U. D. C. 669. 15. 26. 27. 292. 782. 018. 456. 4

熱間工具用 Si-Cr-W-V 鋼に及ぼす Si および W の影響

The Effect of Si and W on the Various Properties of Si-Cr-W-V Hot Tool Steel

小柴定雄* 田中和夫** 稲田朝雄**
Sadao Koshiba Kazuo Tanaka Asao Inada

内 容 梗 概

熱間工具用 Si-Cr-W-V 鋼の諸性質に及ぼす Si および W の影響をしらべた。

Si および W 量の増すことにより各変態温度は高温側に移行する。また Si は焼入および焼戻硬度を高め，W は焼戻による二次硬度を高める。焼入性は Si によってあまり影響なく，W はかえってこれを低下する。次に両者とも常温および熱間における引張強さを高める。伸びおよび絞りは試験温度 500～700℃においては Si および W 量によりそれぞれ異なった結果を示す。しかして 700℃において最低値を示し 750℃においてはその値を著しく増す傾向を示す。常温の衝撃試験においては Si および W 量の多い方が低い。試験温度 500～650℃においては温度の上昇とともにその値を低下し 700℃付近より急激にその値をます。変形率は Si 量の少ないものおよび W 量の多いものの方が大きい傾向を示す。

1. 緒 言

さきに筆者らは熱間工具用 W-Cr (5–2) 系，Mo-Cr (3–2) 系鋼に及ぼす Ni の影響[1][2] および W-Cr-Ni (5–2–1) 系鋼に及ぼす Cr の影響[3]につき検討した結果を報告したが，本報はこれらに引続き Si-Cr-W-V 鋼に及ぼす Si および W の影響につき検討した結果である。

2. 試料および実験方法

試料は 50 kg 高周波電気炉により熔製し 35 kg 鋼塊に鋳造後 18 および 32 mm φ に鍛伸し 850℃ にて焼鈍後前報[3]と同様の方法により各種の実験を行った。第1表に各試料の化学成分を示すが，S 1～S 4 は Cr 量約 1.5 および 3.0%の場合における Si の影響，W 1，W 2 試料は W の影響につき検討したものである。

3. 実 験 結 果

3.1 変態点の測定

最高加熱温度 900℃における各試料の測定結果を第2表に示す。Cr 量約 1.5 および 3.0% の両系試料とも Si 量の多い方が変態温度は高い傾向を示し，また W 1，W 2 試料においては W 量の多い W 2 試料がその変態温度はいずれの場合も高い。

3.2 焼入，焼戻試験

第1図および第2図に Si 量異なる Cr 量約 1.5 および 3.0% 系各試料の焼入温度と硬度との関係を示す。すなわち両系試料とも空冷の場合は加熱温度 1,000℃，油冷の場合は 1,050℃ 付近においてそれぞれ最高硬度を示し，それ以上の温度においてはかえって硬度を低下する傾向を示す。水冷の場合は 1,050℃ 以上の温度における硬度はほとんど大差ない。しかして両系試料とも Si 量の多い方がその硬度は高い。

次に第3図は W 量異なる各試料の焼入温度と硬度の関係を示す。同図より明らかなるごとく W 量約 2.0% 含有する W 1 試料においては空冷，油冷ともに 1,000℃

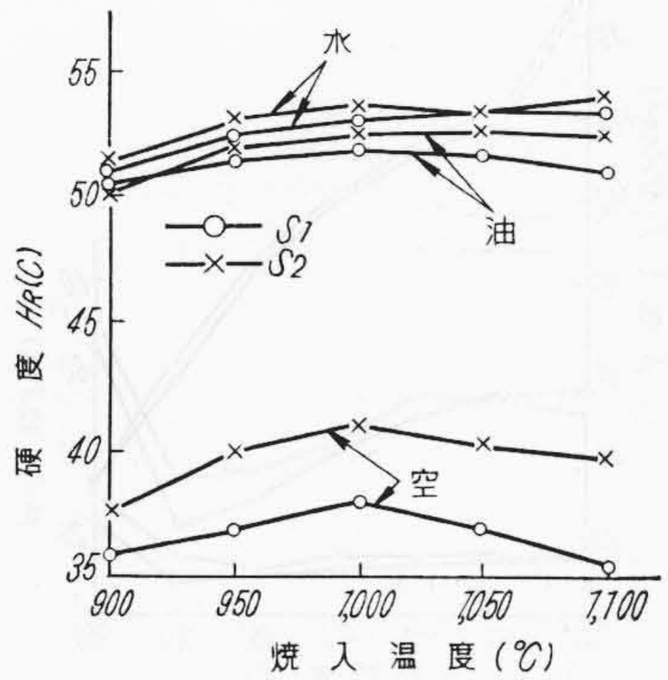
第2表 各試料の変態生起状況 (℃)

試料	加熱変態		炉冷変態		空冷変態	
	開始	終了	開始	終了	開始	終了
S 1	789	840	749	693	403	351
S 2	799	848	752	684	443	372
S 3	786	822	731	664	379	320
S 4	790	831	739	674	391	338
W 1	803	862	791	716	491	406
W 2	810	876	801	730	494	410

