

終りに、この研究において擱んだのであるが、酸素と水の組合せによつて「恒温酸化」、つまり一定温度における酸化の可能性が生じたのであり、これによつて鉄鉄中の各元素の種々の温度における酸素との親和力を実験的に調べることができれば、学問的にも實際的にも得るところが大きいと考えられる。たとえば、第 11 図はリチャードソンとジェフスがつくつた Si, Mn, Cr, C などの酸化物の生成遊離エネルギー、すなわち酸素との親和力と温度との関係を示すものであるが、この関係を実験的に求めうる可能性が生じたのである。

幸にして、文部省と八幡製鉄の厚意により東大生研に 150kg の高周波電気炉を建設することができたので目下「一定温度吹精の研究」をおこなつている。

終りに、この研究に共同研究者として御協力、御援助をいただいた八幡製鉄の方々ならびに東大生研の各位に心からの感謝の意を表す。こうした協力によつて特殊吹精法はここまで発展することができたのである。

なお、この研究に特に御好意と御援助をいただいた元八幡製鉄社長故三鬼隆氏、元八幡技師長故小平勇氏、元東大助教授故桑井源禎氏にこの研究報告を捧げ、今後の完成を誓うものである

付記

報告書名には列記していないが、本研究には元研究室員長井保、八塚健夫、本間八郎の三君が参加していたものであることを付記しておきたい。(昭和 29 年 4 月寄稿)

## 高炭素帯鋼の硬度組織に及ぼす焼鈍の影響 (I)

(熱間加工後の高炭素帯鋼について)

(昭和 28 年 1 月日、本会講演大会に於いて講演)

深尾 雄四郎\*・森 成 敏\*\*

### EFFECT OF ANNEALING CONDITION ON HARDNESS AND STRUCTURE OF HIGH CARBON STEEL STRIPS (I)

(Studies of Hot-Rolled High Carbon Steel Strips)

Yusiro Fukao & Masatoshi Mori

#### Synopsis:

With eight varieties of samples taken from the hot-rolled high carbon steel strips containing 0.47-1.38% carbon, the effect of annealing temperature and the holding time on their hardness and structure was studied.

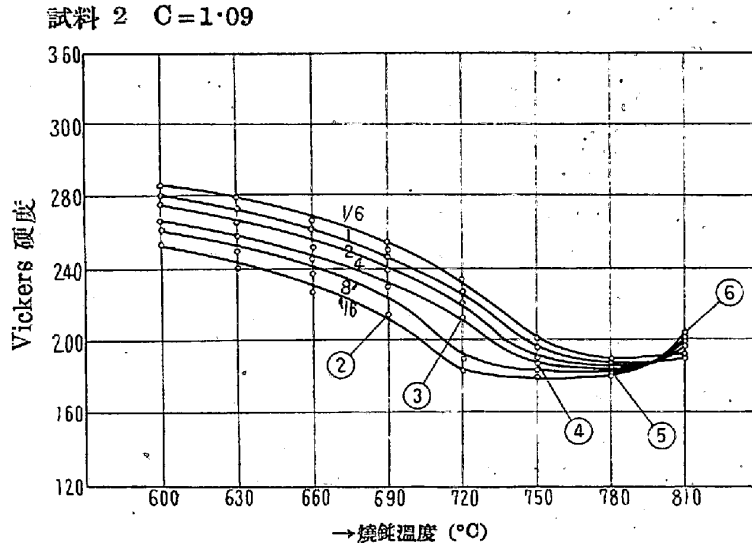
- 1) There was found a distinct relationship between the hardness and the structure, and when the structure was spheroidized the hardness value became minimum.
- 2) In hyper-eutectoid steels, the temperature to develop the minimum hardness was higher as the carbon content increased. And the minimum hardness value obtained was almost invariable being independent from the holding time.
- 3) In eutectoid and hypo-eutectoid steels, the temperature to develop the minimum hardness was lower as the holding time increased and the minimum hardness value obtained became low as the holding time increased.
- 4) The temperature to develop the minimum hardness value in each holding time was enhanced as the carbon content increased.

