

クロム鋼の冷却条件による變態點及び顯微鏡組織の變化

(日本鐵鋼協會第 10 回講演大會講演)

村上武次郎*
岸本浩*

THE CHANGE OF THE TRANSFORMATION POINT AND MICROSTRUCTURE OF CHROMIUM STEELS DUE TO THE COOLING CONDITIONS.

By Takejiro Murakami and Hiroshi Kisimoto.

SYNOPSIS:—Utilizing the Magnetic analysis with specimens of less than 27.8% Cr and 1.55% C, the change of the transformation point due to the cooling conditions was studied, and several diagrams showing the composition range in which the transformation is lowered and its change due to the cooling conditions were proposed. The microstructure of these specimens and its change due to the cooling conditions were examined, and structural diagrams showing the relation between the composition of specimens and the microstructures in 4 cases cooled from 900° and 1,100° in furnace and in air, respectively were constructed. Based on these diagrams the effects of carbon and chromium contents in specimens, the cooling rate and the maximum heating temperature on the microstructure were elucidated. By examining the microstructure of several specimens which were carburized and cooled under several conditions the effect of carbon on the microstructure was studied, and the correctness of the structural diagrams obtained above was confirmed.

I. 緒 言

或組成のクロム鋼は冷却条件に由て著しく其變態點が降下することは古く Osmond¹⁾ に由て発見せられ、又冷却条件による變態點の降下と硬度及顯微鏡組織との關係は Edwards, Greenwood 及吉川博士²⁾ に由て研究せられた又著者の一人³⁾ は先年種々の組成のクロム鋼に就て磁氣分析をなし、變態點の降下と鋼の組成との關係を求めた。又其後種々の冷却条件による顯微鏡組織の變化を求めてクロム鋼の組織圖を提出した⁴⁾。併し高クロム鋼の範圍に於ける變態點及組織の變化に就ては猶不充分であつた。因て本研究に於ては廣き組成範圍に互り其冷却条件を變じて變態點及組織の變化を研究したのである。

II. 試料の調製

試料の調製には電解鐵、金屬クロム並びに電解鐵と瓦斯カーボンとより製したる白銑鐵を用ひ、之を適當に配合して或試料はクリプトル爐にて熔融し、内徑 20mm 長さ

300mm の鐵型に鑄込んだ。又或試料はタンマン爐にて熔融し、徑 8mm 長さ 200mm の丸棒に鑄造した。前者は之を鍛練し徑 8mm の丸棒とし後者は充分燒鈍し磁氣分析用としては徑 5mm 長さ 70mm とし、顯微鏡試料としては

第 1 表

試料記號	組成%		試料記號	組成%	
	C	Cr		C	Cr
112	0.12	12.30	607	0.64	7.32
116	0.19	16.20	609	0.62	9.95
118	0.10	18.10	621	0.58	20.85
215	0.17	14.80	627	0.62	27.80
220	0.19	20.10	814	0.82	14.00
228	0.19	27.80	816	0.78	16.80
301	0.35	1.14	822	0.77	21.56
302	0.29	1.37	903	0.89	3.50
303	0.23	2.85	905	0.90	5.38
305	0.27	4.50	907	1.13	7.36
307	0.40	6.95	909	1.03	9.34
309	0.27	9.34	912	0.78	11.55
312	0.26	10.74	919	0.87	19.44
314	0.33	13.60	922	0.86	23.30
315	0.33	15.48	1016	0.97	16.10
316	0.30	16.20	1019	0.97	17.20
318	0.32	18.20	1021	0.98	21.50
320	0.28	19.90	1203	1.15	3.40
323	0.55	21.90	1205	1.19	5.40
324	0.29	24.85	1207	1.20	7.30
424	0.38	24.68	1209	1.15	9.20
512	0.51	12.50	1419	1.38	19.30
514	0.51	14.10	1503	1.51	3.02
519	0.57	16.45	1505	1.47	4.80
518	0.54	17.80	1507	1.53	7.28
521	0.50	21.80	1509	1.51	9.13
524	0.54	23.60	1512	1.55	13.23
603	0.72	3.04	1515	1.52	14.48
605	0.58	5.19	1518	1.44	18.20

* 東北帝國大學 * 大阪府金屬材料研究所

1) Osmond, Jour. Iron & Steel Inst., 1892, II, 115.

2) Edwards & C. dit; 1916, I, 114.

3) 村上、東北帝大理科報告、7、(1918)、27.

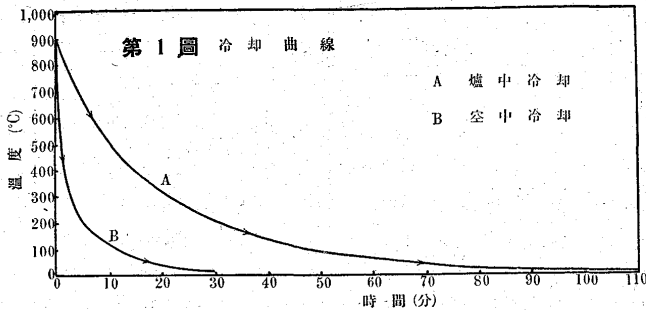
4) 村上、鐵と鋼、1938、p. 170.

殘部を適當の長さに切つて用ひた。第 1 表は本研究に用ひ

た試料の分析結果を示す。

III. 変態点の測定

本研究の目的は変態温度の正確なる値を求むるのではなく、如何なる条件の下に冷却するときは降下変態即 Ar''



變態が現はれるかを知らんとするのであるから、降下變態が著しく現はれるやうに、又冷却速度を容易に變化し得るために磁氣分析に由て變態点を求めた。

冷却速度が充分緩徐なときは凡て變態は正常温度(700°C以上)に於て起り、變態点の降下を起さない。依て冷却速度は唯爐中冷却と空中冷却の2種とした。第1圖は其の冷却速度曲線を示す。又クロム鋼は其冷却速度同一でも加熱最高温度の如何に由て著しく變態点を異にするものである。依て加熱温度を900°, 1,000°, 1,100°及び1,200°Cの4種に變化した。各試料は夫々此の加熱温度迄熱し約20分放置した後冷却した。

第2表には各試料に就て冷却条件と變態点の關係を表示した。表中 Ar₁₂ 及 Ar₂ は正常變態を示し Ar'' は降下變態を示す。又双方を並記せるは其兩變態を有するもの

