

クロム鋼の組織圖

(昭和2年 11月 日本鐵鋼協會第三回講演大會講演)

村上武次郎

Structural Diagram for Chromium Steels: by Takejiro Murakami.; The microstructure of chromium steels markedly changes, according to the composition and the cooling condition, i. e. maximum heating temperature and cooling rate. Studying the microstructure for 46 specimens of chromium steels containing less than 28 percent of chromium and 1.6 percent of carbon, cooled under the following conditions, the structural diagrams for the respective cases were constructed:—(1) very slowly cooled from 900°, (2) cooled in furnace from 900°, (3) cooled in air from 900°, (4) cooled in furnace from 1200°, and (5) cooled in air from 1200°. In these diagrams the composition range of steels showing the self-hardening property is clearly shown. Moreover, from these diagrams, the following facts are concluded:—(1) the carbon content at the eutectoid points and the solubility of carbon at the eutectic point decreases, as the chromium content increases: (2) the pearlitic region in the normal structure increases, as the carbon content increases: (3) When the cooling condition is equal, the microstructure changes from pearlite or troostite to martensite and austenite in addition of chromium, and in further increasing chromium, ferrite containing high chromium appears: (4) As the cooling rate increases, or the maximum heating temperature rises, martensite or austenite readily appears, pearlite or troostite tending to be hardly formed: (5) In high carbon alloys, the martensite or austenite hardly appears, unless the cooling rate is rapid or the maximum heating temperature is high; as the cooling rate and the maximum temperature increases, the austenite is easily retained.

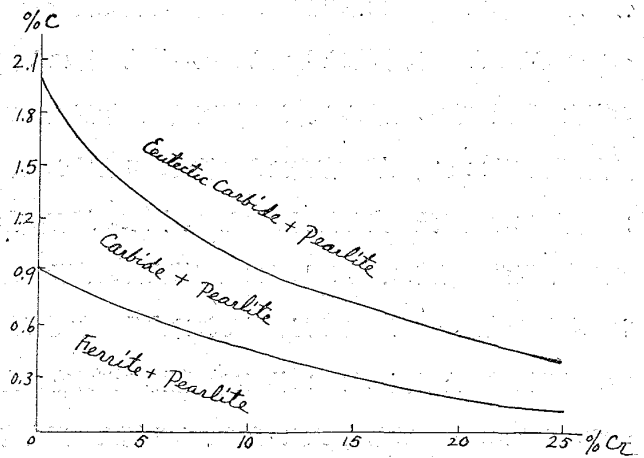
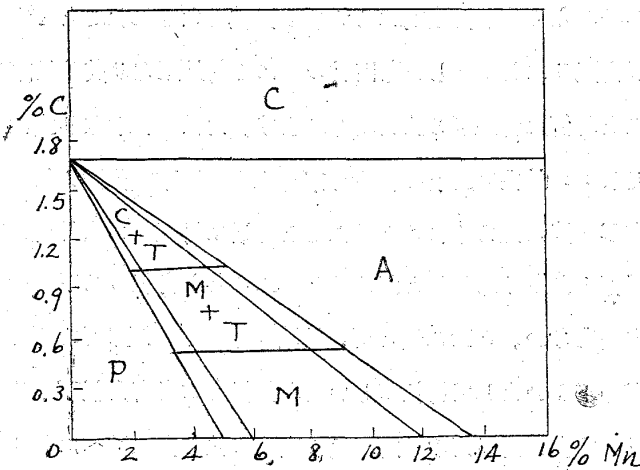
I. 緒言

クロム鋼の顯微鏡組織に就ては、古く Guillet⁽¹⁾の研究がある。氏は炭素量 0.2% 及 0.8% の2種類
のクロム鋼を鍛錬し、緩冷したる後其組織を研究し、第1圖に示す組織圖を提出した。併しクロム鋼
の顯微鏡組織は其組成が同一であつても、其冷却速度及最高加熱温度の如何に由て著しく異なるもの

第1圖

P: 波來上 M: 麻留田 T: 吐粒洲
C: 炭化物 A: 大洲田

第2圖 (村上)

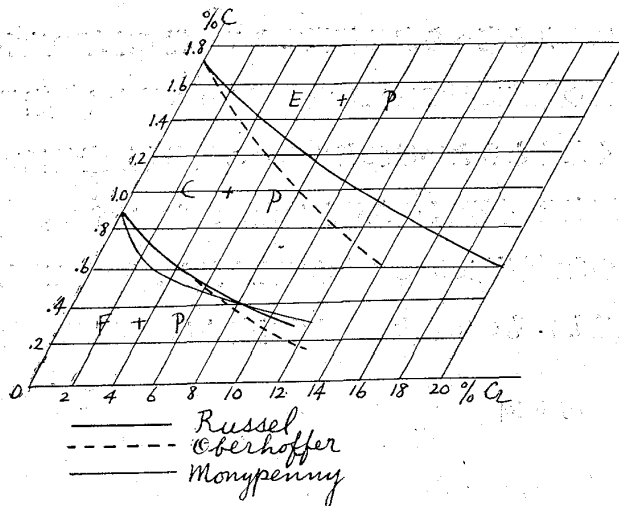


である。故に此の如き組織圖は其冷却速度及最高加熱温度を精確に定めない以上は、確定せられない
筈である。

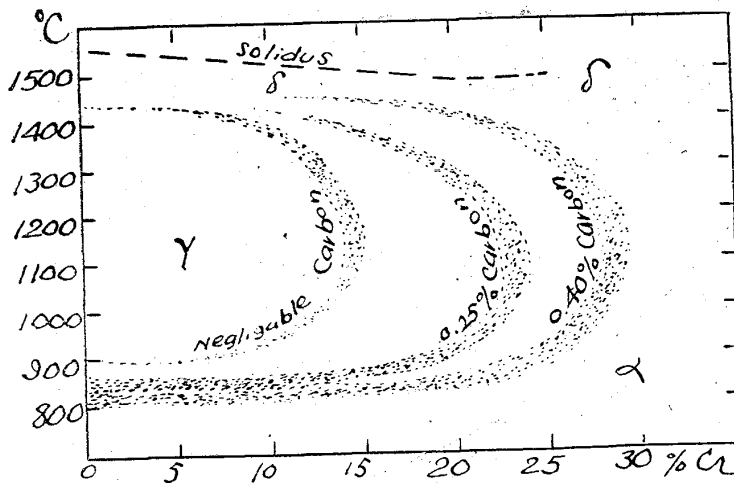
(1) Guillet, All. Mét. 326.

