

肌焼クロム鋼の緩和滲炭に関する研究

上 田 満 正

UEBER DER MILDZEMENTATION VON CHROMHALTIGEN EINSATZSTAHELEN.

Mitumasa Ueda

ZUSAMMENFASSUNG:—Bei der Zementation der chromhaltigen Stähle unter den für nickelhaltige Stähle gebräuchlichen Bedingungen bilden sich verhältnismässig viele Randkarbide, weil wird eine Randaufkohlung durch Chrom besonders stark begünstigt. Die chromreichen Stähle bilden Randkarbide, trotz des Nickelzusatzes bis zu 2% in dem gebräuchlichen schroff aufkohlenden Zementationsmittel Holzkohle+Bariumkarbonat ausserordentlich stark und zwar bei der niedrigeren Einsatztemperatur in noch stärkerem Masse als bei der höheren.

Aus diesem Grunde sollen einige Möglichkeiten zur Vermeidung einer übermässigen Randaufkohlung bei Chromi-oder Chrommolybdän-Einsatzstahl mit Berücksichtigung auf ihre Anwendbarkeit geprüft werden.

Der Verfasser durchführte eingehenden Untersuchungen über der Behebung oder Einschränkung solch einer übermässigen Randaufkohlung bei 1~3% Chrommolybdän- und Chrommangan-Einsatzstählen und die Versuche führten zur folgenden Schlüssen:

a) Die groben Randkarbide können durch kürzeres Glühen bei Temperatur oberhalb der ES-linie (während etwa 30 min bei 970~1000°C) in die feste Lösung übergeführt und verteilt werden, oder durch längeres Glühen bei Kohltemperatur (850~900°C) und entsprechenden Zeiten (2~4 h) zerstört werden, wobei der übereutektoidische Kohlenstoff in die umgebenden Mittel oder in den Kernwerkstoff wandert. Dieser beiden Verfahren fallen unter den Begriff der Diffusionsglühung und es bestätigte sich, dass sowohl beim Lösungsglühen als auch beim Ausgleichsglühen, der Kohlenstoff praktisch wandert und sich verteilt. Aber die Glühung bei hoher Temperatur kann eher als Lösungsglühung bezeichnet werden und nur die bei niedriger Temperatur mit vollem Recht als Verteilungsglühung, es ist deshalb mehr zweckmässig zu glühen bei niedriger Temperatur und länger Glühdauer als die kurze Glühung bei hoher Temperatur zum Zwecke der gleichmässigen Verteilung des Kohlenstoffes.

b) Die erhöhte Neigung der chromhaltigen Stähle zur Randkarbidbildung bei der Zementation ist möglich ohne Schwierigkeiten und ohne übermässigen Zeitverlust durch die Verwendung der gebräuchlichen schroff aufkohlenden Zementationsmittel und der geeigneten mildwirkenden Einsatzmittel zu vermeiden. Bei Zusätzen von Koks mehr als 40 Teile und Ferrosilizium, die im allgemeinen eine Abmilderung des Einsatzpulvers zur Folge haben, gelingt es eine verhältnismässig geringe Aufkohlung. Eine merkliche Verminderung wird bei Verwendung des besonders zubereiteten mildwirkenden Zementationsmittels E-7 erhalten, welches aus 60 Teile Koks, 30 Teile Holzkohle, 7 Teile Ferrosilizium und Teile Bariumkarbonat besteht. Die Oberflächenhärte nach der anschließenden Härtung wird durch eine derartige Mildzementation nicht ungünstig beeinflusst.

目 次

- I. 緒言—含 Cr 鋼の滲炭特性
- II. 高温焼鈍法に就て
 - 1) 高温焼鈍法に関する文献—研究の方針
 - 2) 研究経過の詳細
 - (i) 供試材及び試料の調製
 - (ii) 実験装置及び実験方法
 - (iii) 実験結果
 - a) 高温焼鈍に依る炭化物消失状況
 - b) 滲炭及び硬化層の深さに及ぼす高温焼鈍の影響
 - c) 高温焼鈍法の實用に関する一試験
 - 3) 小 括
- III. 緩作用な滲炭剤に就て
 - 1) 緩作用滲炭剤の必要性
 - 2) 緩作用滲炭剤に関する文献—研究の方針
 - 3) 研究経過の詳細
 - (i) 供試材及び試験方法

- (ii) 実験結果
 - a) 滲炭度
 - b) 焼入試験
 - c) 滲炭剤の老化に関する試験
- 4) 小 括
- IV. 結 論
- 文 献

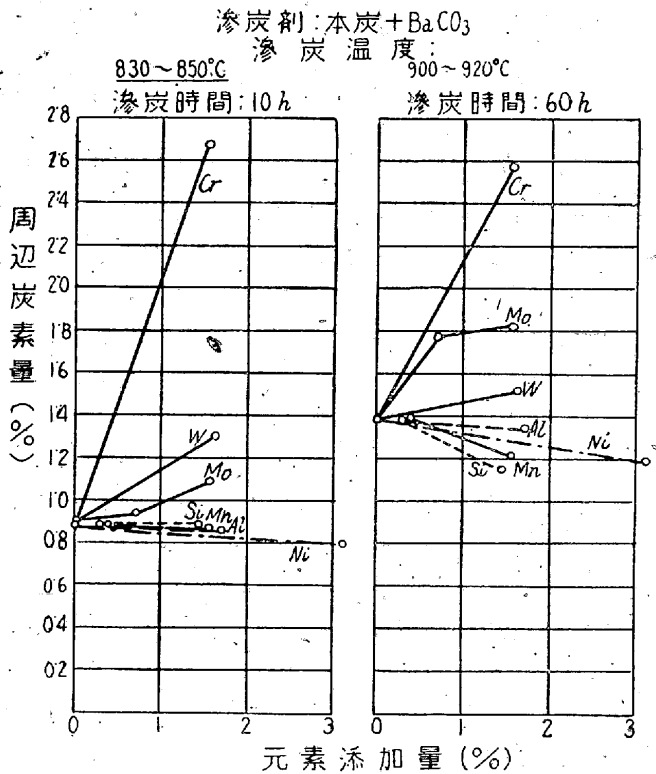
I. 緒言—含 Cr 鋼の滲炭特性

1~3% Cr 系鋼は所謂無 Ni 代用鋼として廣範圍に研究せられ、既に一部の鋼種は實用化されてゐる現状にあるが、之等の鋼種に對する經驗未だ淺き爲、其實用に際して種々の問題に遭遇し、今後の研究に俟つべき事項が多い。殊に含 Cr 肌焼鋼に於ては其滲炭特性が從來の含 Ni 鋼と著しく趣を異にする爲、往々にして滲炭並に爾後の熱處理に於

て致命的缺陷を生ずる事あり、其使用を危虞する向も少からざる状態である。斯る新鋼種に對しては諸種の特性を知悉し、之に適應せる處理を施す事が極めて大切である。

著者¹⁾は曩に此種の肌焼 Cr 鋼を機械的諸性質及び質量効果等の點より検討して含 Ni 鋼の代用として充分實用し得る事を報告したが、同時に其滲炭特性に就ても論及して取扱上注意すべき事を強調した。一般に Cr 或は Mo が Ni 或は Mn 等と異り滲炭を著しく促進する元素である事は既に多くの研究に依て認められてゐる所であるが、例へば E. Houdremont²⁾ 及び H. Schrader³⁾ は周邊滲炭度に及ぼす各種元素の影響を検討して第1圖の如き結果を發表してゐる。即ち之に依れば、各元素中で Cr が最も著しく周邊滲炭を促進する事が窺はれる。

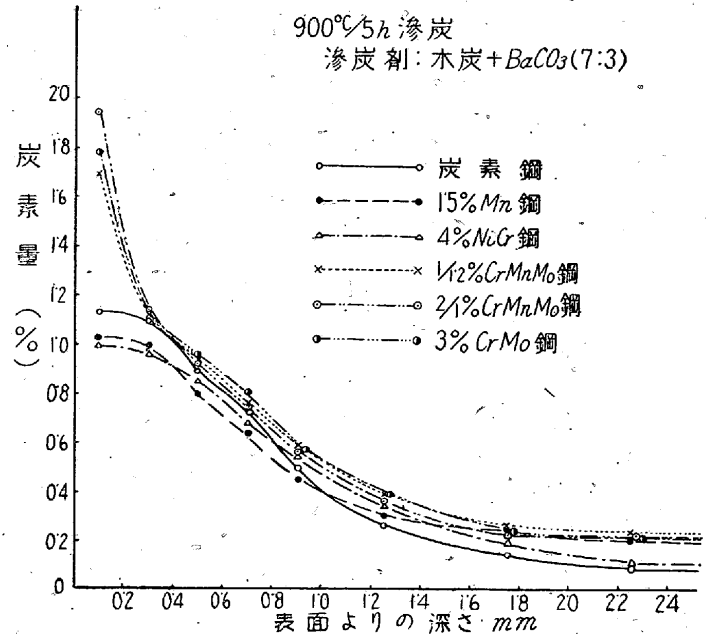
第1圖 周邊炭量に及ぼす各種元素の影響 (E. Houdremont u. H. Schrader)



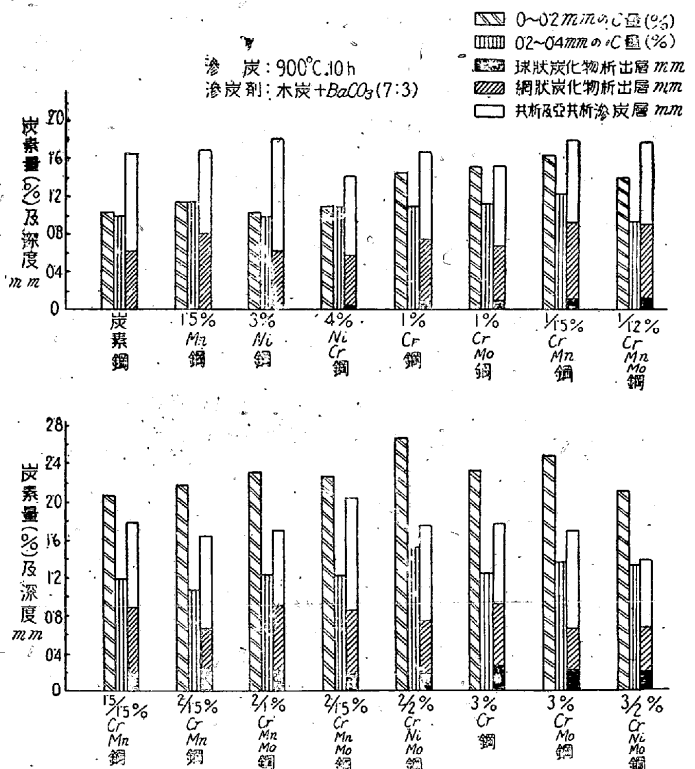
從つて含 Cr 鋼は含 Ni 鋼に比して著しく滲炭され易き性質が有り、從來の固態滲炭劑(木炭+炭酸鹽)に依る滲炭では表層部に C が著しく堆積し、含 Cr 鋼の特徴たる擴散能力の微弱性と相俟つて滲炭層の C 濃度勾配が極めて大となり組織的に安定性を缺くのみならず、斯る過剩炭素は特殊の球狀炭化物を形成して之が滲炭層を脆弱ならしめ、從つて爾後の熱處理、研磨作業並に實用上、歪割れ、變形乃至焼割れ、研磨割れ或は滲炭層剝離等種々の缺陷を生ずる危険性が頗る大となる。例へば第2圖は 900°C 5h の滲

炭に於ける 1~3% Cr 鋼の滲炭性を C 鋼, Mg 鋼及び Ni-Cr 鋼と比較したものであり、又第3圖は各種肌焼鋼の 900°C, 10h に於ける滲炭度並に滲炭組織を一覽圖示せるもので、上述の傾向を明瞭に認める事が出来る。

第2圖 含 Cr 鋼と無 Cr 鋼との滲炭性の比較



第3圖 各種肌焼鋼の滲炭性能



尙第3圖に於て注目すべきは Cr 2% 以上を含有する鋼種に於ては Ni を約 2% 添加しても依然過剩滲炭の傾向が顯著なる事であつて、H. Schrader 及 F. Brühl⁴⁾ も Cr 2%, Ni 2% の肌焼 Cr-Ni 鋼に就き特に此點を指摘して

る。

従つて此種の肌焼代用鋼では其實用上斯る過剰滲炭を除去、或は未然に防止して、C濃度勾配の均等なる滲炭層を得る事が極めて肝要であつて、之が爲には次の二方法が考へられる。

- (i) 滲炭後高温焼鈍に依り表層部の過剰炭素を内部に移行擴散せしめる。
- (ii) 緩作用滲炭剤を使用して表層部の過剰滲炭を未然に防止する。

著者は此の二法に就き主として實用的見地より二三の實驗を行つた結果、略目的に副へる成果を得たので、茲に其概要を報告する事とした。

II. 高温焼鈍法に就て

1) 高温焼鈍法に関する文献—研究の方針

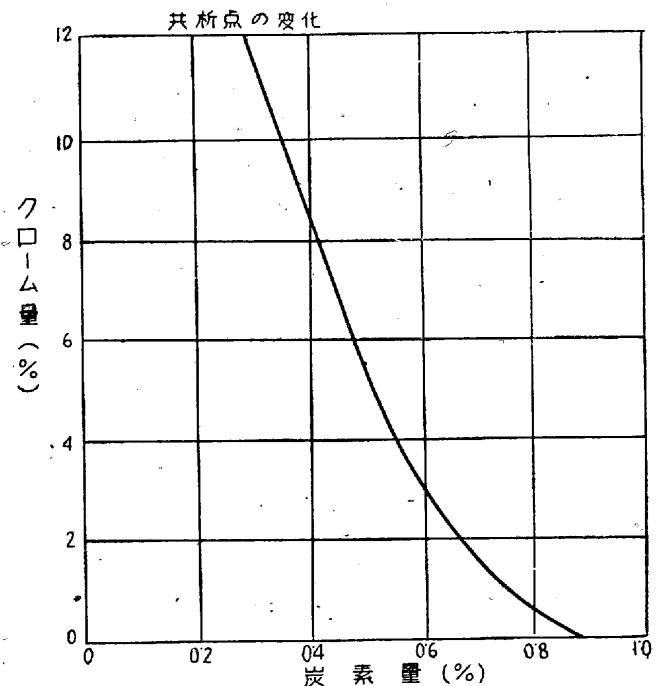
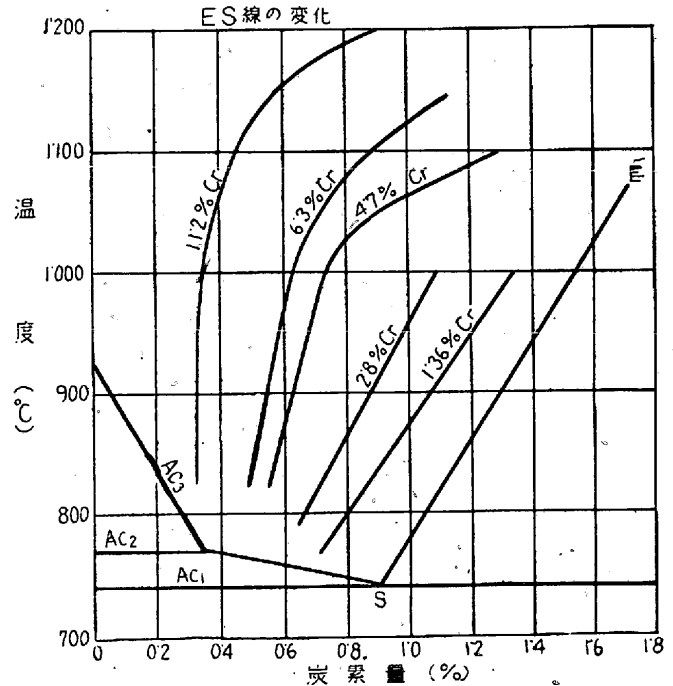
含Cr肌焼鋼の滲炭に関する研究は比較的少く、殊に具體的に過剰滲炭の對策を詳述せるものは極めて稀であつて、Ni資源の點で本邦と事情を一にせる獨逸に一二の文獻を見るに過ぎない。