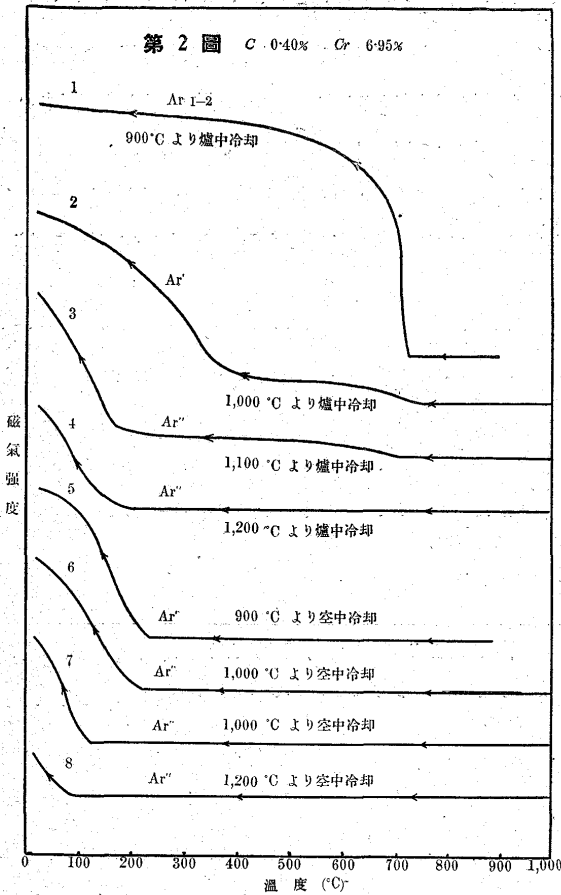
である。又第2~10圖は實驗したる試料の中主なるものに就て得たる冷却曲線を示す。圖に於て縦軸は磁氣の強さを示し、横軸は温度を示す。又各曲線の重なるを防ぐために零点を移動して現はした。

第2圖は6.95% Cr, 0.40% Cの試料を種々の温度より爐中冷却又は空中冷却した場合の曲線を示す。又第3~6圖は炭素量一定(約0.3%)でクロム量異なる種々の試料を900°及び1,100°Cより爐中冷却又は空中冷却したるものを示し、第7~10圖はクロム量一定(約9%)で炭素量異なる種々の試料を900°及び1,100°Cより爐中冷却又は空中冷却したるものを示す。

此等の曲線を比較するときはクロム鋼の冷却条件による

第 2 表

試料 記號	組成%		900°Cより		1,000°Cより		1,100°Cより		1,200°Cより	
	C	Cr	爐中冷却	空中冷却	爐中冷却	空中冷却	爐中冷却	空中冷却	爐中冷却	空中冷却
112	0.12	12.30	Ar ₂ , Ar''				Ar ₂ , Ar''			
116	0.19	16.30	Ar ₂ , Ar''				Ar ₂ , Ar''			
301	0.35	1.14	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂		
302	0.29	1.37	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
303	0.23	2.85	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
305	0.27	4.50	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar''	Ar''
307	0.40	6.95	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar''	Ar''
309	0.27	9.34	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar''	Ar''	Ar''	Ar''	Ar''	Ar''
312	0.26	10.74	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar''	Ar''	Ar''	Ar''		
315	0.33	15.48	Ar ₂ , Ar''	Ar''	Ar ₂ , Ar''	Ar''	Ar ₂ , Ar''	Ar''		
316	0.30	16.20	Ar ₂ , Ar''				Ar ₁₂ , Ar''			
318	0.32	18.20	Ar ₂ , Ar''	Ar ₂ , Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂ , Ar''		
320	0.28	19.90	Ar ₂	Ar ₂			Ar ₂	Ar ₂	Ar ₂	Ar ₂
324	0.29	24.85	Ar ₂	Ar ₂	Ar ₂	Ar ₂	Ar ₂	Ar ₂		Ar ₂
512	0.51	12.50	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar''	Ar''	Ar''	Ar''		
514	0.51	14.10	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''			Ar''	Ar''		
518	0.54	17.80	Ar ₂ , Ar''	Ar ₂ , Ar''		Ar ₂ , Ar''	Ar''	Ar''		
524	0.54	23.60	Ar ₂				Ar ₂			
603	0.72	3.04	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
605	0.58	5.19	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
607	0.64	7.32	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''		
609	0.62	9.95	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''		
621	0.58	20.85	Ar ₂	Ar ₂			Ar ₂ , Ar''	Ar ₂ , Ar''		
627	0.62	27.80	Ar ₂				Ar ₂			
814	0.82	14.00	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''		Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''		
816	0.78	16.80	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂ , Ar''		Ar''	Ar''	Ar''		
822	0.77	21.56	Ar ₂				Ar ₁₂ , Ar''			
903	0.89	3.50	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
905	0.90	5.38	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		Ar''
907	1.13	7.36	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		Ar''
909	1.03	9.34	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''		
912	0.78	11.55	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''		
919	0.87	19.44	Ar ₂ , Ar''				Ar''			
1016	0.97	16.10	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''	Ar ₁₂ , Ar''	Ar''		
1021	0.98	21.50	Ar ₂ , Ar''	Ar ₂ , Ar''	Ar ₂ , Ar''		Ar''	Ar''		
1203	1.15	3.40	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
1205	1.19	5.40	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
1207	1.20	7.30	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
1209	1.15	9.20	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''		
1503	1.51	3.02	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂		
1505	1.47	4.80	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂		
1507	1.53	7.28	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
1509	1.51	9.13	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''		
1512	1.55	13.23	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''		
1515	1.52	14.48	Ar ₁₂	Ar ₁₂ , Ar''	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''		
1518	1.44	18.20	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''	Ar ₁₂	Ar''		

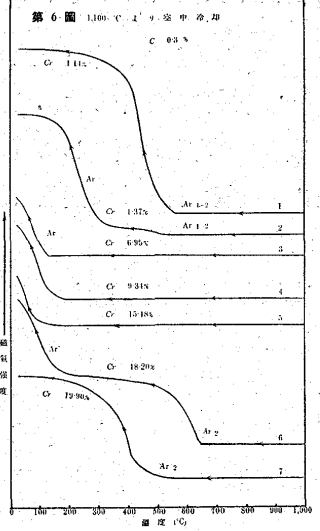
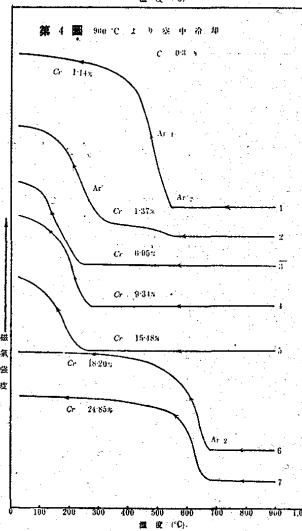
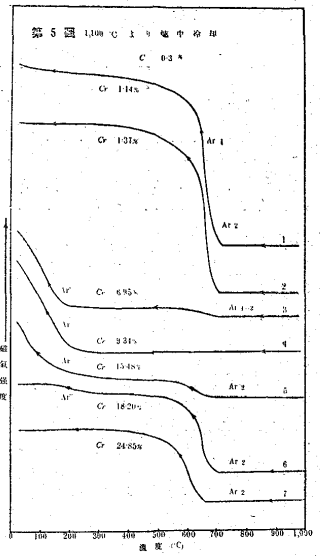
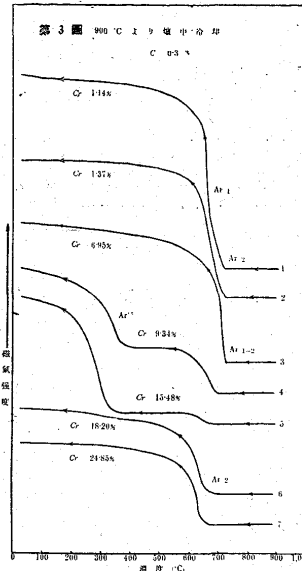