因て余は先年⁽¹⁾磁氣分析及顯微鏡的研究の結果、900°より緩冷し變態の完全に起つた試料の組織を標準組織と名づけ第2圖に示す標準組織圖を提出した。⁽²⁾其後 Russel, 及 Oberhoffer, Deaves & Rapatz⁽³⁾も同様の研究をなし、又 Monypenny⁽⁴⁾はクロムによる共析點の變化を研究した。第3圖は此等の結果を比較のため同一圖上に表はしたるものである。此等の結果は何れも共晶點に於ける。炭素溶解限度及共析點の炭素量は、クロムを増すに従て減することを示して居る。唯其の定量的の數値を異にするのみである。

第3圖



第4圖(Bain)



又 Bain⁽⁵⁾は高クロム鋼に於てはγ-固溶體を生ぜず A₄ 及 A₅ 變態の存在せないこと、又 γ-一相を生ずる組成範圍は炭素を増すに従て大きくなることを知り、第4圖を發表した之に由て見ると γ-固溶體の生成は或る範圍内に限られ、或程度以上の高クロム鋼に於ては、高溫度に熱しても大洲田を生ぜず、従て緩冷しても波來土を生ぜない筈である。併し其範圍及冷却條件による變化は未だ確定せられて居ない。

又クロム鋼は著しき自硬性を有し特に焼入せなくとも容易に硬化することは、古くより知られた現象であるが、其現象の起る組成範圍及冷却條件の關係等は猶研究を要する問題である。

因て余は更に詳細に涉り種々の組成及種々の冷却條件の下に冷却したる場合に於ける組織の變化を知らんがためクロム 28% 以下、炭素 1.6% 以下のクロム鋼 46 個に就いて研究し、種々の冷却條件の下に冷却したるものゝ組織圖を構成したのである。

(1) 村上 東北帝大理科報告 7 (1918) 217.
 (2) Russel Journ. Iron & Steel Inst 1921. No. 2. 247.
 (3) Oberhoffer et. Stahl u. Eisen, 44 (1924), 432.
 (4) Monypenny, Journ Iron & Steel Inst. 1920, No. i, 493.
 (5) Bain, Trans. Amer. Soc. Steel Treat. 9 (1926), 9.

II. 試料及冷却條件

用いた試料は種々の炭素鋼に金屬クロム又はフェロクロムをタンマン管又はマグネシアを内面に塗附した黒鉛坩堝内にて熔融し、鑄造後よく鍛鍊して徑5耗位の圓塊としたものである。

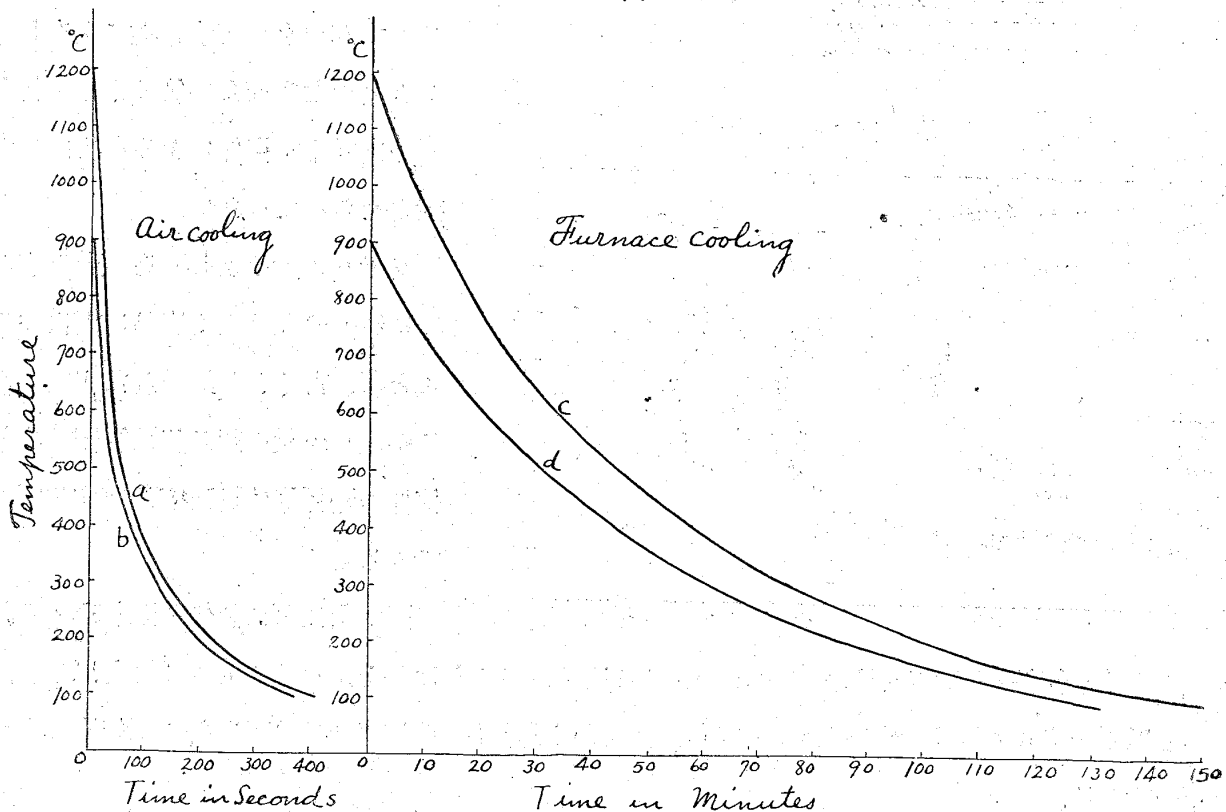
冷却條件は次の5種とした。

- (1) 900° より 緩 冷 (2) 900° より 爐中冷却 (3) 900° より 空中冷却
 (4) 1200° より 爐中冷却 (5) 1200° より 空中冷却

