

熱間工具鋼の焼戻軟化に及ぼす各種元素の影響に就て

(昭和 24 年 10 月本會講演大會にて講演)

小 柴 定 雄*

ON THE EFFECT OF EACH ELEMENTS ON THE TEMPER
SOFTENING OF TOOL STEEL FOR HOT WORKING

Sadao Koshiha

Synopsis: The resistance for temper softening of special steel are effected by the composition and its heat treatments. A series of experiments has been carried out to study the effect of each elements of tool steel for hot work, i.e. C 0.3%, Cr 2.5%, W 10%, V 0.3% on the resistance of temper softening and softening for high temperature, and then comparison to the other tool steel, high speed steel and heat resisting steel.

As the results of this investigation, there are ascertained moderate contents of each elements for tool steel for hot work.

I. 緒 言

焼入炭素鋼は 200° 以上焼戻温度を上昇するに従ひ硬度を減少し軟化するも、特殊元素 Si, Mn, Ni, Cr, W V 及び Mo を添加するとその含有量によつて異なるも焼戻による硬度の減少は緩慢となる。殊に Cr, Mo 及び V 等の含有量を増加すると所謂二次硬化現象を現はし、焼戻軟化抵抗の大なることが知られる。熱間工具鋼及び耐熱鋼は焼戻軟化抵抗の大なることと、高温に於ける軟化抵抗率の高いことが望しい。これら各特殊鋼の焼

戻軟化抵抗と高温に於ける軟化抵抗率とに就ては餘り研究の發表を見ない。それ故著者は各種特殊鋼の焼戻軟化抵抗度と高温に於ける軟化抵抗率との關係を調べ、更に熱間工具鋼の焼戻軟化に及ぼす各種元素の影響を研究した。

II. 各種特殊鋼の焼戻軟化に對する抵抗

(I) 試 料

本研究に使用した試料の化學成分並びに各鋼の熱處理と硬度を第 1 表に示す。試料の大きき及高温硬度測定法は

第 1 表

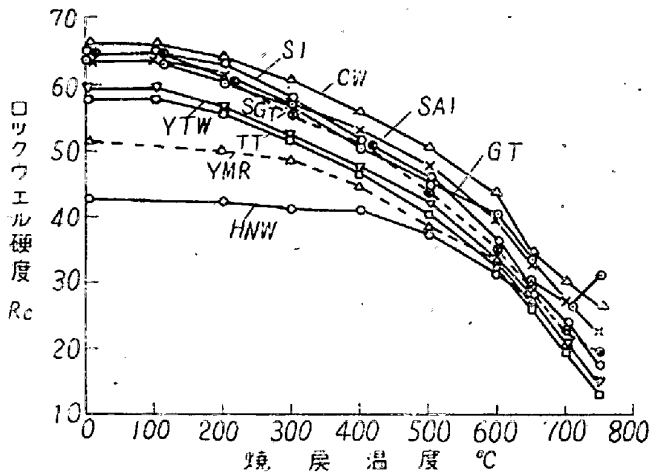
試 料	C	Si	Mn	Cr	W	Mo	Ni	V	焼入温度 °C	焼入硬度 Rc	高温硬度試料度		
											熱處理	硬度 Rc	
SI	1.38	0.15	0.24	0.05	—	0.11	—	—	800°	水	64.2	800°水/200	63.0
SAI	1.18	0.11	0.34	0.41	1.61	—	—	—	850°	油	63.0	850°油/200	61.8
CW	1.38	0.31	0.44	0.67	4.31	—	0.22	—	〃	〃	66.0	〃	62.4
TT	0.55	0.20	0.40	0.62	0.81	—	0.31	—	〃	〃	57.5	850°油/300	51.4
YTW	0.61	0.22	0.44	0.86	1.36	—	—	—	〃	〃	59.0	〃	53.1
GT	0.94	0.32	1.05	0.37	—	0.17	0.47	—	〃	〃	63.0	850°油/200	60.5
SGT	0.99	0.14	0.89	0.86	0.74	—	—	—	〃	〃	64.0	〃	61.0
DC	0.26	0.42	0.46	2.05	11.29	—	—	0.46	1000°	油	40.5	1000°油/650	40.2
CRD	1.92	0.10	0.23	13.93	—	—	—	—	〃	〃	63.7	1000°油/300	57.2
XI	0.74	0.15	0.27	4.10	17.11	Nil	—	0.85	1300°	油	63.0	1300°油/560	63.0
SXI	0.72	0.14	0.33	4.04	11.41	Nil	—	1.41	〃	〃	63.0	〃	63.0
CRW	0.49	0.25	0.35	6.85	6.79	—	—	0.35	1000°	油	58.7	1000°油/650	43.5
SR2 (1332)	0.41	1.88	0.44	11.22	1.19	0.10	0.15	—	1050°	油	59.8	—	—
YMR (1234)	0.37	0.88	0.83	0.85	—	Nil	—	—	900°	油	52.0	—	—
HNW (1238)	0.17	0.20	0.89	1.89	0.64	—	2.05	—	〃	〃	42.5	—	—