變態點の變化を明かに知ることが出来る。即

(1) 同一試料に於ては既によく知られたる如く最高加熱溫度及冷却速度に由て變態點が變化し A_{c1} 點以上餘り高からざる溫度より冷却するときは正常溫度 (700°C 附近) に於て變態を起すが (第2圖曲線 1) 加熱溫度を高むるに従ひ次第に其變態の一部分が降下して二段變態となり (曲線 2, 3) 更に加熱溫度を高くする時は全部降下して Ar'' 變態のみとなる (曲線 4)。

(2) 冷却速度の影響は爐中冷却の場合 (第2圖曲線 1~4) と空中冷却の場合 (第2圖曲線 5~8) とを比較すればよく其影響を知ることが出来る。即空中冷却の場合に於ては爐中冷却の場合よりも變態點の降下著しく冷却速度大なるときは Ar'' 變態を起すべき最高加熱溫度は低く、冷却速度遅ければ變態點が降下せないやうな溫度から冷却しても其速度速ければよく Ar'' 變態が現はれる。

(3) 鋼の組成による變態點の變化は第2表及第3~10圖によつて知ることが出来る。(a) 炭素量一定なるときは第3~6圖に見るが如くクロム量少なければ變態は正常變態のみであるが、クロム量を増すに従つて次第に正常變態の量を減じて Ar'' 變態の量を増し、或組成に於て Ar'' 變態のみとなるが、更にクロム含量を増すときは次第に Ar''



變態の量を減じて正常變態の量を増す。但此高クロム鋼に現はれる正常變態は Ar_2 變態であつて此變態溫度はクロム量を増すに従つて次第に降下す。又 Cr 量 24.85% の試料の如き高クロム鋼は冷却速度を増し最高加熱溫度を高くしても變態點の變化なく唯 Ar_2 變態のみであるが Cr 量 18.20% の試料は 900°C より冷却するときは Ar_2 變態のみで 1,100°C より冷却するときは Ar'' 變態が現はれる。其理由は Cr 量 24.85% の鋼は高溫度に於ても γ -相を生ぜないため Ar_1 又は Ar'' 變態が起らないのであるが Cr 量 18.20% の鋼は A_1 變態溫度が 900°C 以上であるため 900°C で冷却しては Ar_2 變態のみで 1,100°C に熱するとき A_1 變態を起して一部分オーステナイトとなるため、冷却に際して Ar'' 變態を起すのである。(b) クロム量一定なるときは第 7~10 圖に示す如く炭素量少いものに於て Ar'' 變態が起り易く、炭素量の高いものは Ar'' 變態が起り難い。但し Ar'' 變態の溫度は炭素量の高

いものに於て低い。

第11~14圖は此等試料に就て900°及び1,100°Cより
 爐中冷却並に空中冷却の場合に於ける組成と變態點の關係
 を圖示したものである。圖に於て○は正常變態(Ar₂,Ar₁₂)
 のみを有するもの●は正常變態(Ar₂,Ar₁₂)とAr''變態の
 兩變態を有するもの、又●はAr''變態のみを有するもの、
 ○はAr''變態とAr₂變態を有するもの、◎はAr₂變態
 のみを有するものを示す。

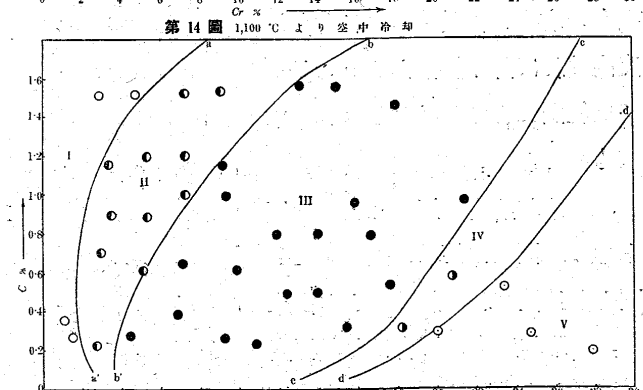
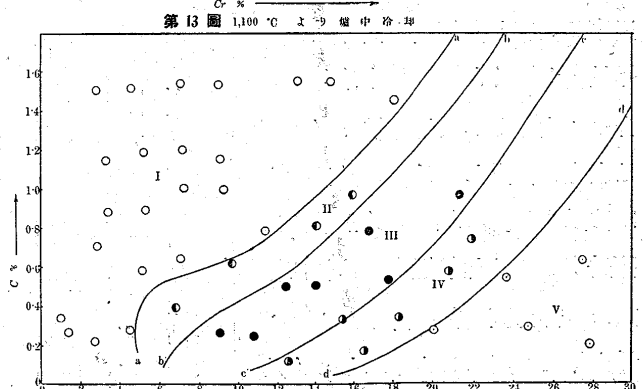
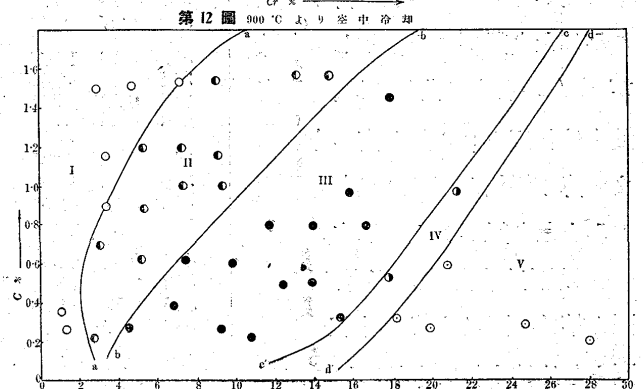
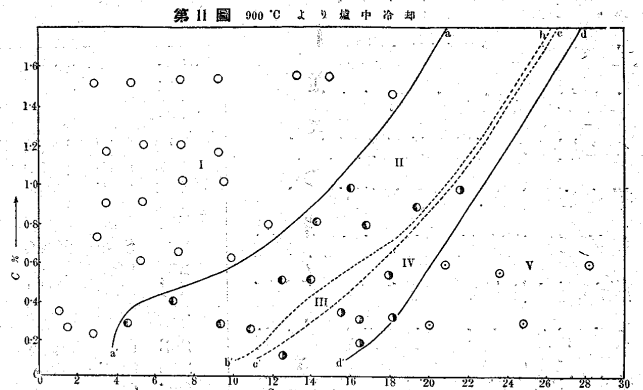
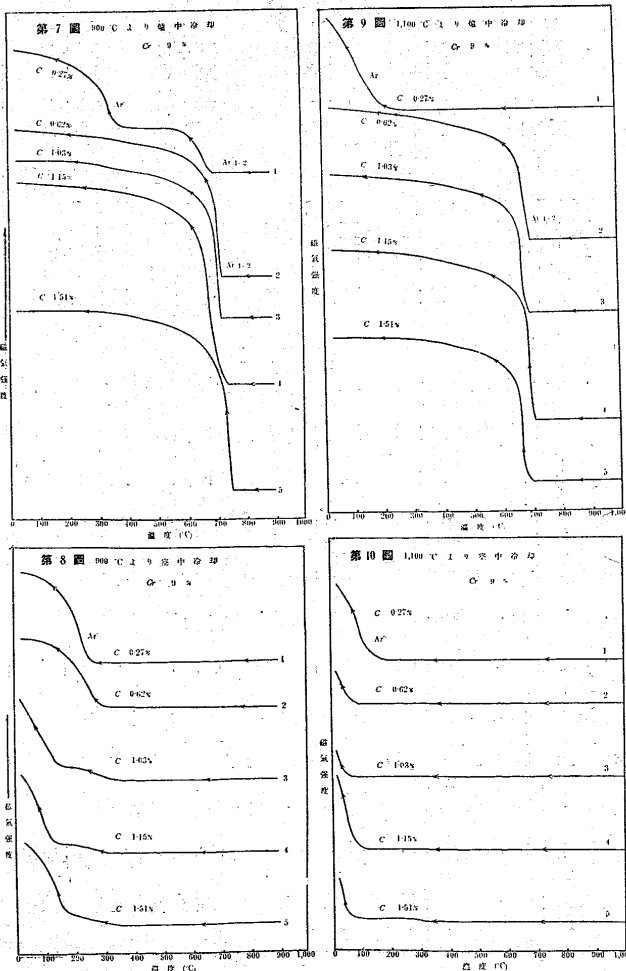
之に由て見るときクロム鋼は變態點の如何に由て次の界
 域(I~V)に分る。

