

も大なることが明らかになった。

2) 金属 Ti は結晶粒度に影響をおよぼさない。

3) 酸化 Ti の結晶粒度におよぼす影響はいちじるしくない。

4) 窒化 Ti の結晶粒度微細化におよぼす影響については、Ti 添加量が 0.01~0.1% の範囲が有効で、0.1% 以上になると結晶粒は再び大きくなる傾向を示す。

5) 炭化 Ti による結晶粒成長阻止作用は窒化 Ti の場合ほどいちじるしくはない。この場合にも Ti 添加量が約 0.2% 以上になると結晶粒はふたたび粗大化して行く傾向を示す。

6) Ti, Zr, Al, V, Nb をそれぞれ添加した鋼の結晶粒粗大化温度を比較した結果、Ti, Zr, Nb 処理鋼がすぐれていることがわかった。

7) Ti または Zr を 0.005~0.05%, Al を 0.02% 添加して調製した試料と Al を 0.02% のみ添加したものおよび市販の S15CK を高温浸炭して結晶粒の成長を比較した結果、Ti, Zr 処理鋼は高温浸炭によつても

結晶粒粗大化を起さないで、高温浸炭用鋼としてすぐれているといえる。

8) オーステナイト結晶粒粗大化の阻止機構および混粒の生成機構については、著者らが Zr の場合に述べたことが Ti の場合にもあてはまると考えるので今回はくわしくはふれなかった。しかしこのことについてはまだ多くの検討すべき点を残している。

本研究を遂行するにあたり特に浸炭作業について御援助下さった中外炉工業株式会社ならびに同社山田新太郎博士に深謝致します。

文 献

- 1) 足立, 水川: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 683
- 2) 下瀬, 成田: 鉄と鋼, 40 (1954), p. 279
- 3) 日本鋼管株式会社技術部研究所: 学振報告19委, 5119 (1958), 5933 (1960)
- 4) J. W. HALLEY: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 167 (1946) p. 224
- 5) 成田: 神戸製鋼, 7 (1957), p. 56
- 6) 成田: 学振報告19委, 6595 (1962)

油の焼入効果の検討方法ならびに

炭素鋼の焼入性と油の焼入効果との関係について*

(油の焼入効果に関する研究—I)

佐藤 知雄**・藤村 全戒***

Experimental Methods of Quenching Effects of Oil and Study on the Relationship between the Hardenability of Carbon Tool Steel and the Quenching Effects of Oil.

(Study on the quenching effects of oil for steel—I)

Tomo-o SATO and Yoshinori FUJIMURA

Synopsis:

This paper deals with a study on some properties of oils required for the quenching of steels. Some experiments were carried out on several oils having different properties, using carbon tool steels and low alloy structural steels. This study also treats some remarkable phenomena observed during the quenching as well as the cooling actions of quenching oils.

The experimental methods are described in detail, together with a preliminary study on the relationship between the hardenability of carbon tool steel and the quenching effects of oil. The following conclusions are obtained:

(1) The cooling behaviour of carbon tool steels during quenching varies remarkably

* 昭和28年4月本会講演大会にて発表 昭和37年9月受付

** 名古屋工業大学, 工博 *** 静岡大学工学部, 工博

depending on occurrence or none of pearlite transformation in the steel.

(2) The presence of gas film generated during quenching is long when pearlite transformation takes place in the surface layer of the test piece.

(3) The pearlite transformation occurring in the surface layer of a test piece affects remarkably the degree of its hardening.

(4) The quenching effects of oil on a carbon tool steel differ greatly depending on its hardenability.

(5) The quenching effects of oil should be examined with respect to steels having different hardenabilities. Proper evaluation of the quenching effects of oil is not obtained using a carbon tool steel having high hardenability.

(Received 15 September 1962)

I. 緒 言

焼入油の具備すべき諸性質の解明は、鋼の熱処理上非常に重要である。焼入油に関する従来の研究報告^{9)~10)}をみるに、冷却効果あるいは焼入効果が、主として油の物理的性質のみにもとずいて検討されていて、化学的性質の見地からは検討されておらず、焼入油の具備すべき諸性質についてはいまだ十分明らかにされていない。近年大和久¹¹⁾は、焼入油の性能が油の組成によつていちじるしく変ることを指摘、また多賀谷および田村^{12)~14)}は、焼入油の性能が油の物理化学的性質によつても変わることを報告している。これらの報告は、焼入油の性能が油の化学的性質とも密接な関係があることを示している。

著者らは十数年にわたつて焼入油の具備すべき諸性質

の究明を試み、多くの結論を得た。本報は本研究において採用した実験方法、および炭素鋼の焼入性と油の焼入効果との関連性について2, 3検討した結果をまとめたものである。

II. 焼入効果の検討方法

従来の研究においては、焼入油の性能を判定する方法として、冷却曲線(温度-時間曲線)を測定している場合が多い。しかしながら、一定試験片の一点について求めた冷却曲線で、各焼入油の性能の大小を論ずるのは完全なものとはいえない。本研究では、焼入性の観点から選定した数種の鋼試験片を用い、物理および化学的性質の異なる多数の試料油について焼入効果を試験し、その結果を比較検討、焼入油の具備すべき諸性質の解明を行

Table 1. Steel specimens used for test of the quenching effects of oil.