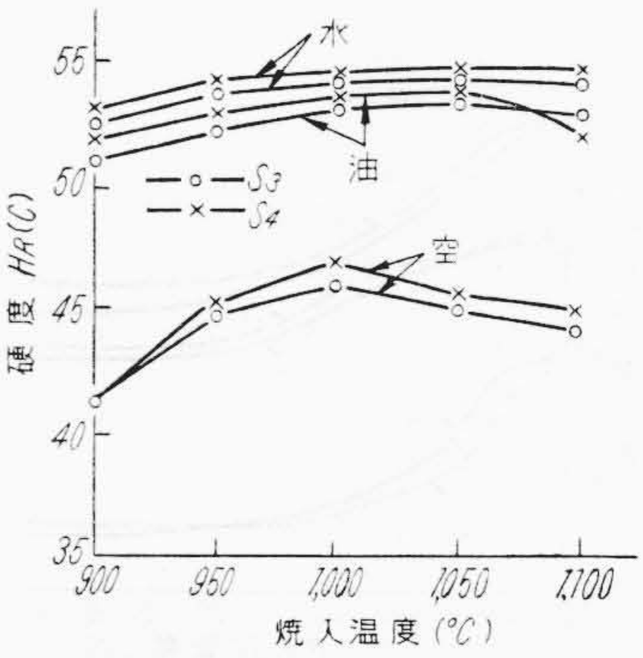
第1表 試料の化学成分および結晶粒度

試料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	Mo	V	Cu	結晶粒度 G
S 1	0.30	0.27	0.42	0.016	0.013	0.10	1.64	2.03	0.06	0.23	0.13	6.6
S 2	0.34	0.87	0.50	0.010	0.015	0.15	1.68	1.88	0.08	0.20	0.11	6.2
S 3	0.31	0.26	0.35	0.014	0.017	0.11	2.90	1.93	0.09	0.18	0.11	6.0
S 4	0.32	0.84	0.35	0.012	0.012	0.14	2.98	1.97	0.10	0.20	0.15	6.6
W 1	0.30	0.85	0.38	0.009	0.006	0.04	1.22	2.09	0.08	0.24	0.15	6.1
W 2	0.29	0.78	0.36	0.009	0.006	0.08	1.16	4.18	0.08	0.24	0.13	6.5

