

成分は C: 33/37% の外は前と似た程度である。

へ) 以上の結果を基として今後これら二種の製鋼に當つては C 量のみならず硬化能試験によつて振當を決定すべきもので各元素の硬化能に及ぼす影響に數量的に注目して中心値を狙う必要がある。

§ B) 同じく C=0.33 前後の Cr 鋼, SCrA4 及び SCrA5 と當社獨特の鋼種 Ni=1.1, Cr=0.8, Mn=0.8 の低 Ni-Cr-V 鋼についての統計より得た結果を上記と比較すると成分範圍は似た條件にあつたが硬度は次の如く云う事が出来る。

J-1mm 點の硬度の範圍は此等鋼種間で大差はない。
±3.5~4.

J-5mm 點の硬度の範圍は Cr 系にて ±6 を示し他は ±4 程度。

J-10mm 點の硬度の範圍は Cr 系 ±7~8, CrMo 系 ±6~6.5, NiCrV 系 ±5 と順次狭くなる。

J-20mm 點以上は Cr 系, CrMo 系は等しく NiCr 系はこれより可成り狭い。

この事から有効合金元素の種類が多くなる程, 同程度の硬化能の分布が確率的にも偏差の少いものになる事が判る。

2) 肌焼鋼系強靱鋼について述べたと同じく Cr, Cr-Mo, Ni-Cr-Mo の 3 系統についての比較及び高 Ni 系統との比較を行つた。茲にその結論を述べると,

イ) 現在用いられている JIS-SH85B, SH70 等の規格成分は硬化能として夫々 2 つ以上のグループに分つべきものであり材力規格は熱處理方法を改めねばならない。

ロ) C 量のばらつきの範圍を ±0.2% におさえて各肌焼鋼種を比較すると規格成分範圍内に於て Cr 鋼 CrMo 鋼等は特に J-10mm 點の硬度の分布が擴がり $R_c \pm 8$ の範圍を越えるものが多い。之には硬化能の有効合金元素の相互作用について前出の式により検討した結果多元素系の低合金鋼例えば Ni-Cr-Mo-鋼等が硬度, 硬化能を狭い範圍に収めるに有利であることを知つた。SH100 の如く 2 元素が主なる働きをなす場合は, ニツケルの他の効果はあつても硬化能はばらつく。

ハ) 更に B 等を用いて硬化能のレベルを少し上位に上げる事も同様の事が期待出来るものと考えが, 別途に實驗中である。

(62) 低合金鋼の焼戻脆性について (II)

(含有 N₂ ガスの影響)

K.K. 神戸製鋼所 高尾善一郎

○園井和扶

I. 緒言

茲に著者等は MnCr 鋼について完全焼入後焼戻する際に生ずる 300~350°C の低温焼戻脆性と 450~450°C に現われる高温焼戻脆性とに關して P, Mo, Ti の外一部 N₂ 等の影響について調べ, 二つの脆性現象に對する諸元素の舉動より前者は不安定系のマルテンサイトの分解に基く析出物の臨界分散によつて生ずる現象であり, 後者は安定系よりの析出が結晶粒界の異狀性に關連して生ずる析出現象であると推論したが析出物質については何等觸れるところがなかつた。今回は再び MnCrSi 鋼について低壓熔解によつて N₂ 量 0.002% 以下 (O₂ 量 0.0010% 以下) の試験材を熔製して含有 N₂ の直接の影響, 即ち窒化物析出の有無と共存せる Mn, P (脆性促進元素), Mo (脆性緩和防止元素), Al, Ti (脱窒窒素固定元素) 等との關連性について調査した。

II. 實驗結果

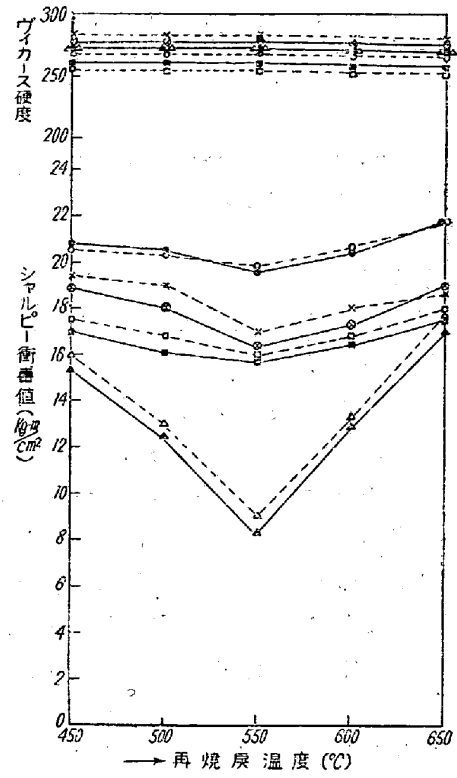
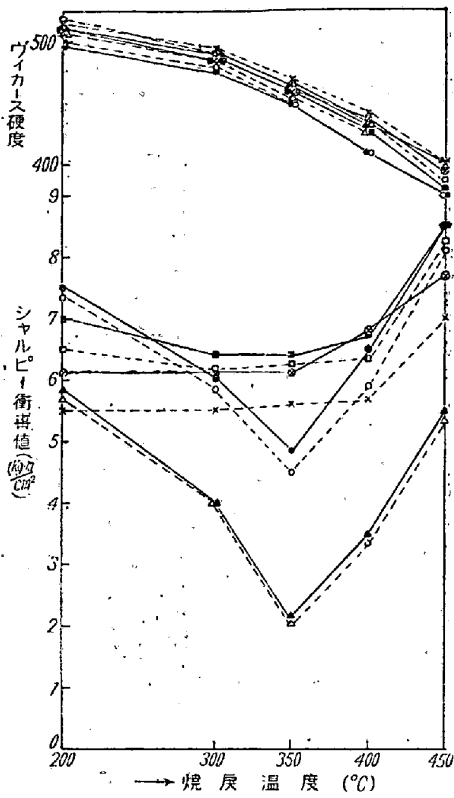
1) N₂ の影響

