

軟鋼の熱処理について※

山 田 正 夫
近 藤 正 男

On the Heat Treatments of Low Carbon Steels

Masao YAMADA
Masao KONDO

Ordinarily the heat treatments of low carbon steels are difficult for the "Mass Effect". But the sheets of low carbon steels showed good mechanical properties with the good designed heat treatments. So the authors investigated the conditions of the heat treatment of low carbon (from 0.099 % to 0.29 %) steels.

According to our results the quenching temperature is $100^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ upper from A_{c_3} point in the Fe-C phase diagram and decreases with the decrease of carbon contents. These results was obtained with the specimens quenched in water and the specimens quenched in oil. The later did not show the same behaviours so sensibly.

I 緒 言

軟鋼の A_{c_1} 点以上の温度からの焼入については質量効果に問題があるが薄鋼板では焼入温度を適当にとれば望ましい機械的性質の得られることがある。即ち C0.17%の軟鋼板では焼入温度を $950^{\circ}\sim 1000^{\circ}$ にとつた場合、衝撃値、繰返し曲げ、疲労限が最大となることを著者等の一人が既に報告したがその原因を追究するとともに更に実用上の見地からも炭素量を異にした鋼板で同様な実験を行った。

II 実験試料

実験に使用した試料は表-1 に示す様な成分を持つておるが試料番号 II は既に報告済みのものである。磨鋼板ではあるがセメントタイトの球状化は行われていない。引張試験片のみは試料の関係上別の普通鋼板を使用したはその成分を表-2 に示す。炭素量の比較からすると、試料 A は表-1 の試料 I に相当し試料 B は試料 III に相当する。尚各表の末尾にそれぞれの炭素量に該当する A_{c_3} 点を附記した。

III 熱処理方法

試料は総べて 750° , 800° , 850° , 900° , 950° , 1000° , 1100°C におのおの 5 分間保持した後、大

表-1 分 析 結 果

試料番号	C %	Si %	Mn %	P %	S %	厚み mm	$A_{c_3}(^{\circ}\text{C})$
I	0.099	0.09	0.13	0.017	0.010	2.0	850
II	0.17	0.02	0.20	0.022	0.018	1.9	830
III	0.25	0.07	0.37	0.028	0.024	2.0	810
IV	0.29	0.06	0.38	0.028	0.024	2.0	795

表-2 分析結果

試料番号	C %	Si %	Mn %	P %	S %	厚み mm	Ac ₃ (°C)
A	0.12	0.10	0.26	0.003	0.057	2.0	843
B	0.25	0.08	0.37	0.016	0.042	2.0	810