茲に緩冷とは 900° に於て 30 分以上焼鈍し、冷却の途中諸變態が完全に起り得るだけ、充分徐々に冷却したもので、常溫に於て平衡の状態に在りと考へられる組織である。従て冷却の途中變化を完全に起さしめるためには、冷却の速度は試料の組成に因て異にした。即クロム量少く炭素量高きものは變態が起り易いに由て冷却速度は餘り遅くなくともよいけれどもクロム量高く炭素量低いものは、過冷して變化が阻止せられ易いに由て冷却速度を一層遅くせなければならぬものである。

又爐中冷却とは試料を石英管中に置き、小き電氣爐に於て真空中で之を熱し、900°又は1,200°で20分間放置したる後、電流を切つて爐中で放冷したものであり、又空中冷却とは試料を石英管中に入れ

第 5 圖



たる儘爐より引出し、空中で放冷したもので、第5圖は此等の速度を圖示したものである。圖に於て曲線 a は 1200° より空中冷却、曲線 b は 900° より空中冷却、曲線 c は 1200° より爐中冷却、曲線 d は 900° より爐中冷却の速度を示す。

III. 實驗結果及組織圖

第一表は各試料に就いて各冷却條件の下に冷却した鋼の組織を表示したもので、F は初析地鉄、P は波來土、Mは麻留田、T は吐粒洲、A は大洲田、C は初析及共晶炭化物、を表はす。又*印を附せるものは共晶炭化物の存在を示す。共晶は融體より冷却したる儘のものに就て容易に見られる。

波來土及吐粒洲は大洲田より地鉄及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

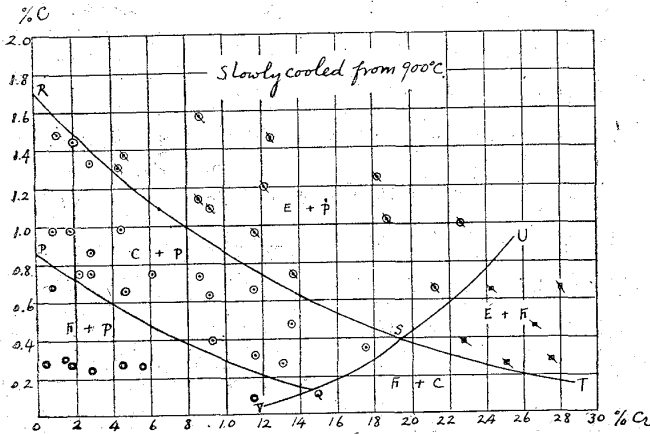
第一表

試験番號	組成 (%)		900°より緩冷 (標準組織)	900°より 爐中冷却	900°より 空中冷却	1200°より 爐中冷却	1200°より 空中冷却
	Cr	C					
1	0.44	0.28	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P
1	0.86	0.98	C+P	C+P	C+P	C+P	C+P
3	0.92	0.68	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P
4	1.12	1.49	C+P	C+P	C+P	C+P	C+P
5	1.44	0.30	F+P	F+P	F+P	F+P	F+P
6	1.81	0.27	F+P	F+P	F+M+T	F+M+T	M+T
7	1.91	0.97	C+P	C+P	C+P	C+P	C+T+M
8	2.00	1.46	C+P	C+P	C+P	C+P	C+T+M
9	2.12	0.75	C+P	C+P	C+P	C+P	T+M
10	2.82	0.76	C+P	C+P	C+T+M	C+T+M	T+M
11	2.83	1.33	C+P	C+P	C+P	C+P	C+T+M
12	2.84	0.24	F+P	F+P	T+M	T+M	M
13	2.85	0.86	C+P	C+P	C+T+M	C+P	C+T+M
14	4.30	1.33	* C+P	C+P	C+T+M	C+P	C+A
15	4.42	0.95	C+P	C+P	C+T+M	C+T+M	C+M+A
16	4.44	0.27	F+P	F+T+M	M	M	M
17	4.72	1.38	* C+P	C+P	C+T+M	C+P	C+A
18	4.74	0.67	C+P	C+P	C+T+M	C+T+M	M+A
19	5.60	0.26	F+P	F+T+M	M	M	M
20	6.11	0.75	C+P	C+P	C+T+M	C+T+M	C+M
21	8.65	1.14	* C+P	C+P	C+T+M	C+T+M	C+A
22	8.67	1.58	* C+P	C+P	C+T+M	C+P	C+A
23	8.68	0.73	C+P	C+P	C+T+M	C+T+M+A	C+M+A
24	9.20	0.63	C+P	C+P	C+T+M	C+M+A	C+M+A
25	9.32	0.39	C+P	C+M	M	M+A	M+A
26	9.33	1.09	* C+P	C+P	C+T+M	C+T+M+A	C+A
27	11.49	0.09	F+P	M	M	M	M+A
28	11.60	0.66	C+P	C+T+M	C+M	C+M+A	C+M+A
29	11.62	0.31	C+P	C+T+M	M	C+M	M+A
30	11.77	0.96	* C+P	C+P	C+T+M	C+T+M+A	C+A
31	12.20	1.20	* C+P	C+P	C+T+M	C+T+M+A	C+A