試験材は焼戻脆性の感受性の強い MnCrSi 鋼 (C ≐ 0.30%, Mn ≐ 0.80%, Si ≐ 0.80%, Cr ≐ 1.0%) を選び鹽基性高周波誘導爐を用い, 普通の方法で熔製した N₂ 量 ≐ 0.010%, O₂ 量 ≐ 0.010~0.040 のものとこれを更に低壓熔解によつて N₂ 量 0.6020% 以下, O₂ 量 0.0010% 以下の試験材を作り, 兩者の焼戻脆性に對する感受性を比較することにより N₂ の直接影響を調べた。Table 1 は代表的な試験材の化學成分を示す。

Fig. 1 は代表例として標準の MnCrSi 鋼及びこれに P, Ti, Al を添加した鋼の高窒素のものと同窒素のものとの低温焼戻脆性域 (200°~450°C) に於ける衝撃値の焼戻性を比較したものである。

焼入は總べて Ac₃+50°C/40min 油焼入 (Ti 添加のものは水焼入) 後各温度で 2hr 焼戻した結果である。

第 1 報に於ては MnCr 鋼の低温焼戻域の脆性に關して一部低壓再熔解を試み若干その効果を認めたことを述べたが今回更に精細に實驗を試みた結果多くの鋼種を通じて N₂ を極端に低減しても衝撃値の焼戻性には殆んど變化を認め難く, MnCrSi 鋼, (P) 鋼はともに 350°C に著しい脆性の谷を生じ, (Ti) 鋼, (Al) 鋼には脆性の



	記號	N(%)	符 號
Mn-Cr-Si 鋼	1	0.0154○.....
	1'	0.0022●.....
Mn-Cr-Si 鋼 (P)	2	0.0109△.....
	2'	0.0023▲.....
Mn-Cr-Si 鋼 (Al)	3	0.0137×.....
	3'	0.0024⊗.....
Mn-Cr-Si 鋼 (Ti)	4	0.0104□.....
	4'	0.0045■.....

第 1 圖

	記號	N(%)	符 號
Mn-Cr-Si 鋼	1	0.0154○.....
	1'	0.0022●.....
Mn-Cr-Si 鋼 (P)	2	0.0109△.....
	2'	0.0023▲.....
Mn-Cr-Si 鋼 (Al)	3	0.0137×.....
	3'	0.0024⊗.....
Mn-Cr-Si 鋼 (Ti)	4	0.0104□.....
	4'	0.0045■.....

第 2 圖

Table. 1

	記號	化 學 成 分 (%)								結晶粒度 925°C	非金屬 介在物	
		N ₂	O ₂	C	Si	Mn	P	S	Cr			
Mn-Cr-Si	1	0.0154	0.0062	0.28	0.80	0.80	0.013	0.015	0.98	G3 (30%) G4 (70%) G5 (70%) G6 (30%)	B3.8,7.2μ	
	1'	0.0022	0.0003	0.28	0.73	0.72	0.012	0.017	0.95			B3.4,3μ
Mn-Cr-Si (P)	2	0.0109	0.0054	0.28	0.84	0.85	0.035	0.008	1.08	G6 (70%) G7 (30%) G5 (50%) G6 (50%)	B2.2,5.5μ B3.0,1.4μ	
	2'	0.0023	0.0063	0.29	0.81	0.80	0.037	0.010	1.13			
Mn-Cr-Si (Al)	3	0.0137	0.0102	0.30	0.88	0.92	0.008	0.006	0.98	Al* 0.14(0.12) Al 0.10(0.08)	G5 (70%) G6 (30%) G8	B2.2,1μ
	3'	0.0024	0.0003	0.30	0.84	0.89	0.010	0.012	1.08			