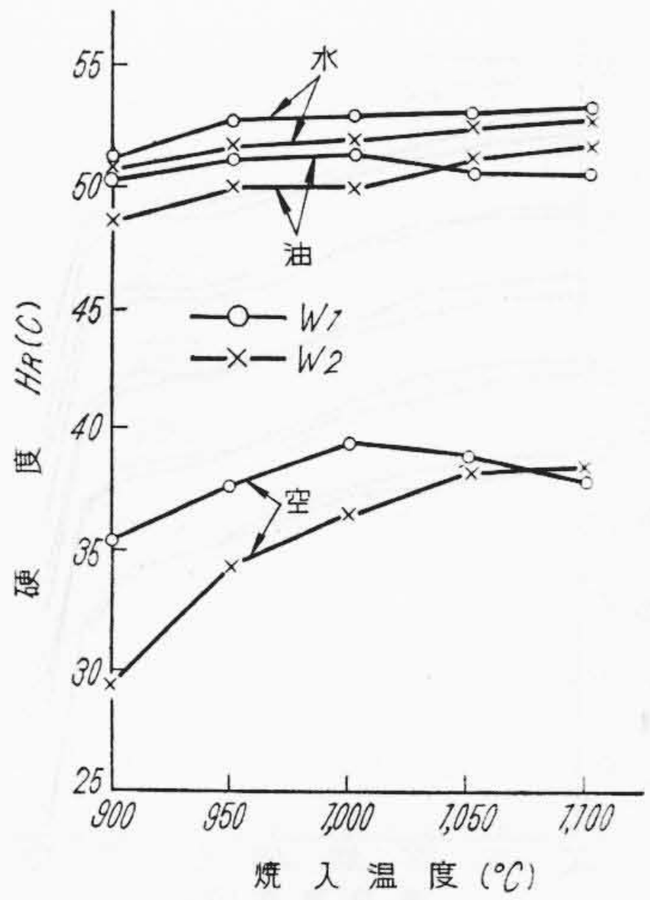
* 日立金属工業株式会社安来工場 工博
** 日立金属工業株式会社安来工場



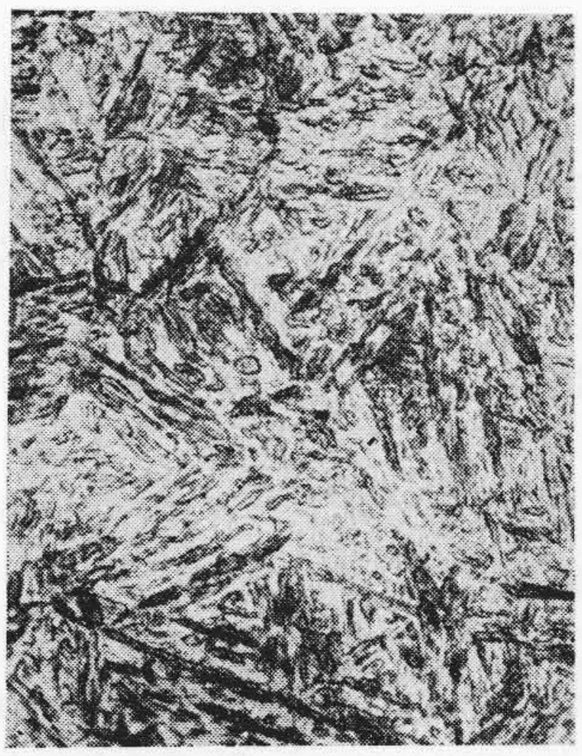
第1図　Si 量異なる Cr 約 1.5% 系試料の焼入温度と硬度の関係



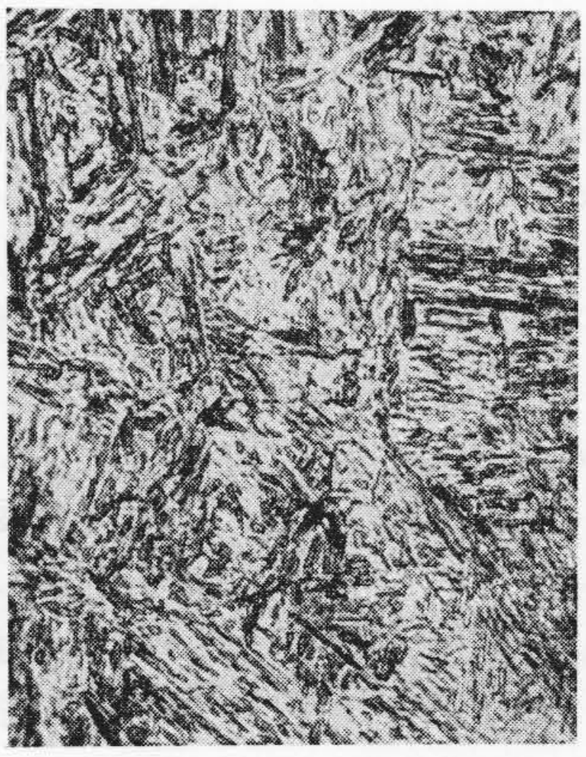
第2図　Si 量異なる Cr 約 3% 系試料の焼入温度と硬度の関係



第3図　W量異なる各試料の焼入温度と硬度の関係



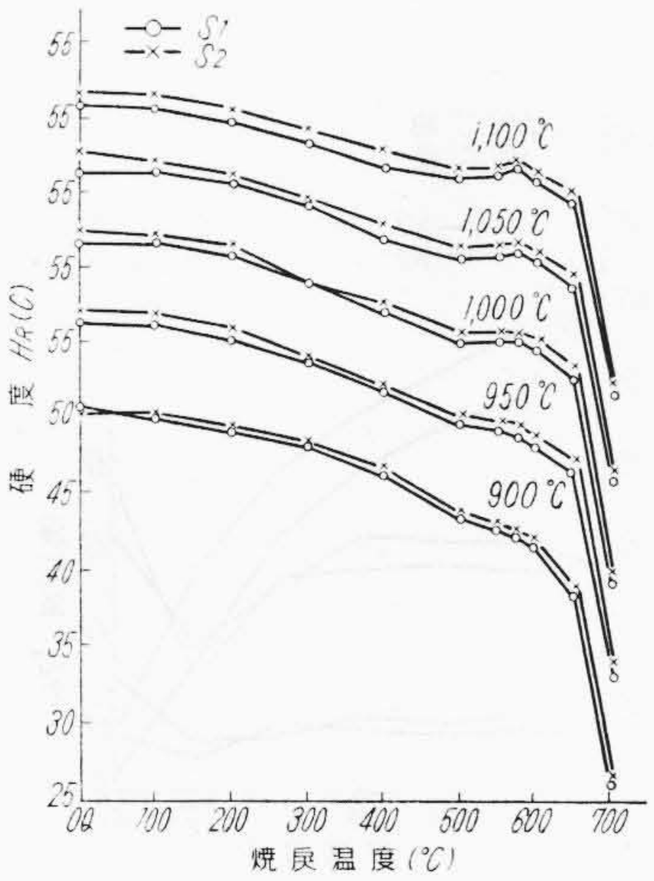
第4図　S1 試料の 1,050℃ 油焼入組織（×420）



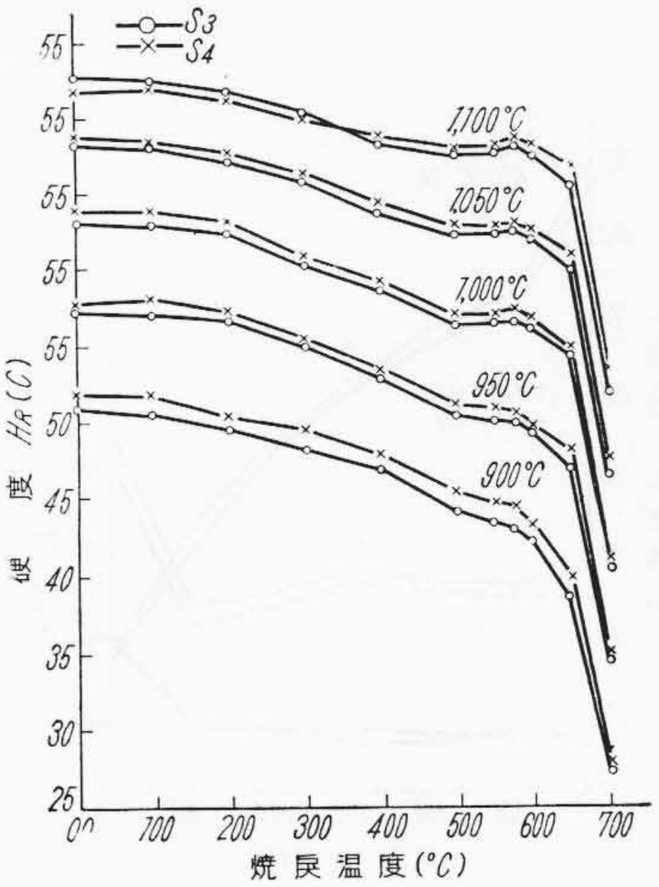
第5図　S2 試料の 1,050℃ 油焼入組織（×420）

第6図　W1 試料の 1,050℃ 油焼入組織（×420）