#### I. 緒 言

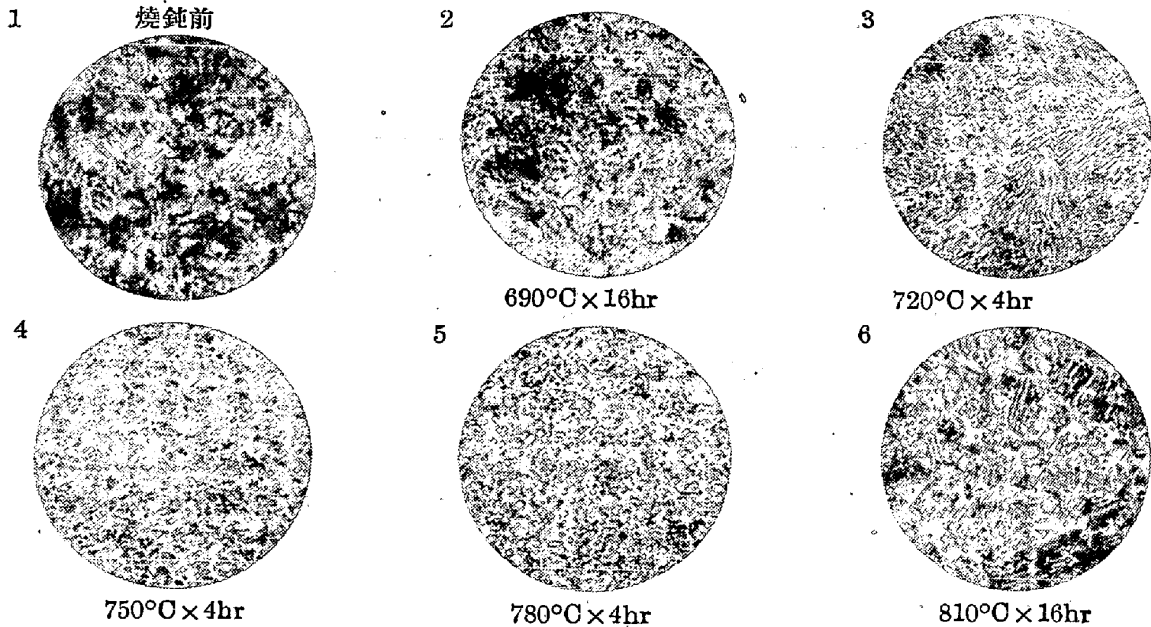
炭素鋼の球状化焼鈍については従来種々の方法で実験

\* 新理研工業株式会社平井工場

\*\* 新理研工業株式会社王子工場



第3圖 試料2の焼鈍温度保持時間の硬度に及ぼす影響



第3圖 同上組織 (2/3縮寫)

が行われ、その研究報告も少ない<sup>1)~5)</sup>。然しながら高炭素帯鋼の焼鈍は国内に於ては現在その大部分がポット式或はベル式の焼鈍炉により行われて居り、炉の性質上帯鋼の長手方向、即ちコイルの内外は相当の温度差があるので、製品の均質化のためには焼鈍条件と球状化、軟化との関係について定量的な資料が要求されている。特に最近では圧延機の進歩にともないゼンジミア-タイプ或はパッケージタイプ等の強力な圧延機が出現し、従来熱間加工後の所謂黒皮の厚さから製品の寸法迄仕上げるのに数回必要であつた中間焼鈍の回数を著しく省略して、高能率に冷間圧延を行う傾向にある。これ等の事は従来割合に安易に考えられていた焼鈍条件を、高度の冷間圧延率を持たせると言う事と、少い焼鈍の回数により粒度の揃つた球状組織を得ねばならぬと言う事柄からより慎重

に考える必要を生じ、熱間加工後の高炭素帯鋼の適正焼鈍条件を把握する必要が生じて来たのである。著者等は此の点に着目し、当社で製造されている高炭素帯鋼の代表的なものを選び熱間加工後の焼鈍条件が硬度組織に及ぼす影響について実験を行つた。