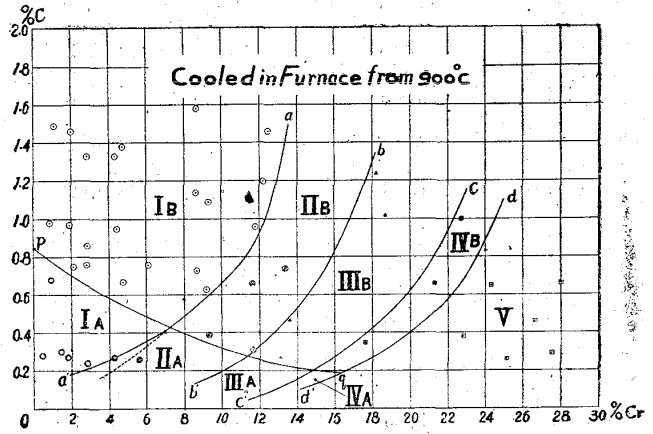
32	12.47	1.46	$\overset{*}{C}+P$	$C+P$	$C+T+M$	$C+T+M$	$C+A$
33	13.03	0.27	$C+P$	$C+M$	M	$C+M$	$M+A$
34	13.60	0.47	$C+P$	$C+M$	$C+M$	$C+M+A$	$C+M+A$
35	13.70	0.74	$\overset{*}{C}+P$	$C+T+M$	$C+M$	$C+M+A$	$C+A$
36	17.60	0.35	$C+P(+F)$	$C+F+M$	$C+F+M$	$C+F+M+A$	$C+F+M+A$
37	18.20	1.24	$\overset{*}{C}+P$	$C+M$	$C+M$	$C+M+A$	$C+A$
38	18.70	1.02	$\overset{*}{C}+P$	$C+M$	$C+M$	$C+M+A$	$C+A$
39	21.30	0.66	$\overset{*}{C}+P$	$C+F+M$	$C+F+M$	$C+M+A$	$C+A$
40	22.70	1.00	$\overset{*}{C}+P$	$C+F+M$	$C+F+M$	$C+M+A$	$C+A$
41	22.80	0.38	$F+\overset{*}{C}$	$F+C$	$F+C$	$F+C+M+A$	$F+C+A$
42	24.30	0.65	$F+\overset{*}{C}$	$F+C$	$F+C$	$F+C+M+A$	$F+C+A$
43	25.10	0.26	$F+\overset{*}{C}$	$F+C$	$F+C$	$F+C$	$F+C+A$
44	26.60	0.46	$F+\overset{*}{C}$	$F+C$	$F+C$	$F+C$	$F+C+A$
45	27.50	0.28	$F+\overset{*}{C}$	$F+C$	$F+C$	$F+C$	$F+C+A$
46	28.00	0.66	$F+\overset{*}{C}$	$F+C$	$F+C$	$F+C$	$F+C+A$

第 6 圖

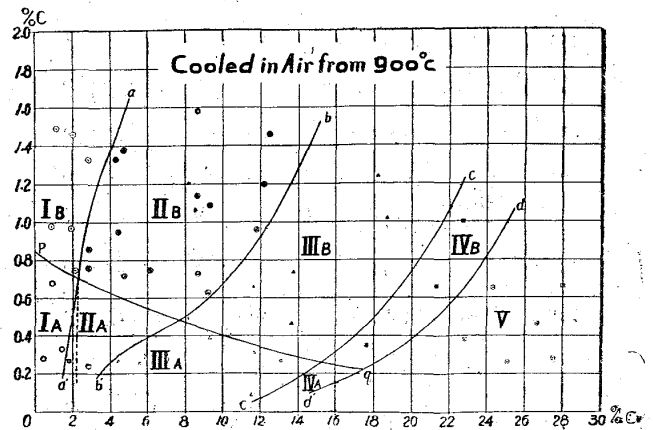
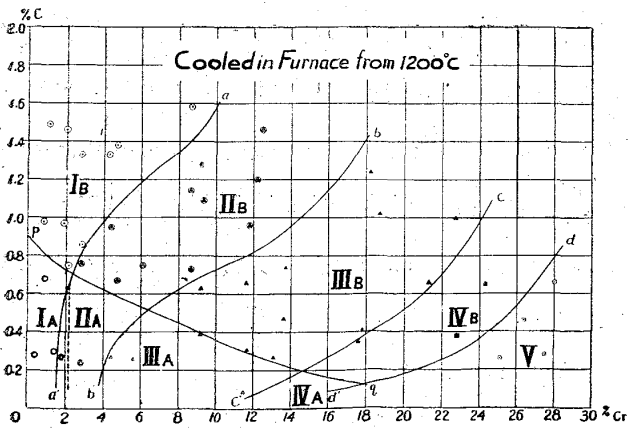
第 7 圖



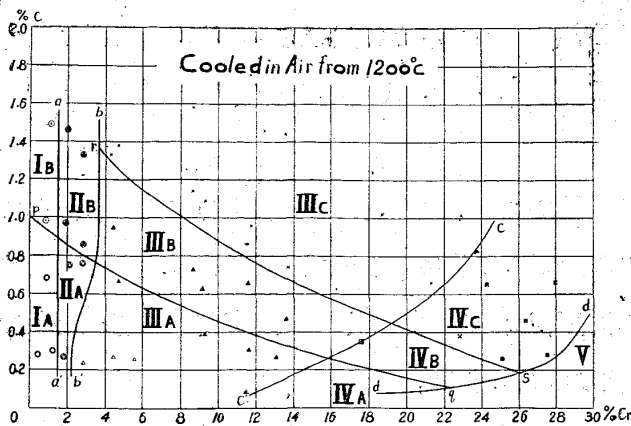
第 8 圖



第 9 圖



第10圖



みに示した。

圖に於て記號□は初析地鐵、●は初析炭化物、○は共晶炭化物、○は波來土乃至吐粒洲、△は麻留田、×は大洲田で、此等の2個又は3個を併用したものは其等の組織成分が共存するものである。例へば□は共晶炭化物及波來土の存在を示し、△は初析炭化物、麻留田及吐粒洲より成ることを示すものである。

又各曲線は組織の差異を表はす境界線である。第6圖に於て曲線及 R S T の上下は共晶の存否を示し曲線 P Q の上下は初析晶(地鐵又は炭化物)の差異を表はす。又曲線 V Q S U は波來土の存否を示す境界線である。即曲線 R S T よりも炭素量多きものは共晶を有し、(圖に於て E は共晶の意)曲線 R S と P Q との間組成のものは、初析炭化物及波來土より成り、曲線 P Q よりも炭素量少きものは、初析地鐵と波來土より成るのである。又曲線 V Q S U よりもクロム含量多きものは波來土を有せないで、曲線 S T よりも炭素量多ければ地鐵及共晶を有するが、それよりも炭素量少ければ共晶はなく、地鐵及炭化物より成るのである。