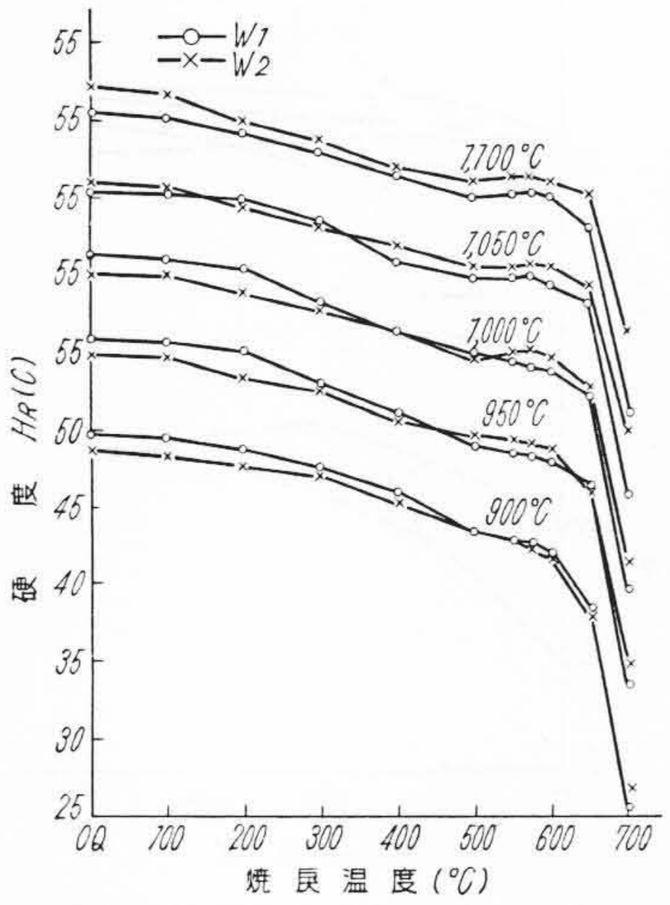
第7図　W2 試料の 1,050℃ 油焼入組織（×420）



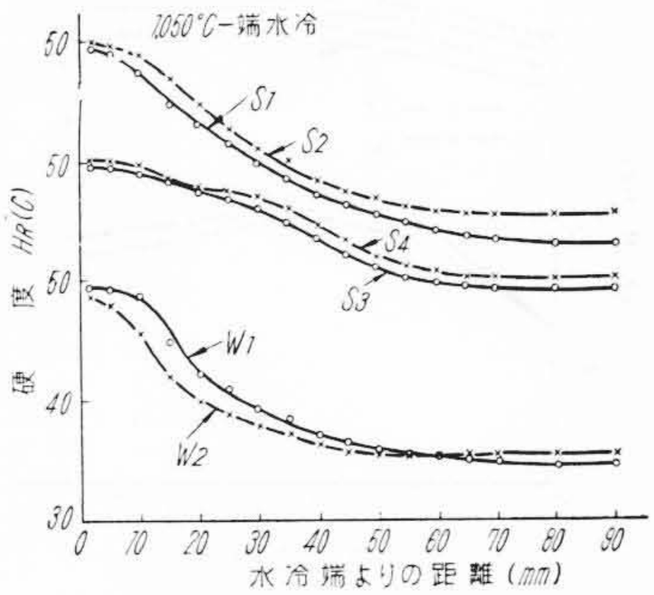
第8図　Si 量異なる Cr 約 1.5% 系試料の焼戻温度と硬度の関係



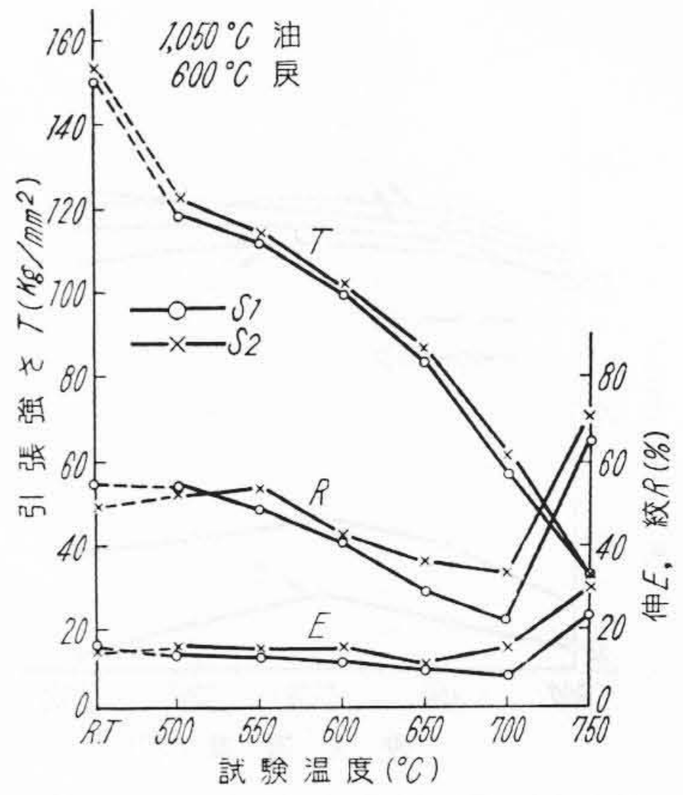
第9図　Si 量異なる Cr 約 3% 系試料の焼戻温度と硬度の関係



第10図　W量異なる各試料の焼戻温度と硬度の関係



第11図　各試料の焼入性試験結果



第12図　Si 量異なる Cr 約 1.5 %系試料の常温，熱間引張試験結果

付近で最高硬度を示し，それ以上の温度においてはかえって硬度を低下する。しかして水冷の場合は温度の上昇とともにわずかながら硬度を増す傾向を示す。W 量約 4.0 %含有する W 2 試料においては空冷，油冷および水冷いずれの場合も焼入温度の上昇とともにその硬度を増加する。