* 日立製作所安來工場

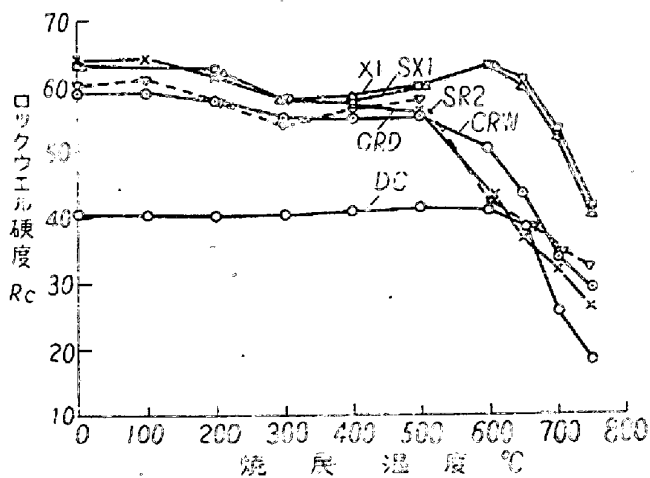
従来と全く同様である¹⁾。

(2) 焼入焼戻硬度曲線

各鋼の焼入試料の焼戻による硬度の變化を第1圖及び第2圖に示す。Cr, W, Mo, Ni, Mn 等その含有量比較的少ない時は第1圖に示す如くその程度の差こそあれ、孰れも300°C以上は稍急激に硬度を減少し軟化する。これに對しCr, W, V等その含有量比較的多いものは第2



第1圖 各試料の焼戻温度と硬度との關係(1)

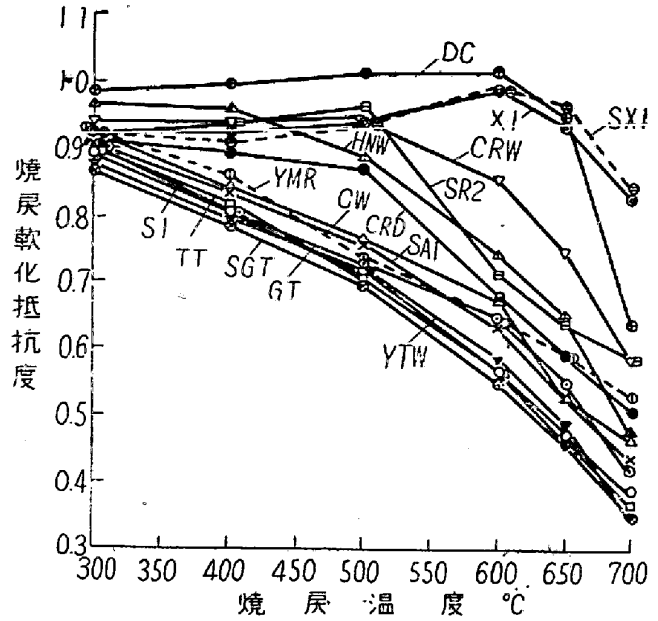


第2圖 各試料の焼戻温度と硬度との關係(2)

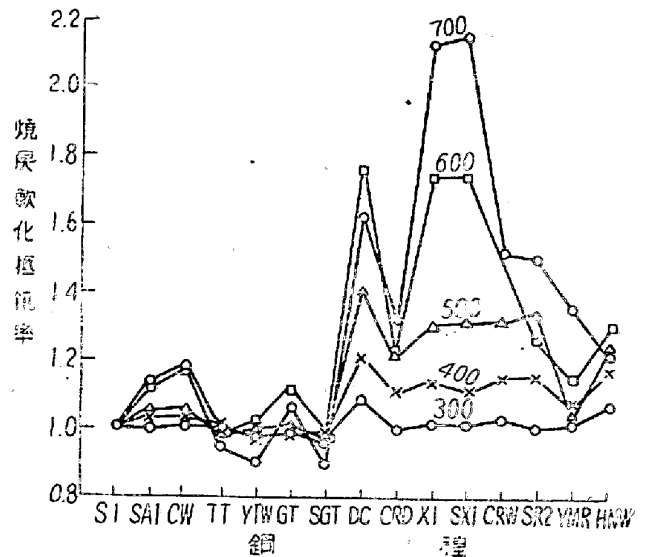
圖に示す如く、600° 附近までは餘り硬度の變化なきか又は500°~600° 附近に二次硬化現象を現はす。これはCr及びWを主體とした特殊炭化物を含有したマルテンサイトの安定によるか、又は残留オーステナイト並にそれに固溶する複炭化物の合成効果によるものである。