E. Houdremont⁵⁾はCr, Mo等の特殊炭化物を形成する元素を含有する肌焼鋼では、特に滲炭表層部の脆化を防止する爲に緩和滲炭を行ふ必要あるを強調し滲炭深度の比較的小なる場合には緩作用滲炭剤の使用が有効であるが、3mm以上の滲炭深度を要する部品に對しては此方法では長時間を要するから、寧ろ多少過剰滲炭を行はしめた後、高温焼鈍に依て有害なる炭化物を固溶除去する方が得策であると述べてゐる、而して其一例としてC 0.3%, Ni 3.8%, Cr 1.8%のCr-Ni鋼を980°Cで120h滲炭し、之をN₂ガス中にて高温焼鈍せる場合、950°C 80hでは炭化物の擴散が猶充分でなく、1,000°C 60hの焼鈍に依て略網狀炭化物を消失せしめ得たと報告してゐる。

又最近 H. Diergarten⁶⁾はCr-Mo鋼及びCr-Mn鋼を鹽浴中で長時間滲炭して1.2~2.0mm滲炭深度を得る場合、表層部に球狀炭化物を析出して研磨を困難ならしめ、且所要の機械的性質の得られない事を認め、其對策として滲炭後中性鹽浴中に於ける970°C、約20mmの焼鈍が有效なる事を發表してゐる。之に對して C. Albrecht⁷⁾は約940°C位の比較的低温度で長時間(3~4h)焼鈍する方がCの擴散に對して有効であると述べてゐる。

一般に滲炭中並に滲炭後の冷却時に析出せる球狀及び網狀炭化物は所謂ES(Ac₃)線以上の温度に再加熱するに

非ざれば固溶せしめ得ないものと考へられて居り、一方ES線は Monypenny⁸⁾に依れば第4圖に示す如くCrを増すに従つて低炭素高温側に移行し、従つて同一C量に對するAc₃點は無Crの場合に比して著しく高くなる。



第4圖 炭化物の溶解度に及ぼすCrの影響 (Monypenny)

斯る高温度に於ける焼鈍は實際上至難であつて、Albrechtの論ずる如く滲炭温度附近の比較的低温度で所謂擴散焼鈍の原理に依て目的を達し得るとすれば、其實用性も極めて大となり滲炭並に爾後の熱處理は著しく容易となる。

依て著者は先づ實用的見地より含 *Cr* 鋼の滲炭後の高温焼鈍に於ける温度及び時間の炭化物固溶並に擴散焼鈍効果に及ぼす影響を検討し、過剰滲炭を除去し得べき最低條件を求むる方針にて以下の実験を行つた。

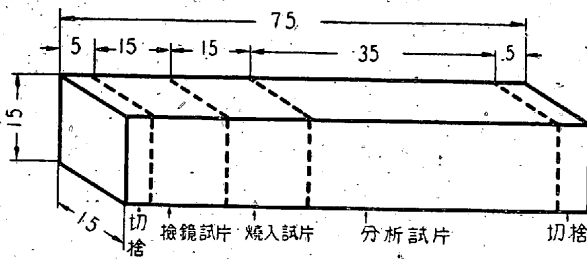
2) 研究経過の詳細

(i) 供試材及び試料の調製 供試鋼種は第1表に示す如き、1~3% *Cr* 及び *Cr-Mn* 鋼8種にして、何れも 500 kg 高周波爐にて熔製し、150 kg 丸型鋼塊に鑄込みたる後直徑 26 mm に壓延せる素材を使用した。

第1表 供試鋼種及び化學成分

鋼種	化學成分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Mo	Ni	
1% <i>Cr Mo</i> 鋼	0.18	0.18	0.63	0.013	0.006	0.24	1.18	0.34	—	—
1/1.5% <i>Cr Mn</i> 鋼	0.16	0.20	1.51	0.025	0.015	0.19	0.98	—	—	—
1/1.2% <i>CrMnMo</i> 鋼	0.17	0.26	1.24	0.026	0.008	0.21	1.05	0.28	—	—
1.5/1.5% <i>Cr Mn</i> 鋼	0.21	0.25	1.45	0.024	0.008	0.10	1.30	—	—	—
2/1% <i>Cr Mn Mo</i> 鋼	0.17	0.27	0.98	0.026	0.006	0.12	2.23	0.32	—	—
2/1.5% <i>CrMnMo</i> 鋼	0.19	0.24	1.34	0.029	0.010	0.22	1.98	0.27	—	—
3% <i>Cr</i> 鋼	0.19	0.17	0.60	0.025	0.008	0.12	2.71	—	—	—
3/2% <i>Cr Ni Mo</i> 鋼	0.16	0.28	0.99	0.009	0.006	0.04	3.23	0.27	1.99	—

滲炭用試片は上記の素材を焼準及び軟化焼鈍後、第5圖の如く 15 mm 中×75 mm の角棒に切削せるもので、滲炭及び高温焼鈍後圖の如く検鏡、焼入及び分析用試料を採取して諸試験に供した。



第5圖 滲炭用試験片の形状(寸法; mm)

(ii) 実験装置及び実験方法 高温焼鈍試験は脱炭を防止する爲凡て真空中で行つた。焼鈍前の滲炭は凡て 900°C 10 h にて行ひ滲炭剤には木炭及び炭酸バリウムを 7:3 の

割合に配合せるものを用ひて過剰滲炭を行はしめた。

第6圖は真空高温焼鈍装置を圖示せるもので、石英管(S)内に滲炭せる試料(P)を入れ、熱電對保護管(T)の附屬せる摺合せ口栓(C)にて密封したる後、油擴散ポンプに依て管内を真空になし、電氣爐(E)にて加熱、所要温度に所定時間保持後爐冷し、常温にて試料を石英管より取出し、

次で主として軟化の目的で石炭ガス中に於て 600°C, 3 h の光輝焼鈍を行ひたる後、試料を第5圖の要領に従つて切斷し、檢鏡試片に依り滲炭表層部の炭化物の消失狀況及び滲炭層の移行擴散狀況を觀察し、分析試片は表面より 0.2 mm 宛切削して得たる削り屑より C 量を分析して C の擴散狀況を検討し、又焼入試片は一次 ($A_{c3} + 50^\circ\text{C}$. 30' 油冷), 及び二次 ($A_{c1} + 40^\circ\text{C}$. 30 mn 油冷又は水冷)

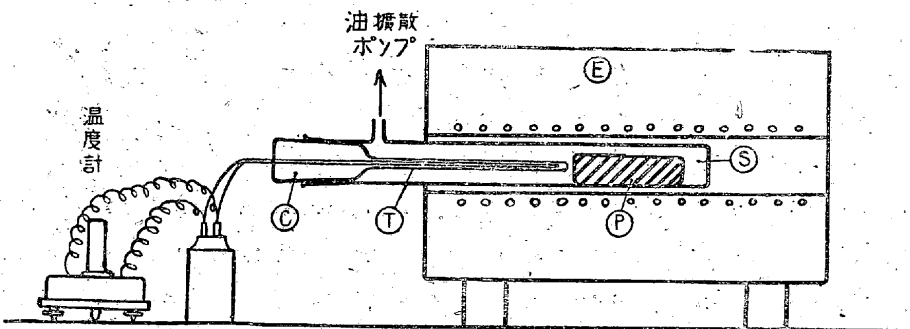
焼入後表面より内部に到る硬化狀況を試験した。

(iii) 実験結果 a) 高温焼鈍に依る炭化物消失狀況 前述の如く本研究に於ては高温焼鈍條件として、球狀炭化物を消失せしめ得る最低温度を探索するを目的とするを以て、實驗順序としては先づ高温より始め、其結果に應じて漸次焼鈍温度を降下せしめる方法を採用した。

第2表及び寫眞 No. 1~4 は高温焼鈍に依る炭化物の消失狀況を4鋼種に就き例示したもので、之に依れば 1% *Cr Mo* 鋼及び 1/1.2% *CrMnMo* 鋼では 850°C. 4 h, 2/1% *Cr Mn Mo* 鋼では 900°C. 4 h, 又 3% *Cr* 鋼では 940°C. 4 h の焼鈍に依り完全に球狀炭化物を消失せしめ得る事が認められる。

此の場合 3% *Cr* 鋼は 900°C. 4 h の焼鈍に於てもピクリン酸曹達に依る腐蝕では全然炭化物の存在を認めないが、ピクリン酸アルコール溶液に依る腐蝕では白色球狀の炭化物の殘存せるを認めた。之は

W. Tofaute 等⁹⁾の研究に依れば、第7圖の *Fe-C-Cr* 状態圖に示す如く 3% *Cr* 鋼では $\gamma-(Cr, Fe)_7C_3$ の界域が存在し、 $(Cr, Fe)_7C_3$ なる炭化物が $(Fe, Cr)_8C$ よりも高温迄安定で固溶し難い爲、900°C. 4 h の焼鈍では猶一部の $(Cr, Fe)_7C_3$ が殘



第6圖 真空高温焼鈍装置

寫眞第1より第4 高温焼鈍に依る滲炭層の變化 (ピクリン酸アルコール溶液腐蝕)

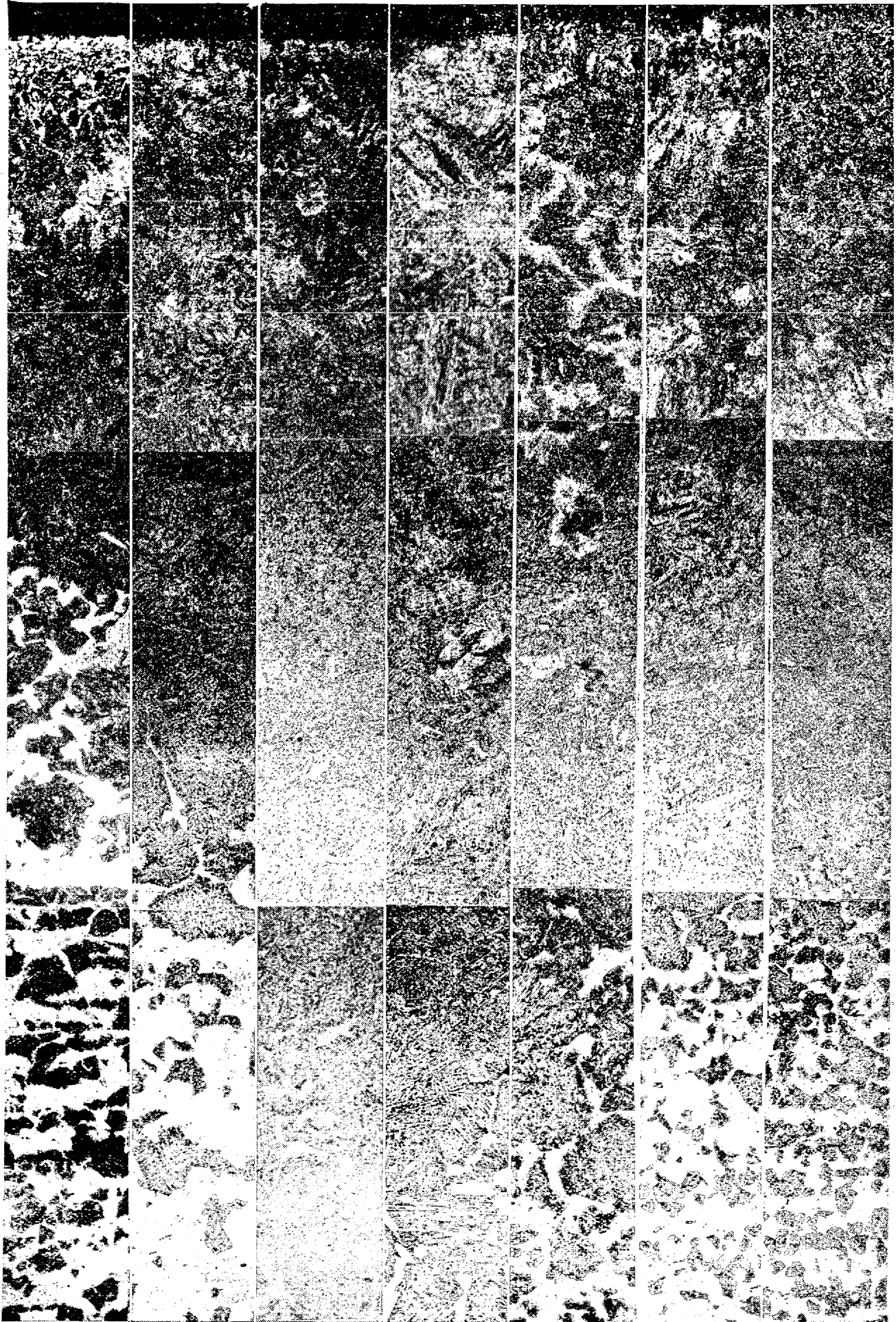
寫眞第1 1% Cr. Mo 鋼 ×90
滲炭の儘 1000°C. 30mn 970°C. 1h