- I 正常變態のみを有するもの、
- II 正常變態と降下變態(Ar'')とを有するもの、
- III 降下變態のみを有するもの、
- IV A₂變態と降下變態とを有するもの、
- V A₂變態のみを有するもの、

而して其各界域の組成範圍は冷却条件に由て異なる、900
 °Cより爐中冷却の場合には界域 III 即 Ar'' 變態のみを
 有する試料はなかつたけれども、顯微鏡的研究によると此
 の界域の存在が推定せられるので、第11圖界域 II と IV

の間に界域 III を設け點線を以て境界を表はした。

此等の圖によるときはよく組成による變態點の變化を知
 ることが出来る。即(1 クロム量を増すに従つて何れの場合
 に於ても正常變態のみを有する鋼(界域 I)は、正常變態
 と降下變態との二段變態を有するもの(界域 II)となり、
 更にクロムを増すときは降下變態のみを有するに至る(界



域 III)。猶クロム量を増すときは降下變態の外に A₂ 變態を有するに至り (界域 IV)、猶クロム量を増せば A₂ 變態のみとなる (界域 V)。

(2) 此等界域の境界線は aa' の下方を除いては何れも左下より右上の方に曲つて居る。其 aa' の上方が左下より右上の方に曲れるは炭素量を増すに従つて正常變態が起り易く、炭素量高ければクロム量高いものにまで正常變態が現はれることを示す。又 aa' の下方が逆に曲つて居るのは顯微鏡的研究に由て推定せられるので、低炭素のものに於ては炭素量の高い方が降下變態が現はれ易いのである。又 bb' の左下より右上の方に曲れるは炭素量高いものの方が全部降下變態のみになり難いことを示し cc' 及び dd' の右方に曲れるは、炭素量多ければクロム量が高いものまで降下變態が現はれ又 Ar₂ 變態のみとなり難いことを示す。

(3) 最高加熱温度の影響は第 11 圖と第 13 圖又は第 12 圖と第 14 圖とを比較すれば容易に知る事が出来る。即加熱温度が高くなると界域 I が狭くなり (爐中冷却の場合には大差ない)、境界線 aa' bb' は左方に移動し cc' 及 dd' は右方に移動する。aa' 及 bb' が左方に移動するのは加熱温度高ければ變態の一部乃至全部の降下がクロム量少くても起ることを示し cc' 及 dd' の右方に移動するのは加熱温度高ければ降下變態がクロム量の多い範圍にまで現はれることを示すものである。

(4) 冷却速度の影響は第 11 圖と第 12 圖又は第 13 圖と第 14 圖とを比較すれば知ることが出来る。即冷却速度の影響は加熱温度の影響と大體同様で冷却速度を増

すときは境界線 aa' 及 bb' は左方に移動し dd' は大體同様であるが cc' の下方は右方に移動する。故に冷却速度が速ければクロム量少くても變態の一部又は全部が降下し、又降下變態の全部がクロム量の多い範圍にまで現はれるのである。

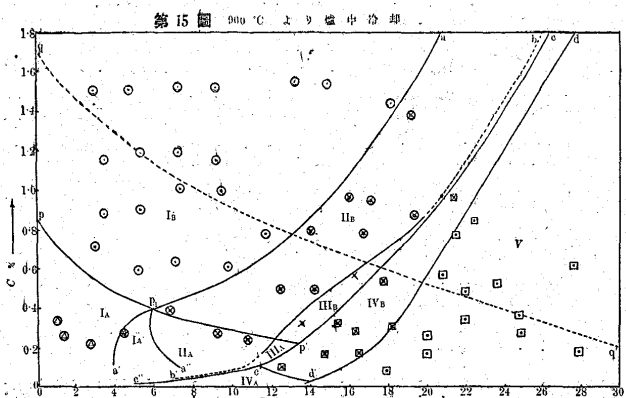
第 3 表

試料 番號	組成%		900°Cより		1,000°Cより		1,100°Cより	
	C	Cr	爐中冷却	空中冷却	爐中冷却	空中冷却	爐中冷却	空中冷却
112	0.12	12.30	F+M+C	F+M+C	F+M+C	M+C	F+M+C	M
116	0.19	16.30	F+M+C	F+M+C	F+M+C	F+M+C	F+M+C	F+M+C
118	0.10	18.10	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C
215	0.17	14.80	F+M+C	M+C	F+M+C	M+C	F+M+C	M+C
220	0.19	20.10	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C
228	0.19	27.80	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C
301	0.35	1.14	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P
302	0.29	1.37	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P
303	0.23	2.85	F+P	F+M+T	F+P	F+M+T	F+P	F+M+T
305	0.27	4.50	F+P	M	F+P	M	F+P	M
307	0.40	6.95	M+T	M	M+T	M	M+T	M
309	0.27	9.34	M+T	M	M	M	M	M
312	0.26	10.74	M+T	M	M	M	M	M
314	0.33	13.60	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
315	0.33	15.48	F+M+C	M+C	F+M+C	M+C	F+M+C	M+C
316	0.30	16.20	F+M+C	M+C	F+M+C	M+C	F+M+C	M+C
318	0.32	18.20	F+M+C	F+C	F+M+C	F+M+C	F+M+C	F+M+C
320	0.28	19.90	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C
322	0.35	21.90	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C
324	0.29	24.85	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C
424	0.38	24.68	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C
512	0.51	12.50	M+T+C	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
514	0.51	14.10	M+T+C	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
516	0.57	16.45	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
518	0.54	17.80	F+M+C	F+M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
521	0.50	21.80	F+C	F+C	F+C	F+M+C	F+M+C	F+M+C
524	0.54	23.60	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C
603	0.72	3.04	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
605	0.58	5.19	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
607	0.64	7.32	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C	P+C	M+C
609	0.62	9.95	P+C	M+C	P+C	M+C	M+T+C	M+C
621	0.58	20.85	F+C	F+C	F+C	F+M+C	F+M+C	F+M+C
627	0.62	27.80	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C	F+C
814	0.82	14.00	M+T+C	M+C	M+T+C	M+C	M+T+C	M+C
816	0.78	16.80	M+T+C	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
822	0.77	21.56	F+C	F+C	F+C	F+M+C	F+M+C	F+M+C
903	0.89	3.50	P+C	P+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
905	0.90	5.38	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
607	1.13	7.36	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
909	1.03	9.34	P+C	M+T+C	P+C	M+C	P+C	M+C
912	0.73	11.55	P+C	M+C	P+C	M+C	P+C	M+C
919	0.87	19.44	M+T+C	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
922	0.86	22.30	F+C	F+C	F+M+C	M+C	F+M+C	F+M+C
1016	0.97	16.10	M+T+C	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
1019	0.97	17.00	M+T+C	M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
1021	0.93	21.51	F+M+C	F+M+C	M+C	M+C	M+C	M+C
1203	1.15	3.40	P+C	P+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
1205	1.19	5.40	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
1207	1.20	7.30	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
1209	1.15	9.20	P+C	M+T+C	P+C	M+C	P+C	M+C
1419	1.38	19.30	M+T+C	M+C	M+T+C	M+C	M+T+C	M+C
1503	1.51	3.02	P+C	P+C	P+C	P+C	P+C	P+C
1505	1.47	4.80	P+C	P+C	P+C	P+C	P+C	P+C
1507	1.53	7.28	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
1509	1.51	9.13	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C	P+C	M+T+C
1512	1.55	13.23	P+C	M+C	P+C	M+C	P+C	M+C
1515	1.52	14.48	P+C	M+C	P+C	M+C	P+C	M+C
1518	1.44	18.20	P+C	M+C	P+C	M+C	P+C	M+C