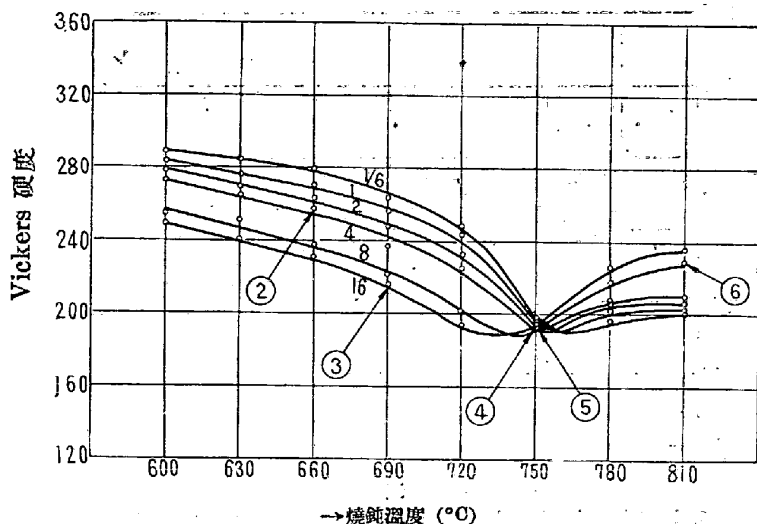
## II. 供試材

供試材はすべて当社エル-式塩基性7槽電気炉で製鋼せる後所定の厚さに熱間圧延せるものを使用し、炭素含有量の異なる8鋼種を選び帯鋼の長手方向に25mmに切断しこれを堅型試験炉にて焼鈍した。

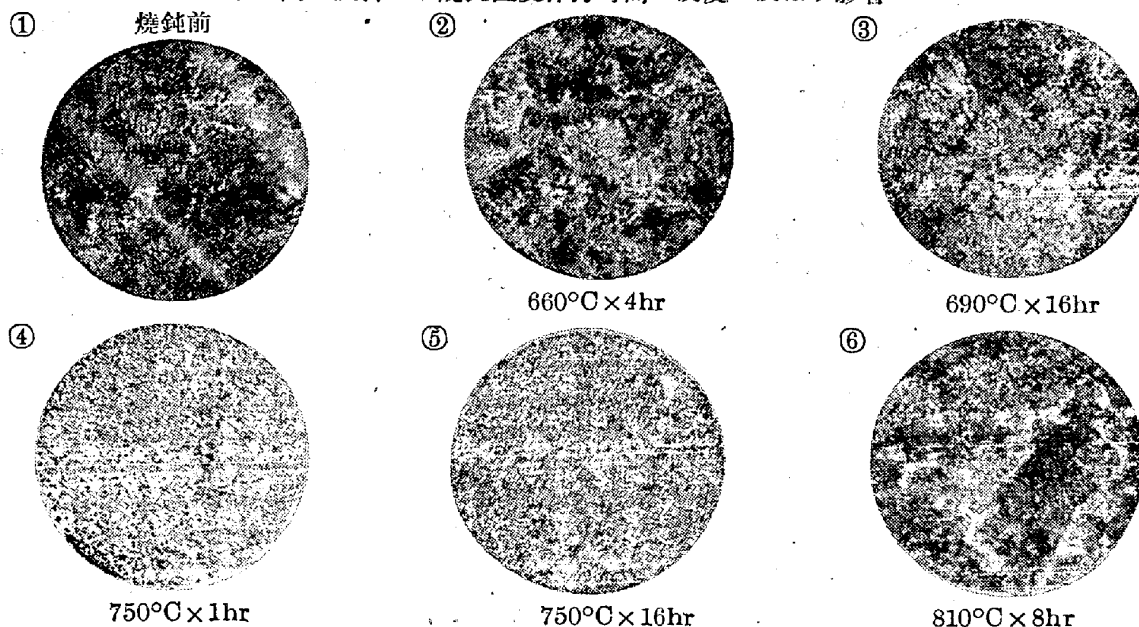
尚熱間圧延の終止温度は850~870°Cで初期条件を揃えるための特殊な熱処理は行わなかつた。

供試材の化学成分は次の通りである。

試料 3 C=0.94



第4圖 試料3の焼鈍温度保持時間の硬度に及ぼす影響



第4圖 同上組織 (2/3縮寫)

第1表 試料の化学成分

試料 No	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
1	1.38	0.29	0.17	0.015	0.004	0.20	0.44	
2	1.09	0.28	0.47	0.021	0.004	0.25	0.23	
3	0.94	0.24	0.41	0.023	0.009	0.28		
4	0.86	0.33	0.47	0.029	0.011	0.21		
5	0.84	0.23	0.29	0.011	0.013	0.24	0.10	1.16
6	0.73	0.25	0.41	0.010	0.013	0.30		
7	0.64	0.30	0.37	0.011	0.011	0.29		
8	0.43	0.27	0.39	0.013	0.010	0.28		