940°C. 4h

900°C. 4h

850°C. 4h

800°C. 4h



写真第2

1/1.2% Cr, Mn, Mo 鋼 ×90

滲炭の儘

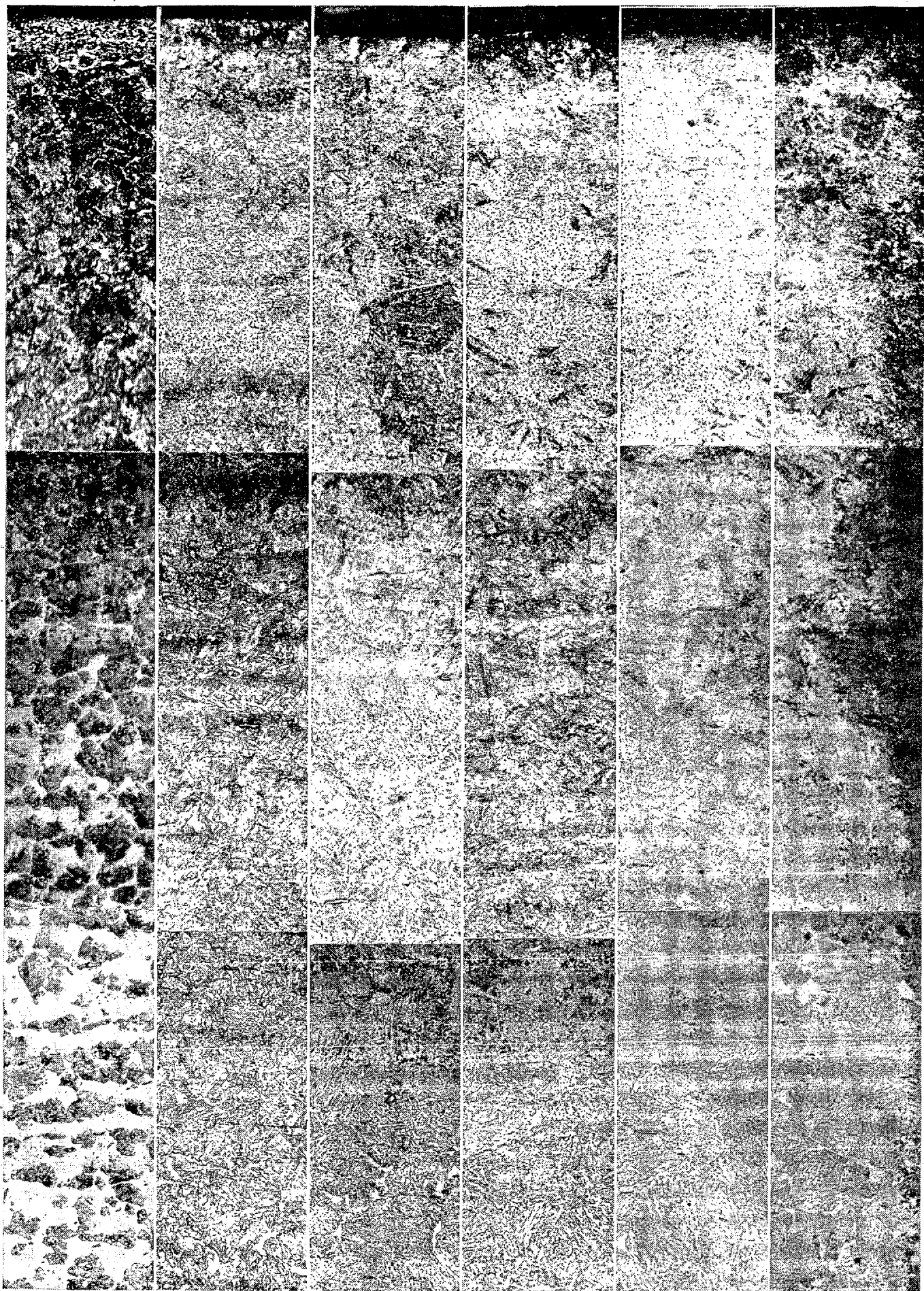
1000°C. 30mn

970°C. 1h

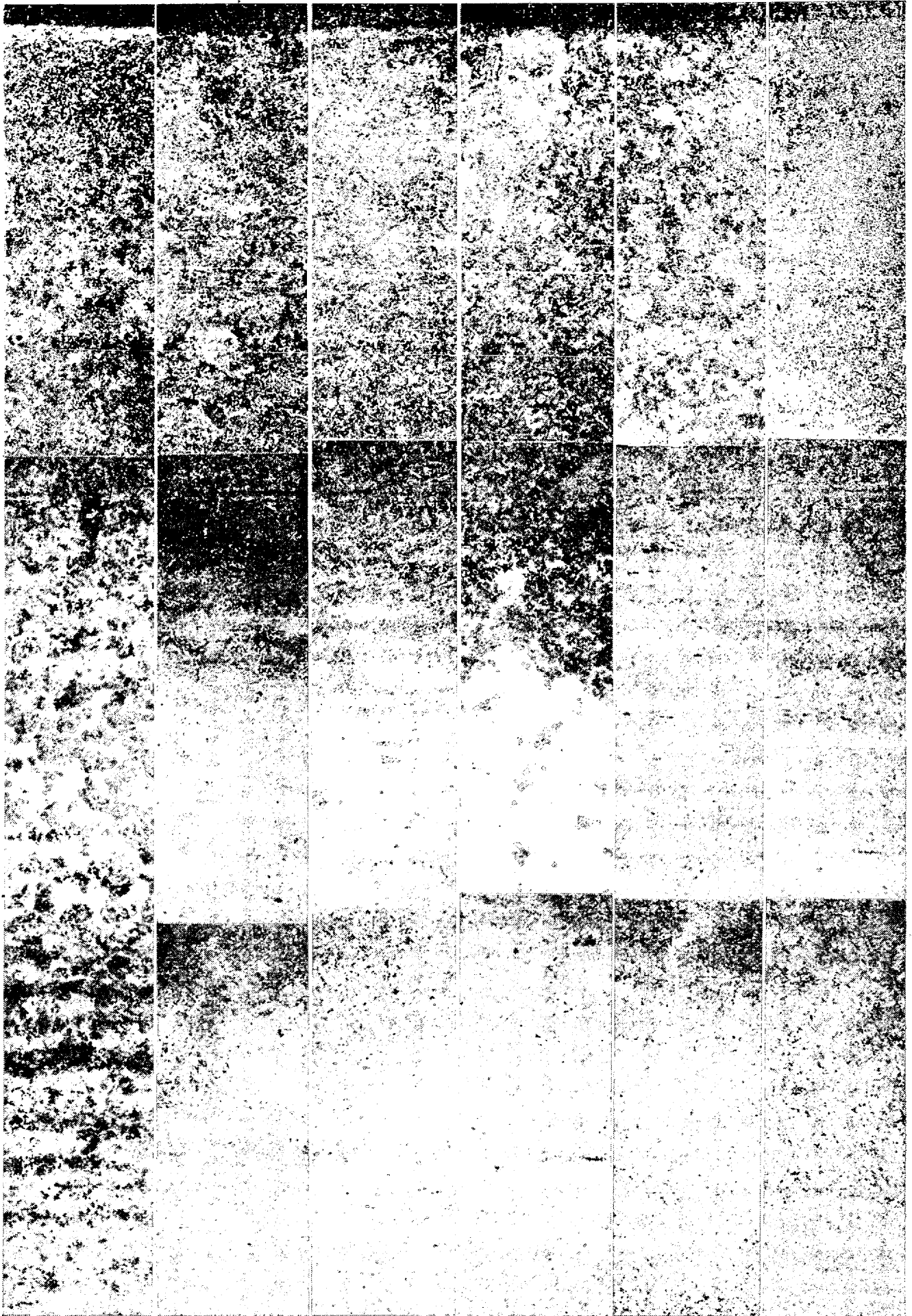
940°C. 4h

900°C. 4h

850°C. 4h



寫眞第3 1/2% Cr. Mn. Mo 鋼 ×90
滲炭の儘 1000°C, 30 min 970°C, 1h 840°C, 4h 900°C, 4h 875°C, 4h



寫眞第4

3% Cr 鋼

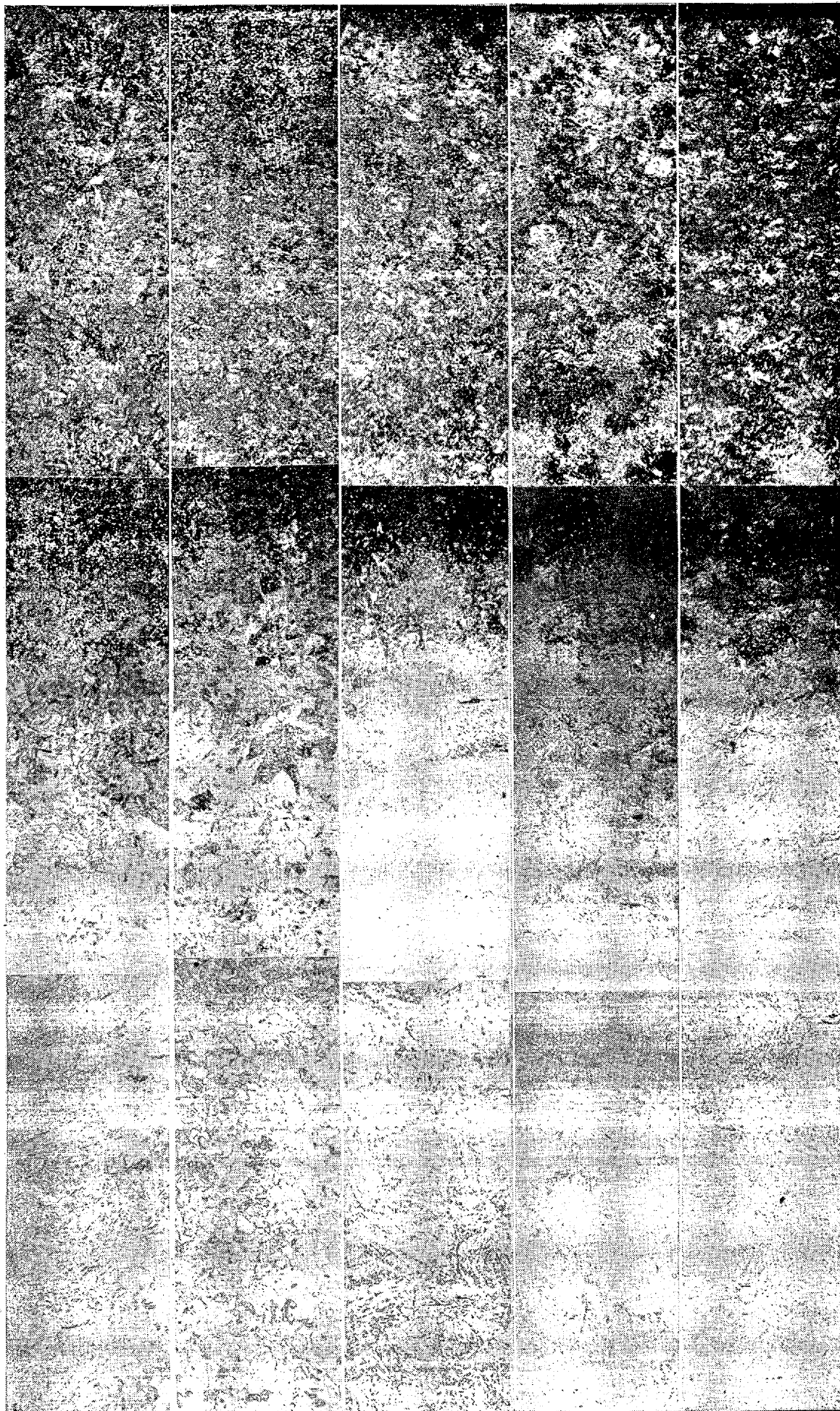
滲炭の儘

1000°C, 30mn

970°C, 1h

940°C, 4h

900°C, 4h

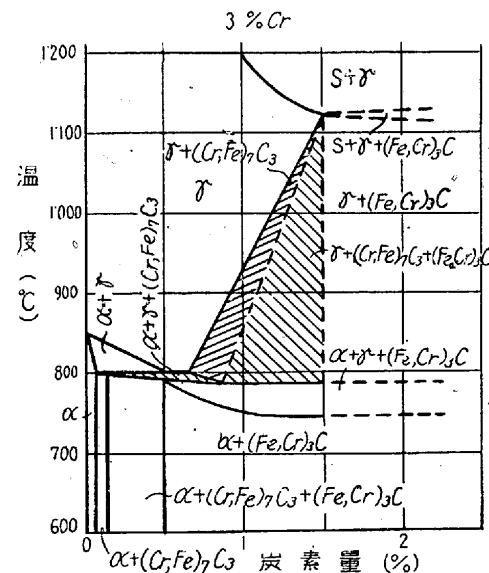
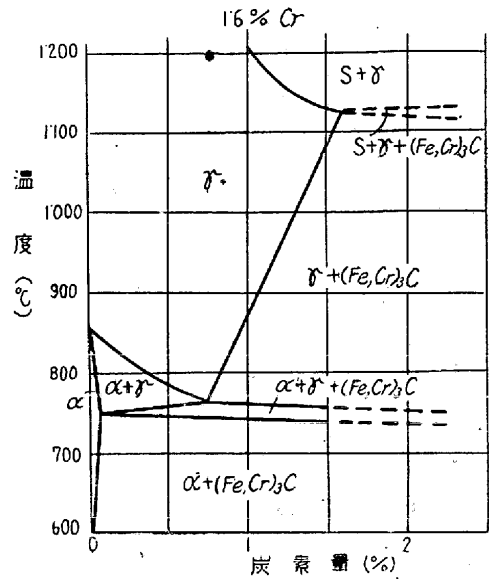


第2表 高温焼鈍に依る炭化物消失状況(檢鏡結果)

(イ) 1% Cr Mo 鋼		
焼鈍法	球状炭化物析出層	網状炭化物析出層
滲炭の儘	0.13 mm 密集	0.58 mm
1000°C/30m	なし	一部 0.27 m/m
970°C/1h	なし	なし
940°C/4h	なし	なし
900°C/4h	なし	なし
850°C/4h	なし	なし
800°C/4h	微細に散在	0.50 m/m
(ロ) 1/1.2% Cr Mn Mo 鋼		
焼鈍法	球状炭化物析出層	網状炭化物析出層
滲炭の儘	0.11 mm 密集	0.61 mm
1000°C/30m	なし	一部 0.25 m/m
970°C/1h	なし	なし
940°C/4h	なし	なし
900°C/4h	なし	なし
850°C/4h	なし	なし
(ハ) 2/1% Cr Mn Mo 鋼		
焼鈍法	球状炭化物析出層	網状炭化物析出層
滲炭の儘	0.15 mm 密集	0.45 mm
1000°C/30m	なし	粗大に細く 0.72 mm
970°C/1h	なし	薄く 0.74 mm
940°C/4h	なし	網状気味
900°C/4h	なし	薄く約 0.55 mm
875°C/4h	一部約 0.12 mm	約 0.70 mm 網状気味
850°C/4h	0.20 mm 散在	微細約 0.50 mm
(ニ) 3% Cr 鋼		
焼鈍法	球状炭化物析出層	網状炭化物析出層
滲炭の儘	0.11 mm 密集	0.25 mm
1000°C/30m	なし	明瞭に細く 0.95 mm
970°C/1h	なし	断片的に 0.46 mm
940°C/4h	なし	薄く 0.35 mm
900°C/4h	ビクリン酸ソーダにては認め得ざるもビクリン酸アルコールにて少量点在	薄く 0.56 mm
850°C/4h	網状に 0.13 mm	不明瞭