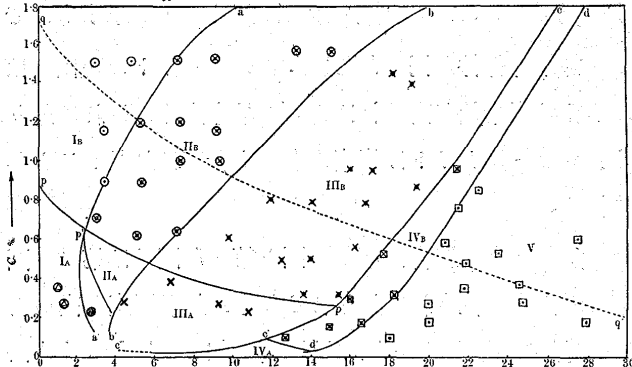
IV. 顯微鏡的研究—組織圖

第3表は顯微鏡的研究の結果を示す。表中Fは初析地鉄、Pはパーライト、Mはマルテンサイト、Tはツルースタイト、Cは初析炭化物を表はす。パーライト及びツルースタイトはオーステナイトより地鉄及び炭化物が同時に析出

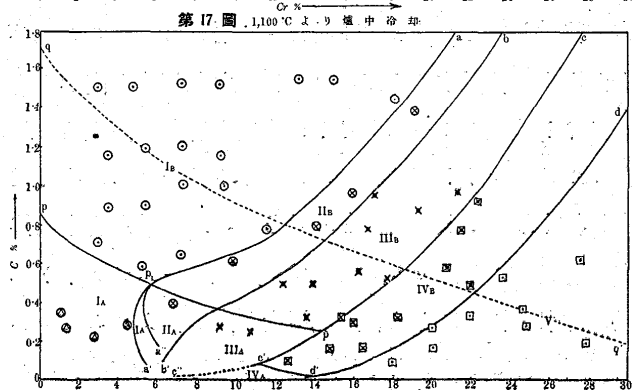
した共析晶で、冷却速度に由て其微細度が異なり、冷却速度が遅い場合にはよく層状組織が現はれるが、冷却速度が増すに従つて微細となりツルースタイトになる。因てパーライト乃至ツルースタイトは唯其微細度が異なるのみであるから、之をPを以て表はし、唯マルテンサイトと共存する場合のみをTとした。



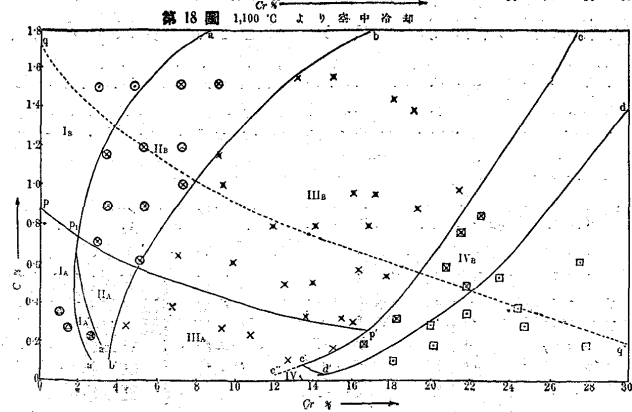
第15圖 900°Cより爐中冷却



第16圖 900°Cより空中冷却



第17圖 1,100°Cより爐中冷却



第18圖 1,100°Cより空中冷却

第15~18圖は各試料の900°及1,100°Cより爐中並に空中冷却したる場合の鏡檢結果を圖示したもので、各冷却条件の下に於ける試料の組成と組織との關係を示す組織圖である。圖に於て△は初析地鉄（オーステナイトより析出したるα相）、□は初晶地鉄（融體より晶出したるα相）●は初析炭化物、○はパーライト乃至ツルースタイト、×はマルテンサイトで之等の2個又は3個を併用したるものは其等の組織成分が共存するものである。例へば◎はパーライト乃至ツルースタイトと初析炭化物の存在を示し、⊙は初析地鉄とパーライトより成ることを示す。

又各曲線は異なる組織を示す界域の境界線である。圖に於て曲線pp'は炭素量を増加す時初析炭化物の現はるゝ界域の境界線であり、曲線aa'はクロム量を増加するときマルテンサイトの現はるゝ境界線bb'はツルースタイトの消失する境界線cc'は初晶地鉄の現はるゝ境界線dd'はマルテンサイトの消失する境界線である。故に之等の圖に於て曲線pp'よりも炭素量多き鋼に於ては初析炭化物が現はれマルテンサイトは曲線aa'とdd'との間の組成のものに現はれ、ツルースタイトは曲線bb'以下のクロム量のものに現はれる。又曲線cc'以上のクロム量のものには高温度に熱してもオーステナイトに變化せぬ地鉄又は冷却中に析出した地鉄が存在し、曲線dd'以上のクロム量のものには全然マルテンサイトを生ぜないのである。

故に此等の各曲線に由て分たれた各界域の示す組織成分は次の如く表はされる。而して各圖に於て同一の記號の界域は同一の組織成分より成るのである。

界域	IA	F _a +P	界域	IIIA	M(+A)
"	IB	C+P	"	IIIB	C+M(+A)
"	IA'	F _a +T+M	"	IVA	F ₈ '(+M)
"	IIA	T+M(+A)	"	IVB	C+M(+A)+F ₈ '
"	IIB	C+T+M(+A)	"	V	C+F ₈

- 1) 界域 IVA のクロム 11% 以上のものはオーステナイトより析出したる地鉄即 F_a である。又 11% 以上のものに於ても一部分 F_a が存在する筈である。
- 2) F₈' の外に F_a も含有する筈である、又此界域の試料には地鉄の周りにツルースタイトを伴ふものがある。