Test piece		Material		Chemical composition (%)							
Mark	Dimension (mm)	Steel	Cross section (mm)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu
A B	11.5φ × 20 11.5φ × 20	Carbon tool steel I (0.7%C Swedish steel)	25 × 25	0.68	0.26	0.21	0.020	0.028	—	—	—
C D	13φ × 25 20φ × 50	Carbon tool steel II (0.9%C Swedish steel)	25 × 25	0.91	0.27	0.21	0.024	0.023	—	—	—
E F	13φ × 25 20φ × 50	Carbon tool steel III (SK 6)	33φ	0.71	0.38	0.36	0.027	0.019	—	0.05	0.29
G H	17φ × 40 20φ × 50	Carbon tool steel IV (SK 5)	51φ	0.84	0.33	0.48	0.015	0.016	—	0.16	0.21
I J K	20φ × 50 25φ × 65 30φ × 80	Carbon tool steel V (SK 5)	76φ	0.83	0.47	0.34	0.025	0.034	0.21	0.22	0.25
L	17φ × 40	Carbon tool steel VI (SK 5)	51φ	0.86	0.37	0.35	0.021	0.019	—	0.12	0.23
M	30φ × 80	Low Cr structural steel (S Cr 1)	76φ	0.36	0.29	0.64	0.017	0.018	0.21	0.99	0.27
N	28φ × 80	Low Ni-Cr structural steel (SNC 1)	51φ	0.28	0.15	0.60	0.020	0.026	1.56	0.47	0.26

なつた。また焼入に際しておこる諸現象を観察し、焼入油の冷却作用解明の一助とした。これら実験方法の詳細はつぎのようである。

1. 試験片

焼入に油を用いる鋼は、大別すると炭素工具鋼、特殊工具鋼および構造用特殊鋼であるが、種類が非常に多くかつ焼入性がそれぞれいちじるしく異なっている。一方焼入油には、いずれの鋼に対しても焼入効果が大であることが望まれる。各種の鋼の恒温変態曲線を比較検討するに¹⁵⁾¹⁶⁾、パーライト変態しやすい炭素工具鋼に対して焼入効果が大で、かつベイナイト変態しやすい構造用低合金鋼に対しても焼入効果が大い油は、いずれの鋼に対しても焼入効果が大であるといえる。したがって試験片としては、炭素工具鋼および構造用低合金鋼を用いるのが望ましい。このためこれらの鋼から製作した円柱状試験片を用いた。

Table 1 に各試験片の符号、寸法および化学組成などの詳細を示す。各試験片は、それぞれ市販の棒鋼を高温で鍛延し、仕上り寸法より約 5mm 太くして、650°C で 2h 焼鈍したのち機械削りによつて製作した。試験片の表面は、エメリー紙 00 までの仕上を施した。

2. 焼入効果の試験方法

(1) 試験条件 焼入油の冷却効果は試験片の表面状態によつていちじるしく変ることがすでに明らかにされている³⁾。脱炭の防止と表面状態を一定にするため、試験片は減圧 (10^{-3} mmHg 以下) 加熱した。

焼入温度は各炭素工具鋼 (以下炭素鋼と記す) では 800°C、構造用 Cr 鋼では 830°C、構造用 Ni-Cr 鋼では 850°C とした。試験片の焼入温度での保持時間は、すべて 1h とした。試料油は試験片の大きさなどによつてその量を変え、油量とほぼ同じ内容積のピーカーに入れて用いた。その量は試験片 A の場合 0.5 l、B、C および E の場合 1 l、D、F、G、H、I および L の場合 2 l、J、K、M および N の場合 3 l とした。試料油の温度は 2、3 の場合を除いて 60°C と一定にし、焼入の際攪拌は行なわなかつた。

(2) 焼入操作 試験片の加熱は一端を封じた石英管中に入れこの中を減圧し、あらかじめ焼入温度に昇温してある横型管状電気炉中に挿入して行なつた。なお焼入温度は $\pm 2.5^\circ\text{C}$ の精度を保つた。