また各油焼入したものにつきそれぞれの組織を検討したが，いずれも焼入温度の上昇とともにその組織を粗大化する。また Cr 量約1.5 および 3.0% 系各試料とも Si 量による組織の差はほとんど認めにくい。W量異なる試料においてはW量約4.0%含有する W 2 試料の方が W 量の少ない W 1 試料に比してその組織は微細である。

第4～7図に S1，S2，W1 および W2 各試料の 1,050°C 油焼入組織を示す。

第8～9図は Cr 量約 1.5 および 3.0% 系各試料の 900～1,100°C より油焼入したものの焼戻硬度試験結果を示す。各試料とも焼入温度の高いものにおいては二次硬化を示し焼戻軟化抵抗は大きい。また両系試料とも Si 量の多い方が同一焼戻温度における硬度はわずかながら高い傾向を示す。

次に**第10図**は W 量の影響を示す。W 量の多い方が二次硬度高く，その焼戻軟化抵抗は大きい。

3.3　焼入性試験

第11図は各試料の焼入性試験結果を示す。すなわち Cr 量約 1.5 および 3.0%系試料とも Si 量の多い方が水冷端よりの同一距離における硬度は高い傾向を示すが，その焼入性はほとんど大差ないものと思考される。

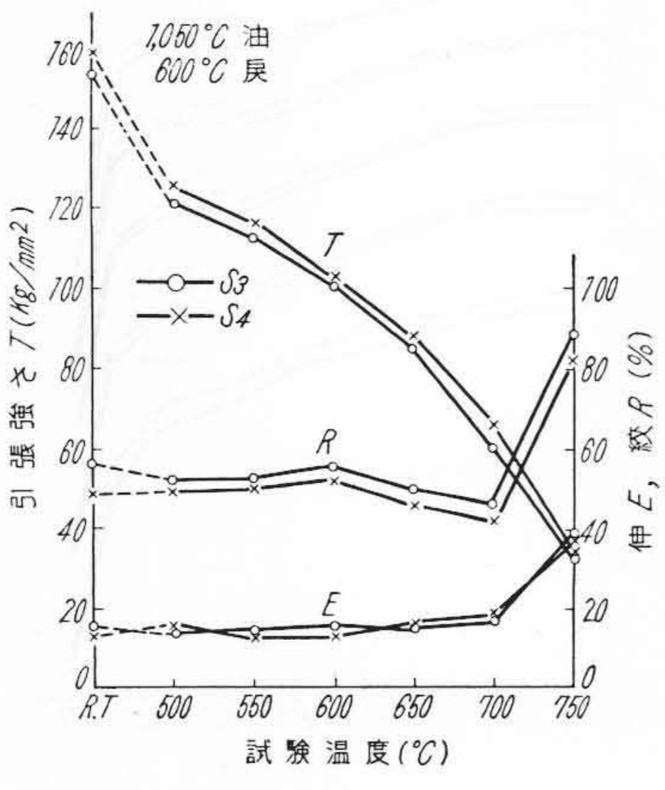
また W の場合においては Si の場合と異なり W 量の多いものの方が水冷端付近の硬度は低く，かつその焼入性もわずかながら小さい。