茲に F_0 は γ -相より變化したる地鐵 F_0 は融體より晶出したる初晶地鐵又は高溫度に熱しても γ -相に變化せない地鐵を示す。又 M の次に (+A) としたるは此等マルテンサイトの中には多少のオーステナイトが混在せるによる。

之を第 11~14 圖の夫々冷却條件相等しき場合のものと比較するときには此等界域の境界線 aa' , bb' , cc' 及び dd' は夫々一致し、界域 I, II, III, IV, V は全く相一致する。即界域 I_A 及び I_B に屬するものは正常變態を示すもので其組織はパーライトを有す。

界域 II_A 及 II_B は正常變態と降下變態 (Ar'') を示すものでマルテンサイト及びツルースタイトの組織を有す。界域 III_A 及 III_B は降下變態のみを示すものでマルテンサイトより成る。又界域 IV_B のものは A_2 變態と降下變態を示すもので地鐵及びマルテンサイトを有し、界域 V のものは A_2 變態のみを示し初晶地鐵より成るものである。界域 IV_A の存在は次に記載する滲炭試料の鏡檢結果より推定したるものであつて、低炭素範圍に於て特に 900° より冷却したる場合に明に知られる。又初析炭化物は變態點には關係がないけれども組織には現はれるに由て組織圖には初析炭化物の有無を境する所の曲線 pp' が存在するのである。又點線で表した曲線 qq' は前研究に於いて得たるオーステナイトに於ける炭素の溶解度を示す。故に此曲線よりも高炭素のものは共晶炭化物を含有するのである。

此等の圖を見るときは第 11~14 圖に就て述べたと同様に種々の事實を考察することが出来る。

(1) クロム量の増加による組織の變化は何れの場合に於ても同様で、地鐵及パーライトより成る界域 I_A の鋼はクロムを加ふるに從て地鐵は次第に其量を減じパーライトはツルースタイトとなり、次でマルテンサイトが現はれ、界域 I_A' に於ては地鐵、ツルースタイト及びマルテンサイトとなる。それより界域 II_A に入ればツルースタイト及びマルテンサイトとなり。更にクロムを増すときはツルースタイトは消失し、界域 III_A に入れば全部マルテンサイト組織となる。夫より更にクロムを増して界域 IV_B に入れば再び地鐵が現はれ、マルテンサイトは次第に減少す。更にクロムを増して界域 V に入ればマルテンサイトも消失し、地鐵及び炭化物となる。又初析炭化物及びパーライトより成れるもの (界域 I_B) に次第にクロムを増すときは、パーライトはツルースタイトとなり、次にマルテンサイト乃至

オーステナイトに變じ、更にクロムを増加すれば再び地鐵が現はれ、遂に地鐵及炭化物となること前者と同様で、唯初析炭化物が存在するの差あるのみである。

(2) クロム量一定の鋼に對する炭素の影響は組織圖に於ける界域の境界線 aa' の下方を除き何れも炭素量を増すに從て左下より右上の方に彎曲して居るに由て次の事實が考察せられる。 aa' の下方が炭素を増すに從つて少しく左方に曲つて居るのは低炭素範圍に於ては、炭素量の高い方がマルテンサイトが現はれ易いことを示すもので、後に記載する滲炭試料の鏡檢に因て知ることが出来る。又 aa' の上方が右上の方に彎曲せるは炭素量の増すに從つてマルテンサイトが現はれるには多量のクロムを要することを示す。又 bb' の彎曲は炭素量が増すに從つてクロムが多くてもツルースタイトが現はれ易いことを示す。又 cc' 及び dd' の彎曲はマルテンサイト乃至オーステナイトの組織は炭素が増すに從てクロムの多い鋼にまで現れることを示すものである。即冷却條件が同一ならばマルテンサイトの現出又は鋼の硬化は炭素量が高ければクロム量も高くなければ起り難く、ツルースタイトは炭素の多い方が現はれ易いことが知られる。

(3) 加熱溫度の影響は第 15 圖と第 17 圖又は第 16 圖と第 18 圖を比較すれば知られる如く、加熱溫度が高いときは境界線 aa' 及び bb' は左方に移動し cc' 及び dd' は右方に移動し、又 pp' は少しく上方に移動する。 aa' 及び bb' が左方に移動すると云ふことは、加熱溫度が高いときパーライト乃至ツルースタイトの生成が容易に阻止せられて、マルテンサイト及びオーステナイトはクロムが少くても生じ易くなることを示すものである。又 dd' が右方に移動すると云ふことはマルテンサイト乃至オーステナイトが常溫に持來されることは、加熱溫度が高い程クロムの多い組成範圍にまで起ることを表はすもので、クロム鋼の γ -相範圍は溫度が高ければ増大することを示す。又 pp' が上方に移動することは初析炭化物の析出は加熱溫度が高いときは困難となり、初析炭化物の現はれない範圍が廣くなることを示すのである。

(4) 冷却速度の影響は第 15 圖と第 16 圖、第 17 圖と第 18 圖を比較すれば知られる如く、冷却速度を増すときは加熱溫度の上昇と同様に、境界線 aa' 及び bb' が左方に移動し dd' は大體同様であるが cc' の下方は右方に移動し又 pp' は少しく上方に移動する。故に冷却速度を増すと

きはクロム含量が少くともパーライト乃至ツルースタイトの生成を阻止し、マルテンサイト乃至オーステナイトを生じて容易に硬化し、又クロム量の高い範囲にまでマルテンサイト乃至オーステナイトが現はれる。又初析炭化物の現出には多量の炭素を要するのである。之に反して冷却速度が遅くなれば曲線 aa' 及 bb' は右方に移動してパーライト乃至ツルースタイトの生ずる範囲は擴大し、充分緩冷すれば Ar₁ 變態は正常温度に於て完結するに由て、マルテンサイト乃至オーステナイトの生ずる範囲は消失するのである。

V. 滲炭試料の組織

前節に於て得たる組織圖の正しきことを證明するために種々のクロム量を含むる滲炭試料をつくり、之を種々の條件の下に冷却して其の組織を鏡檢した。此の如くするときには同一試片に於て炭素量が外部より内部に進むに従て次第に減少するに由て、之を直徑に沿うて鏡檢するときには一定クロム量のものを、同一冷却條件の下に冷却したる場合に於ける炭素

の影響を、同一試片に於て知ることが出来る従て之に由て炭素の變化により前記組織圖に於ける界域の變化、並に各界域の境界線の傾斜を知ることが出来る。

試料は電解鐵と金屬クロムとを用ひ、之をアルミナを内

第4表 900°Cより爐中冷却

試片		中心部より周縁に至る組織の變化			
記號	Cr%	組	織	成 分	状態界域
A ₁	1.40	(F)→(F+P)→(P)→(P+C)			IA→IB
B ₁	2.27	(F)→(F+P)→(P)→(P+C)			IA→IB
C ₁	5.72	(F)→(F+M)→(F+M+T)→(P+C)			IVA→IA'→IB
D ₁	7.31	(F)→(F+M)→(F+M+T)→(M+T)→(M+T+C)→(P+C)			IVA→IA'→IIA→IIB→IB
E ₁	9.20	(F)→(F+M)→(M+T)→(M+T+C)→(P+C)			IVA→IIA→IIB→IB
F ₁	10.83	(F)→(F+M)→(M+T)→(M+T+C)→(P+C)			IVA→IIA→IIB→IB
G ₁	12.92	(F)→(F+M)→(F+M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IVA→IIB→IIIB→IIB→IB
H ₁	15.08	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			V→IVB→IIIB→IIB→IB
I ₁	16.86	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+T+C)→(P+C)			V→IVB→IIB→IB
J ₁	18.55	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+T+C)→(P+C)			V→IVB→IIB→IB