存するものと考へられる。

尙第2表より明かなる如く、何れの鋼種に於ても、1,000°C/30mn の高温短時間焼鈍では、一旦固溶せる球状炭化物が冷却時に網状炭化物として析出する。即ち此種の焼鈍に於ては炭化物の固溶作用は顯著であるが、焼鈍時間の短い爲に固溶炭化物従つて過剰炭素の内部への擴散移行が充分に行はれない。之に反して比較的低温長時間の焼鈍では炭化物の固溶よりも過剰炭素の擴散作用が顯著であるから、一度固溶擴散せる炭化物が冷却時に再び析出する事はない。即ち此場合には主として過剰炭素の内部への擴散移行に依り、表層部の C 濃度を減じ之に應じて炭化物が漸次固溶消失する爲と考へられる。H. Diergarten⁶⁾ は前者を固溶焼鈍 (Lösungsglühung), 後者を均整焼鈍 (Ausgleichsglühung) と呼んで區別し、兩者を擴散焼鈍 (Diffusionsglühung) と總稱してゐる。要するに以上の實驗結果より明かなる如く、球状炭化物を除去するには必ずしも ES 線以上の温度に加熱するを要せず、滲炭温度附近で相當時間加熱



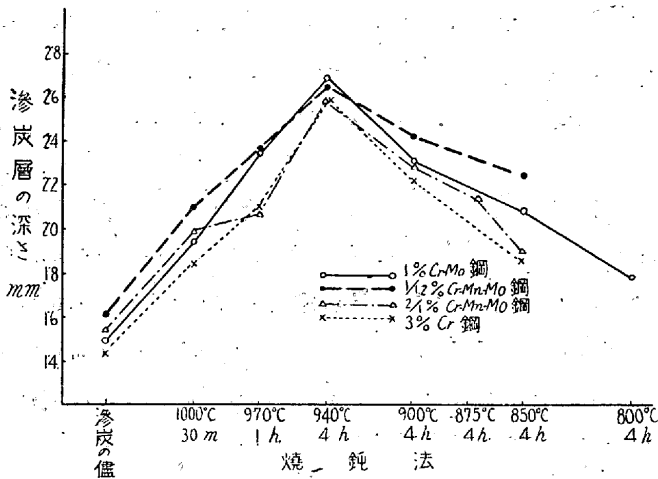
第7圖 Fe-C-Cr 状態圖

(W. Tofaute, A. Sponheuer u. H. Bennek)

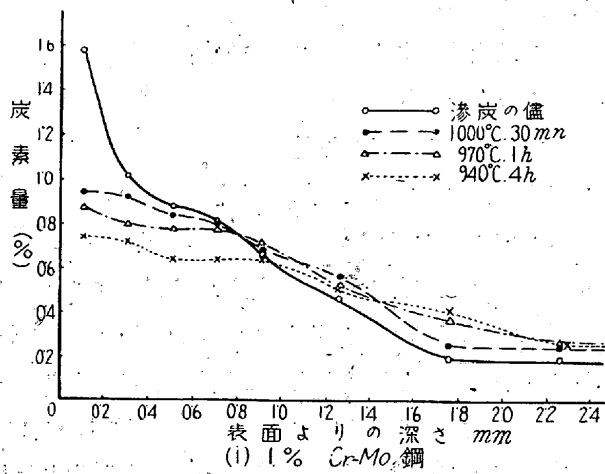
すれば十分目的を達し得るのである。

b. 滲炭及び硬化層の深さに及ぼす高温焼鈍の影響 高温焼鈍は炭化物の固溶並に擴散現象なる故、滲炭層に於ける C 濃度の均一分布の結果として、滲炭層の内部移行に因る深さの増大が考へられる。既得滲炭層の焼鈍に因る増加は實際作業上に支障を來す場合があるから、成る可く之を輕度止め得る如く焼鈍温度並に時間を調節する必要がある。

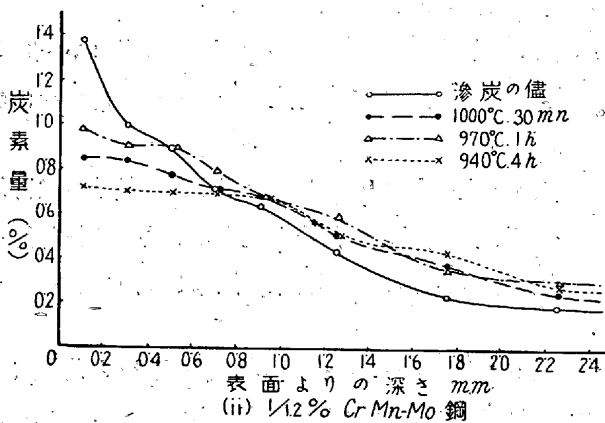
第8圖は各焼鈍法に於ける全滲炭層の深さの變化を顯微鏡に依り測定せる結果を示したもので 940°C/4h の場合に最大、1000°C/30mn の場合に最小となる。更に表層より内部に到る C の分布状況は第9圖に示す如くで、各鋼種共、表層部過剰炭素の擴散状況を明瞭に認める事が出来る。



第8圖 浸炭層の深さに及ぼす高温焼鈍の影響



(i) 1% Cr-Mo 鋼

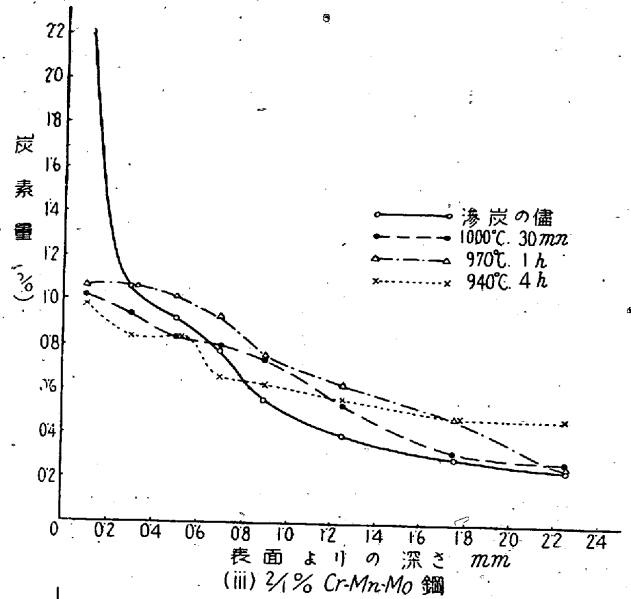


(ii) 1/2% Cr-Mn-Mo 鋼

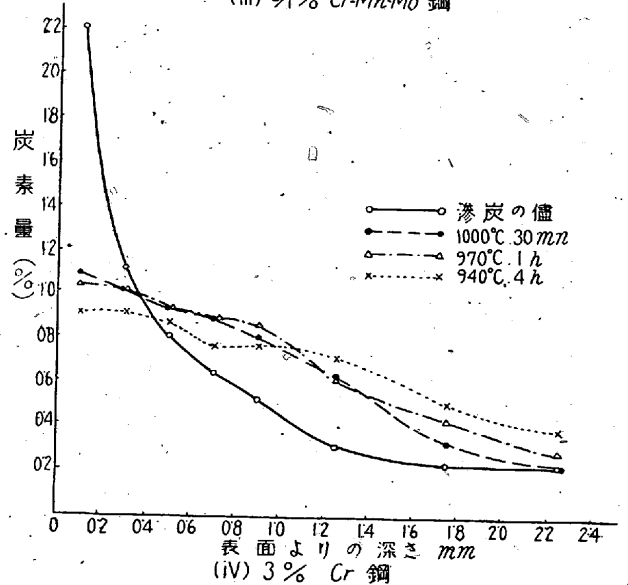
第9圖 高温焼鈍に依る炭素擴散狀況 (i, ii)

又前掲の寫眞 No. 1~4 に於ても焼鈍に依る浸炭層の移行狀況並に其組織的變化を窺知する事が出来、何れの場合にも過剰炭素の内部への擴散移行現象は高温短時間焼鈍より低温長時間焼鈍の方が顯著なる事が認められる。

浸炭層の増加に伴ひ、浸炭硬化層の深さも焼鈍に依て増大する。第10圖は各種の焼鈍を施せる浸炭試片を一次 ($A_{c_3} + 50^\circ C$. 30mn 油冷) 及び二次 ($A_{c_1} + 40^\circ C$. 30mn 油冷又は水冷) 焼入したる後、表面より内部に到る硬化狀況をヴ



(iii) 2 1/2% Cr-Mn-Mo 鋼

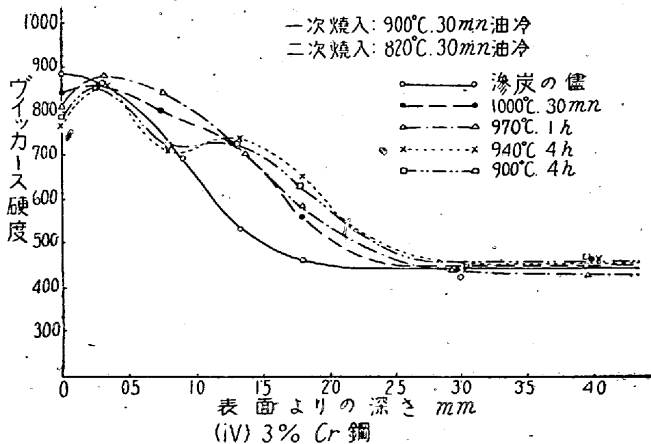
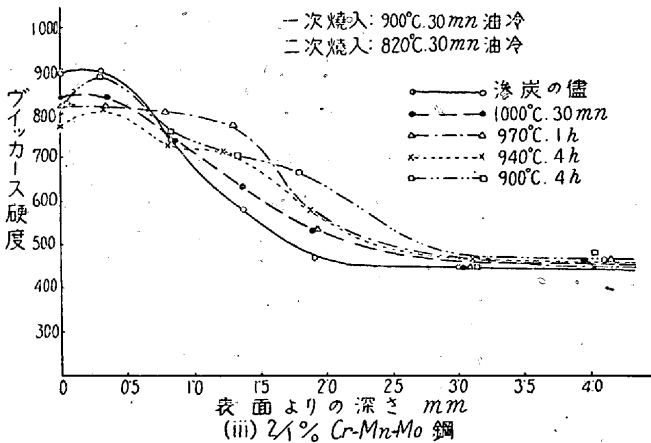
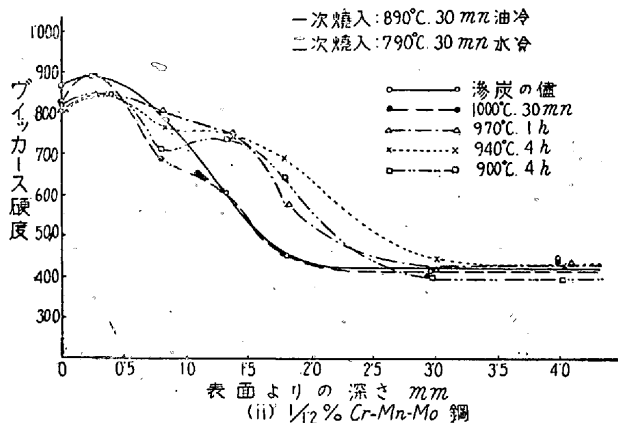
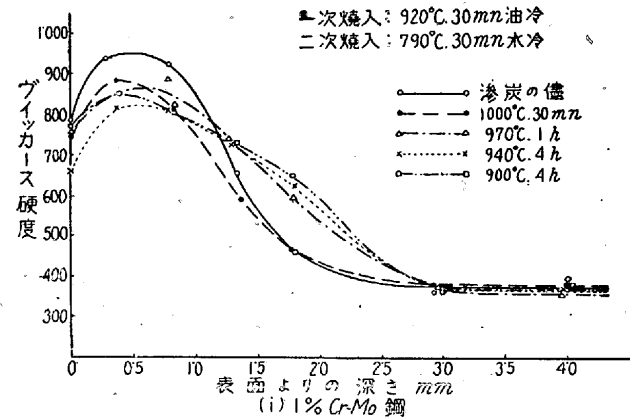


(iv) 3% Cr 鋼

第9圖 高温焼鈍に依る炭素擴散狀況 (iii, iv)

イッカース硬度計に依り測定せる硬度—深さ曲線を例示したもので、Cの擴散に基く硬化層の内部移行狀況を認める事が出来る。即ち高温焼鈍に依り表面硬度は多少低下するを免れないが、C濃度の均一分布に應じて内部への硬度變化が緩慢となり、従つて、焼入の際の組織的歪も浸炭の儘焼入せる場合に比して著しく軽減される事が窺はれる。

以上の諸結果よりすれば、焼鈍に依る浸炭並に硬化層の増大は一般に焼鈍温度高く焼鈍時間長き程著しいが、特に時間の影響が大である。従つて球状炭化物を固溶せしめ既得の浸炭層の増加を最小に止めるには、高温短時間焼鈍法に據る方が有利であるが、實際作業上已むなく低温長時間焼鈍法を選ぶ場合には焼鈍に因る既得浸炭層の増大を豫め考慮して置かねばならない。即ち最初の浸炭に於て、浸炭条件(温度或は時間)を調節する必要がある。



第10圖 高温焼鈍に依る滲炭硬化層の變化

e) 高温焼鈍法の實用に關する一試験 上述の如く肌焼 Cr 鋼に於ける過剩滲炭は爾後の高温焼鈍に依て除去する事が出来るが、此方法を實際作業に適用するに當つては滲炭層の脱炭防止に最も注意しなければならない。一般に脱炭量は温度及び時間の函数であるが、温度の影響が特に著しいから出來得る限り低温度で焼鈍するのが望ましい。既述の如く過剩滲炭層に於ける球狀炭化物を除去するには、1% Cr 系統では約 850°C. 4h, 2~3% Cr 系統では約 900°C. 4h の焼鈍で十分目的を達し得るから、脱炭は比較的輕度にする事が出来る。

實際上現場での高温焼鈍に於て脱炭を防止する方法としては次の如きものが考へられる。

- (イ) 還元性乃至中性瓦斯中での加熱
- (ロ) 鹽浴中での加熱
- (ハ) 還元性詰物中での加熱

今此三方法に就き夫々次の如き實驗を行つた。

試料として 2/1% Cr Mn Mo 鋼を選び、其の 15 mm 中 × 20 mm の滲炭用試片を豫め木炭及び炭酸バリウムより成る滲炭劑(配合比 7:3)に依り 900°C で 10h の過剩滲炭を行ひ、下記の如き加熱方法に依り夫々 1000°C. 30mn, 940°C. 2h 及び 900°C. 4h の三種類の高温焼鈍を施し、更に 600°C. 3h の光輝焼鈍後、滲炭層の組織的變化を檢討した。加熱方法は次の三種類である。

(イ) 法: 電氣爐中に石炭瓦斯を通じつゝ、約 2.5~3 時間で所定温度迄上昇せしめ、所定時間保持後瓦斯を通じたる儘爐冷する。

(ロ) 法: 所定温度に上昇せる鹽浴中に豫熱せる試料を浸漬し、所定時間保持後鹽浴中より引揚げて空中放冷する。加熱中は鹽浴表層に炭素粉末を撒布して脱炭防止に務める。