焼入は Fig. 1 に示す要領で行ない、一定の試験片については、その加熱速度および焼入操作時間などの諸条件をも一定とした。

油中で試験片を受止める金鋼は、8.5 mesh、針金は 0.5mm ϕ のもので、寸法が大きい試験片の場合には、

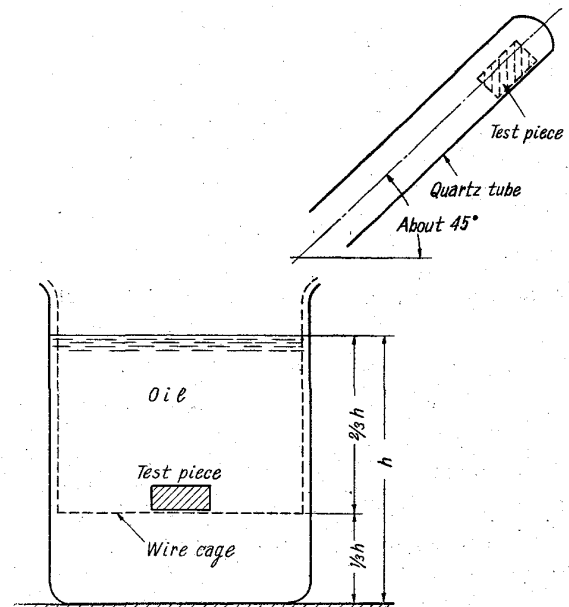


Fig. 1. Quenching apparatuses.

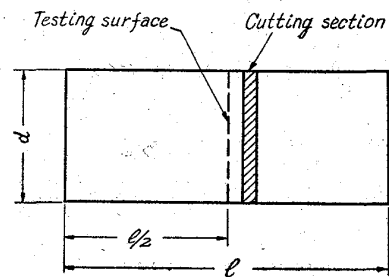


Fig. 2. Test piece.

3mm ϕ の針金で補強した。試験片が焼入の際金鋼上ピーカーの中央部 (Fig. 1) に落下しない場合は、試験を中止した。

(3) 硬度分布曲線および硬化層の深さ 試験結果は試験片中央部横断面の直径あるいは半径に沿つた硬度分布曲線をもつて表示した。まず試験片を高速砥石切断機によつて十分水冷しながら Fig. 2 に示す箇所にて切断、一方の切断面を研磨仕上して、この面上の直交直径に沿つてピッカース硬度あるいはロックウエル硬度 (HRC) を測定、測定値 4 つを平均して硬度分布曲線を作製した。この場合試験片切断前にその中央部側面にて測定したロックウエル C 硬度を最外周部硬度決定の参考とした。

炭素鋼試験片を用いた場合、一部の試料油については試験結果を硬化層の深さによつて示した。各試験片の硬化層の深さは、前述の試験面を 5% ピクルルで腐食し、焼入組織が面積比にて 50% マルテンサイトとなる箇所までの表面よりの距離を直交直径に沿つて測定し、この

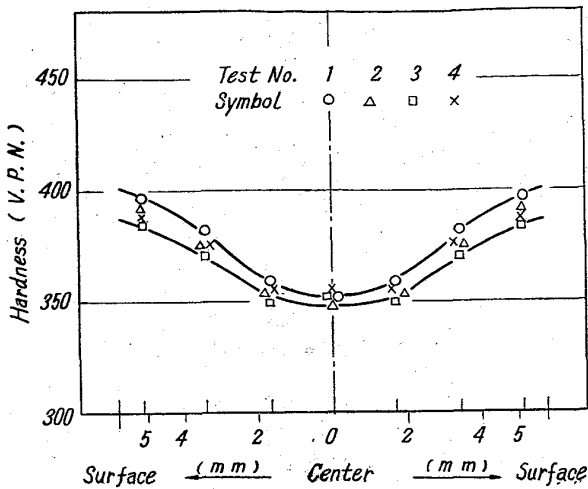


Fig. 3. Reproducibility of test results No.1. Rape seed oil, test piece A. Quenching and bath temp.: 800°, 60°C.

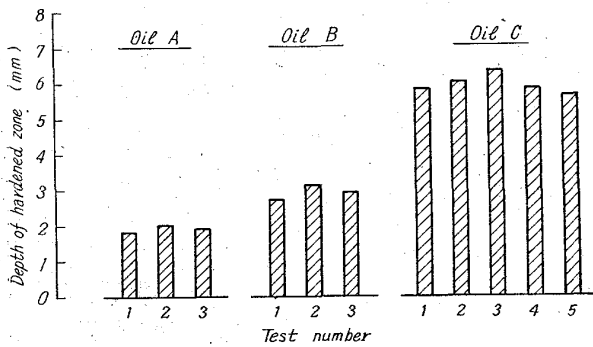


Fig. 4. Reproducibility of test results No.2. Test piece G. Quenching and bath temp.: Same as in Fig. 3.