又第7圖乃至第10圖に於ける曲線 p q は初析、炭化物の現はるゝ境界を表はし、曲線 a a' は麻留田の現はるゝ境界、b b' は吐粒洲の消失する境界、c c' は高クロム初析地鐵の現はるゝ境界、d d' は麻留田の消失する境界を表はす。故に此等の圖に於て曲線 p q より炭素量多き鋼に於ては初析炭化物が現はれ、吐粒洲は曲線 b b' よりクロム少きものに現はれ、麻留田は曲線 a a' と曲線 d d' の間に現はれ、又初析地鐵は曲線 p q よりも炭素少く且曲線 a a' よりもクロム少き鋼か又は曲線 c c' よりもクロム多きものに現はれるのである。又第10圖に於ける曲線 γ s は炭素を増して麻留田の消失する境界を表はすもので、これより炭素多きものは麻留田を有せないのである。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。而してクロム鋼の組織は其の加熱最高温度及冷却速度に由て異なるが、900~1,200°より爐中冷却乃至空中冷却に相當する速度を以て冷却するときは、其組織は何れも次の各界域に分たれるのである。

IA	F + P~T	IB	C + P~T
IIA	T + M (+A)	IIB	C + T + M (+A)

異なり、冷却速度が遅い場合殊にクロムが少いものにはよく層状組織の波來土が見えるが、冷却速度が増すに従て微細となり吐粒洲となる即波來土乃至吐粒洲は唯其微細度が異なるのみであるから、之 P を以て表はし、唯麻留田と共存する場合のみを吐粒洲とした。

又第6圖乃至第10圖は各冷却條件の下に於ける試料の組成と組織との關係を圖示した組織圖である。但し共晶炭化物の存否は第6圖のみに示した。

III _A	M (+A)	III _B	C + M (+A)
III _C	C + A	IV _A	F + M (+A)
IV _B	C + F + M (+A)	IV _C	C + A + F
V	C + F		

茲に M の次に (+A) としたのは、此等麻留田の中には多くは大洲田が混在するによる、而して其量は冷却速度が増すに従ひ、又加熱温度が上昇するに従ひて増加する。又同一冷却状況の下に於ては炭素を増すに従て増加し、第10圖 1,200° より空中冷却したる場合に於ては、麻留田の存在せぬ界域 III_C (C+A) 及界域 IV_C (C+A+F) が存在するのである。

IV. 組織圖の考察

此等組織圖に由て種々の事實を考察することが出来る。

(1) 標準組織に於て共晶の現はれない範圍 (又は共晶點に於ける炭素溶解度) 及波來土の組成はクロムを増すに従て炭素量を減す。又波來土の現出又は γ 相の生ずる組成範圍は炭素を増すに従て廣くなる。

(2) 鋼の自硬性即空中冷却に由て硬化する性質の現はるは、麻留田乃至大洲田の組織を生ずるに由る。因てクロム鋼の自硬性は此等の組織圖に於ける曲線 aa' よりも、クロム含量の多い鋼に現はれるのである。而して其の組成は冷却條件に由て異なるが曲線 aa' は炭素を増すに従て右方に彎曲して居るに由て、クロム鋼が自硬性を有するには炭素量多ければ、多量のクロムを要することが知られる。

(3) 何れの場合に於ても曲線 pq はクロムが増すに従て下方に彎曲して居る。これはクロムが増すに従て炭素量が少くとも初析炭化物の現はれることを示す。但その炭素量は最高温度及冷却速度に由て少しく異なり。最高温度高く、冷却速度大なるときは初析炭化物が現はれるには稍多量の炭素を要するのである。

(4) クロムの増加による組織の變化を考ふるに、何れの場合に於ても、地鐵及波來土より成る界域 (I_A) の鋼は、クロムを加ふるに従て、地鐵は次第に其量を減じ、波來土は吐粒洲より麻留田に變化し界域 II_A に入れば吐粒洲及麻留田となる。更にクロムを増すときは吐粒洲を消失し、III_A の界域に入れば麻留田組織となる。それより更にクロムを増して界域 IV_A に入れば、高クロム地鐵が現はれ〔麻留田は次第に減少す。更にクロムを増して V の界域に入れば、麻留田組織〕も消失し、地鐵及炭化物となる。又初析炭化物及波來土より成れるもの (I_B) に次第にクロムを増すときは、波來土は次第に吐粒洲より、麻留田乃至大洲田となり、更に増加すれば高クロム地鐵が現はれ、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。

(5) 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', bb', cc' 及 dd' は何れも炭素を増すに従て右方に彎曲して居るに由て次の如く考へられる。(但第10圖に於ける曲線 aa' は

殆垂線である)。aa'の彎曲せるは炭素が増すに従て麻留田が現はれるには多くのクロムを要することを示し、bb'の彎曲は炭素が増すに従てクロムが多くても吐粒洲が現はれ易いことを示す、又cc'及dd'の彎曲は麻留田乃至大洲田の組織は炭素が増すに従て、クロムの多い鋼にまで現はれることを示すものである。即冷却条件が同一ならば、麻留田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吐粒洲は炭素の多い方が現はれ易いのである。但第10圖に示すが如く、高温度(1,200°)より空中冷却するときは、クロムを増すに従て全部大洲田となるべき炭素量は減するのである。

(6) 加熱最高温度の影響を考ふるに、第7圖と第9圖、又は第8圖と第10圖とを比較すれば知られる如く、加熱温度が高いときは境界線aa'及bb'は左方に移動し、cc'及dd'は右方に移動し、又pqは少しく上方に移動する。aa'及bb'の左方に移動するといふことは、最高温度が高いときは波來土乃至吐粒洲の生成が容易に阻止せられて、麻留田及大洲田がクロムが少くても生じ易くなることを示すもので、この事實は既に著者の前研究に由て、明にした所である。又cc'及dd'が右方に移動するといふことは、麻留田乃至大洲田が常温に持來されることは、加熱温度が高い程クロムの多い範圍にまで起ることを表はすものである。而してクロム量12%以上の或範圍のクロム鋼は、高温度に於て α -と晶 γ -晶とが共存するのあであるが、其共存する組織範圍に於ては、温度900°よりも1,200°の方が大洲田の量が多くなり且其れより、地鐵の析出が困難となるのである。