量の水及び油に焼入れた。引張試験片のみは更に 100° より 700°C まで各 100°C 毎に焼戻しも行った。

IV 実験方法並びに結果

前節の如くに調質して得た各試料について硬度、衝撃、引張、静的曲げの各試験を行ったが以下それぞれの実験方法ならびに結果について詳述する。

(1) 硬度試験

水焼入れた試料のロックウェル硬度 (Bスケール) を図-1 に示し油焼入れた試料のそれを図-2 に示す。尚この場合は時効硬化後の硬度も測定した。

図-1 に於て、試料 I では 950°C 焼入で最高硬度を示し、1000°C では軟化し谷となる。試料 III では 900°C に

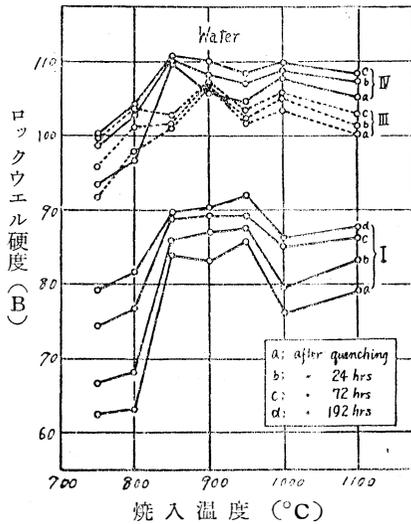


図-1

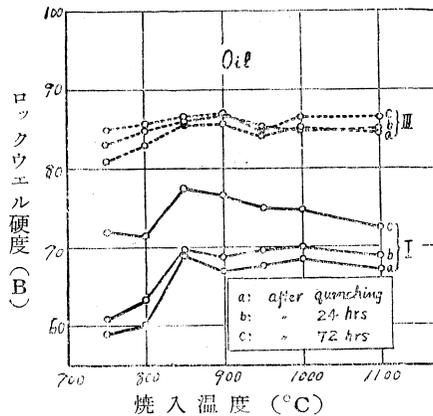


図-2

max. があり、谷は950°Cとなる。試料 IV に於ては 850°C に max. があり 950°C に谷がある。次に時効の影響であるが当然炭素量の低い試料 I が最も大きく 850°C~950°C の硬度の高い処では硬化量は比較的少いことが判る。この傾向は試料 III 及び IV に於ても同様で、その最高硬度に於ては殆んど時効硬化しない。

図-2 に於ては水焼入の場合に比し焼入温度による影響は殆んど無い様であり、試料 I では 850°C 以上の焼入はで殆んど横軸に平行である。但し 72 時間時効させたものでは多少傾きが出て来る。即ち 850°C のものが最もその硬化量が大きい。試料 III は 750°C 以上殆んど横軸に平行である。試料 IV は図には描いてないが、試料 III の硬度よりやや高い位で殆んど等しい曲線であつた。尚油焼入の場合も時効硬化量は I のものが最も大きく、III, IV の試料ではその影響は少なかつた。

(2) 衝撃試験

試料寸法は厚み以外は日本標準衝撃試験片 第 1 号の通りとし、試験片取付には特別の注意を払つた。厚みは原厚のままである関係上、吸収エネルギーを断面積で割つた特殊なアイゾット衝撃値を

測定したことになる。図-3は水焼入の場合であるが、試料Ⅰに於ては殆んど焼入温度による変化は無い様であるが、950°Cでは多少低くなっている。試料Ⅲ及びⅣでは950°Cでは高く現れているが1000°C以上では急激に低下している。

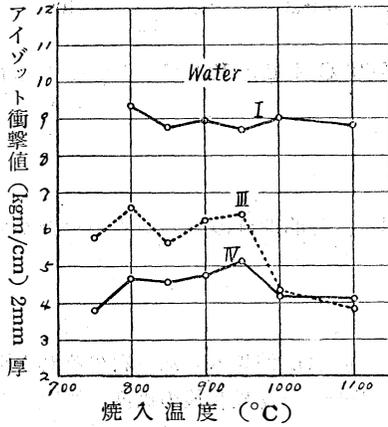


図-3

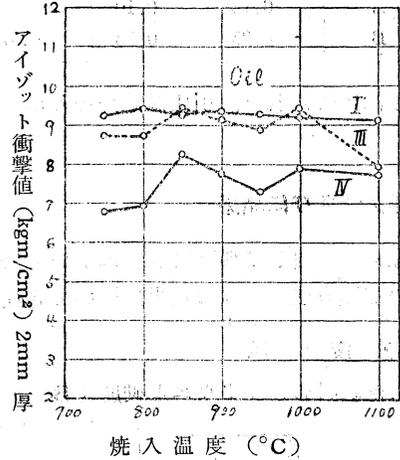


図-4

図-4は油焼入の場合であるが、試料Ⅰは水焼入の場合よりも多少高いが、矢張焼入温度による影響は殆んど無い。試料Ⅲ及びⅣではそれぞれの衝撃値は水焼入の場合よりもずつと高く、両試料とも850°C及び1000°Cの焼入のものにやや高い処がある。