なお各試料の結晶粒度は**第1表**に併記した。

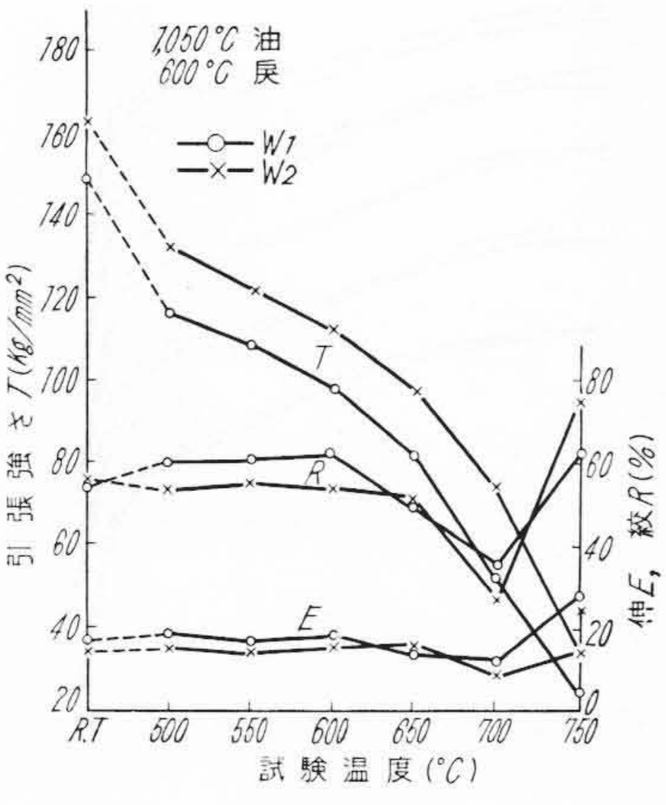
3.4　機械的性質

1,050°C 油焼入後 600°C にて焼戻した各試料につき常温および熱間における引張り，衝撃試験を行った。

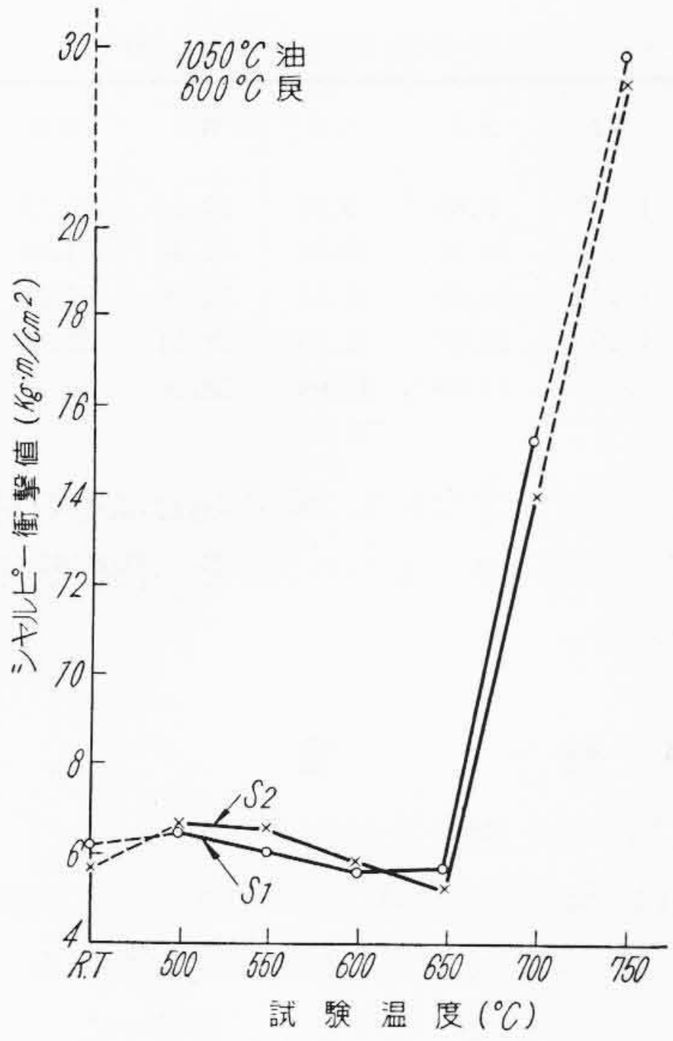
第12図は Cr 約 1.5% 系試料の熱間引張試験結果を示す。S 1，S 2 試料ともに試験温度の上昇にしたがい引張強さを低下し，Si 量