(ハ) 法: 滲炭用ケースに骸炭(製鋼加炭用)と共に試料を詰め密閉したる後電氣爐中で加熱、約 2~2.5 時間で所定温度に上昇せしめ、所定時間保持後爐冷する。

檢鏡に依る滲炭層の炭化物固溶並に擴散狀況は第3表に示す如くて、(イ)法では何れの焼鈍條件に於ても成績良好で炭化物は完全に消失してゐる。(ロ)法に於ては昇温時間短く従つて全加熱時間の小なる爲か、他法に比して焼鈍効果が充分でない。尙此の場合には鹽浴の化學的組成に因る浴内雰囲気にも影響されるものと考へられる。又(ハ)法では骸炭の滲炭作用の爲か高温短時間の焼鈍では C 擴散が十分でないが、低温長時間法に依れば焼鈍効果が十分大とな

る。實際上では之より稍弱加炭性の詰物、例へば使用済の
 骸炭の混用等が適當と考へられる。

第3表 脱炭を防止せる高温焼鈍試験結果
 試料: 2/1% Cr Mn Mo 鋼, 900°C/10h 滲炭

加熱法	焼鈍法		1000°C/30m	940°C/2h	900°C/4h
	組織				
(イ) 法 〔石炭瓦斯中〕	球状炭化物		なし	なし	なし
	網状炭化物		なし	なし	なし
	全滲炭層		1.60mm ¹⁾	1.68mm ²⁾	1.72mm
(ロ) 法 〔鹽浴中〕	球状炭化物		なし	0.16mm散在	なし
	網状炭化物		約0.25mm	約0.30mm	約0.28mm 散在
	全滲炭層		1.48mm	1.60mm	1.60mm
(ハ) 法 〔骸炭中〕	球状炭化物		0.18mm 微細に散在	なし	なし
	網状炭化物		約0.70mm	約0.30mm	網状気味
	全滲炭層		1.74mm	1.75mm	1.30mm
滲炭の儘	球状炭化物		0.15~0.18mm 密度		
	網状炭化物		0.60~0.65mm		
	全滲炭層		1.44mm		

1) 脱炭気味約 0.05mm 2) 脱炭気味約 0.03mm

以上何れの場合にも表層部の脱炭は殆ど皆無か極めて輕
 微なる程度で實際作業への應用可能性は十分大である。

尙本實驗結果に於ても焼鈍効果よりすれば高温短時間法
 よりも低温長時間法の方が有效なる事が認められる。又加
 熱時間に依る滲炭層の増大は真空焼鈍の場合程顯著でなく
 加熱時間も更に短縮し得る可能性があるから。本法の適用
 は十分期待出来るものと考へる。

3) 小 括

(i) 含 Cr 肌焼鋼に於ける滲炭表層部の過剰炭素は滲
 炭後の高温焼鈍に依て内部に移行擴散し、同時に表層部の
 球状乃至網状炭化物は完全に固溶消失する。

(ii) 此の場合焼鈍條件としては、ES 線以上の高温(970
 ~1000°C)に短時間保つか、或は滲炭温度附近(900~940
 °C)にて比較的長時間保持するかの何れかを選べば良いが、
 遊離炭化物の除去並に過剰炭素の擴散効果よりすれば、後
 者の方が有效である。

(iii) 擴散に因る滲炭並に滲炭硬化層の増大は温度より
 も、時間に依て大なる影響を受ける。従つて滲炭に依て得
 たる滲炭層の變化を僅少に止めんとする場合には、高温短
 時間焼鈍を選ぶ方が有利である。

(iv) 高温焼鈍法の實用的見地より、脱炭防止を主眼と
 する加熱法の二三に就き試験せる結果、十分目的を達し得
 る事を認めた。

III. 緩作用滲炭劑に就て

1) 緩作用滲炭劑の必要性 前項の高温焼鈍法は滲炭自
 體に就ては何等考慮する事なく、爾後の熱處理のみに依て
 滲炭層の過剰炭素を内部に擴散移行せしめ、有害なる球状
 炭化物を除去してC 濃度均等なる滲炭層を得んとするもの
 で、言はゞ消極的對策法である。且本法は高温處理なる爲
 實際作業に於ては滲炭層の脱炭防止、或は加熱に依る變形
 等に注意を要し、又焼鈍に因る滲炭層の増大を考慮して、
 事前の滲炭處理を適度に調節する必要がある。又高 Cr 鋼
 に於ては從來の固態滲炭劑(木炭及び炭酸鹽)に依り、著し
 く過剰滲炭を受ける結果、往々にして滲炭後の冷却時に既
 に不規則なる變態歪に基く龜裂を生ずる事がある。以上の
 理由に因り肌焼 Cr 鋼の滲炭處理に於ては、積極的に滲炭
 法自體を改善して過剰滲炭を未然に防止し爾後の取扱を容
 易ならしむる事が極めて大切である。

從來含 Cr 鋼の滲炭には使用済滲炭劑の混用を推奨する
 向もあるが、後述する如く此の方法は滲炭劑自身が強作用
 のものなる限り其効果は顯著でなく、又實際作業上に於て
 も使用回数其他の點で煩雜を免れない。従つて實際上確實
 なる緩和滲炭を行ふには滲炭劑自體が緩作用なるものを
 選定する事が最も簡便且效果的な方法である。既に獨逸に
 於ては代用鋼に關する暫定規格 DIN 1663 に於て特に
 Cr 1% 以上の肌焼鋼には作用緩慢なる滲炭劑を使用する
 様指定せる事は、此の間の事情を物語つてゐる。但し獨逸
 にて使用せりと云ふ此種滲炭劑の内容に就ては何等發表せ
 られる所なく詳でない。

著者は斯る見地より、此種肌焼鋼に適應せる滲炭劑の探
 求を目的として、種々の緩作用固態滲炭劑を調製し其滲炭
 性能を檢討した。

2) 緩作用滲炭劑に關する文獻—研究の方針 前述の如
 く含 Cr 肌焼鋼の滲炭に關する研究は比較的少く、就中緩
 作用滲炭劑に就ては獨逸に一二の文獻を見るに過ぎない。
 E. G. Mahin 及 R. C. Spencer¹⁰⁾ は Si の滲炭抑制作用を
 過剰滲炭の防止に利用する事を考へ、滲炭前の焼鈍を Fe-
 Si 中で行ふか或は滲炭劑に Fe-Si を添加すれば目的を達
 し得ると述べてゐる。又 E. G. Mahin 及 F. J. Mootz¹¹⁾
 は Al の滲炭抑制作用に注目し、Al 粉末を滲炭劑に添加
 して過剰滲炭を防止し得る事を認めてゐる。更に H.
 Schradel³⁾ は緩作用滲炭劑に關して可成り廣範圍に研究
 し、種々の滲炭劑に依る試験結果を比較して、褐炭系骸炭

を主成分とする滲炭劑 (Dohundin) の優秀なる事を擧げてゐるが、比較的高温度(約 920°C) の滲炭では鹽浴滲炭が有効であると述べてゐる。尙同氏は球狀炭化物の存在に就ては特に層狀に凝集せざる限り、差程靱性を阻害するものでない事を附言してゐる。又 H. Schrader 及 F. Bruhl⁵⁾ は使用済滲炭劑 (Dohundin 系の緩作用のもの) の混用に依り過剩滲炭を防止し得る事を述べてゐる。

著者は數種の緩作用固態滲炭劑を調製して其滲炭性能を比較検討した。今理想的の緩作用滲炭劑として具備すべき條件を考へると次の如くである。

- (イ) 滲炭表層部に過剩滲炭を生ぜず、均一なる C 濃度勾配の得られる事。
- (ロ) 有害なる球狀炭化物層の生成を防止し得る事。
- (ハ) 緩和滲炭に依り滲炭並に滲炭硬化層の深さが著しく減少せざる事。
- (ニ) 連続使用に依り滲炭能力の著しく減退せざる事。
- (ホ) 配合調製容易にして安價なる事。

之等の條件中、(イ)及(ロ)と(ハ)及(ニ)を同時に満足せしめる事は理論上困難であるが、主として(イ)及(ロ)の條件を具備し得れば(ハ)は滲炭處理條件(温度及時間)に依て或程度迄調節が可能であり、又(ホ)の條件に適合し得れば(ニ)の條件も經濟的に解決し得るものと考へられる。依て本研究に於ては、(イ)(ロ)及(ホ)の條件を満足せしめ得る緩作用固態滲炭劑の探求を主なる目的とし、其適劑に就て(ハ)及(ニ)の條件を具有せるや否やを吟味した。

3) 研究經過の詳細 (i) 供試材及び試験方法 供試鋼種、試験素材の調製法並に滲炭用試片の作製要領等は前項と全然同様である。本研究に於ては緩作用滲炭劑として特に安價にして調製容易なるものを探求するを主眼とする方針に據り、先づ従來の主要滲炭劑たる木炭に骸炭(製鋼加炭用)を混用する方法に著目し、第 4 表に示す如く其配合比を 30~60% に變化せしめたもの並に之に一部 Fe-Si を加へたもの、或は前述の條件(ハ)及(ニ)を具備せしめる見地より滲炭補強劑として少量の BaCO₃ を添加せるもの等五種類を選び、之に比較用の強作用滲炭劑として従來の木炭及び BaCO₃ を 7:3 の割合に配合せるもの並に木炭のみものものを加へ、尙参考として國産液態滲炭劑を併せ試験した。

滲炭は第 11 圖に示す如き要領で、各鋼種 1 本宛の試片計 8 本を同一ケースに詰めて電氣爐に装入し、2.5~3 時間にて所要温度迄加熱、所定時間保持後爐冷した。滲炭温度

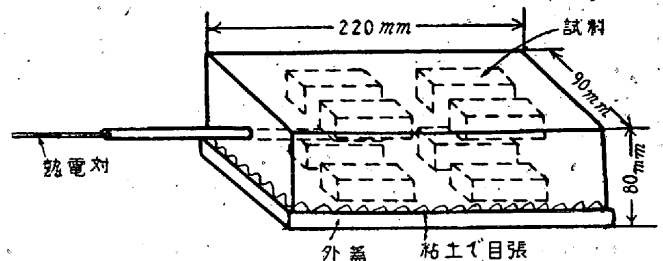
は何れの場合にも 850 及 900°C の二種類とし、滲炭時間

第 4 表 滲炭劑の種類及び配合

符 號	配合比(重量%)			
	木炭	骸炭	Fe-Si	BaCO ₃
B-3	70	—	—	30
C-0	100	—	—	—
C-3	70	30	—	—
D-4	60	35	—	5
C-5	50	50	—	—
D-6	40	55	—	5
E-7	30	60	7	3
S-1	青化アルカリ系液態滲炭劑			

は 5 及 10 h とした。尙滲炭後は主として軟化の目的で石炭瓦斯中に於て 600°C. 3 h の光輝焼鈍を施し爾後の取扱を容易ならしめた。

(試料装入後外蓋部を下にして密封し炉に装入す)