(3) 静引張試験

試料の寸法は日本標準規格の第6号試験片によつた。この試験では焼入温度による影響のみでは無くそれぞれの場合の焼戻温度による変化も調べ図示した。試料Aの水焼入の場合を図-5に示すが、950°Cの処に抗張力の山があり、1000°Cにはやや抗張力の低い処がある。その為伸はここではやや恢復を見せている様です。焼戻温度が高くなるにつれ抗張力は小さく伸は大きくなって行くが矢張上述の傾向がある。この試料の油焼入の場合を図-6に示す。抗張力、伸びとも焼入温度による変化は余り無い様ですが900~950°Cのあたりに多少伸びが低くなる様な処もある。試料Bの

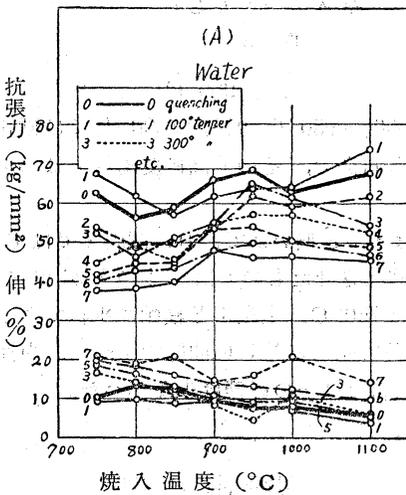


図-5

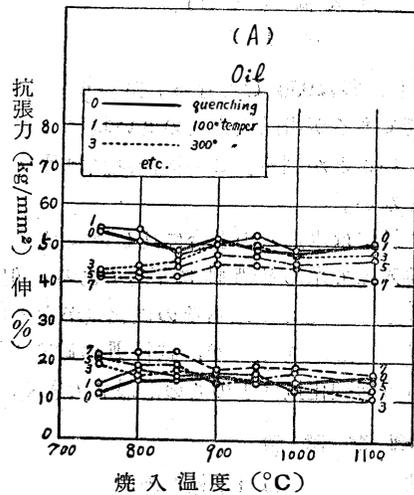
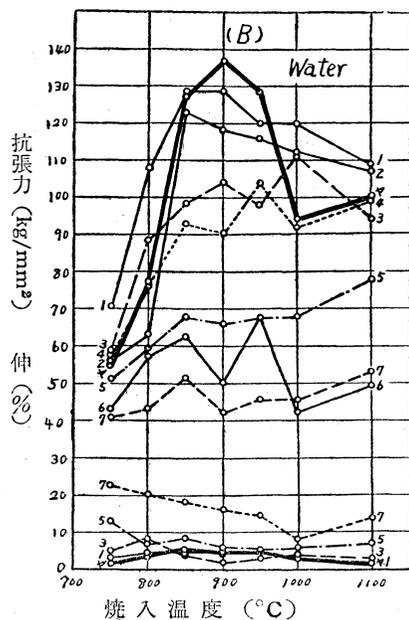
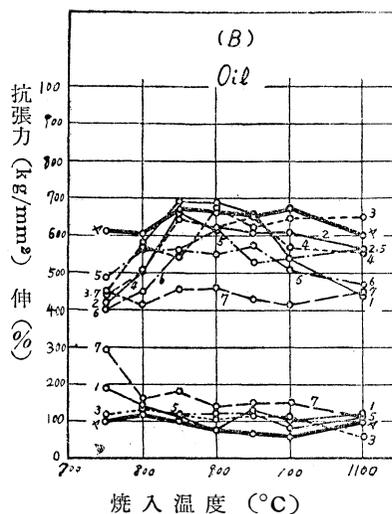


図-6

水焼入した場合の抗張力及び伸びの値を図一七に示す。抗張力は 900°C で最高を示すが 1000°C のあたりでは低くなっている。伸びは余り変化は無いが多少 950°C の処で大きい。尚この場合は焼戻によって著るしく抗張力を減じ次に示す油焼入の場合のその値に近づく。尚油焼入の場合の実験結果を図一八に示すが余り焼入温度に依る変化は認められ無い。結局この場合試料 A は今までの試料 I に相当し、試料 B は今までの試料 III に相当する訳で試料成分の細部で多少の相異はあるとしても矢張同様な結果を見た訳である。



