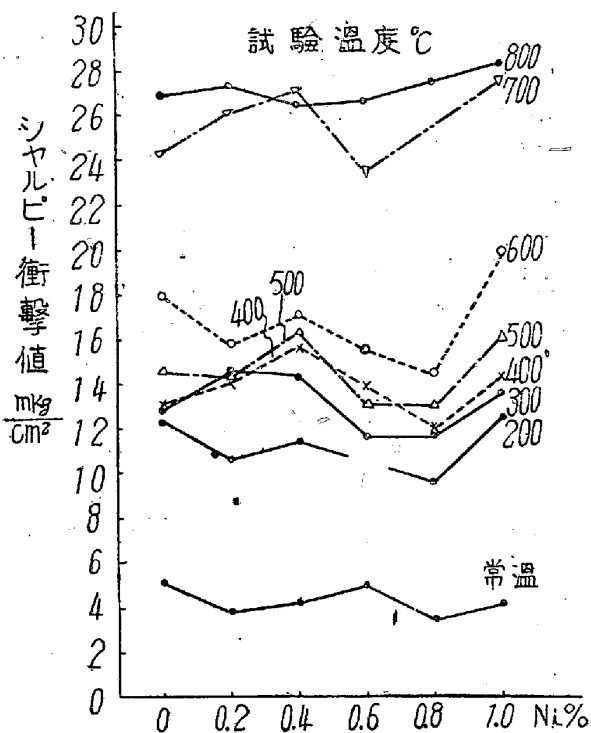
第 12 圖



第 14 圖



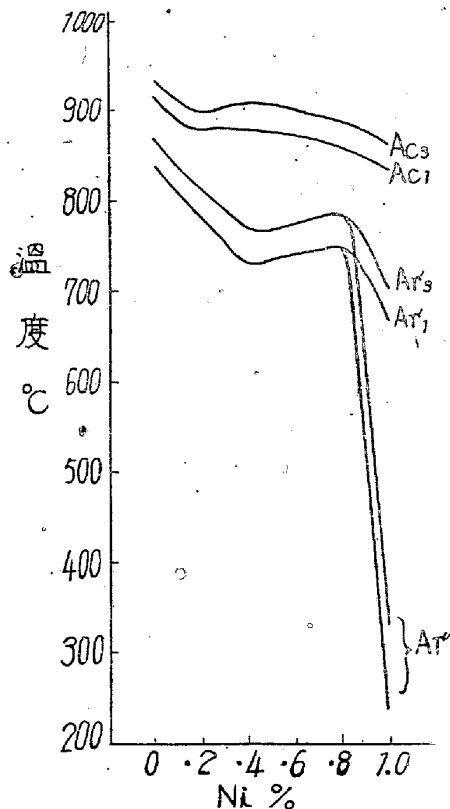
第 13 圖



(2) Cu の影響

試料 20 及び 26~30 につき Cu の影響を試験した結果は、(1) 變態溫度：第 16 圖の如く、Ac 變態は Cu/% 含有すると大約 20° 低下し、Ar 變態は 0.6% で約 50° 低下し、0.8 より 1.0% に増加す