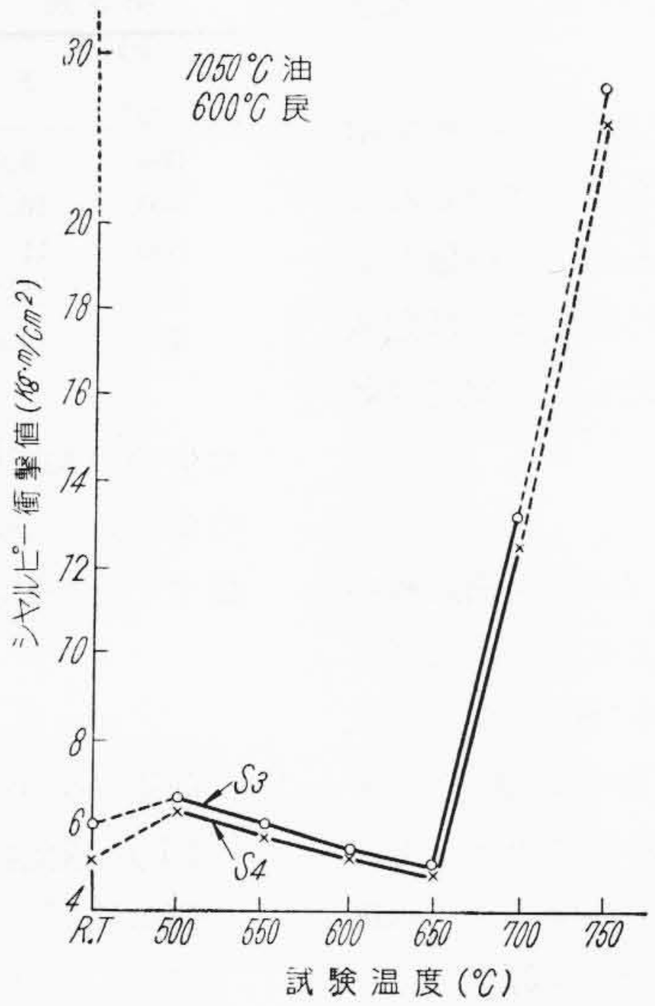
第13図　Si量異なるCr 約3%系試料の常温，熱間引張試験結果



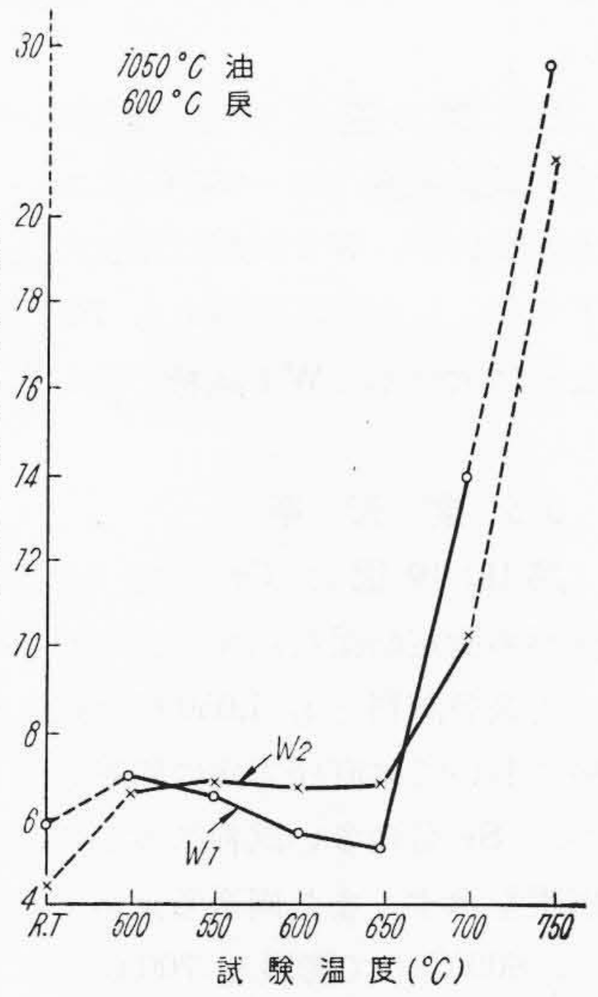
第14図　W量異なる各試料の常温，熱間引張試験結果



第 15 図　Si量異なるCr約1.5%系試料の常温，熱間衝撃試験結果



第 16 図　Si 量異なる Cr 約 3 %系試料の常温，熱間衝撃試験結果

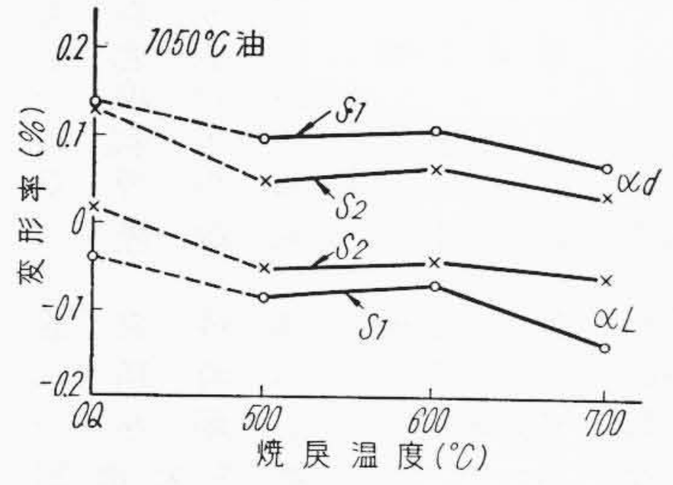


第 17 図　W量異なる各試料の常温，熱間衝撃試験結果

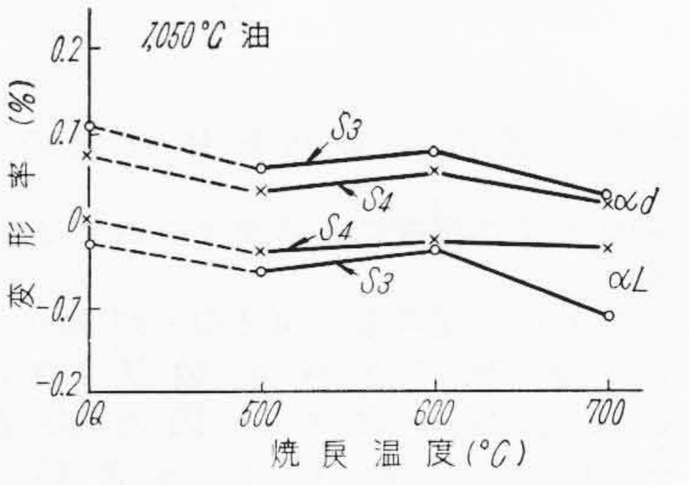
の多い方がわずかながら高い傾向を示す。絞りは常温および 500°Cの場合においては Si 量の多い方が低い値を示すが，それ以上の温度においてはかえって高い値を示す。しかして両者とも 700°C 付近において最小値を示し，750°C にては急激にその値を増大する。次に伸びは 650°C 付近の温度までは両者間に大差なく 700°C以上の温度において Si 量の多い方がその値を増大する。**第 13 図**は Cr 約 3.0%系試料の熱間引張試験結果を示す。すなわち前述の場合と同様試験温度の上昇とともに引張強さを低下する。しかして両者を比較した場合 Si 量の多い方がわずかにその値は大きい。絞りは両者ともに 700°Cにて最小値を示し 750°Cにては急激にその値をます。また両者を比較した場合 Si 量の少ない方がいずれの温度においてもその値は大きい。次に伸びは両者ともに 700°C 付近までは温度の上昇とともにわずかにその値を増す傾向を示し，750°C において急激な増大を示す。しかしていずれの温度においても両者間に大差はない。

第 14 図は W 量の影響につき検討した結果を示す。W 量の多いW 2 試料の方が常温および熱間における引張強さは高い。絞りにおいてはW 1 試料は 500～600°C においては大差なく 650°C付近よりその値を低下し 750°Cにてふたたびその値を増す。W 2 試料は 650°C付近まではその値に大差なく 700°Cにて最小値を示し，750°C にてその値を増大する。また伸びにおいても絞りの場合とほぼ同様の傾向を示す。

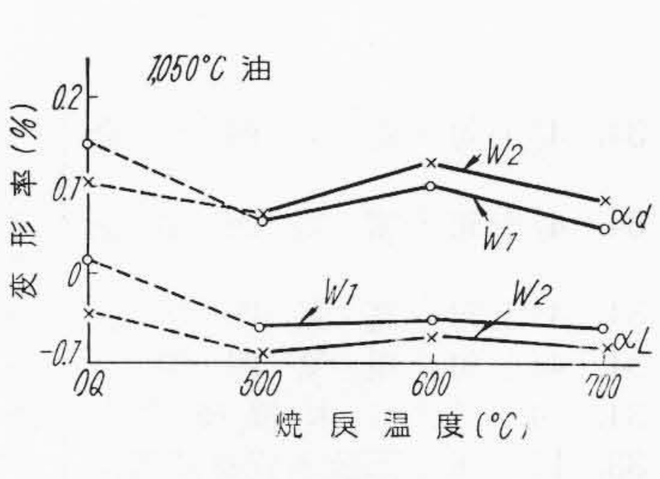
第 15 図は Cr 量約 1.5% 系試料の熱間衝撃試験結果を示す。Si 量の多い S 2 試料においては，S 1 試料に比し常温における衝撃値は低いが 500～600°C においてはわずかながら高い値を示す。しかして両者とも 700°C 以上の温度においては急激にその値を増す。また**第 16 図**は Cr 量約 3.0%系試料につき同様 Si の影響を比較した結果を示す。すなわち両者とも 500～650°C においては温度の上昇とともにその衝撃値を低下するが，700°C 以上の温度においては急激なる増加を示し，Si 量の少