図一七



図一八

(4) 静的曲げ試験

試験装置を図一九に示す。試料 S (長さ 200 mm, 巾 10 mm, 厚さ 2 mm) を支点距離 170 mm の上に載せその中央部に天秤式に荷重を掛ける。荷重は 1~2 kg あて段階的に掛け全体撓みと残留撓みとを深さノギスを利用して 0.001mm の精度で測定した。この場合の接触誤差を極力防ぐ為光源を利用した。大体この種曲げ試験ではナイフエッジの摩擦に問題があるが $R=0.2$ の丸みを付け、更に試料もエメリー紙で 0/3 番迄磨いてその影響を極力除いた。

この装置による測定可能な最大撓みは理論上 45 mm であるが実際は約 30 mm で測定を止めた。測定用ノギスは測定の便宜上試料の直角方向に対し 15° の傾きを附した。尚撓みに比例して試料の支点間距離は当然大きくなる訳であるが、これはこの試験装置では止むを得ない。しかし乍ら吾々が必要とするのはその絶対値と云うよりは寧ろ比較値であるからこの条件は全試料につき連続的であり且つ一定と見做して宜しからう。

測定の一例を図一十に示す。この図の曲線より全体撓みがある値に達した時の曲げ応力、残留及び弾性撓みをとって各試料間の機械性を比較することにした。図一十は試料 III の 950°C 水焼入のものであるが、一例として示した。全体撓み 20 mm の時の曲げ応力は 119.1 kg/mm^2 でありその時の弾性撓み 16.5 mm, 残留撓みは 3.5 mm である。この標準に取る全体撓みを各試料につき一定にとることは困難であつて、水焼入の場合は試料 I では 15 mm, 試料 III 及び IV では 20 mm とした。油焼入の場合は測定値が極めて小になつた関係上試料 I は 10 mm, 試料 III 及び IV では 12.5 mm をと

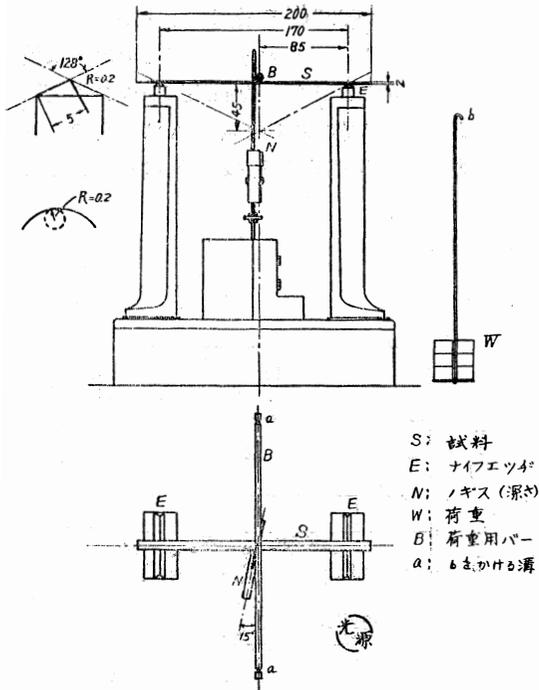


図-9

- S: 試料
- E: ナイフエッジ
- N: ノギス (源)
- W: 荷重
- B: 荷重用バー
- a: 丸まわりの溝

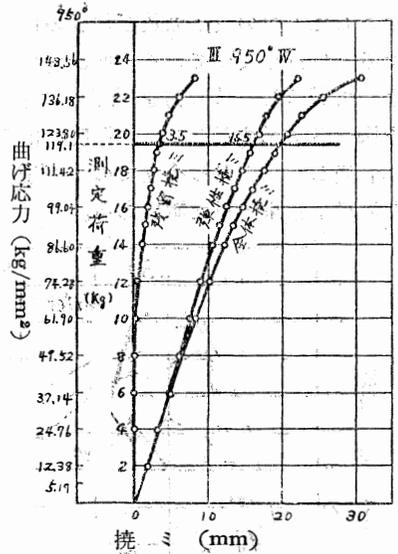


図-10

つた。この様にして得た測定値を、水焼入の場合は図-11に、油焼入の場合は図-12に示す。図を見て判ることは曲げ応力と弾性撓みとは殆んど平行した曲線を描くが残留撓みでは