第 16 圖

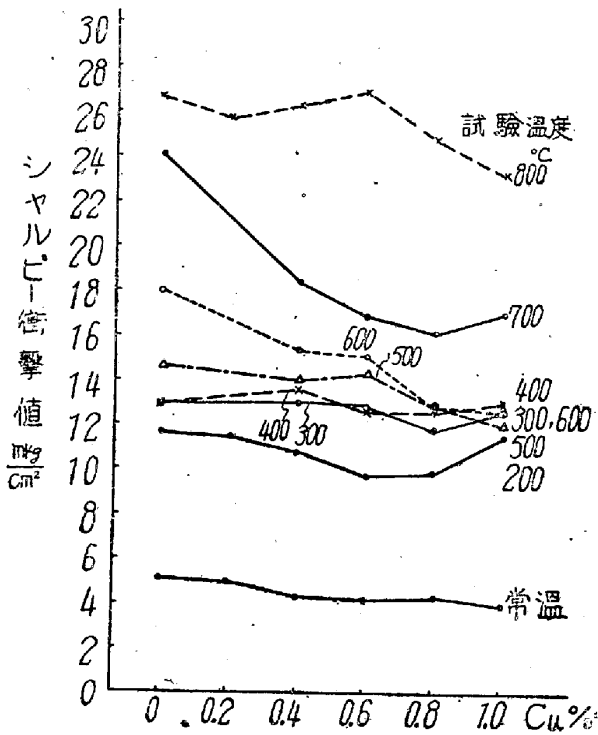


Ni よりも Si, W 等の影響の様に思はれる。(ハ) 降伏點 (常温), 抗張力: 第 14 圖の如く, Ni 含有量 0.8% 迄は Ni 量増加により殆んど變化なきか, 或は少しく増加し, 特に試験溫度低い時には増加が大きい更に Ni 1.0% 迄増しても殆んど變化がない, 高温抗張試験の際の伸, 絞 (第 15 圖—省略) は Ni 含有量の増加により常温試験値は殆んど變化がなく, 高温の場合には多少の變化はあるが一元的の影響は認められない。

6) 配合成分 Cu 1.0% に対し分析成分は 1.3%, こゝでは配合成分につき記述する。

る時急激に 300° 附近に低下する。(ロ) 衝撃値：第 17 圖の如く、概略的に見れば、Cu 含有量増加するにつれ衝撃値は低下するが、その影響は常温に於ては甚だしく、試験温度上昇するにつれて大となり、700° に於ては Cu 含有量 0% と 0.8% の兩試料間では約 8kgm/cm² の差異がある。併し 800° に於てはこの差が却つて減少する。又 Cu 0.6~0.8% 迄は Cu 含有量増加するに従つて衝撃値は減少し、更に 1.0% に増加するも殆んど減少せずして増加の傾向がある。(ハ) 降伏點 (温常), 抗張力：第 18, 19 圖の如く、0.4% 迄は Cu 含有により抗張力は概して増

第 17 圖

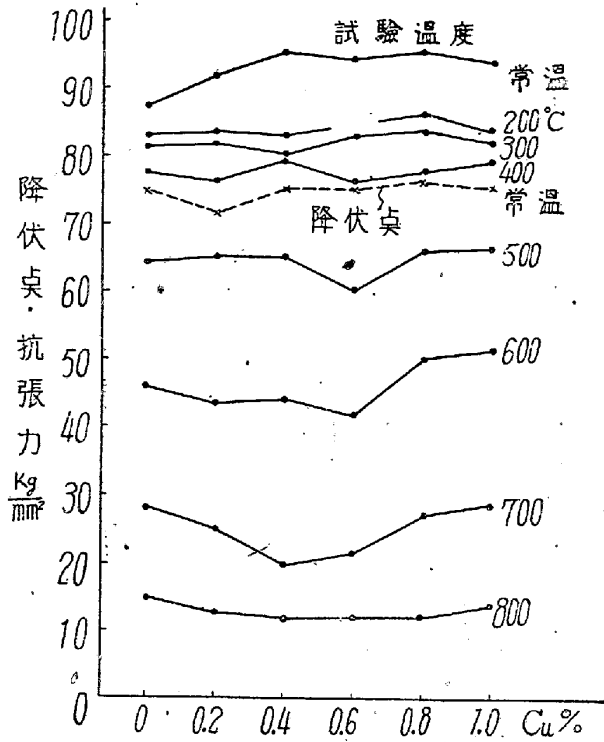


加するか或は變化なく (試験温度 700° に於てのみ減少), 伸, 絞も増加するか, 或は著しき悪影響がない, 更に 0.6% 以上含有する時は, 抗張力は不規則に増減し, 靱性の低下は試験温度 500~700° に於て著しい。