第 18 図　Si 量異なる Cr 約 1.5 %系試料の変形率測定結果
(αd…直径方向，αL…長さ方向)



第 19 図　Si 量異なる Cr 約 3 % 系試料の変形率測定結果
(αd…直径方向，αL…長さ方向)



第 20 図　W 量異なる各試料の変形率測定結果
(αd…直径方向，αL…長さ方向)

ない方がいずれの場合もその衝撃値はわずかながら大きい。

次に**第17図**はW量の影響につき比較した結果を示す。試験温度 500～650°C においてW2試料はほとんど大差ないが，W1試料は温度の上昇とともにその値を低下する。しかして両者とも 700°C以上の温度にては急激なる増大を示しW1試料の方がW2に比しその傾向は著しい。

3.5 変形率

第18, 19図は Cr 量約 1.5 および 3.0%両系試料の変形率測定結果を示す。すなわち両図より明らかなごとく両系各試料とも 1,050°C 油焼入により Si 量少ない試料においては直径方向に膨脹し長さ方向に収縮を示すが， Si 量の多い試料においては直径，長さ方向ともに膨脹を示す。また両系各試料とも 500°C焼戻により収縮し，600°Cにて膨脹し 700°Cにてふたたび収縮をおこす。しかしていずれの場合も Si 量の少ない方が変形率は大きい。次に**第20図**は同様変形率に及ぼすWの影響を検討した結果を示す。1,050°C 油焼入の場合 W量の多い試料においては直径方向に膨脹し，長さ方向に収縮するが，W量少ないものにおいては直径，長さ方向ともに膨脹を示す。しかして Si の場合と同様焼戻温度 500°C にて収縮し，600°C にて膨脹を示すが，700°Cにてふたたび収縮する。また両者を比較した場合W量の多い試料の方がその変形率は大きい傾向を示す。

3.6 熱膨脹係数

第3表に各試料の 1,050°C 油焼入後 600°Cにて焼戻したものの測定結果を示す。すなわち Si の場合はその量の少ないもの，Wの場合は多いものの方がその熱膨脹係数は小さい結果を示す。

第3表　各試料の熱膨脹係数測定結果($\times 10^{-6}$)

温度(°C) \ 試料	S1	S2	S3	S4	W1	W2
300	9.98	10.39	9.80	9.82	10.44	10.17
400	10.79	11.01	10.11	10.31	11.06	11.01
500	11.00	11.61	10.99	11.14	11.78	11.52
600	11.58	12.09	11.67	11.95	12.14	12.06
700	12.07	12.36	11.99	12.06	12.40	12.28

4. 結　　言

前述の結果を要約すると次のとおりである。

（1） 変態温度は Si および W 量の増加により高温側に移行する。 Si は焼入および焼戻硬度を高める。しかして焼入性に対して Si はほとんど影響がなく，Wはわずかに低下する。

（2） Si および W 量の増加によりその引張強さを高め，常温における伸び，絞りおよび衝撃値を低下する。しかして熱間においては温度によりそれぞれ異なった結果を示す。

（3） 変形率に及ぼす影響は Si の場合その量の少ない方またWにおいては多い方が大きい傾向を示す。

参考文献

（1） 小柴，田中，稲田： 日立評論 **40**, 1125 (昭33-9)
（2） 小柴，田中，稲田： 日立評論 **40**, 1242 (昭33-10)
（3） 小柴，田中，稲田： 日立評論 **41**, 308 (昭33-2)

日立製作所社員社外講演一覧

（昭和33年11月受付分）

講演月日	主催	演題	所属	講演者
34. 4/上旬	電気四学会	整流器動特性直視装置	日立研究所	橋本英明
34. 4/上旬	電気四学会	絶縁油の組成と劣化特性	日立研究所	紫藤延彦
34. 4/上旬	電気四学会	コンデンサの箔端効果の検討（発表形式（A））	日立研究所	井上利夫 宮下隆雄
34. 4/上旬	電気四学会	ODB-200形制弧ドライバルブ避雷器	日立研究所 国分工場	加藤保照 高砂常義恕 内儀忠一 益田淳
34. 4/上旬	電気四学会	マイクロ波による回転体表面の測定	日立研究所	一木利信 石川博章
34. 4/上旬	電気四学会	電流密度および湿度によるブラシおよび整流子の荒損	日立研究所	武政隆一
34. 4/上旬	電気四学会	空気遮断器の閉塞現象（第2報）理論的考察	日立研究所	高砂常義
34. 4/上旬	電気四学会	空気遮断器の等価試験法（第3報）	日立研究所	山崎精二
34. 4. 1	日本機械学会	両端固定曲りはりの固有振動数	日立研究所	小堀与一
33. 11. 6	郵政省資材部用品研究所	モートルの取扱いと故障診断	本社	細谷栄次郎
33.11.13, 20	日本科学技術連盟	機械工業における工程管理	本社	村川武雄

（以下次号に続く）