(3) 焼戻温度と焼戻軟化抵抗度との關係

上述の焼戻硬度曲線より焼戻軟化抵抗度を求めこれと焼戻温度との關係を圖示すると第3圖の如くである。但し此處に焼戻軟化抵抗度は各温度に於ける焼戻硬度を焼入硬度で除したものである。第4圖は高炭素鋼 S1を基準にし之を1とした場合の各鋼の焼戻軟化抵抗率を比較



第3圖 各試料の焼戻温度と焼戻軟化抵抗度との關係



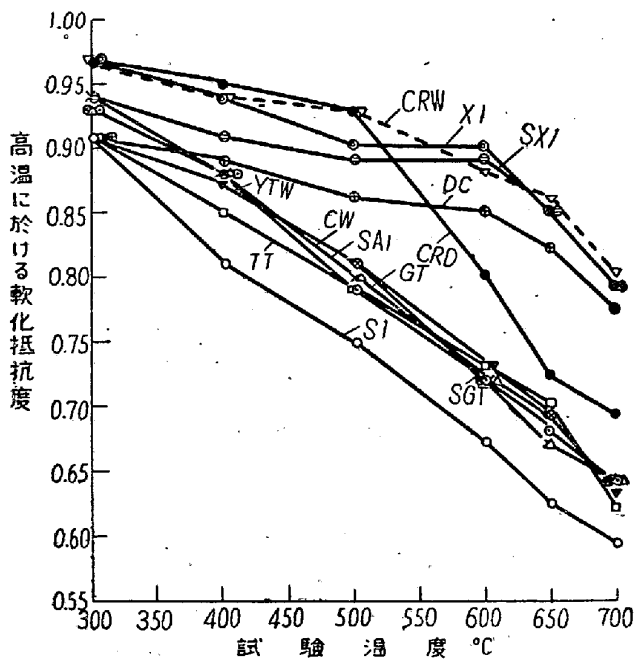
第4圖 各試料の焼戻軟化抵抗率の比較 (S1=1.0 とす)

圖示したものである。焼戻温度 600° 附近までは熱間工具鋼DCが焼戻軟化抵抗率最も大きく、高速度鋼X1及びSX1これにつぐ。又イ511, イ238, イ332, CRDはその他の鋼種に比して軟化抵抗率は大きい。これらの結果から特殊元素を多量に含む鋼種殊にCr及びWを多量に含むもの即ち自硬性大なる鋼種は概ね焼戻軟化抵抗率大なることが首肯される。

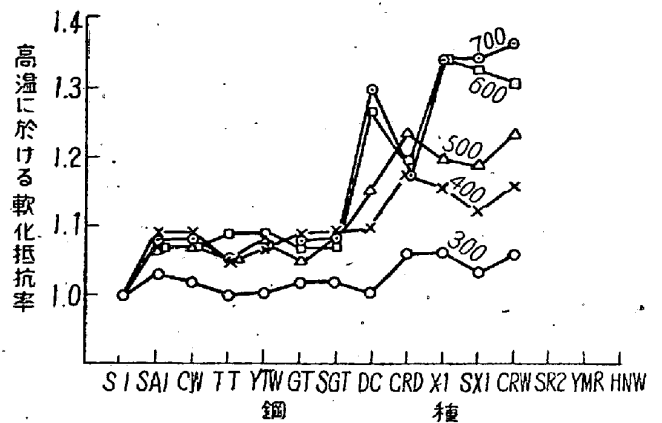
(4) 試験温度と高温に於ける軟化抵抗度

上述の焼戻軟化抵抗度と高温に於ける硬度即ち高温に於ける軟化抵抗度との關係を見ることは熱間工具鋼及び

1)小柴, 永島, 鐵と鋼, 35 (昭24), 17



第5圖 各試料の試験温度と高温に於ける軟化抵抗度との関係



第6圖 各試料の高温に於ける軟化抵抗率の比較 (S1=1.0 とす)