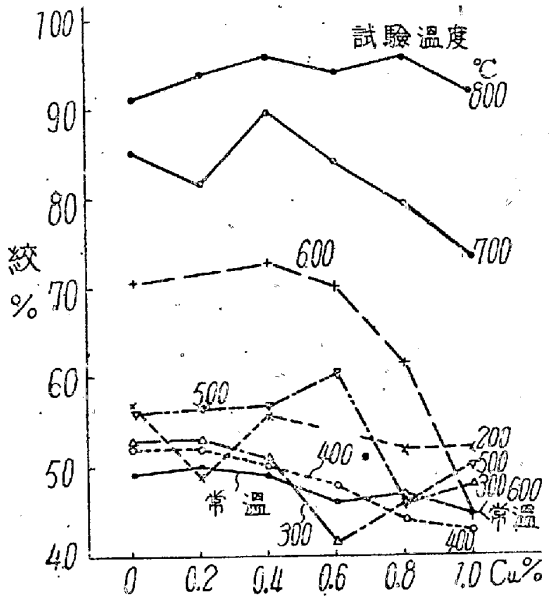
(3) Sn の影響

(1) 變態温度：0.3% 迄の Sn 含有は Si, Cr, W 鋼の變態點に對しては一元的の影響が認められない。(ロ) 衝撃値：第 20 圖の如く、0.06% 迄は Sn が含有されても常温衝撃値 3 kgm/cm² 以上を示し、高温度に於ても餘り低い値とはならない。然し 0.08~0.1% 含有されると階段的に低下し、更に 0.2~0.3% 含有される時は常温衝撃値は殆んど 0 となる。概略的に見て Sn 含量増加による衝撃値の低下は試験温度 800° に於ては他の温度に於けるよりも少

第 18 圖



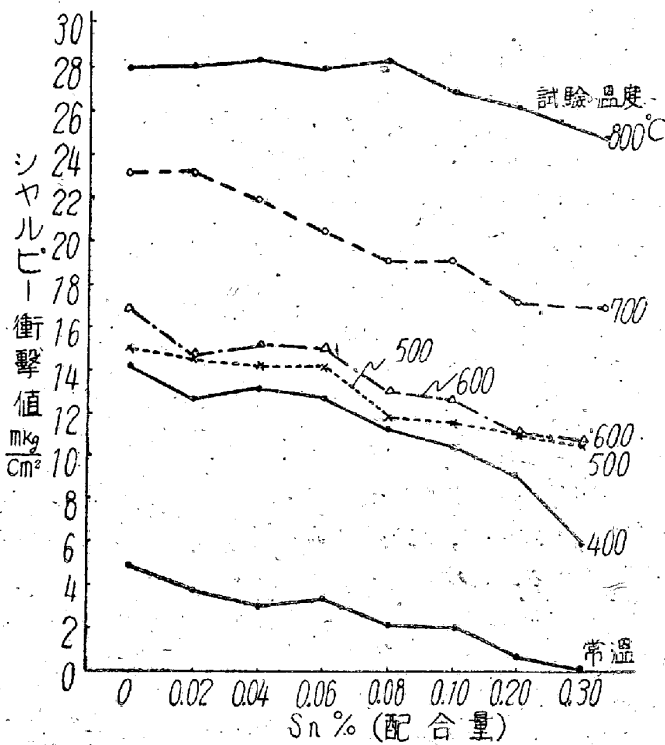
第 19 圖



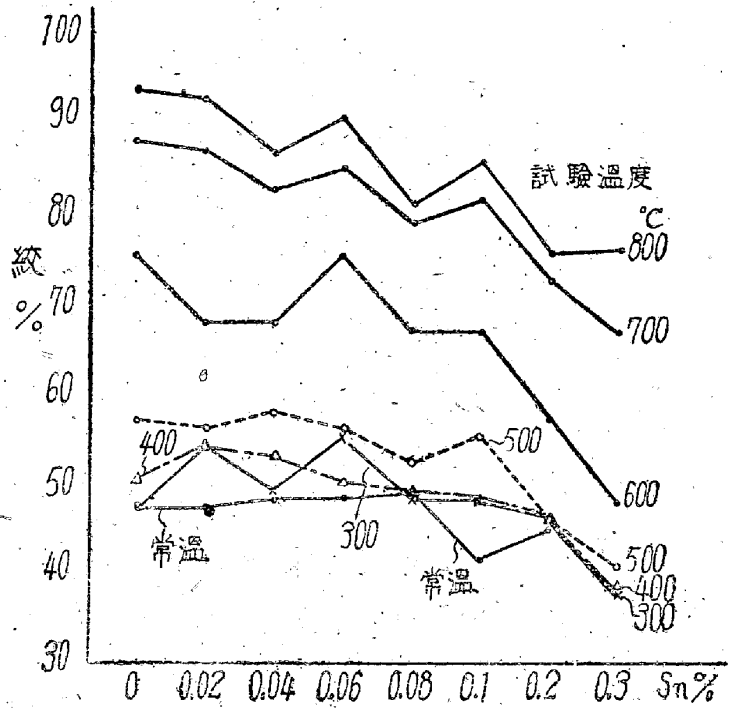
(ハ) 降伏點 (常温), 抗張力：第 21, 22 圖の如く、常温並びに高温抗張力に及ぼす Sn の一元的の影響は餘り認められないが、靱性特に絞に對しては著しい影響を及ぼし、0.08~0.1% 以上含有される時は絞は低下する、特にこの事は試験温度高き場合の方が著しい。