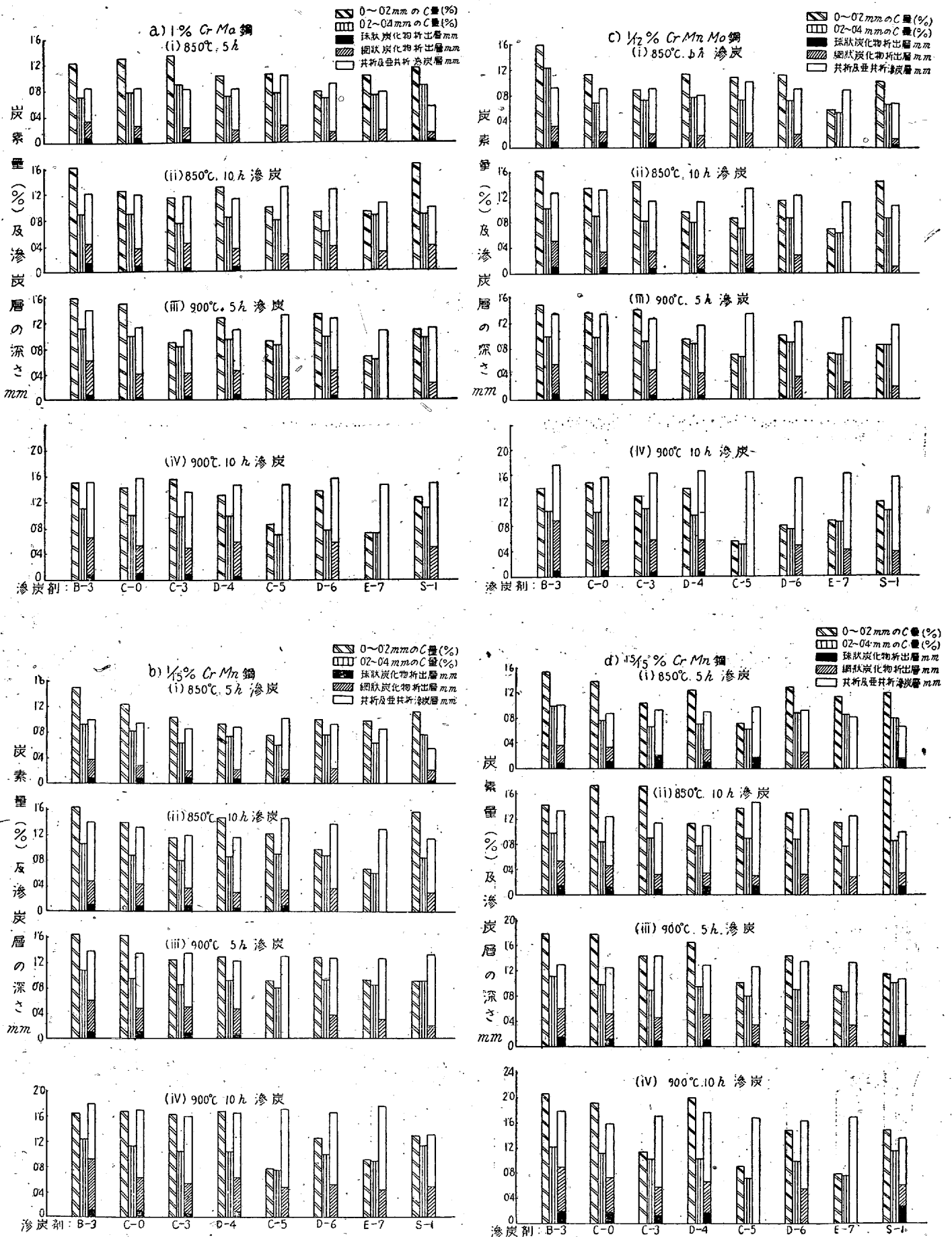


第 11 圖 滲炭の要領

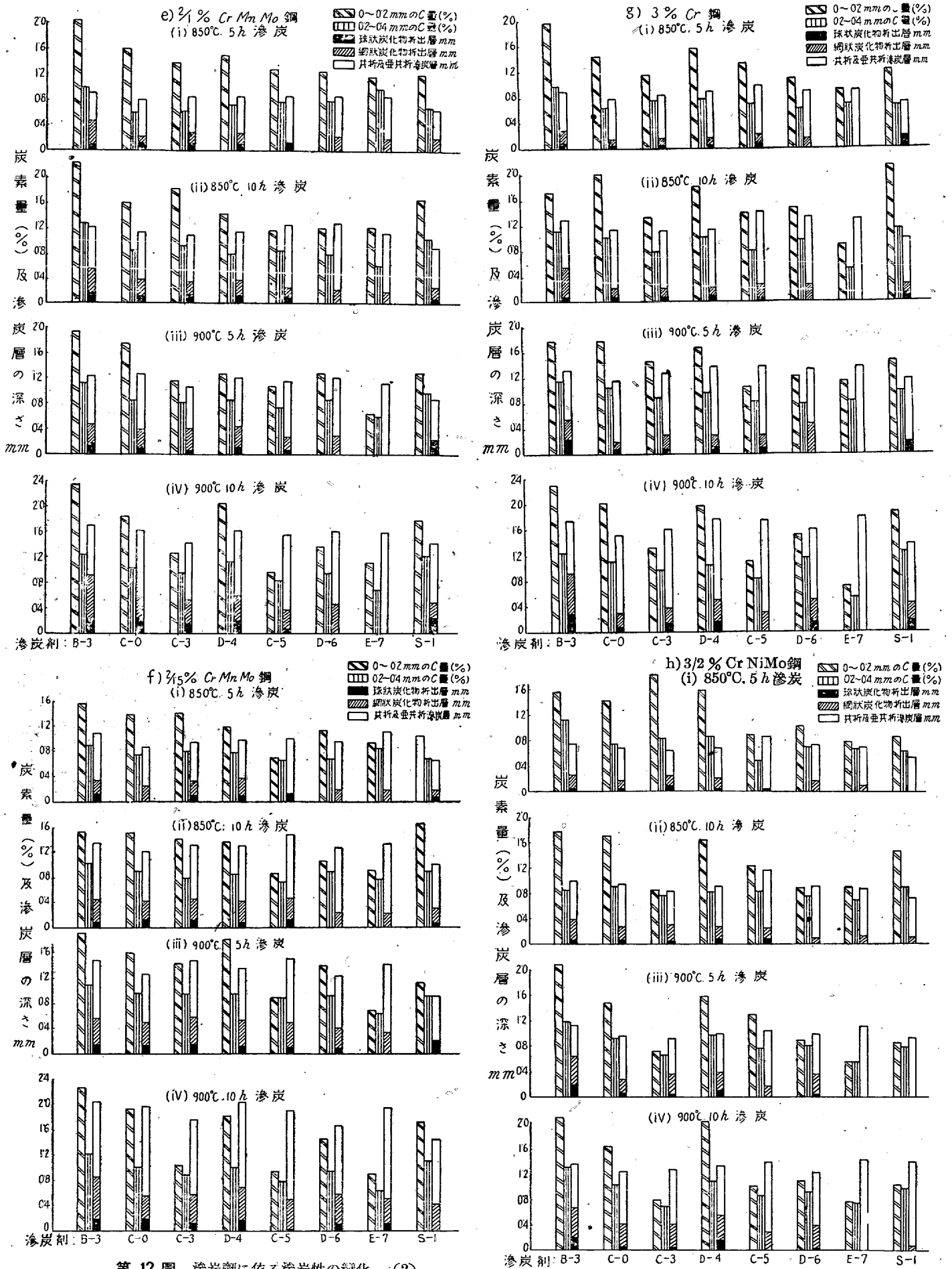
滲炭及光輝焼鈍後の試片は高温焼鈍試験の場合と同様兩端約 5 mm を切捨てたる後、各試験片を採取し、檢鏡試片に就て炭化物の析出狀況及び滲炭層の深さを測定し、分析試片は表面より 0.2 mm. 宛二回削り落して得たる削り屑を分析して表層部の C 量を求めた又焼入試片は一次及二次焼入後表面より内部に到る硬化狀況をヴィッカーズ硬度計にて測定した。

(ii) 實驗結果 a) 滲炭度 各滲炭劑に依り所定條件にて滲炭せる各鋼種の試料に就き檢鏡並に C 分析より炭化物析出狀況及び滲炭度(滲炭層の表面 C 量)を檢討せる結果は第 12 圖に示す如くである。

即ち何れの場合にも使用せる木炭及び骸炭の性能上、骸炭約 40 迄の配合 (C-0, C-3, D-4 劑) では著しき變化を認めず、過剩滲炭の傾向が可成り顯著であるが、骸炭約 50% 以上の配合 (C-5, D-6, E-7 劑) に於ては、骸炭配合量の増加と共に良好なる成績の得られる事を認めた。一方滲炭層の深さは緩和滲炭に依り過剩滲炭の場合に比して稍減少する傾向があるが、實際上殆ど同等で特に滲炭條件(温度及時間)を調節する必要を認めない。尙少量の Fe-Si 或は添加の効果に就ては、猶詳細なる研究を必要とするが、BaCO₃ の添加は滲炭量の深さを増大する一方滲炭度の増



第12圖 浸炭剤に依る浸炭性の變化 (1)



第12圖 滲炭剤に依る滲炭性の變化 (2)

写真第5-1 1% Cr, Mn 鋼 (ピクリン酸アルコール溶液腐蝕)

×180

滲炭剤		B-3	C-0	C-3	D-4	C-5	D-6	E-7	S-1	
滲炭条件										
850°C	5%									
		a	1.24	1.32	1.36	1.04	1.06	0.78	1.02	1.14
		b	0.70	0.78	0.90	0.72	0.76	0.68	0.72	0.86
	c	0.86	0.85	0.83	0.83	1.03	0.90	0.77	0.55	
	10%									
		a	1.62	1.26	1.16	1.32	1.00	0.92	0.92	1.66
		b	0.89	0.90	0.76	0.84	0.80	0.62	0.88	0.88
	c	1.21	1.21	1.18	1.14	1.32	1.28	1.07	0.99	

写真第5~8 滲炭剤に依る滲炭性の變化

写真第5~8の滲炭剤 (各写真の上部にあるもの)

記号	B-3	C-0	C-3	D-4	C-5	D-6	E-7	S-1
%								
木炭	70	100	70	60	50	40	30	液態滲炭 剤
炭酸バリウム	30	—	—	5	—	5	3	
コークス	—	—	30	35	50	55	60	
フェロシリコン	—	—	—	—	—	—	7	
合計	100	100	100	100	100	100	100	—

写真第5~8の滲炭層の深さ及び各層の各部に於ける炭素の含有率

a 0~0.2mm の C% b 0.2~0.4mm の C% c 全滲炭層の深さ mm

寫眞第5-2 1% Cr. Mn 鋼 (ピクリン酸アルコール溶液腐蝕)

×180

滲炭劑		B-3	C-0	C-3	D-4	C-5	D-6	E-7	S-1	
滲炭條件										
900°C	5%									
		a	1.58	1.50	0.90	1.28	0.92	1.34	0.66	1.08
		b	1.12	1.00	0.84	0.96	0.86	0.98	0.62	0.96
	c	1.40	1.14	1.09	1.10	1.32	1.27	1.07	1.10	
	10%									
		a	1.52	1.46	1.58	1.34	0.88	1.40	0.74	1.28
b		1.12	1.02	1.00	1.02	0.72	0.78	0.74	1.12	
c	1.53	1.60	1.38	1.50	1.49	1.58	1.48	1.51		

写真第6-1 1/1.2% Cr, Mn, Mo 鋼 (ピクリン酸アルコール溶液腐蝕)

×180

滲炭剤		B-3	C-0	C-3	D-4	C-5	D-6	E-7	S-1	
滲炭条件										
850°C	5h									
		a	1.61	1.16	0.92	1.16	1.10	1.14	0.60	1.04
		b	1.25	0.70	0.76	0.80	0.76	0.74	0.54	0.68
		c	0.94	0.93	0.93	0.81	1.03	0.92	0.90	0.70
	10h									
		a	1.62	1.36	1.48	0.98	0.88	1.16	0.70	1.46
		b	1.02	0.90	0.82	0.82	0.72	0.88	0.64	0.88
		c	1.28	1.33	1.16	1.13	1.36	1.24	1.13	1.08

寫眞第6-2 1/1.2% Cr Mn Mo 鋼 (ピクリン酸アルコール溶液腐蝕)

×180

滲炭剤・ 滲炭條件		B-3	C-0	C-3	D-4	C-5	D-6	E-7	S-1	
900°C	5h									
		a	1.50	1.38	1.42	0.96	0.72	1.02	0.72	0.86
		b	0.99	0.98	0.92	0.88	0.68	0.90	0.70	0.86
		c	1.36	1.37	1.28	1.18	1.36	1.22	1.28	1.17
		10h								
			a	1.40	1.50	1.28	1.40	0.56	0.82	0.88
	b		1.03	1.02	1.08	0.98	0.52	0.76	0.86	1.04
	c		1.77	1.59	1.65	1.68	1.67	1.56	1.63	1.57

写真第7-1 2/1% Cr Mn Mo 鋼 (ピクリン酸アルコール溶液腐蝕)

×180

滲炭剤		B-3	C-0	C-3	D-4	C-5	D-6	E-7	S-1	
滲炭条件										
850°C	5h									
		a	2.04	1.60	1.38	1.50	1.28	1.24	1.16	1.18
		b	0.98	0.60	0.62	0.72	0.76	0.78	0.96	0.66
		c	0.90	0.80	0.85	0.85	0.86	0.85	0.84	0.63
	10h									
		a	2.21	1.60	1.82	1.42	1.16	1.20	1.20	1.64
		b	1.26	0.84	0.92	0.78	0.84	0.78	0.60	1.02
		c	1.20	1.13	1.08	1.14	1.24	1.27	1.11	0.88

寫眞第7-2 2/1% Cr Mn Mo 鋼 (ピクリン酸アルコール溶液腐蝕)

×180

滲炭剤		B-3	C-0	C-3	D-4	C-5	D-6	E-7	S-1	
滲炭條件										
900°C	5h									
		a	1.94	1.76	1.18	1.30	1.10	1.30	0.66	1.30
		b	1.13	0.86	0.84	0.88	0.76	0.88	0.60	0.99
	c	1.24	1.28	1.09	1.24	1.17	1.22	1.13	0.88	
	10h									
		a	2.33	1.84	1.28	2.06	0.98	1.38	1.12	1.78
b		1.24	1.04	0.96	1.14	0.84	0.96	0.68	1.22	
c	1.70	1.64	1.44	1.63	1.56	1.61	1.59	1.42		


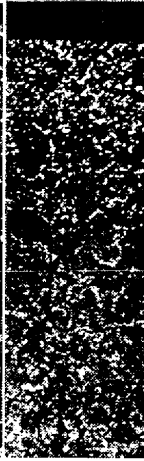
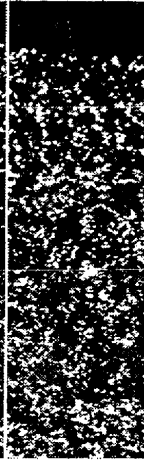
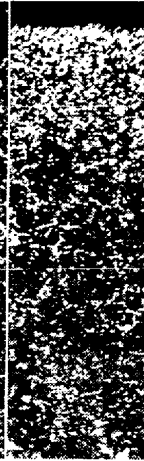
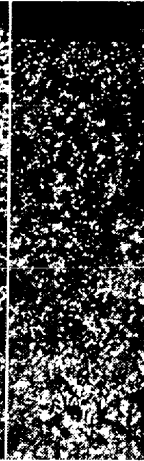
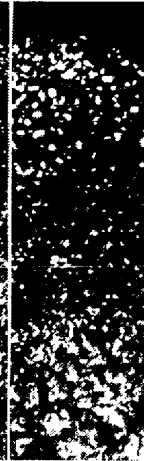
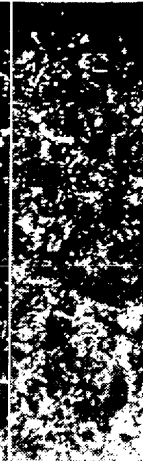
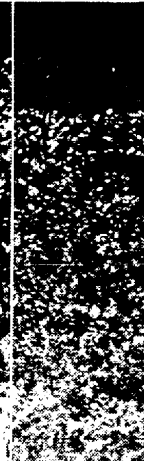

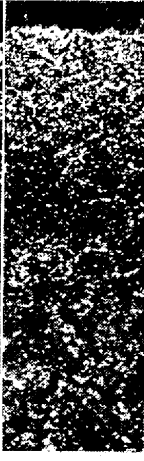
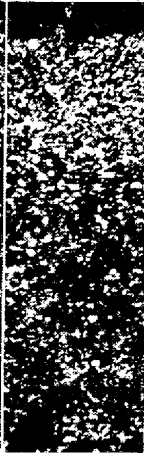
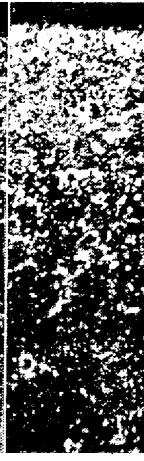
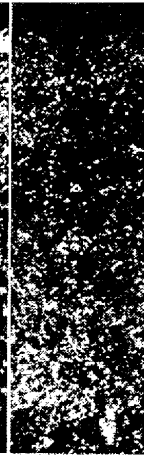
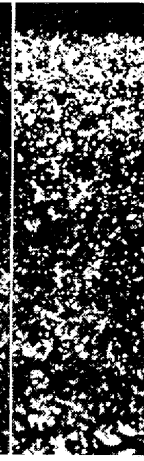
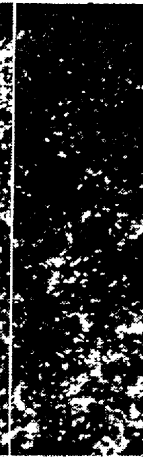
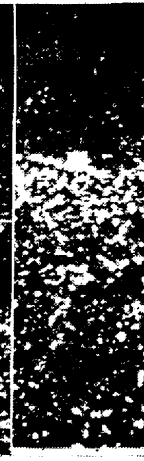
写真第8-1 3% Cr 鋼 (ピクリン酸アルコール溶液腐蝕)

×180

滲炭剤		B-3	C-0	C-3	D-4	C-5	D-6	E-7	S-1	
滲炭条件										
850°C	5h									
		a	1.98	1.46	1.16	1.58	1.34	1.10	0.90	1.20
		b	0.99	0.64	0.76	0.78	0.70	0.62	0.68	0.64
		c	0.90	0.79	0.85	0.90	0.98	0.89	0.89	0.70
	10h									
		a	1.71	2.02	1.34	1.82	1.40	1.48	0.90	2.12
		b	1.72	1.02	0.80	1.02	0.80	0.98	0.52	1.14
		c	1.30	1.15	1.13	1.16	1.42	1.34	1.30	0.98

寫眞第8-2 3% Cr 鋼 (ピクリン酸アルコール溶液腐蝕)