又pqが上方に移動することは、初析炭化物の析出は加熱温度が高い時は困難となり、初析炭化物の現はれない範圍が廣くなることを表はすのである。

(7) 冷却速度の影響は第7圖と第8圖又は第9圖と第10圖とを比較すれば知られる如く、冷却速度を増すときは、加熱温度の上昇と同様に境界線aa'及bb'が左方に移動しcc'は餘り變化せないがdd'は右方に移動し、又pqは上方に移動する。故に冷却速度を増すときは、クロム含量が少くとも波來土乃至吐粒洲の生成を阻止し麻留田乃至大洲田を生じて容易に硬化し、又クロムの高い範圍にまで麻留田乃至大洲田が現はれる。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、波來土乃至吐粒洲の生ずる範圍は擴大し、充分緩冷すればA₁變化は完結するに由て、第6圖に示すが如く麻留田乃至大洲田の生ずる範圍は消失するのである。又dd'線は速度が遅くなるに従て次第に左方に移動し、麻留田の生ずる範圍を縮小し、遂にcc'線と共に第6圖曲線USQVに一致するのである。又加熱温度高く且冷却速度が早いときは大洲田が麻留田又は、吐粒洲に變化することを全く阻止し得るので、第10圖に示す如くIII_c及IV_cの界域が現はれる。即ちクロム量4%以上で炭素量高ければ、1,200°より空中冷却に由て、麻留田を含有せざる大洲田組織を生ぜしむることが出来るのである。而して第10圖に於ける曲線 γ sと第6圖に於ける曲線RSとが大體一致して居るのは、1,200°より空中冷却に由て大洲田より麻留田への變化を全く阻止するには、飽和に近い炭素量を要することを示すのである。

V. 顯微鏡組織

前記の如くクロム鋼は其組成同一であつても、冷却狀況の如何に由て其組織が異なる。併し第7圖乃至第10圖に於て同一記號を以て表はした界域のものは同様の組織を示す。例へば第7圖に於ても第8圖に於ても I_A の界域に屬する鋼は同様に地鐵及波來土より成り、 III_B の界域に屬するものならば炭化物及麻留田より成る。即同一記號で表はした界域のものならば、同一の組織成分より成り、唯鋼の組成に従て其の量を異にし、冷却狀況に従て其の組織成分の形狀及大きさを異にするのみである、因て茲には各界域の代表的のものを選び、顯微鏡寫眞 No. 1 乃至 No. 12 に掲げた。腐蝕劑としては低クロム鋼にはピクリン酸の酒精溶液を用ゐ、高クロム鋼には鹽酸の水溶液を用ゐた。

寫眞 No. 1 は界域 I_A に屬するものの組織で地鐵及波來土より成る。圖に於て白きは地鐵、黒きは波來土である。但しクロムを増すに従て地鐵は小さくなり、波來土の層狀は現はれ難くなる。

寫眞 No. 2 は界域 I_A と II_A との間に屬するものの組織で、地鐵、麻留田及吐粒洲より成る。大きな白色結晶は初析地鐵、黒く腐蝕せられた部分は吐粒洲、其の間の針狀結晶の部分は麻留田である。

寫眞 No. 3 及 No. 4 は界域 I_B に屬するものの組織で、初析炭化物及波來土を有す。網狀に白く連つて居るのは初析地鐵で、其他は波來土である。No. 3 にはよく發達せる。層狀波來土が見られるが、No. 4 には層狀は見えない。粗粒波乃至吐粒洲である。

寫眞 No. 5 は II_A の界域に屬するもので吐粒洲及麻留田より成る。結節狀に連續し、黒く腐蝕せられて居るのは吐粒洲で、其他の部分は麻留田である。

寫眞 No. 6 は II_B の界域のもので、吐粒洲及麻留田の外に、初析炭化物が現はれて居るものである。微細なる白色粒狀となつて吐粒洲の地に現はれて居るものは、初析炭化物である。

寫眞 No. 7 は III_A の界域に屬するもので、全部麻留田より成る。加熱温度高きものは大なる針狀組織を示す。

寫眞 No. 8 は III_B の界域のもので初析炭化物、麻留田及大洲田より成る。麻留田は大洲田の地に白く現はれ、初析炭化物は粒狀をなし、又大洲田粒の境界に連なつて現はれて居る。

寫眞 No. 9 は界域 III_C (第10圖) に屬するもので、炭化物及大洲田より成る。地は大洲田で炭化物は粒狀をなし、又は大洲田粒の境界に連なつて居る。

寫眞 No. 10 は界域 IV_B に屬するもので、高クロム地鐵、炭化物及麻留田を有す。大部分が麻留田で多くの微細なる炭化物が析出して居る。炭化物の析出なき粒狀の部分は高クロム地鐵である。

寫眞 No. 11 は IV_C の界域に屬するものの組織で、高クロム地鐵、炭化物及大洲田より成る。白い部分は地鐵、黒い部分は大洲田で、細かい白色微粒は初析炭化物、大なる白色粒は共晶炭化物の變化したものである。

寫眞 No. 12 は界域 V に屬するもので、高クロム地鐵及炭化物より成る。地は地鐵一面に析出せる白色粒は炭化物である。其中大きなものは共晶として融體より晶出したもので、微細なるものは凝

固後固溶體より析出したものである。

VI. 概 括

クロム 28% 以下、炭素 1.6% 以下のクロム鋼 46 種に就いて、下記 5 種の冷却条件の下に冷却したる場合の顯微鏡組織を研究し、各場合に對する組織圖を構成した。(1) 900° より緩冷、(2) 900° より爐中冷却、(3) 900° より空中冷却、(4) 1,200° より爐中冷却、(5) 1,200° より空中冷却。

之に由て自硬性の現はるゝ組成範圍を明にした。

又此等の組織圖より次の諸事實を推論した。

(1) 標準組織鋼の共晶點に於ける炭素溶解度及共析點の炭素量は、クロムを増すに從て減少し、又波來土を生ずる鋼の組成範圍は炭素を増すに從て擴くなる。

(2) 冷却条件が同一ならば其の顯微鏡組織はクロムを増すに從て、波來土より吐粒洲、麻留田、大洲田の順序に變化し更にクロムを増すときは高クロム地鐵が現はる。

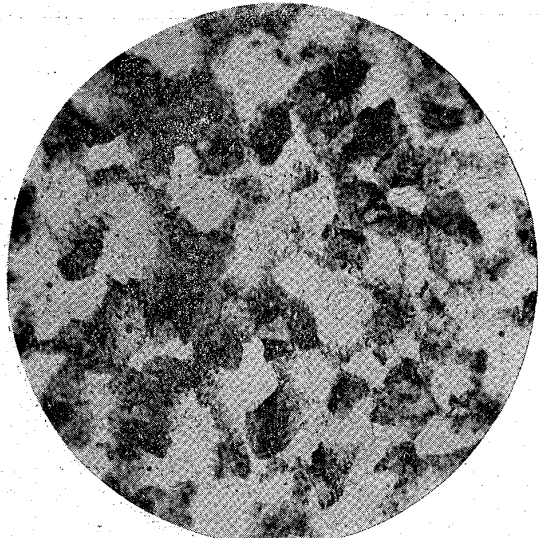
(3) 冷却速度が増加するか、又は最高加熱溫度が上昇するときは、麻留田乃至大洲田は現はれ易くなり。波來土乃至吐粒洲は生じ難くなる。