7) 第 1 表の Sn の配合成分 0.2, 0.3% に對して、數回再分析を行つたが、結果は配合量よりも小値を示す然し諸試験結果より配合成分に近き Sn が含有されて居るものと推定されるため、配合成分について記述す。

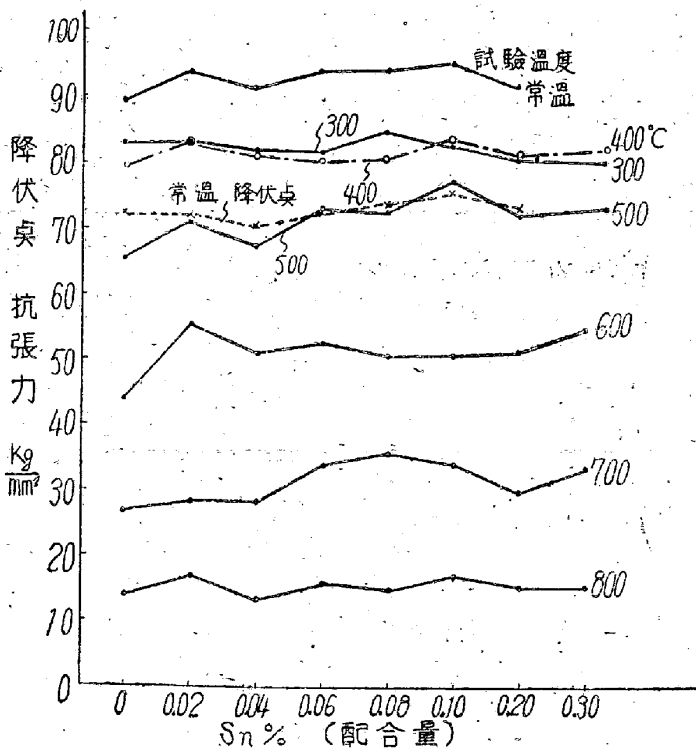
第 20 圖



第 22 圖



第 21 圖



VII. 總 括

以上の結果を總括すれば次の如くである。

(1) 従来使用されてゐた Si—Cr—Mo 耐熱鋼の Mo を相當量の W にて置換する事及び Si を適當量低下する事の可能性を、變態温度の測定、常温高温抗張試験並びに衝撃試験の結果より確めた。

(2) Si—Cr—W 鋼の過熱の影響、及び過熱後の熱處理により過熱の影響がどの程度除去されるかを、常温高温衝撃試験結果について詳細に検討した。

(3) 適當量の Al, Ti を脱酸剤に使用して結晶粒を微細化となし、Si—Cr—W 鋼の過熱による結晶粒、破面の粗大化、衝撃値の低下を減少せしめるに役立つ事を確めた。

(4) 製鋼原料より混入する Ni, Cu, Sn が Si—Cr—W 鋼の變態温度、常温高温機械的諸性質に及ぼす影響を検討した。

本研究中終始御指導を賜りました渡邊社長、玉置研究部長、御懇篤なる教示を戴きをした村上武次郎先生に深甚の謝意を捧げます。(昭. 23. 8. 寄稿)