×180

浸炭剤		B-3	C-0	C-3	D-4	C-5	D-6	E-7	S-1	
浸炭條件										
900°C	5%									
		a	1.78	1.78	1.46	1.68	1.04	1.22	1.14	1.46
		b	1.15	1.04	0.88	0.96	0.82	0.78	0.82	0.98
		c	1.32	1.16	1.28	1.38	1.38	1.33	1.37	1.18
	10%									
		a	2.32	2.04	1.34	2.00	1.12	1.54	0.72	1.90
		b	1.24	1.12	0.98	1.06	0.84	1.16	0.54	1.28
		c	1.76	1.53	1.63	1.80	1.76	1.62	1.82	1.39

加を促進し、約5%に於て可成り其影響が顯著である。

又 Fe-Si は粉末状態で混用すれば、有效なる事が認められるが、其配合量に就ては更に検討の餘地が有る。調製せる緩作用滲炭剤中之等の點を考慮して配合せる E-7 剤(木炭 30%, 骸炭 60%, Fe-Si 7%, BaCO₃ 3%) は滲炭作用最も緩徐にして、各鋼種並に各滲炭条件を通じ滲炭度極めて良好であり、炭化物の析出を認めない。尙液態滲炭剤(國産某會社製品)は何れの場合にも可成り著しく過剩滲炭を生じて球狀炭化物を析出し、斯る目的には不適なる事を認めた。寫真 No. 5~8 は各種滲炭剤に依る滲炭表層部の顯微鏡組織の變化を二三の鋼種に就き比較一覽したものである。

更に以上の諸結果より各鋼種に適當せる緩作用滲炭剤を滲炭条件に應じて表示すれば、第5表の如くである。

第5表 各鋼種に適應せる緩作用滲炭剤

鋼種	滲炭条件			
	850°C		900°C	
	5h	10h	5h	10h
1% Cr Mo 鋼	D-4	C-5	C-5	C-5
1/1.5% Cr Mn 鋼	C-0	C-3	C-3	C-5
1/1.2% Cr Mn Mo 鋼	C-0	D-4	D-4	C-5
1.5/1.5% Cr Mn 鋼	C-3	D-4	C-5	C-5
2/1% Cr Mn Mo 鋼	D-6	D-6	E-7	E-7
2/1.5% Cr Ni Mo 鋼	D-4	C-5	C-5	C-5
3% Cr 鋼	D-6	E-7	D-6	E-7
3/2% Cr Ni Mo 鋼	C-5	D-6	D-6	C-5

第5表の分類は主として滲炭度を考慮せるもので、少量の球狀炭化物は層狀に析出せざる限り、實際上然程懸念する要なきものとの見解に従つて選擇したものである。尙各鋼種に適應せる滲炭剤の性能より滲炭度に及ぼす元素の影響を検討するに、Cr 及 Mo は滲炭度を増加せしめ、Mn 及 Ni は之を減少する如く作用する傾向を窺知する事が出来る。

b) 焼入試験 緩作用滲炭剤に依る滲炭試片の硬化状況を試験する爲、各鋼種に就き 900°C. 5h 及び 900°C. 10h の二条件にて緩和滲炭(滲炭剤: C-5, D-6 及 E-7)を行へる試料より焼入試片(15mm. 中×15mm)を採取して、一次(A_{c3}+50°C. 30mn 油冷)及び二次(A_{c1}+40°C. 30mn 油冷又は水冷)焼入後、表面より内部に到る硬化状況をヴィッカース硬度計にて測定し、其結果を過剩滲炭(滲炭剤: B-3 及 C-0)せるものと比較した。第13圖は其測定結果を圖示したもので、一般に過剩滲炭剤に依るものは表面硬度は約 V.H.N. 900 に達するが、稍内部に於て急激に低下し、硬度—深さ曲線の勾配著しく急なるに反し、緩作用