深さ 360mm) を用い試験片を小型容器 (50mm×30mm×200mm 縦×横×深さ) に入れて空隙に鑄鉄のケズリ屑を充填して試験炉に入れた。

ii) 試験条件

焼鈍温度及び保持時間は次の各条件を用いた。

焼鈍温度 810 780 750 720 690 660 630 600 (°C)

保持時間 1/6 1 2 4 8 16 (hr)

冷却方法 650°C迄 1°C/min 以後空冷

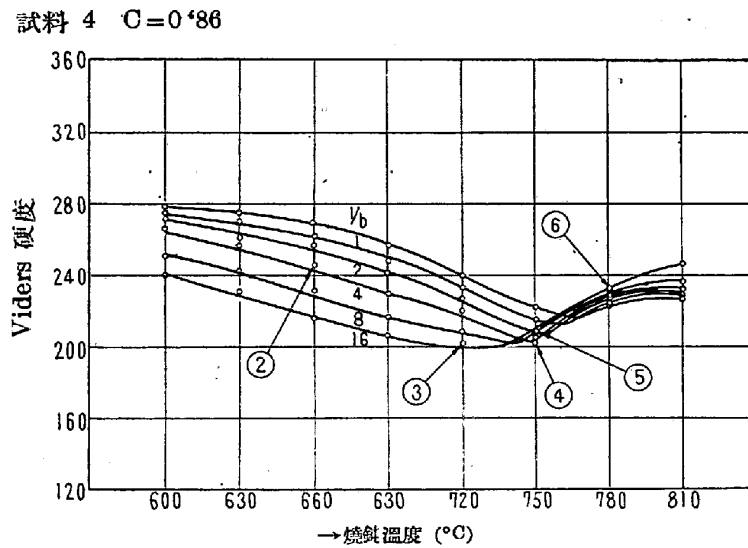
III. 実験装置及び試験条件

i) 装置概要

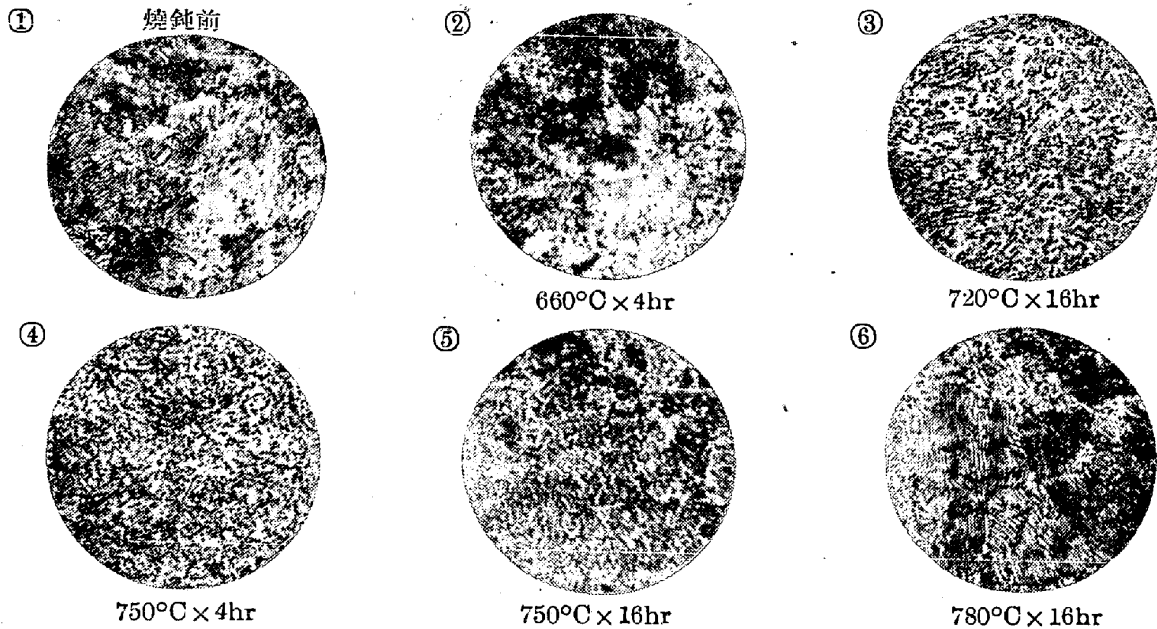
試験炉は第1図 (図略) の如き堅型炉 (内径160mm

IV. 実験結果

各鋼種の種々の焼鈍条件と硬度組織との関係を第2～9図に示す。



第5圖 試料4の焼鈍温度保持時間の硬度に及ぼす影響



第5圖 同上組織 (2/3縮寫)