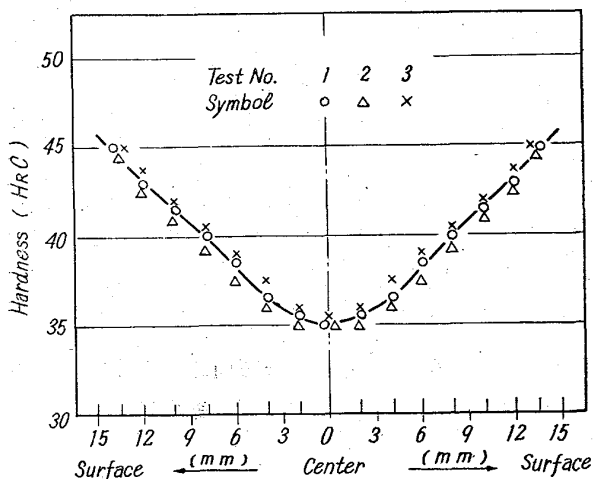


Fig. 5. Reproducibility of test results No.3. Rape seed oil, test piece M. Quenching and bath temp.: 830°, 60°C.

測定値4つを平均して求めた。

(4) 試験結果の再現性 試験結果の再現性に関し

て検討した結果の一部を Fig. 3~5 に示したが、これは一般に良好である。しかし炭素鋼を用いたとき、試料油および試験片によつては、多少再現性の乏しい場合が認められる。このため炭素鋼試験片を用いた場合には、同じ試験を2回行ない、その結果の間に顕著な差異がないことを確認した。各試料油についての試験結果は、硬度分布曲線によるときはいずれか一つの試験片について得られたものを、硬化層の深さによるときは2個の試験片の平均値を用いて表示した。構造用 Cr および Ni-Cr 鋼試験片を用いた場合は、試験回数を原則として1回とした。

3. 焼入効果の比較検討

一定の試験片を用いた場合における各試料油の焼入効果の大小は、試験面の焼入硬化度の大小によつて論ずるのが望ましい。しかしながら炭素鋼は、試料油および鋼の種類によつて、試験面が必ずしも焼入硬化しない。この場合、各鋼はいずれも共析組成に近く、その硬度はパーライト変態区間における冷却状況にほぼ依存するといえる。したがつて炭素鋼にて焼入硬化が認められない場合でも、硬度分布曲線の高低によつて、各試料油の焼入効果の大小を論じた。構造用 Cr および Ni-Cr 鋼を用いた場合にも、試験面に顕著な初析フェライトが認められないときは、硬度分布曲線の高低によつて各試料油の焼入効果の大小を比較した。

Fig. 6 に試験片 A を用い試験条件を変え、菜種油について行なつた試験の結果を示す。焼入効果は焼入温度および油の温度の若干の相違によつてはほとんど変わらない。この結果から本試験方法によるときは、各試料油の冷却効果（鋼の各種変態温度区間における）に顕著な差

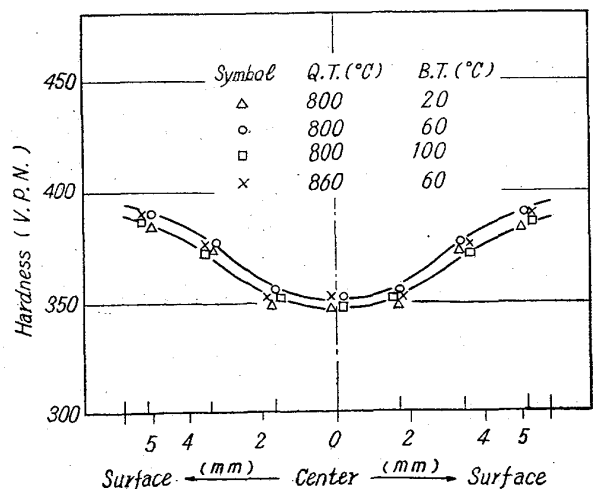


Fig. 6. Hardness curves of test piece A quenched in rape seed oil under various test conditions.

異がある場合のみ、焼入効果の大小の判別が可能であるといえる。

4. 焼入の際認められる諸現象の観察

1920年 PILLING¹⁾は、焼入の際における試験片の温度降下に関して研究し、冷却曲線が蒸気膜、沸騰、対流の3段階よりなることを認め、蒸気膜および対流段階での試験片の温度降下が非常に緩慢であることを明らかにした。その後焼入の際におこる諸現象の観察が多く行なわれ^{2)17)~25)}、試験片は蒸気膜段階の間は液体と隔離されていることが認められているが、いまだ焼入剤の冷却作用は究明されていない。著者らは、焼入の際試料油が一部熱分解することを認め、焼入油の冷却作用を検討した。

焼入の際おこる諸現象の観察結果は、試験片が液面に突入する瞬間を焼入開始とし、その時より秒時計によって測定した時間(2回の平均値)で示した。試験片がFig. 1に示したように金網上に止まるのは、1s以内である。ガス膜は油の蒸気を多く含み、蒸気膜と表現するのが適切な場合もあるが、本研究ではこれをガス膜と統一して表現した。