第5表 900°Cより空中冷却

試片		中心部より周縁に至る組織の變化			
記號	Cr%	組	織	成 分	状態界域
A ₂	1.40	(F)→(F+P)→(P)→(P+C)			IA→IB
B ₂	2.27	(F)→(F+P)→(F+M+T)→(P)→(P+C)			IA→IA'→IB
C ₂	5.72	(F)→(F+M)→(M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IVA→IIIA→IIIB→IIB→IB
D ₂	7.31	(F)→(F+M)→(M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IVA→IIIA→IIIB→IIB→IB
E ₂	9.20	(F)→(F+M)→(M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IVA→IIIA→IIIB→IIB→IB
F ₂	10.83	(F)→(F+M)→(M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IVA→IIIA→IIIB→IIB→IB
G ₂	12.92	(F)→(F+M)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)			IVA→IVB→IIIB→IIB
H ₂	15.08	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)			V→IVB→IIIB→IIB
I ₂	16.86	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)			V→IVB→IIIB→IIB
J ₂	18.55	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)			V→IVB→IIIB→IIB

第6表 1,100°Cより爐中冷却

試片		中心部より周縁に至る組織の變化			
記號	Cr%	組	織	成 分	状態界域
A ₃	1.40	(F)→(F+P)→(P)→(P+C)			IA→IB
B ₃	2.27	(F)→(F+P)→(P)→(P+C)			IA→IB
C ₃	5.72	(F)→(F+P)→(F+M+T)→(M+T)→(M+T+C)→(P+C)			IA→IA'→IIA→IIB→IB
D ₃	7.31	(F~M)→(M+T)→(M+T+C)→(P+C)			IIA→IIA'→IIB→IB
E ₃	9.20	(F~M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IIIA→IIIB→IIB→IB
F ₃	10.83	(F~M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IIIA→IIIB→IIB→IB
G ₃	12.92	(F~M)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IIIA→IIIB→IIB→IB
H ₃	15.08	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)→(P+T)			V→IVB→IIIB→IIB→IB
I ₃	16.86	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			V→IVB→IIIB→IIB→IB
J ₃	18.55	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			V→IVB→IIIB→IIB→IB

第7表 1,100°Cより空中冷却

試片		中心部より周縁に至る組織の變化			
記號	Cr%	組	織	成 分	状態界域
A ₄	1.40	(F)→(F+P)→(P)→(P+C)			IA→IB
B ₄	2.27	(F)→(F+P)→(F+M+T)→(P)→(P+C)			IA→IA'→IB
C ₄	5.72	(M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IIIA→IIIB→IIB→IB
D ₄	7.31	(M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IIIA→IIIB→IIB→IB
E ₄	9.20	(M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IIIA→IIIB→IIB→IB
F ₄	10.83	(M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IIIA→IIIB→IIB→IB
G ₄	12.92	(M)→(M+C)→(M+T+C)→(P+C)			IIIA→IIIB→IIB→IB
H ₄	15.08	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)			V→IVB→IIIB→IIB
I ₄	16.86	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)			V→IVB→IIIB→IIB
J ₄	18.55	(F)→(F+C)→(F+M+C)→(M+C)→(M+T+C)			V→IVB→IIIB→IIB

面に塗つた黒鉛坩堝に入れ、高周波誘導電氣爐に由て約 2 kg づゝを鑄製し、之を内徑 3 cm の鐵製鑄型に鑄造したる後、徑 1.8 cm の棒に鍛練し之を徑 1.5 cm の長き圓棒に仕上げ、之に滲炭を施した。試料は 10 種でクロムの分析結果は第 4~7 表の各に示す通りである。

滲炭は石炭瓦斯を用ひ、鐵管内に此の試料圓棒を入れ、約 1,000° に於て石炭ガスを通じながら 6 時間加熱した。之に由て低クロム鋼は 3 mm 位、高クロム鋼でも 2 mm 位は滲炭せられた。又外周の炭素量が多いものは 2% 以上もあつた。之を高さ約 1.5 cm の圓柱に切り、異種の試片各一箇づゝ一回に 10 個を石英管に入れ眞空中に於て加熱し、各所要温度に 30 分間放置したる後夫々次の條件の下に冷却した。

- (1) 900°C より爐中冷却
- (2) 900°C より空中冷却
- (3) 1,100°C より爐中冷却
- (4) 1,100°C より空中冷却

第 4~7 表は此等試片の鏡檢結果を示す。此等の表に於ける F, M, P 等の記號は第 3 表に於けると同様である。

此等の結果を第 15~18 圖と對照するときによく其一致せることが知られる。例へば第 4 表 900° より爐中冷却の場合に於て試片 A₁ 及 B₁ は中心は (F) のみより成り、周縁に近くに従て P の量を増して全部 P となり、更に周縁に至れば (P+C) となる。即第 15 圖界域 I_A より I_B に變化するものである。従て第 15 圖曲線 aa' よりも左方の組成なることが知られる。所が試片 C₁ に於ては中心 F の次に (F+M) の部分があり次で (F+M+T) となり、周縁は (P+C) となる。此 (F+M) の組織は 900°C より爐中冷却の途中オーステナイトより地鐵が析出し、一部分マルテンサイトに變化したもので、之に由て界域 IV_A はクロム量 5% 附近まで延長せることが知られる。又其外側に (F+M+T) の組織があるのは 900°C より爐中冷却の途中オーステナイトより地鐵が析出し、残りの一部分はツルースタイトとなり一部分がマルテンサイトとなつたもので、界域 I'_A に屬する組織である。之に由てマルテンサイトの生成を示す境界線 aa' はクロム量 5% 以下に來なければならぬことが知られる。併し周縁の方は (P+C) でマルテンサイトが存在せないに由て界域 I_B であり、マルテンサイトの生成は高炭素の部分には起り難いことを示す。次に試片 D₁ も同様に中心部 F の次に (F+M) の範圍

があり、其次に (F+M+T) の組織があるに由て I'_A の界域はクロム 7% 以上にまで廣がつて居ることが知られる。又其次に (M+T), (M+T+C) の組織があり、周縁は (F+C) であるに由て、此試片 (7.31% Cr) は炭素を増すに従て界域 IV_A より I'_A に入り、次で II_A, II_B を經て I_B に進むことが知られる。因て第 15 圖の如く曲線 p₁a'' は p₁ 點より右下に彎曲し、曲線 p₁a は右上に彎曲せなければならぬことが知られる。

又試片 E₁ 及び F₁ は (F+M+T) の組織がないに由て、界域 I'_A はクロム 9% までは擴がつて居ないことが知られる。又此兩試片には一層としては見られないけれども界域 IV_A (F+M) と II_A (M+T) との間には、マルテンサイトのみより成る界域 III_A が存在する筈であるから、第 15 圖には點線を以て表はした。