各鋼種共硬度と組織とは密接な関係を有し、ソルバイト組織が球状化するに従つて漸次軟化し、完全なる球状組織の場合に最低硬度となり層状化と共に硬化する。軟化の傾向は炭素含有量により異なるが一連の関係を有し、これは過共析鋼、共析鋼並共析鋼に大別されるのでこの三つに分けてその傾向を述べる。

尙頭微鏡組織写真の倍率はすべて600倍で硬度の測定は試料の切断面の中心部で行つた。

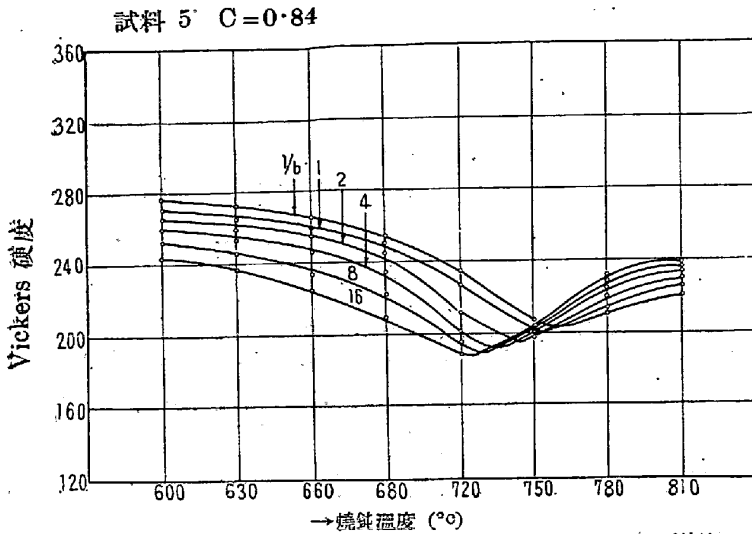
1) 過共析鋼の硬度及び組織の変化

試料1~3の焼鈍温度保持時間の硬度及び組織に及ぼす影響を第2~第4図に示す。(第2図省略)

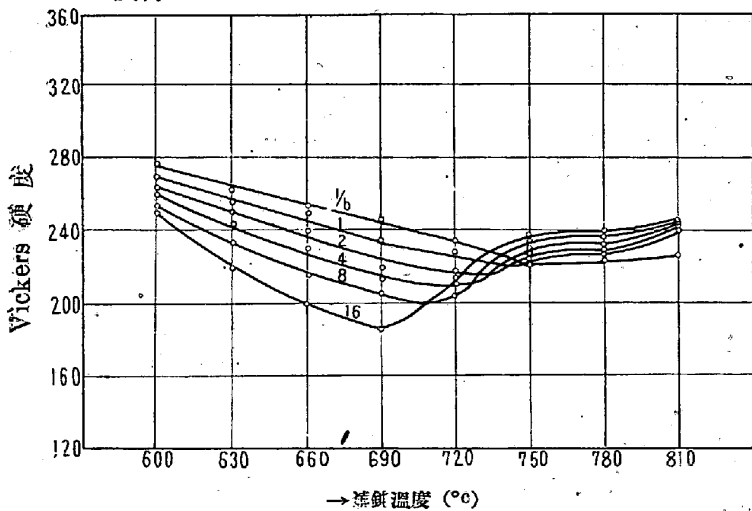
第2図は供試材中最も炭素含有量の多い試料1の傾向で軟化は温度が高く、且つ保持時間の長い程硬度は低い。焼鈍温度の600~720°Cの間にあつては、保持時間