III. 炭素鋼の焼入性と油の焼入効果 とに関する一考察

FRENCH³⁾は炭素鋼試験片が焼入過程でパーライト変態をする場合、冷却状況が変態熱によつて影響されることを明らかにしている。この結果から油の焼入効果は、炭素鋼の焼入性の大小によつていちじるしく変ると予想される。まず予備的研究として、炭素鋼の焼入性と油の焼入効果とに関し2, 3の検討を試みた。ここではAr'変態をパーライト変態と呼ぶ。

1. 炭素鋼試験片の冷却過程および焼入油の冷却作用に要求される諸条件について

数種の試料油について準冷却曲線を求め、炭素鋼試験片の冷却状況におよぼすパーライト変態の影響などについて検討し、さらに焼入油の冷却作用に要求される諸条件について考察した。

(1) 準冷却曲線測定方法 懸垂型高温計と秒時計によつて、試験片内の一定箇所が一定温度区間を降下するに要する時間を求めた。熱電対は白金-白金ロジウム線を用いた。

試験片の形状および寸法の詳細をFig. 7に示す。試験片は前節で述べた炭素鋼素材より製作し、それぞれ試験片I(炭素工具鋼V)およびII(同I)とした。それらの製作条件は前節の場合と同じである。

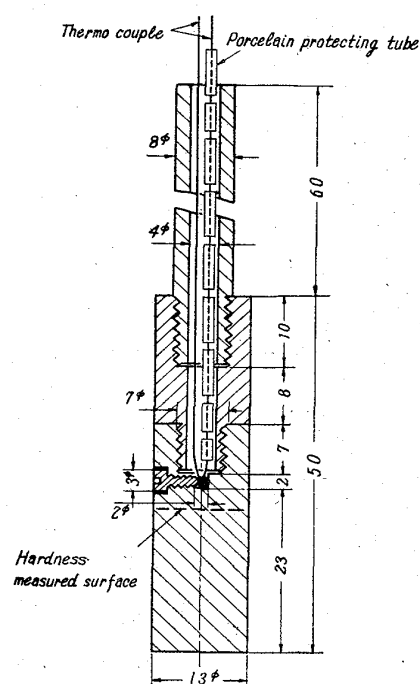


Fig. 7. Size of test pieces in mm.
Test piece I : Carbon steel V (SK5).
Test piece II : Carbon steel II (0.9%C).

試験片の焼入温度は800°C, その温度に1h保持した。試料油の量は1lとし、あらかじめ60°Cに加熱して用いた。焼入の際、攪拌は行なわなかつた。試験片の加熱は前記の場合と同じとした。ただし堅型管状電気炉を用いた。石英管の一端を開き、試験片を熱電対で吊上げて取出し試料油中に焼入した。焼入の際試験片を垂直としその最上部が液面上に出るようにした。なお金網は使用しなかつた。各資料とも2回以上の実験を行なつてその測定値を平均した。

実験終了後、1個の試験片について表面および内部の平均硬度(HRC)を求めた。硬度測定面はFig. 7中に示した。

(2) 油焼入時の炭素鋼試験片の冷却過程 試料油としては、菜種油、鉍物油のうちの溜出油CPS, 硫酸および白土処理精製油CPSSおよび再蒸溜処理精製油60Sを用いた。鉍物油CPSSは、鉍物油CPSより調製したもので、両油の沸点はほぼ同じであるとみなしうる。鉍物油60Sの沸点は、上記各鉍物油の沸点より低い。各試料油の詳細は後報において述べる。

各試料油について得られた実験結果をTable 2に示す。650°Cより500°Cまでの冷却区間において、650°C以上に昇温する場合がある。この場合冷却時間は上記の温度区間におけるものとして取扱つた。

高温計の指示の変化は、不揮発生物質である菜種油の場合を除くと、試験片の冷却過程が三段階よりなること

Table 2. Cooling times of test pieces I and II in different temperature ranges in relation to various media.
Quenching and bath temp. : Same as in Fig. 3.