及び DC 之に次ぐ、600° 以上の高温に於ては高速度鋼及びイ 511 が軟化抵抗率が最も大きく、DC、CRD 之に次ぐ。その他の鋼種は前述と同様餘り大差ない、これらの結果を総合し焼戻軟化抵抗度大なるものは概ね高温に於ける軟化抵抗度大なることが知られる。

耐熱鋼に對して極めて興味あり且つ重要な事柄である。第5圖は各鋼の試験温度に對する高温に於ける軟化抵抗度との關係を示し、第6圖は前述と同様高炭素鋼 S1 を基準に 1 とし各鋼の高温に於ける軟化抵抗率を比較圖示したものである。此處に高温に於ける軟化抵抗度とは各試験温度による高温硬度を常温に於ける硬度で除したものである。試験温度 500° 附近までは高温に於ける軟化抵抗率は CRD 及びイ 511 が最も大きく、高速度鋼

III. 熱間工具鋼の焼戻軟化に及ぼす各種元素の影響

(1) 試料

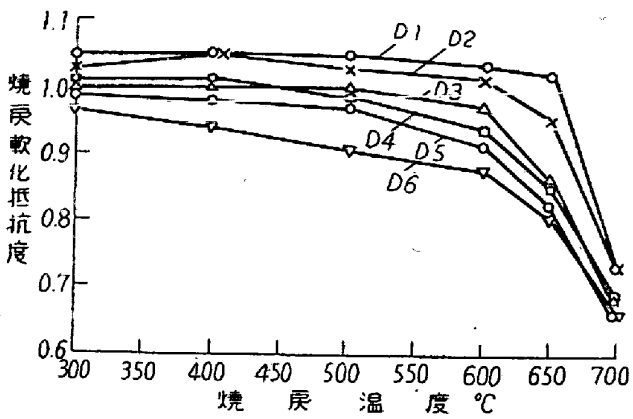
試料の化學成分を第2表に示す。尙各試料の 1000° から油中冷却した時の焼戻硬度及び高温硬度測定試料の硬度をも併記した。

(2) 焼戻温度と焼戻軟化抵抗度との關係

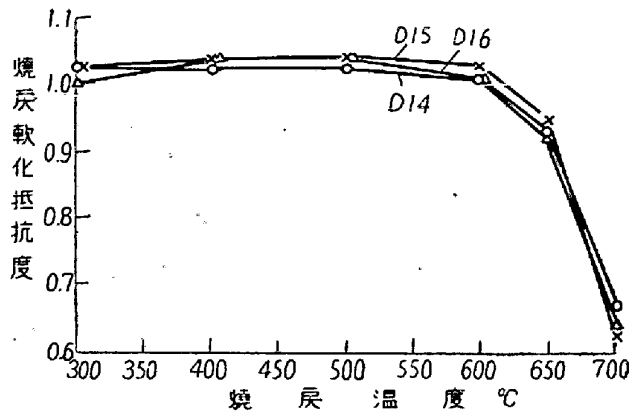
各試料の焼戻硬度曲線から焼戻軟化抵抗度を求め、こ

第 2 表

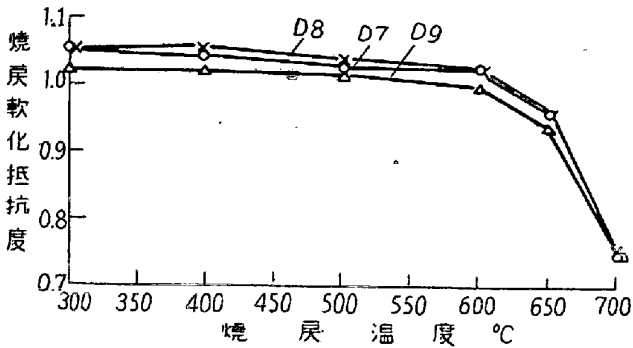
試料	化學成分					焼戻硬度 (1000°C) Rc	高温硬度測定試料 (1000油/650°) Rc
	C	Cr	W	V	CO		
D 1	0.19	2.45	9.87	0.28	—	30.5	30.5
	0.25	2.41	9.84	0.31	—	43.5	38.5
	0.30	2.50	9.96	0.30	—	49.0	39.8
	0.35	2.49	9.49	0.30	—	50.0	41.5
	0.39	2.55	9.28	0.28	—	52.5	42.0
	0.46	2.55	9.32	0.33	—	56.5	43.2
D 7	0.25	2.41	9.84	0.31	—	43.5	38.5
	0.23	2.82	9.87	0.31	—	44.5	39.0
	0.25	3.73	10.10	0.35	—	46.5	39.0
D 10	0.26	2.41	5.92	0.33	—	49.0	40.6
	0.25	2.41	9.84	0.31	—	43.5	38.5
	0.25	2.52	12.67	0.36	—	39.5	31.5
	0.29	2.52	13.87	0.30	—	36.5	30.3
D 14	0.25	2.44	9.84	0.32	—	42.7	37.8
	0.26	2.55	9.20	0.53	—	37.0	37.0
	0.26	2.48	9.75	0.73	—	36.5	34.9
D 17	0.25	2.41	9.84	0.31	tr.	43.5	38.5
	0.27	2.52	9.60	0.25	2.07	44.4	39.0
	0.27	2.53	9.83	0.28	5.73	45.5	39.3