滲炭剤に依るものでは表面硬度は V.H.N. 約 800 前後に止まるが、内部に到る硬化の移行状況は極めて良好で、硬

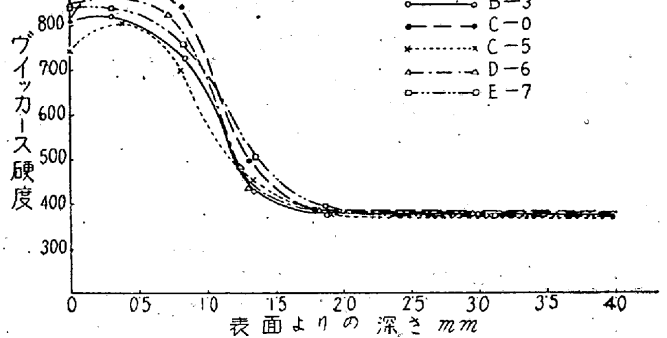
第13圖 焼入試験結果

a) 1% Cr Mo 鋼

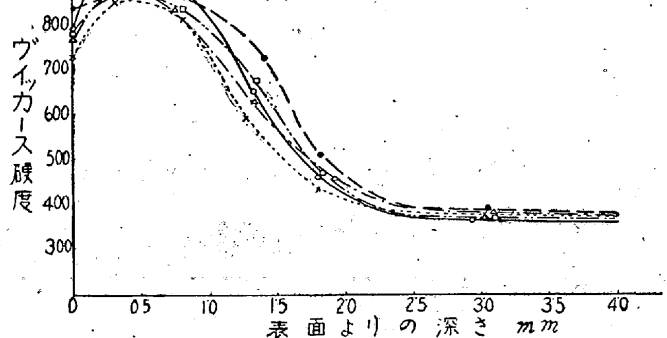
一次焼入: 920°C. 30mn 油冷

二次焼入: 790°C. 30mn 水冷

(i) 900°C. 5h 滲炭



(ii) 900°C 10h 滲炭

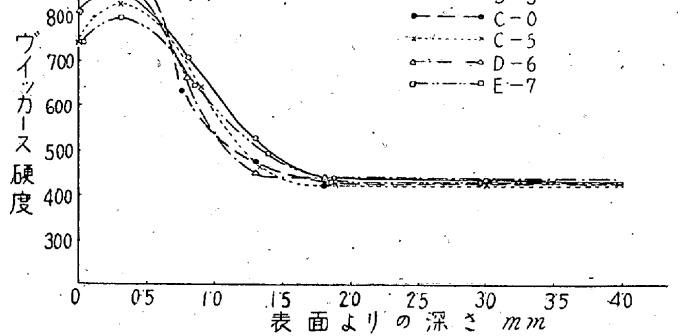


b) 1/1.5% Cr Mn 鋼

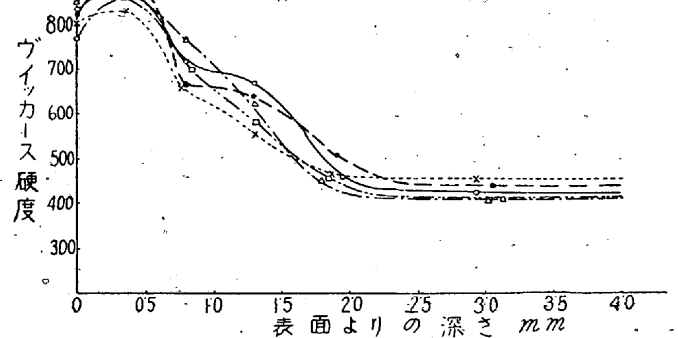
一次焼入: 880°C. 30mn 油冷

二次焼入: 790°C. 30mn 水冷

(i) 900°C 5h 滲炭



(ii) 900°C 10h 滲炭

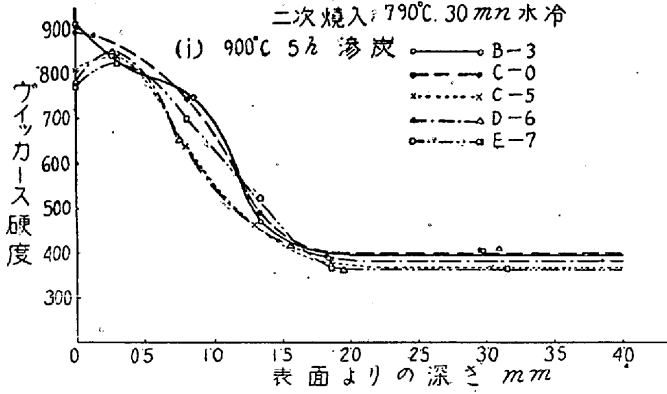


c) 1/2% Cr-Mn-Mo 鋼

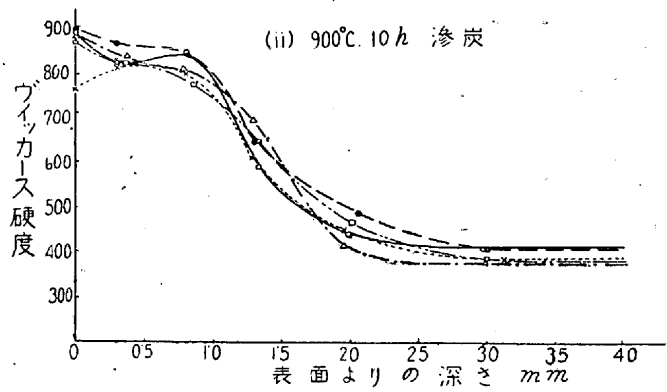
一次焼入: 890°C, 30 mn 油冷

二次焼入: 790°C, 30 mn 水冷

(i) 900°C 5h 滲炭



(ii) 900°C 10h 滲炭

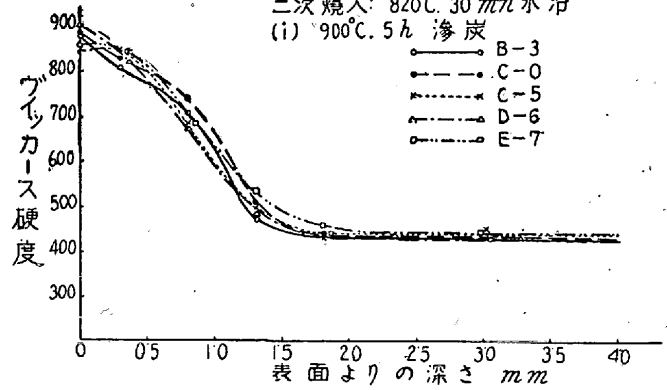


e) 2/1% Cr-Mn-Mo 鋼

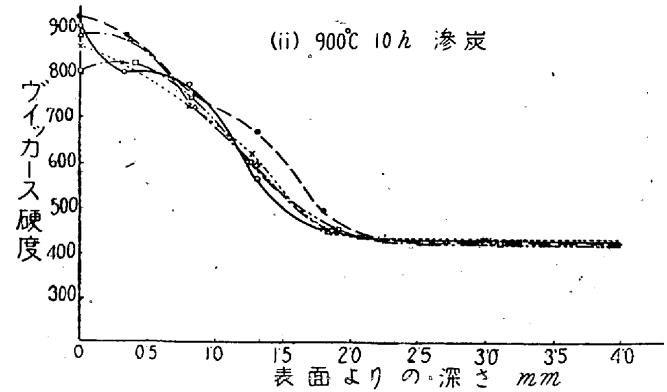
一次焼入: 900°C, 30 mn 油冷

二次焼入: 820°C, 30 mn 水冷

(i) 900°C 5h 滲炭



(ii) 900°C 10h 滲炭

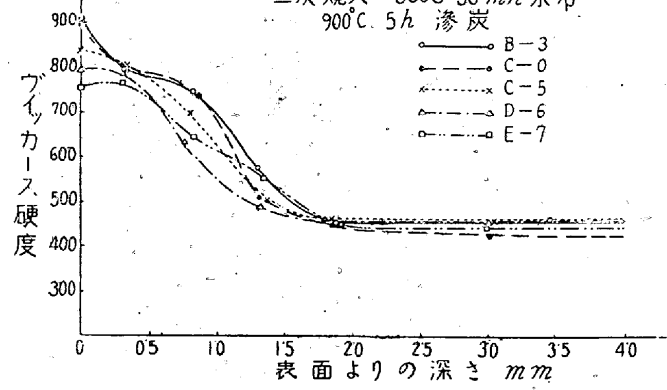


d) 1 5/15% Cr-Mn 鋼

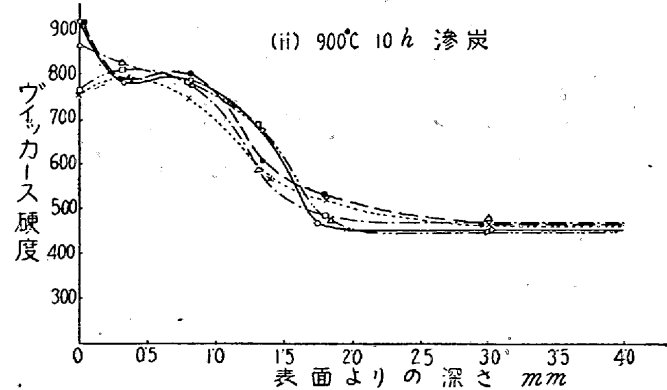
一次焼入: 880°C, 30 mn 油冷

二次焼入: 800°C, 30 mn 水冷

900°C 5h 滲炭



(ii) 900°C 10h 滲炭

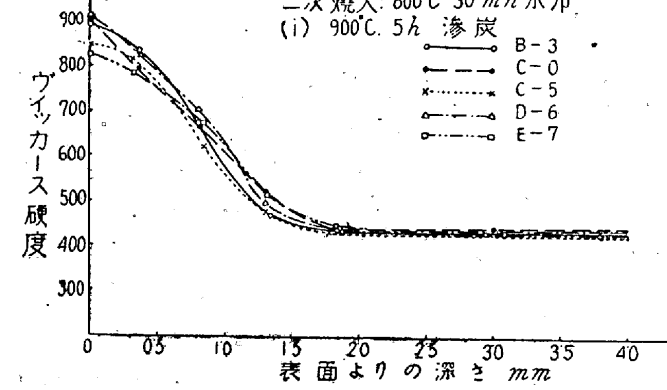


f) 2/15% Cr-Mn-Mo 鋼

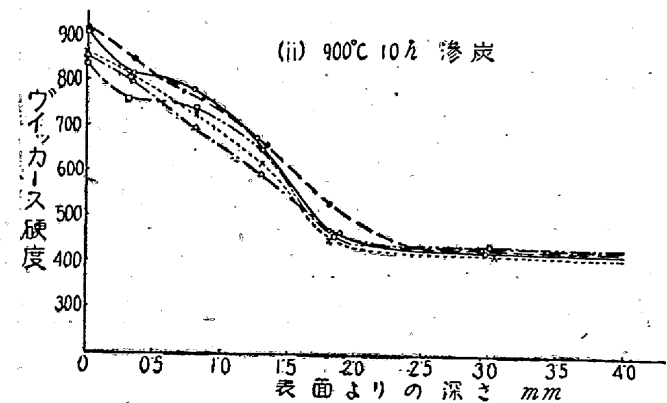
一次焼入: 870°C, 30 mn 油冷

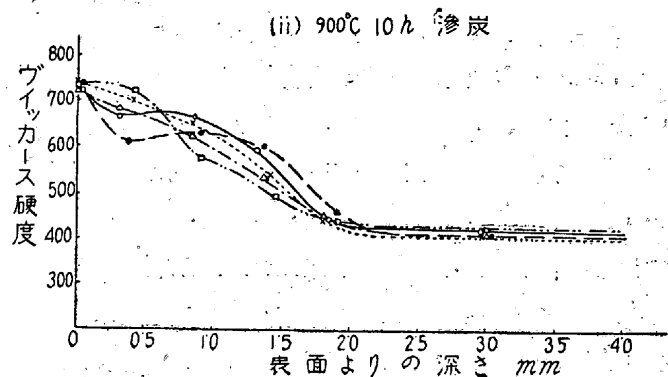
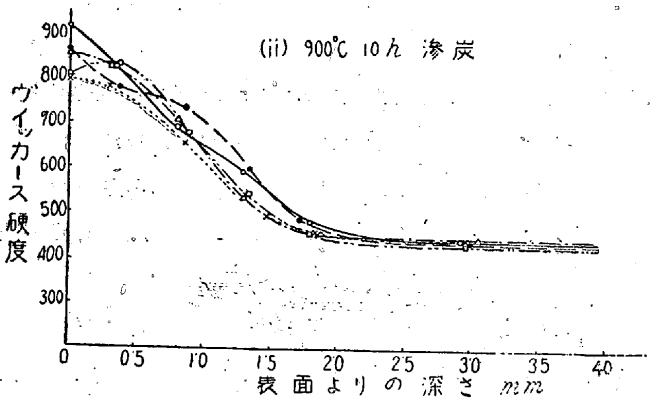
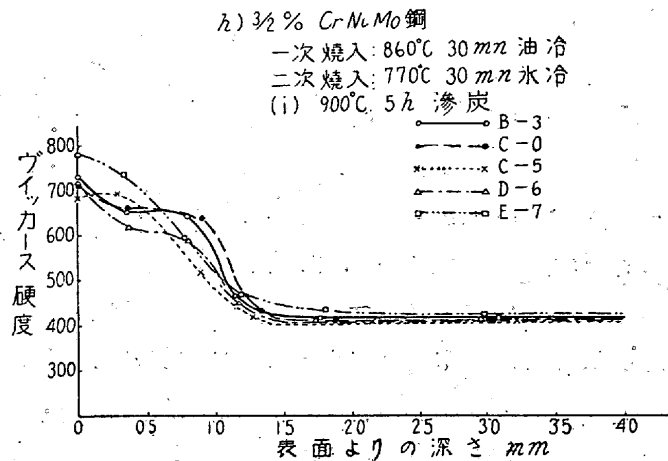
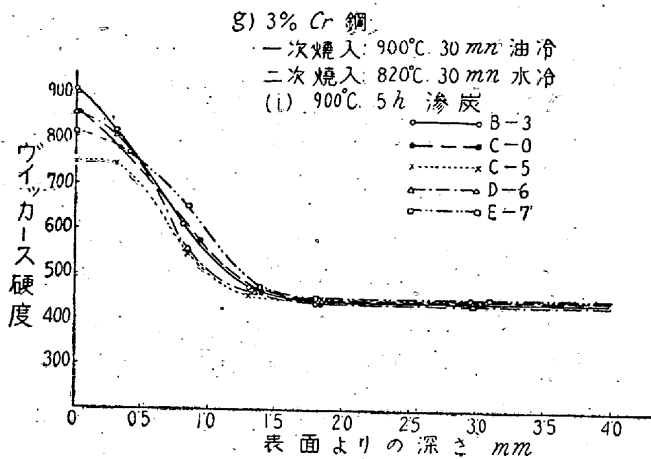
二次焼入: 800°C, 30 mn 水冷

(i) 900°C 5h 滲炭



(ii) 900°C 10h 滲炭





写真第9 滲炭剤を異にする Cr 鋼の滲炭焼入組織 (900°C. 10h 滲炭. 一次及二次焼入, ×180)

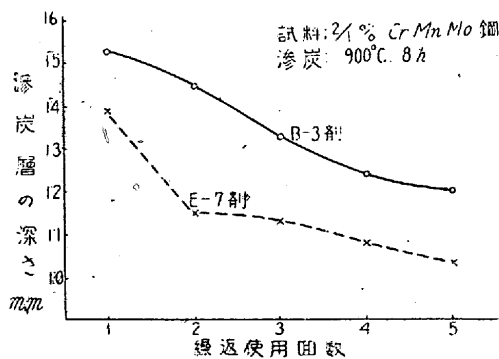
滲炭剤	鋼 種			
	1% Cr Mo 鋼	1/1.2% Cr Mn Mo 鋼	2/1% Cr Mn Mo 鋼	3% Cr 鋼
(B-3)				
木炭 70%				
炭酸バリウム 30%				
(E 7)				
木炭 30%				
コークス 60%				
フェロシリコン 7%				
炭酸バリウム 3%				

度—深さ曲線の勾配も緩慢であり、従つて焼入に因る變態歪は前者に比して著しく軽度なる事が窺はれる。又硬化層の深さは何れの場合にも過剰滲炭の場合に比して全然遜色を認めず焼入能が充分大である。

尙寫真 No. 9 は滲炭剤を異にせる試料の焼入後の顯微鏡組織を比較例示したもので、緩作用滲炭剤では均一なる焼入組織が得られるが、過剰滲炭剤に依るものは焼入後も球狀炭化物が残存し特に2~3% Cr 鋼に於て其傾向の著しい事が認められる。

e) 滲炭剤の老化に関する試験 滲炭剤の實用上の問題として滲炭能力の持続性を吟味する爲、滲炭函(徑 50 mm, 長 200 mm)に各回毎に新しい試験片(鋼種 2/1% Cr Mn Mo 鋼, 寸法 15 mm 中× 20 mm)を入れ、過剰滲炭剤として B-3 劑及び緩作用滲炭剤として E-7 劑に依り夫々 900°C, 8 h の滲炭處理を繰返し五回迄行ひ、檢鏡に依て使用回数と滲炭層の深さとの關係を比較検討した。

其結果は第 14 圖に示す如くで、B-3 劑では使用回数と共に次第に滲炭能力の低下する傾向を示すが、E-7 劑では第二回目に稍著しく減少するも爾後の低下傾向は緩慢である。要するに此の試験範圍では最も緩作用の滲炭剤に於ても滲炭剤の老化は差程著しくない事が認められる。一方使用回数に依る滲炭剤容積の減少度は B-3 劑の方が著しく、E-7 劑では比較的輕微であつた。



第 14 圖 滲炭剤老化試験

尙 B-3 劑では五回迄の滲炭試料の何れにも過度の球狀炭化物の析出を認め、依然として過剰滲炭の形跡が著しい事を認めた。即ち過剰滲炭の防止を目的とする使用済滲炭剤の混用乃至全用も、滲炭剤自身が緩作用のものならざる限り、其効果は差程顯著でなく、且滲炭剤の老化程度の變化に依て常に一定の滲炭度が得難いから、實用上確實性に乏しい缺點が有る。

4) 小括 (i) 肌焼 Cr 鋼の緩和滲炭を目的として木

炭及び骸炭其他を主成分とする數種の緩作用固態滲炭剤を調製し、其滲炭並に硬化其他諸性能を吟味検討した。

(ii) 滲炭度及び球狀炭化物析出状況よりすれば、骸炭約 40% 迄の混用では各鋼種共特に著しい效果を得ず、約 50% 以上の配合に於て緩和滲炭の傾向が顯著となる。

(iii) 此場合骸炭の混用に依り骸炭層の深さは多少減少を免れないが、實用上特に懸念すべき程度ではない。

(iv) 少量の Fe-Si 或は $BaCO_3$ の添加の效果に就ては、猶今後の研究を必要とするが $BaCO_3$ の添加は滲炭層を増大せしめ得る一方、球狀炭化物の析出をも促進するものゝ如くである。

(v) 一國產液態滲炭剤に依る滲炭では何れも過剰滲炭を生じ、此種の目的には適當ならざる事を認めた。獨逸に於ては代用鋼向の緩作用滲炭剤として液態滲炭剤が相當有効に實用されてゐる模様であるから、本邦に於ても此方面の研究が望ましい。

(vi) 滲炭度良好にして、球狀炭化物の析出を認めざる緩作用滲炭剤に就き焼入試験を行ひたる結果、表面より内部に到る硬化状況順調にして、硬化層の減少は全然認められない。

(vii) 前記緩作用滲炭剤に依り耐久性能試験を行ひたる結果、其滲炭能力は連續使用するも著しく減退せざる事を認めた。

IV. 結 論

肌焼 Cr 鋼の緩和滲炭法に關して二、三の實驗を行ひ、先づ過剰滲炭の除去法として高温焼鈍法が有效適切で、而も比較的容易に過剰炭素の擴散並に炭化物の固溶消失が行はれる事を知つた。又現場への應用に關する實驗結果も良好で、本法の適用に依り過剰滲炭に因る種々の缺陷が防止出來、滲炭後の取扱も極めて容易となる。高温焼鈍に依る滲炭層の増大を避くべき部品に於ては滲炭條件、主として滲炭時間を調節する必要があるが、一方では滲炭時間の短縮に依り高温焼鈍工事の一部を経済的に補償し得る事となる。

然し乍ら元來此方法は過剰滲炭を救済せんとする消極的對策法であつて、積極的に過剰滲炭其のものを未然に防止せんとするには、滲炭方法特に滲炭剤の改良を必要とする。斯る目的には木炭に骸炭或は一部の鐵合金其他を配合せる緩作用固態滲炭剤の使用が極めて適切で、滲炭剤として必要なる諸條件を具備し調製簡易にして經濟的にも實用性が頗る大である。此場合、木炭と骸炭並に其他の添加劑

との配合比は使用原料の滲炭能力及び滲炭すべき鋼材の成分に應じて適宜調整すべきであるが、要するに斯る方法に依て有害なる過剰滲炭を未然に防止すれば爾後の取扱は著しく容易となり、焼割れ、歪割れ或は研磨割れ等の發生する危険性を軽減し、實用上極めて安定なる滲炭層を得る事が出来る。當所現場に於ても既に無 Ni 代用鋼に對し、此種の緩作用滲炭劑を使用して好成績を挙げつゝあるが今後高性能の 2~3% Cr 系肌焼鋼の普及に對しても其滲炭作業上極めて有望なる効果を期待し得るものと考へる。

終りに臨み本研究の發表を許可せられた株式會社神戸製鋼所の幹部の方々の御好意を謝し、研究を行ふに當り種々御助言を賜つた當社顧問西村秀雄先生、並に終始御指導御鞭撻を賜つた當社取締役神戸工場研究部長兼特殊鋼部長川上義弘博士及び研究部研究課長高尾善一郎氏に對し衷心感謝の意を表すると共に、實驗に従事せる山本貞樹君の努力を多謝する次第である。

文 獻

- 1) 高尾善一郎及上田滿正：鐵と鋼，28 (昭 17) 7 號，744~756 頁
- 2) E. Houdremont u. Schrader: Archiv für das Eisenhüttenwesen, 8 (1935), S. 445~459
- 3) H. Schrader: Stahl u. Eisen, 56 (1936), 1203~1210
- 4) H. Schrader u. F. Brihl: Stahl u. Eisen, 60 (1940), S. 1051~1058
- 5) E. Houdremont: Sonderstahlkunde, 1935, S. 76~81
- 6) H. Diergarten: Stahl u. Eisen, 60 (1940), S. 1027~1037
- 7) C. Albrecht: Stahl u. Eisen, 61 (1941), S. 567~568
- 8) Monypenny: J. Iron & Steel Inst., 1920 (1), P. 493
- 9) W. Tofaute, A. Sponheuer u. H. Bennek Archiv für das Eisenhüttenwesen, 8 (1935), S. 499~506
- 10) E. G. Mahin & R. C. Spencer: Trans. Amer. Soc. Steel Treat., 15 (1929), P. 117~144
- 11) E. G. Mahin & F. J. Mootz: Trans. Amer. Soc. Steel Treat., 18 (1930), p. 552~583

特許第 138040 號 [昭和 15 年公告第 2479 號]

代 用 木 炭 製 造 法

發明の性質及目的の要領 本發明は穀類を主材とし之に角叉を攪拌しつつ混入し更に硝石、木灰、苦汁及米糠を少量宛添加し攪拌して均一の泥状態たらしめ後型詰して加壓成型し成型後之を型より抜き出し天日を以て良く乾燥し次いで氣密なる容器に收納し其儘に入れて焼熱炭化せしむることを特徴とする代用木炭製造法に係り其の目的とする所は用途少き穀類を活用し容易にして廉價なる木炭代用品を多量製造し現下非常時局に於ける國策に順應せんとするに在り。

發明の詳細なる説明 本發明は用途少き穀類を活用し容易にして廉價なる木炭代用品を多量製造し現下非常時局に於ける國策に順應せしむることを目的とせるものにして穀類を主材とし之に角叉を攪拌しつつ混入し更に硝石、木灰、苦汁及米糠を少量宛添加し攪拌して均一の泥状態たらしめ後型詰して加壓成型し成型後之を型より抜き出し天日を以て良く乾燥し次いで氣密なる容器に收納し其儘に入れて焼熱炭化せしむることを特徴となすものなり即ち之が實施の一例を述べれば左の如し。

穀 類 1 斗 角 叉 6 匁

右を同一器中に於て混入し攪拌して均一状態たらしめ更に之に

硝 石 2 匁 5 分 木 灰 5 匁

苦 汁 [「ボーマ」60 度位のもの] 1 合 5 匁 米 糠 5 合乃至 6 合

を添加し良く攪拌して均一状態たらしめ次に之を型詰めし加壓成型して一定の形状たらしめ更に該成型品を天日に依り良く乾燥して過剰の水分を蒸發せしめ最後に該乾燥せる材料を氣密なる容器中に收納して之を儘に入れて焼熱炭化せしむ。

本發明は以上の工程を経て之を製造するものにして即ち上記工程中硝石は斷氣燒熱炭化材料に酸素を補給して成型品の芯部まで炭化を均等たらしむる作用をなし

角叉は材料を粘結せしむる作用をなし木灰は之を苦汁と併用することにより固結作用を良好たらしめ同時に製品の火持を増大せしむ又米糠は穀類と同じく斷氣燒熱に依り炭化するも分子緻密にして仕上り後穀類炭化物中に混在して火力を旺盛たらしむる作用をなすものとす。

右の説明により明瞭なる如く本發明は無價値に近き穀類を利用して廉價且容易に木炭の代用品を多量製造し得るの效果あり。

特許請求の範圍 前文記載の目的に於て本文に詳記する如く穀類を主材とし之に角叉を攪拌しつつ混入し更に硝石、木灰、苦汁及米糠を少量宛添加して均一の泥状態たらしめ後型詰して加壓成型し成型後之を型より抜き出し天日を以て良く乾燥し次いで氣密なる容器に收納し其儘に入れて焼熱炭化せしむることを特徴とする代用木炭製造法。