Oil	Test piece	Cooling time (s)					Hardness (HRC)	
		800°→650°	650°→500°	500°→350°	350°→200°	800°→200°	Surface	Interior
Rape seed oil	I	2.7	2.6	5.2	23	34.5	64.5	64.5
Rape seed oil	II	3.2	3.0	4.3	19	29.5	41.5	40.5
Mineral oil CPS	I	7.0	2.5	4.5	30	44	65	65.5
Mineral oil CPSS	I	8.0	5.2	4.3	28	45.5	64.5	64
Mineral oil CPSS	II	8.2	10.3	3.5	25	47	32	32.5
Mineral oil 60S	I	9.5	14.5	2.0	11	37	30	30

を明瞭に示している。Table 2をみるに、温度区間 800°Cより 650°Cまでの冷却時間は、鉱物油についてはほとんど同じである。これに反して、350°Cより 200°Cまでの冷却時間は鉱物油 CPSと CPSSとでは差異が少ないが、それらより沸点が低い 60S の場合は短い。これらの結果はガス膜発生中試験片内部の温度降下の速度が焼入油の種類によつてはほとんど変わらず、ガス膜消滅完了時における試験片の表面温度が焼入油の沸点によつて異なり、沸点が低い場合に低温度となることを示している。

鉱物油 CPSS について得られた 650°Cより 500°Cまでの冷却時間は、試験片によつていちじるしく異なり、焼入硬化が認められない試験片 II の場合は比較的長い。また、試験片 I を用い鉱物油 CPS および 60S について得られた上記温度区間の冷却時間を比較するに、その時間は試験片に焼入効果が認められない鉱物油 60S の場合に非常に長い。一方蒸気膜段階を明瞭に示さない菜種油では、焼入硬化が認められる試験片 I の場合と、認められない II の場合とで、以上の温度区間の冷却時間がほとんど変わらない。これらの結果は、ガス膜発生中に炭素鋼がパーライト変態をする場合、その附着時間が非常に長いことを示している。

(3) 焼入油の冷却作用に要求される諸条件 鋼の油焼入における温度降下の状況は、前述の実験結果から、一般には非常に複雑なものとなることが予想される。しかしながら焼入油の冷却作用に要求される条件は、鋼の高温における変態が焼入の際阻止されることである。

焼入における試験片内外部の温度降下に関しては、FRENCH⁹⁾、多賀谷および田村¹³⁾、中川びおよび吉田²³⁾らが研究を行なつている。これらの報告をみるに、試験片内部の温度降下状況は、表面部に比較して時間的におくれている。このように試験片の内外部の温度降下状況に差異がある点から、油焼入した鋼試験片はガス膜が短時間で消滅し、かつその消滅したときの表面温度が低い場合、

よく焼入硬化するといえる。ガス膜消滅完了時の試験片の表面温度を従来の研究報告¹⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾¹³⁾によつて検討するに、鉱物油の場合、沸点の低い油ほど低温度である。したがつて焼入油はガス膜の附着時間を一定と仮定すると沸点が低い油ほど焼入効果が一般に大であるといえる。

上記から焼入油には、その具備すべき性質の1つとして、低沸点であることが要求される。しかし試験片が焼入の際マルテンサイト変態区間をも急冷されると、焼割れなどをおこすから、この観点より焼入油の沸点は約 250°C以上であることが望ましい。なお焼入油の沸点は引火点の見地からも当然制限される。

2. 炭素鋼の焼入性と油の焼入効果について

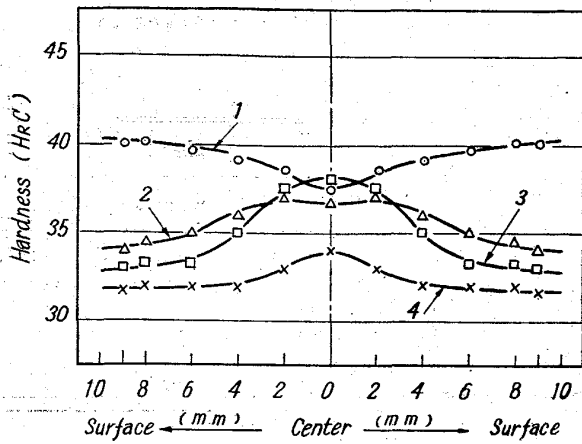
前項でガス膜発生中、炭素鋼がパーライト変態を行なう場合には、ガス膜の附着時間がきわめて長くなることを示した。油の炭素鋼に対する焼入効果は、鋼の表面部がパーライト変態を行なうか否かによつていちじるしく変ると予測される。本項においては、数種の試料油についてこれを確認するとともに、その実験結果にもとづき炭素鋼試験片表面部のパーライト変態と、ガス膜の附着時間および試験片内部の硬化との関係について検討した。さらに油の焼入効果の実験に供する炭素鋼についても考察した。