の短いものは保持時間の長いものに較べて軟化が少ないが750°C以上の温度では割合に保持時間の影響は少ない。球状化は温度の高く保持時間の長い程よく行われているが、特に高温長時間のものは初析のセメンタイトが粗大化してパーライトセメンタイトは細くなる傾向が見られる。試料2の軟化も試料1と殆ど変りがないが780°Cを超えると保持時間の長いものは硬化する傾向が見られる。温度が高く780°Cを超えて保持時間の長いものは初析のセメンタイトが著しく粗大化し、分布が不均一になるのでマトリックスのカーバイトの少ない部分は層状パーライトとなる。

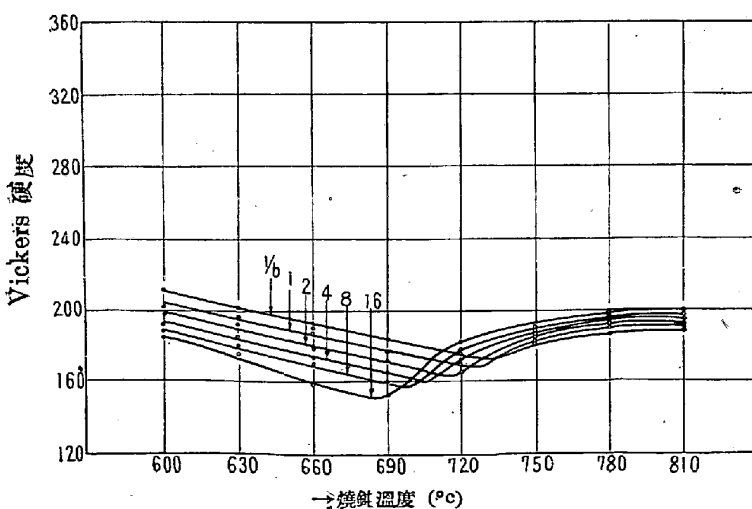
試料3のものは各保持時間共略々750°C附近で最低硬度に達し、780°C以上では完全に傾向が逆転して保持時間の長いもの程硬度は高くなつてゐる。又各保持時間



第6図 試料5の焼鈍温度保持時間の硬度に及ぼす影響  
試料 6 C=0.73



第7図 試料6の焼鈍温度保持時間の硬度に及ぼす影響  
試料 8 C=0.47



第9図 試料8の焼鈍温度保持時間の硬度に及ぼす影響

に対して得られる最低硬度は略々等しい。組織は軟化の場合にはソルバイトが球状パーライトになる変化であるが逆転してからは加熱条件の大きい程オーステナイトの粒

界のセメントイトは粗大となり、他の部分は層状組織となる。

過共析鋼の場合は上述する様に 730~740°C 附近迄の軟化の傾向は略々同一でこれ以上の温度では硬度の逆転が炭素含有量の多い程高温となつて来る。これは炭素含有量の多い程初析のセメントイトの量が多く従つて相当高温からの徐冷でも組織は球状パーライトとなるからである。又第2図、第3図に見られる様に、特に保持時間の長いもので 720°C 以上は逆転迄殆ど硬度の上昇が見られぬが組織的には初析のセメントイトが徐々にその周囲のパーライトセメントイトを喰つて粗大化するのが見られ、この組織の変化は硬度には殆ど影響のない事がわかる。

ii) 共析鋼の硬度及び組織の変化

試料 4, 5 の焼鈍温度、保持時間の硬度及び組織に及ぼす影響を第 5, 6 図に示す。

第 5, 6 図を見れば明らかな如くこの 2 つは殆ど傾向が同一であるが 660~690°C の焼鈍温度の場合の保持時間の長いものは試料 5 に比較して試料 4 は硬度の低下がやゝ大巾である事と硬度の逆転現象が試料 5 の方がやゝ低温側にずれている事が違つている。試料 5 の方が試料 4 に較べて逆転が低温側で行われているのは Ni の存在による変態点の低下によると思われる。