(4) 炭素量を増すに從て、冷却速度が早く、最高加熱溫度が高くなければ、波來土乃至吐粒洲が現はれ易くなる。併し炭素量高く、冷却速度早く、最高溫度高きときは容易に大洲田を生ず。

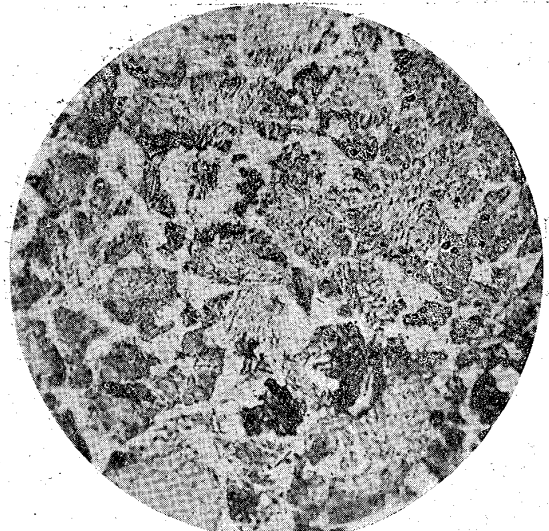
終りに臨み本研究に際し、實驗上多大の援助を與へられたる三神正苗氏及森下眞氏に深厚なる謝意を表す。

又本研究は財團法人齋藤報恩會の補助に由て遂行したものであつて、茲に感謝の意を表す。

顯 微 鏡 寫 真



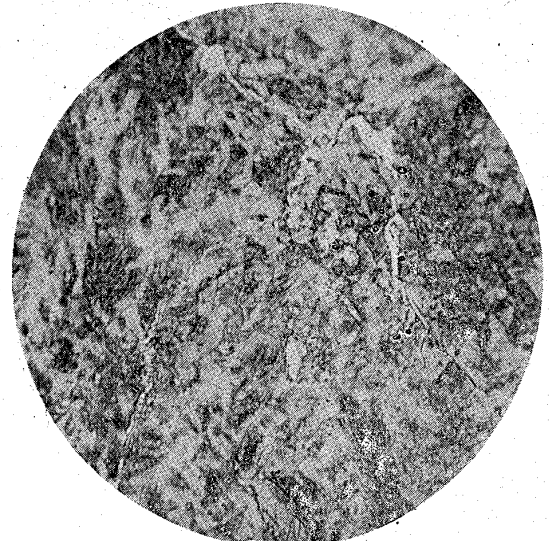
No. 1. 2.84% Cr, 0.24% C, 900°
より爐中冷却 ×400 (F + P)



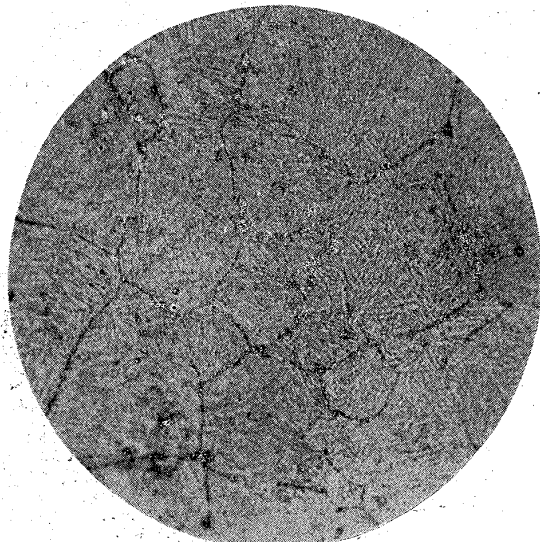
No. 2. 1.81% Cr, 0.27% C, 900°
より空中冷却 ×400 (F + M + T)



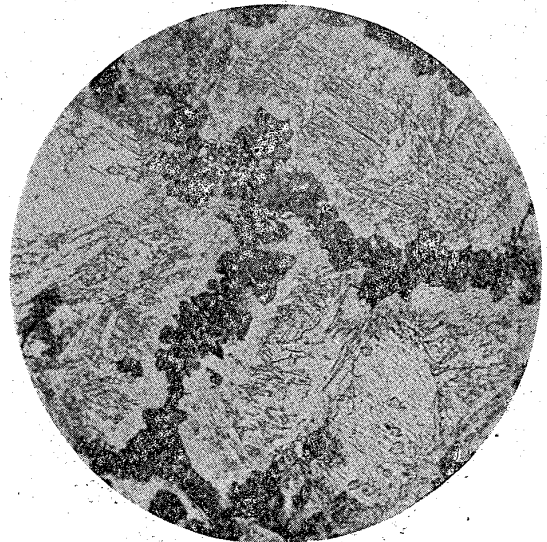
No. 3. 2.85% Cr, 0.86% C, 900°
より爐中冷却 ×800 (C + P)



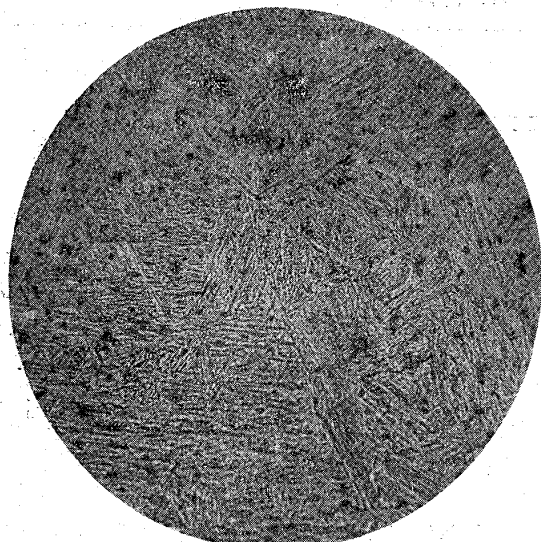
No. 4. 4.30% Cr, 1.33% C, 1200°
より爐中冷却 ×400 (C + P)