これ等と全く対称的な曲線を描く。図-11の試料Ⅰでは焼入温度 1000°C の処で、曲げ応力及び弾性撓みが最大で残留撓みの比較的小さい処がある。試料Ⅲではこの様な処が 950°C にあり試料Ⅳでは 900°C の処にある。図-12では水焼入の場合程大きい変化は見られ無いが、しかし各曲線の高低の傾向は水焼入の場合と殆んど同じく曲げ応力、弾性撓みの最高の処は試料Ⅰでは 1000°C、試料Ⅲでは 900°C、試料Ⅳでは 900°C の処にある。又残留撓みの低い処も矢張これ等の温度附近にあることが判る。

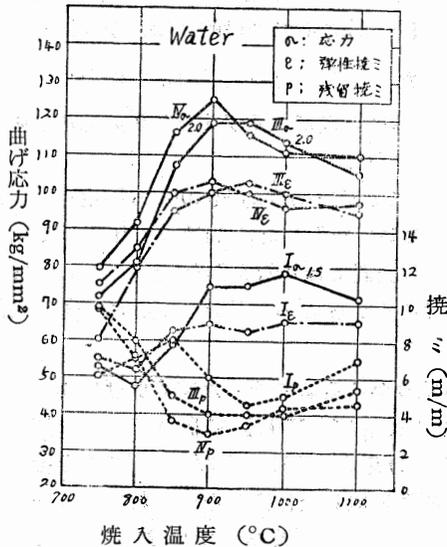


図-11

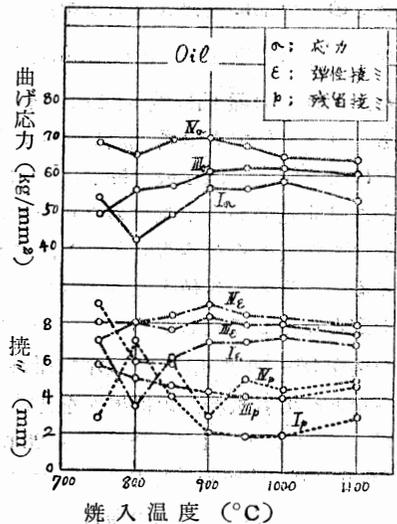


図-12

V 結 論

以上の如く 750°, 800°, 850°, 900°, 950°, 1000°, 1100°C の各温度より焼入した軟鋼板の機械的性質を比較したのであるが、水焼入の場合硬度が低くて抗張力に比し伸びの比較的大きく出る焼入温度、又衝撃値の大きく出る焼入温度は静的曲げ試験に於ける曲げ応力や弾性撓み等が最も大きく出る焼入温度に一致することが判る。即ち軟鋼板として望ましい機械的性質は試料Ⅰでは 1000°C (Ac_3 点以上約 150°C), 試料Ⅲでは 950°C (Ac_3 点以上約 140°C), 試料Ⅳでは 950°~900°C (Ac_3 点以上約 150°~100°C) の各温度より水焼入した場合に得られることが判つた。而かもこれ等の温度は炭素量と共に低下して行く。油焼入の場合には静的曲げ試験以外余りはつきりとした変化を示さない。しかし曲げ試験に於ても水焼入の場合程大きな変化を示していないが、その傾向は前述の水焼入の場合と全く等しい。

この様な軟鋼板の機械的性質に好ましい影響を及ぼす焼入温度が比較的高い処にあると云うことは軟鋼のマルテンサイト組織に関連すると考え、各試料の顕微鏡組織についても調べたが現在迄の処余り判然とした関連性が認められなかつた。

終りに種々便宜を得た不二越鋼材株式会社に対し謝意を表します。

- (1) 近藤：日本金属学会東京大会講演（昭和24年4月）