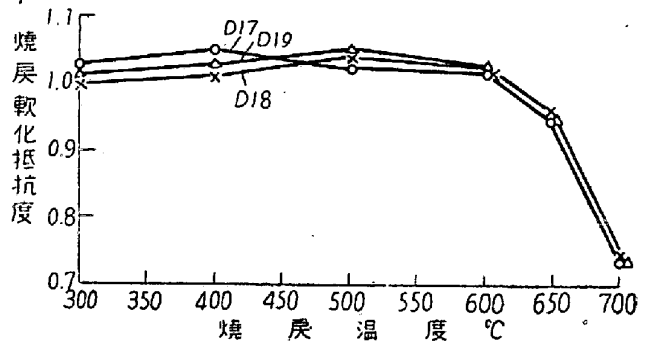
第7圖 C 量異なる試料と焼戻温度と焼戻軟化抵抗度 (焼入温度; 1000°C)



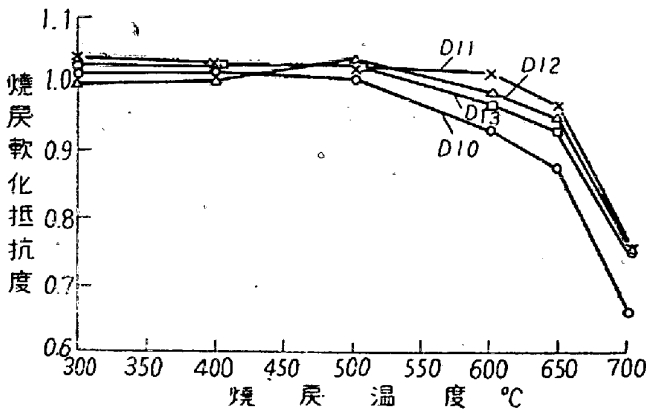
第10圖 V 量異なる試料の焼戻温度と焼戻軟化抵抗度 (焼入温度; 1000°C)



第8圖 Cr 量異なる試料と焼戻温度と焼戻軟化抵抗度 (焼入温度; 1000°C)



第11圖 Co 量異なる試料の焼戻温度と焼戻軟化抵抗度 (焼入温度; 1000°C)