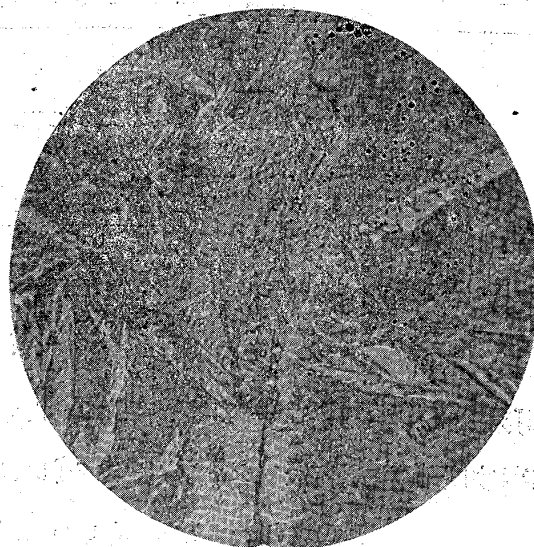
No. 5. 9.32% Cr, 0.39% C,
900°より空中冷却 ×400
(M + T)



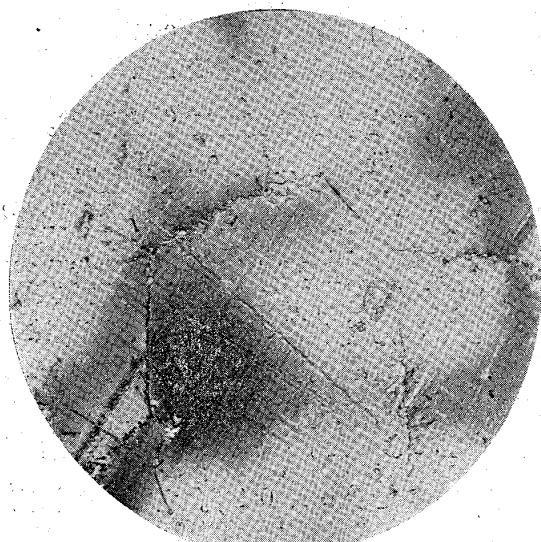
No. 6. 11.77% Cr, 0.96% C,
1200°より爐中冷却 ×400
(C + T + M + A)



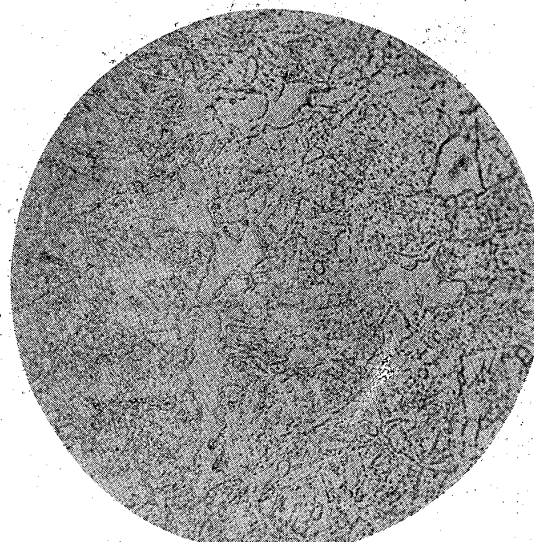
No. 7. 4.44% Cr, 0.27% C, 1200°
より空中冷却 ×400 (M)



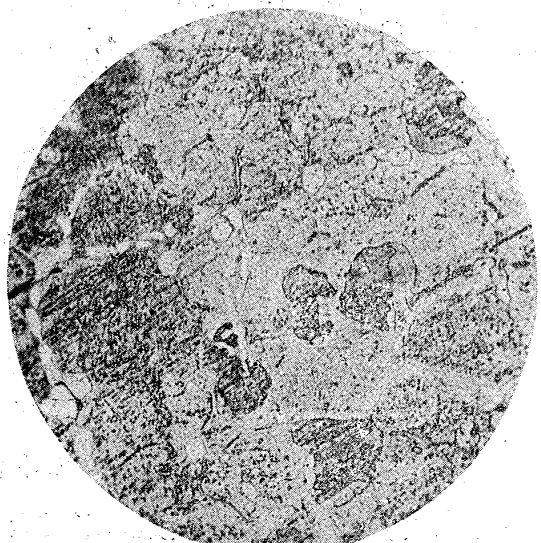
No. 8. 11.77% Cr, 0.96% C, 1,200°
より空中冷却 ×400 (C + M + A)



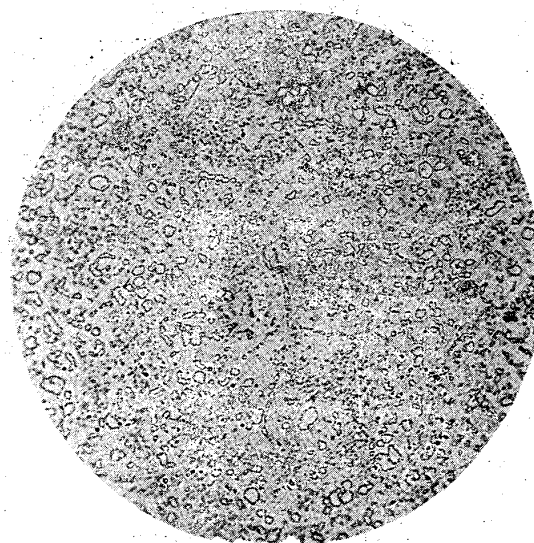
No. 9. 4.30% Cr, 1.33% C, 1,200°
より空中冷却 ×400 (C + A)



No. 10. 17.6% Cr, 0.35% C, 900°
より空中冷却 ×400 (F + M + C)



No. 11. 27.5% Cr, 0.28% C,
1,200° より空中冷却 ×400
(F + A + C)



No. 12. 16.6% Cr, 0.46% C.
900° より空中冷却 ×400
(F + C)