(1) 焼入効果試験の結果およびガス膜の附着時間

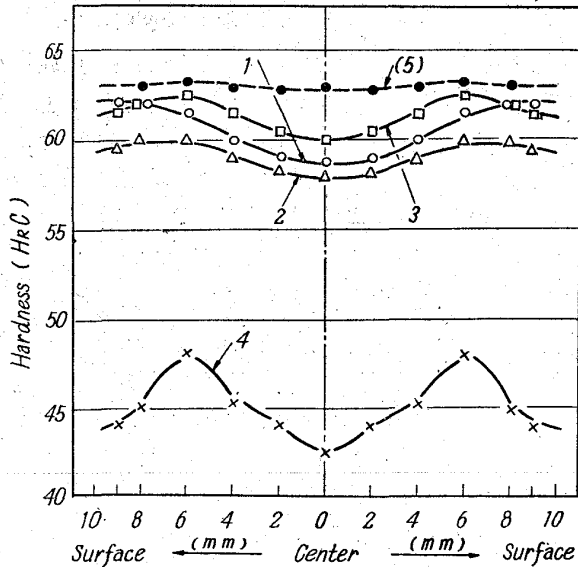
試験には 20mmφ×50mm の炭素鋼試験片 D および I を、試料油は菜種油、大豆油エチルエステル、鉱物油 CPSS、パラフィンワックス PW を用いた。実験方法は前節で詳述したとおりである。また試料油の詳細は後報で述べる。

各試料油について得られた試験結果を、試験片別に Fig. 8 および Fig. 9 に示す。試験片 D はいずれの試料油に焼入した場合にも、試験面が焼入硬化していない。これに反して試験片 I は、パラフィンワックス以外の試料油に焼入した場合、よく硬化している。

菜種油を除く各試料油においては、焼入の際ガス膜の



1 Rape seed oil 2 Soya bean ethyl ester
3 Mineral oil CPSS 4 Paraffin wax PW
Fig. 8. Hardness curves of test piece D quenched in various media. Quenching and bath temp.: Same as in Fig. 3.



1~4 As shown in Fig. 8
(5) Paraffin wax PW, (hardness of end surfaces)
Fig. 9. Hardness curves of test piece I quenched in various media. Quenching and bath temp.: Same as in Fig. 3.

発生が認められる。ガス膜はいずれの場合も Fig. 10 に示した順序にしたがって消滅する。すなわちガス膜は試験片端部より消滅し始め、中央部上部を最後として終る。Table 3 に、焼入開始よりガス膜が消滅し始めるまでの時間、およびその終るまでの時間を示した。

菜種油、大豆油エチルエステルおよび鉱物油 CPSS について得られた試験結果を比較するに、試験片 I を用いた場合、各油は焼入効果が同じ程度である。しかしながら試験片 D では、冷却曲線に蒸気膜段階が認め難い菜種油(前項参照)が大なる焼入効果を示す。つぎに Table 3

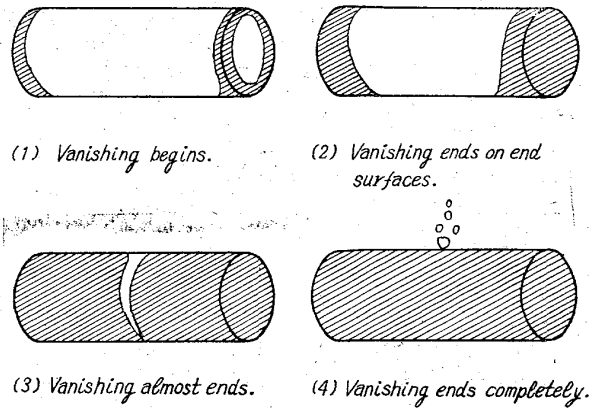


Fig. 10. Vanishing process of gas film adhering on specimen during quenching in oil. White parts show a gas film.

Table 3. Durations of gas film adhering on test piece quenching in various media. Quenching and bath temp.: Same as in Fig. 3.

Oil	Vanishing (s)			
	Test piece D		Test piece I	
	Begins at	Ends at	Begins at	Ends at
Rape seed oil	—	—	—	—
Soya bean ethyl ester	12*0	22*0	3*5	13*6
Mineral oil CPSS	12*0	25*0	5*0	15*0
Paraffin wax PW	9*0	24*0	4*0	16*8

をみるに、大豆油エチルエステルおよび鉱物油 CPSS においては、試験片によつてガス膜の附着時間がいちじるしく異なつていて、D の場合非常に長い。

(2) 試験片表面部のパーライト変態とガス膜の附着時間 焼入の際の試験片表面部の温度降下の状況は各所で異なつていて、ガス膜は温度降下の最も速い表面部より消滅し始める。試験片に液体が接触し始めると冷却効果が大きくなるから、ガス膜発生中に温度降下の最も速い表面部がパーライト変態をするか否かは、ガス膜の附着時間にいちじるしい影響をおよぼすといえる。

パラフィンワックスについて得られた実験結果によると、いずれの試験片の試験面にも焼入硬化は認められなないが、試験片 I の場合その端面が焼入硬化して、ガス膜の附着時間は非常に短い。この結果は上述の推察が妥当であることを示している。