Mn-Cr-Si (Ti)	4	0.0104	0.0084	0.27	0.78	0.89	0.010	0.010	1.05	Ti 0.21	G4 (15%) G5 (70%) G6 (15%) G7 (50%) G8 (50%)	B11.5, 1 μ
	4'	0.0045	0.0008	0.28	0.95	0.94	0.013	0.012	1.02			

註 1, 2, 3, 4, は普通熔解, 1', 2', 3', 4' は低壓熔解
* () 内は金屬 Al

各は輕微となるが, この場合にも焼戻性は N_2 の多少には殆んど無關係の過程を辿ることを確認した。

次に高温焼戻脆性に對する影響は Fig. 2 に示すように兩焼戻法によつて比較した。即ち $Ac_1+50^\circ C$ より各々焼入し $650^\circ C$ で 2hr 焼戻急冷して一旦強靱化したものを再び高温焼戻脆性域の $450\sim 650^\circ C$ に 2hr 加熱して脆性の感受性を見たものである。この場合にも各鋼種を通じて各脆性の現われ方は N_2 量に關係なくむしろ第 3 元素の影響の方が強く現われ P の高いものに脆性が著しく (Al) 鋼, (Ti) 鋼には若干強化されていることが知られる。

従来多くの低合金鋼の焼戻脆性の研究において低温焼戻脆性も高温焼戻脆性も析出現象に基くものであることは現象的に立證され異議のないところであるが、析出物については炭化物、燐化物、窒化物、酸化物等の諸説があつてまだ明かにされていない。低温脆性に對する窒化物を唱えている人には Wiester¹⁾, Payson²⁾ 等があり高温焼戻脆性については古くは Griffiths³⁾ 最近今井博士⁴⁾ の實驗がある。前者の實驗では Al を添加することによつて低温焼戻脆性が輕減する事實に徴して、Al が N_2 を固定化する性質より N_2 に原因があると言う推論を下したものであり、又今井博士の高温焼戻脆性に對する N_2 説は N_2 を 0.010% 以上の極端に多くを含有せしめた鋼について實驗され、Al, Ti, 添加による脆性の輕減については矢張り N_2 の固定に歸せしめての論であるが、著者等の以上の N_2, O_2 の含むことの少い諸鋼材での實驗では實用の低合金鋼に含有される程度の N_2 量は低温、高温焼戻脆性を通じて殆んど無關係で一義的な因子であると考え難い。むしろ他の第 3 元素に支配されることの大きいことを知つたのである。

2) 合金元素 (Mn, P, Ti, Al, Mo, B) 添加との相關性

次に N_2, O_2 量の少い MnCrSi 鋼を低壓熔解法によつて合金元素の添加量 Mn(0.50~1.80%), P(0.010~0.047%), Ti(0.20~0.40%), Al(0.20~0.47%), Mo(0.15~0.60), B(0.005~0.015%) に變化して直接添加現象の本質的な影響を實驗した。その結果を要約すると

次の通りである。

i) Mn, P は従来言われている如く低窒素、低酸素鋼の場合に於ても低温、高温焼戻脆性を強化する極めて有力な元素であり、更に P は焼戻マルテンサイトの衝撃値を劣化する性質も大きい。従来 Mn の焼戻脆性の強化作用については原料 Fe-Mn 中の N_2 によつて鋼中の N_2 を高めるためであると一部に考えられているが本實驗の結果 Mn の本質的な作用に基くものであることを明かにした。

ii) Ti, Al, B はともに低温焼戻脆性を緩和し、高温焼戻脆性を助長する類似性がある。注目される點は Al は焼戻マルテンサイトの衝撃値を低減する性質が特に大きい。次に Ti, Al 添加による低温焼戻脆性の緩和は Ti, Al が N を固定するためでなくして Ti, Al の焼戻性に及ぼす本質的な作用であると見られる。

iii) Mo は低温焼戻脆性を緩和する性質があるとともに高温焼戻脆性を防止する作用が極めて大きく全焼戻域を通じて鋼の強靱性を強化する有力な元素である。

III. 結 言

N_2, O_2 を含むことの少い MnCrSi 鋼について低温、高温焼戻脆性に及ぼす影響を調査し従来脆性の因子と考えられていた N_2 は一義的なものでないことを明かにした。

今日この二つの焼戻脆性が析出現象に基くことは略一致した見解であるか析出物質の本性、析出様相、機構と脆性との關連性については今後残された問題である。

- 1) H. Schröder, J. Wiester u. H. Siepmann: Arch. f. d. Eisenhüttenw. 21 (1950) S. 21
- 2) P. Payson: Iron Age, Sep. 27 (1951) p. 86
- 3) W. T. Griffiths: Jour. of Iron & Steel Inst. 111 (1925) p. 257
- 4) 今井, 石崎: 日本金屬學會誌 B. 14 (昭 25) p. 52