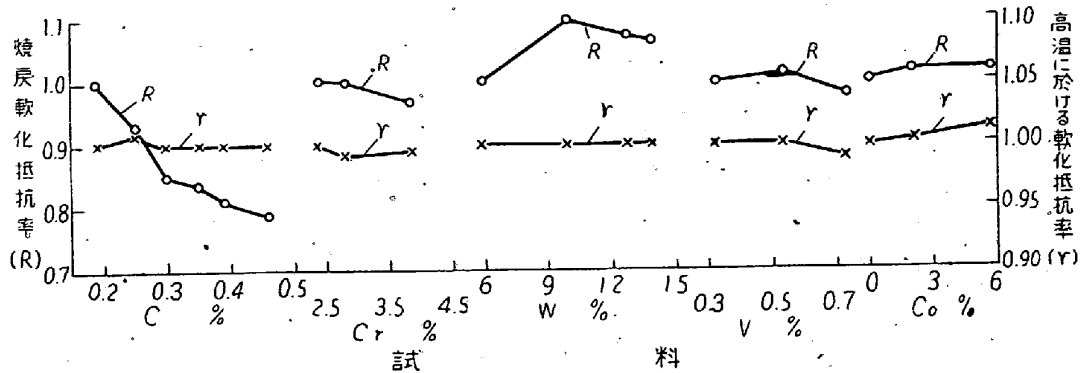
第9圖 W 量異なる試料の焼戻温度と焼戻軟化抵抗度

れと焼戻温度との関係を圖示すると第7圖~第11圖の如くである。先づCの影響を見るに各温度共C量を増す程焼戻軟化抵抗度を減少する。之はC量を増す程焼入の際の初硬度大なる爲である。尙C約0.2%の場合650°附近までは焼戻軟化抵抗度は殆ど變りない。Crによつて餘り大差ないが4%の場合稍減少する。Wの影響を見るに約500°附近までは殆ど大差なきも600~650°に於てはW約10%の場合焼戻軟化抵抗度は最も大である。V約0.5%の場合焼戻軟化抵抗度最も大で約0.7%

に於ては稍減少する。又Coは2%以上増すと僅か増大する。

(3) 試験温度と高温に於ける軟化抵抗度

各試料の試験温度に對する高温に於ける軟化抵抗度との關係を詳細調べたが概して餘り大差ない。更に之を明確に知る爲655°に於ける焼戻軟化抵抗度と高温に於ける軟化抵抗率との關係を調べて見た。その結果を第12圖に示す。但し各元素の影響共最低含有量の試料を基準に之を1.0として比較圖示した。この圖より明かに650°の場合には焼戻軟化抵抗度は前述の通りで、而して高温に於ける軟化抵抗率は何れも餘り大差ない。唯V0.7%の場合稍減少し、又Co約6%の場合僅かに増大する。これらの結果から此の種熱間工具鋼の場合には焼戻軟化抵抗度と高温に於ける軟化抵抗度とは必ずしも比例的關係をなすとは限らない。然し焼戻軟化抵抗度が大で高温硬度高きものは熱間工具鋼として優れてゐることは容易に考られる。即ち焼戻軟化抵抗度大で且つ650°附近までの焼戻による硬度も高く、ひいては高温硬度高く換言すれば高温に於ける軟化抵抗度大なる程良好なる結果を得ることが首肯される。尙硬度と共に前にも述べた如く靱性の大きなることも必要な事柄である。



第 12 圖 各試料の 650°C に於ける焼戻軟化抵抗率及び高温に於ける軟化抵抗率との関係

VI. 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

- (1) 各種特殊鋼の焼戻軟化抵抗度及び高温に於ける軟化抵抗率を求め比較をなした。
- (2) Cr 及び W 含有量高き自硬性大なる鋼種は焼戻軟化抵抗大にして又高温に於ける軟化抵抗度も大きい。
- (3) 熱間工具鋼の焼戻軟化及び高温に於ける軟化抵抗

に及ぼす C, Cr, W, V 及び Co の影響を調べた。

- (4) 熱間工具鋼の場合焼戻軟化抵抗度と高温に於ける軟化抵抗度とは必ずしも比例的関係をなすとは限らない。
 - (5) 熱間工具鋼としては焼戻軟化抵抗度大で且つ高温硬度高く尚高温に於ける軟化抵抗度の大きことが望しい。
- (昭和 24 年 12 月寄稿)

過硫酸アンモン—亜砒酸ソーダ法による
鉄鋼中の Mn 迅速定量法に就て (1)

(昭和 22 年 4 月本會講演大會にて講演)

細 田 薫* 川 村 弘 一*

ON THE RAPID DETERMINATION OF Mn IN IRON
AND STEEL BY (NH₄)₂S₂O₈-As₂O₃ METHOD (I)

Kaoru Hosoda & Koichi Kawamura

Synopsis: Comparing with other methods of determination of Mn in iron and steel, the estimation by means of As₂O₃ solution is not only, quicker and economical, but also yields rather good results, so it is widely adopted as routine analysis in numerous plants. Though rapid and simple, it has, on the other hand, several defects as causing analytical errors, and there remain many points still to be cleared, in consequence of incompleteness in the theoretical explanation and the method of confirming the mechanism of reaction. In the present investigation, therefore, every condition of operation is carefully studied, and the best ones found are as follows.

- (1) The time of boiling after adding (NH₄)₂S₂O₈ shall be limited to a minute.
- (2) The temperature of the solution at the time of titration shall be below 30°C.
- (3) The shorter the time required for titration is, the better is the result, but ordinary titrating velocity will do too.
- (4) As regards the concentration of acid for dissolution, 30 c.c. of HNO₃ (1 : 1) will do as shown in

* 扶桑金屬工業製鋼所