(3) 試験片表面部のパーライト変態と内部の硬化 試験片表面部の温度降下の状況を一定とすると、一部分のパーライト変態はその変態熱によつて内部のパーラ

イト変態を容易にすると考えられる。試験片 I を用い大豆油エチルエステル、鉱物油 CPSS、パラフィンワックスについて得られた実験結果をみるに、ガス膜の附着時間には顕著な差異が認められないが、パラフィンワックスの場合のみ試験面が焼入硬化していない。すなわち炭素鋼試験片の一部分がパーライト変態すると、内部は焼入硬化し難くなるといえる。

パラフィンワックスに焼入した試験片 I の硬度分布曲線は正常ではない。すなわち、試験片内部に表面部よりも硬度の高い箇所が存在する。この部分の組織にはマルテンサイトが多少認められ、パーライト変態のおこりやすい温度区間が、表面部に比較して短時間で冷却されたと推測される。これは試験片内部の温度降下が表面部のパーライト変態熱の影響をうけること、およびガス膜の消滅と同時に表面部の温度が低下するため、内部の温度降下が急激に速かとなることなどによると推察される。大豆油エチルエステルあるいは鉱物油 CPSS に焼入した試験片 D の硬度分布も正常ではなく、表面部よりも内部が高硬度となつている。これらの結果より、油焼入した炭素鋼試験片の硬度分布は、表面部がパーライト変態をする場合、必ずしも正常とはならないと考えられる。

(4) 油の焼入効果の検討用炭素鋼試験片 前述の諸結果をみるに、炭素鋼試験片の硬化の程度は、表面部がパーライト変態をするか否かによつていちじしく変化して、油の焼入効果は炭素鋼の焼入性の大小によつて非常に変るといえる。したがつて油の焼入効果は、試験片の形状および寸法などをも変えて検討しなければならないが、特に焼入性の異なる鋼を用いて検討することが望ましい。焼入硬化しやすい鋼の試験片を用いた実験からは、油の焼入冷却性に関し適切な評価は得られないといえる。

IV. 結 言

油の焼入効果に関し、実験方法を述べ、かつ予備的研究として炭素鋼の焼入性と油の焼入効果との関係について 2, 3 の検討を試みて、つぎの諸点を明らかにした。

(1) 油焼入した試験片の冷却状況は、パーライト変態をするか否かによつて、一般にいちじしく変る。

(2) ガス膜の附着時間は、液体が接触し始める試験片表面部がパーライト変態をする場合に、一般に非常に長い。

(3) 試験片の硬化の程度は、表面部がパーライト変態をするか否かによつて、いちじしく変る。

(4) したがつて、一定の形状および寸法の炭素鋼に対する油の焼入効果は、鋼の焼入性の相異によつて非常に変る。

(5) 油の焼入効果は、焼入性の異なる炭素鋼について検討することが望ましい。

文 献

- 1) N. B. PILLING and T. D. LYNCH: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., LXII (1920), p. 665
- 2) H. J. FRENCH: Trans. ASST, 17 (1930), p. 646
- 3) H. J. FRENCH: Trans. ASST, 17 (1930), p. 798
- 4) 大畑: 鉄と鋼, 17 (1932), p. 273
- 5) 原: 鉄と鋼, 21 (1935), p. 802
- 6) 俵: 鉄と鋼, 27 (1941), p. 583
- 7) F. WEYER: Arch. Eisenhüttenw., 5 (1931/32), p. 367
- 8) A. ROSE: Arch. Eisenhüttenw., 13 (1939/40), p. 345
- 9) W. PETER: Arch. Eisenhüttenw., 20 (1949), p. 263
- 10) E. K. SPRING, P. T. LANEDALE and C. W. ALEXANDER: Trans. Amer. Soc. Metals, 33 (1944), p. 42
- 11) 大和久: 昭和24年日本金属学会秋期大会
- 12) 多賀谷, 田村: 日本金属学会誌, 16 (1952), p. 342
- 13) 多賀谷, 田村: 日本金属学会誌, 17 (1953), p. 217
- 14) 多賀谷, 田村: 日本金属学会誌, 20 (1956), p. 480
- 15) 大和久: S 曲線, (1953)
- 16) 村上, 今井: 日本金属学会誌, 6 (1942), p. 145
- 17) 佐藤: 金属の研究, 10 (1933), p. 63
- 18) K. G. SPEITH und H. LANGE: Mitt. Kai.-Wilh.-Inst. Eisenforschung, 17 (1935), p. 175
- 19) I. N. ZAVARINE: Metal Progress, 27 (1935), April, p. 43
- 20) 篠田: 鉄と鋼, 23 (1937), p. 980
- 21) 篠田: 応用物理, 6 (1937), p. 357
- 22) 多賀谷, 田村: 日本金属学会誌, B-15 (1951), p. 538
- 23) 中川, 吉田: 化学機械, 14 (1950), p. 286
- 24) 中川, 吉田: 化学機械, 16 (1952), p. 74
- 25) 中川, 吉田: 化学機械, 16 (1952), p. 107