試片 G₁ には (F+M+C) の組織が現はれるに由て IV_B の界域がクロム 13% 以下まで擴がつて居なければならぬことが知られる。次に (M+C) の組織は殆見られないが、周縁に近づくると (M+T+C) 及び (P+C) の組織が明瞭に現はれる。

試片 H₁ I₁ 及び J₁ は何れも同様で中心より (F+C)、次に (F+M+C), (M+C), (M+T+C) を經て周縁 (P+C) に變化する。此等試片の中心部の F は 900° に熱してもオーステナイトにならないもので、試片 C₁ D₁ 及び F₁ に於ける F の如く、オーステナイトより變化したものではない。又此等何れの試片に於ても (M+C) の範圍は頗狭いか、又は殆見えない程度であるから第 15 圖界域 III_B は狭いことが知られる。又此の如き高クロムの試片でも周縁の高炭素の部分にはツルースタイトが存在するに由て、炭素量多ければツルースタイトは高クロム試料にも現はれ易いことが知られる。

次に第 5 表 900°C より空中冷却の場合を見るに (F+M+T) の組織が、既に試片 B₂ (2.27% Cr) に於て現はれて居る。故に第 16 圖組織圖に於てマルテンサイトの生成を示す境界線 aa' は、爐中冷却の場合 (第 15 圖) よりも左方に來なければならぬことが知られる。而して此試片の中心部より周縁に至る組織の變化を見るに、中心部 F の次の (F+P) があり、其次に M が現はれて (F+M+T) の組織となり、更に炭素量を増すと M がなくなつて P のみとなり、周縁は (P+C) となる。即亞共析組成に於ては低炭素の範圍には M はないが、少しく炭素を増すと M

が現はれ、更に炭素を増すとき M が現はれ難くなる。それ故にマルテンサイトの生成を示す境界線 aa' は第 16 圖に示すが如く、低炭素の範圍に於ては高炭素の範圍とは逆の方向に彎曲せなければならぬのである。此の如き現象は著者の一人¹⁾が先年炭素鋼の焼入状態圖に於て示した所であつて、マルテンサイトは初析品の現はれない共析組成附近のものに於て最現はれ易いためである。

又 $1,100^{\circ}\text{C}$ より爐中冷却の場合には第 6 表に示すが如く、マルテンサイト現出は試片 C_2 ($5.72\%Cr$) に始まる。而して此試片に於て中心に近い部分には (F+P) があり、更に炭素の高い所に於て M が現はれ (F+M+T) となり、更に炭素が増せば F が消失して (M+T) となり、更に炭素が増せば (M+T+C) となり、一層炭素高き周縁は (P+C) で M が存在せない。因て此試片は炭素が増すに従て $I_A-I'_A-II_A-II'_B-I_B$ の順序に變化するので、第 17 圖に示すが如く曲線 aa' は、低炭素の方では左上より右下に彎曲し、高炭素の方では左下より右上の方に彎曲すべく、曲線 $p_1 a''$ は左上より右下の方に彎曲せられなければならないことが知られる。

又此 $1,100^{\circ}$ より爐中冷却の場合に於ては界域 IV_A と III_A は連続して判然しない。其理由はクロム量低いもの (例へば 10% 以下) に於ては $1,100^{\circ}$ では全部オーステナイトとなつて居るため、低炭素鋼では冷却の途中一部分地鉄を析出するので、其地鉄の形状が細長く、マルテンサイトとの區域が判然せないためである。但界域 IV_B に屬するものは、一部分はオーステナイトより析出したものであるが、大部分は $1,100^{\circ}\text{C}$ に於てもオーステナイトに溶解せない初晶地鉄 (F₀) が存在するために明に知られる。

$1,100^{\circ}$ より空中冷却の場合には第 7 表に示すが如くマルテンサイトの現出は試片 B_4 ($2.27\%Cr$) に始まる。而して此試片に於ても中心部に近き所に (F+P) の組織があつてそれより少しく炭素量多い所に M が現はれ (F+M+T) の組織となり、更に炭素量多き所には M なく P のみとなり、周縁は (P+C) となつて居る。因て第 18 圖境界線 aa' は圖の如くならなければならぬことが知られる。又此 $1,100^{\circ}\text{C}$ より空中冷却の場合には (F+M) の組織が現はれる組成範圍は非常に狭い。其の理由は $1,100^{\circ}\text{C}$ に於て全部オーステナイトとなるもの ($Cr 10\%$ 以下) は冷却速度稍速なるため冷却の途中に地鉄析出しがたく、容易にマルテンサイトとなるためである。

1) 村上、金屬の研究 3 (1926), 422.

總 括

1. クロム量 27.8% 以下、炭素量 1.55% 以下の組成のクロム鋼を用ひ、磁氣分析により冷却條件を變じて其の變態點の變化を研究し、組成と變態點との關係を圖示し、次の事實を明にした、

(a) 同一試料に於ては冷却速度を増すに従ひ、又加熱温度を高むるに従ひ、正常變態 ($Ar_2, Ar_{1,2}$) は次第に其温度降下すると共に其量を減じ、降下變態 (Ar'') の量を増す。

(b) 炭素量一定なるときはクロム量を増すに従て變態點の降下容易となるが、更にクロム量増加して γ 相を生ぜざるに至らば變態點の降下を起さない。

(c) クロム量一定なるときは或程度までは炭素量を増すに従て變態點の降下容易となるが、之を超過するときは變態點の降下困難となる。但完全に降下したる Ar'' 變態點は炭素量を増すに従て低くなる。

(d) 加熱温度を高むるか又は冷却速度を増すときは、低クロムの試料に於ても變態點の降下が起る。

(e) クロム量 $14\sim 26\%$ の試料は低炭素のものは變態點の降下を起さないが、炭素量を増すに従て變態點の降下を見るに至る。

(f) クロム量 26% 以上のものは炭素量を増すも變態點の降下を見ない。

2. 上記の試料を種々の冷却條件の下に冷却し、其顕微鏡組織の變化を研究し、各條件の下に於ける組織圖を構成し次の事實を明にした。

(a) 炭素量一定ならばクロム量を増すに従ひパーライトはツルースタイトとなり次でマルテンサイトとなり、更にクロムを増せば地鉄が現はれマルテンサイトを生ぜざるに至る。

(b) クロム量一定ならば或程度までは炭素量を増すに従てマルテンサイトが現はれ易くなり、更に炭素量を増せば容易にツルースタイトが現はれる。

(c) 冷却條件同一ならばマルテンサイトの現出は炭素量が高ければクロム量も高くなければ起り難く、ツルースタイトは炭素量の高い方が現はれ易い。

(d) 加熱温度が高いときはパーライト乃至ツルースタイトの生成が容易に阻止せられ、クロムが少くてもマルテンサイト及びオーステナイトが生じ易くなる。

(e) 冷却速度を増すときはクロム量が少くともパーライト乃至ツルースタイトの生成が阻止せられてマルテンサイト乃至オーステナイトを生じ、又クロム量の高い範圍にまでマルテンサイト及びオーステナイトが現はれる。

3. クロム量 20% 以下の鐵クロム合金に滲炭を施したるものを種々の冷却條件の下に冷却し、中心部より周縁に至る組織の變化を鏡檢し、炭素量の影響を知り、前記組織圖の正當なることを確かめた。