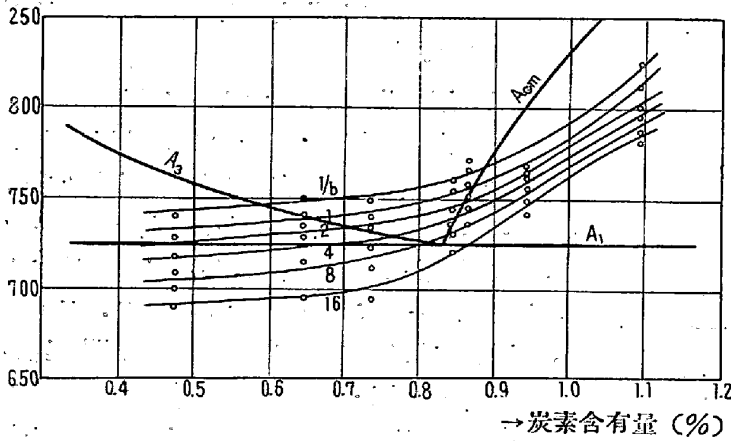
組織は過共析の場合と同様硬度の低下と共に球状化は完全となり、硬化と共にラメラパーライトに変ずるが共析鋼の場合は残留する初析のセメントイトが殆どないため過共析に見られる様なセメントイトの粒度の相違は見られない。又共析鋼は過共析鋼に較べると各保持時間により得られる最低硬度の値が保持時間の長い程低く且つ低温側で得られる。従つて最低硬度の絶対値は保持時間の長い程低い。

iii) 亜共析鋼の硬度及び組織の変化

試料 6, 7, 8 の焼鈍温度保持時間の硬度組織に及ぼす影響を第 7, 8, 9 図に示す。第 8 図省略)

第 7, 8, 9 図に明らかな如く亜共析鋼は殆ど同一の軟化、及び硬化を示し、試料 6 は試料 7, 8 に較べてやゝ軟化量が多い以外さして顕著な差は認められない。

いずれの試料も保持時間の長いもの程得られる最低硬度は低く且つ低温側である。この現象は共析鋼でも見られるが共析鋼の場合は仮令保持時間が 16 時間のもので



第 10 圖 炭素含有量、焼鈍條件の最低硬度との關係

も最低硬度は変態点以上の温度にならないと得られなかつたが、亜共析鋼の場合は変態点以下で長時間のものは最低硬度に達し、長時間保持と短時間保持との最低硬度を得られる温度の巾が大きい。

組織の変化は軟化と共にパーライトセメンタイトが球状化するが逆転後は温度が高く、且つ保持時間が長くなるとオーステナイトの結晶粒が著しく粗大化するのが見られる。

iv) 炭素含有量、焼鈍温度、保持時間と軟化との關係鋼種別の結果を綜合すると第 10 圖の如くなる。第 10 圖は鉄～炭素系状態図に各保持時間に於ける最低硬度を鋼種毎にプロットしたものである。

即ち各曲線の傾向は保持時間の長い程、低温となり、炭素含有量の増加と共に曲線は上昇し、過共析鋼となると各曲線の温度の巾は狭くなる。又この図には現れないがプロットされた各点の意味する硬度は各々異なるが同一成分のものについては過共析では略々等しく亜共析では保持時間の長いもの程低くなる。又炭素含有量との關係

は炭素含有量の少ないもの程硬度は低くなる傾向になつて居るのである。

### V. 結 言

以上熱間加工後の高炭素帯鋼に関する実験結果を要約すると次の事が云える。

i) 軟化硬化は組織と密接な關係を有しソルバイトが球状化するに従つて軟化し、層状化すると硬化する。

ii) 過共析鋼の場合は硬度の逆転が炭素含有量が高い程高温で行われ、得られる最低硬度は保持時間にさして影響されず略々等しい。

iii) 共析鋼の場合は硬度の逆転が保持時間の長い程や、低温で行われ、得られる最低硬度も若干低い。

iv) 亜共析鋼の場合は硬度の逆転が保持時間の長い程低温で行われ、得られる最低硬度も低く両者の傾向が共析鋼に較べて遙かに顯著である。

v) 鋼種の如何に拘らず得られる最低硬度は保持時間の長い程低温である。

vi) 各保持時間で得られる最低硬度の温度は炭素含有量の多い程高温で過共析鋼では特にこの温度が高い。

(昭和 29 年 4 月寄稿)

### 文 献

- |                 |               |
|-----------------|---------------|
| 1) 本多, 齋藤: 鐵と鋼, | 2 (1916) 28   |
| 2) 佐藤, 矢島: "    | 36 (1950) 93  |
| 3) 佐藤, 矢島: "    | 37 (1951) 543 |
| 4) 佐藤, 矢島: "    | 38 (1952) 463 |
| 5) 近藤: 日本金屬學會誌  | 7 (1943) 193  |