

Fig. 3. Comparison of cooling curves in water and in 2% oil emulsion spray.

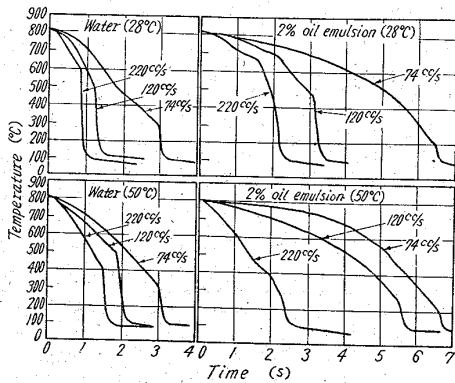


Fig. 4. Relation between cooling curves and flow rate in spray quenching.

水にくらべて、各段階の冷却速度がかなり低下していることが明らかであり、蒸気膜崩壊温度も降下する。また特に乳化油では、液温の上昇とともに、沸騰段階の冷却速度がかなり小になる。常温では水の噴射の場合と大差がないが、50°Cでは約 1/4 になる。これらのことは、乳化油の実用性に重要である。すなわち高周波焼入などの冷却剤として 2% 程度の乳化油は焼割れ防止に有効で、特に液温を高めると効果が大きい。

Fig. 4 は噴射流量の影響を検討した結果である。この場合の流量は全噴射孔の総流量の平均をもつて代表した。この結果より明らかなように冷却剤の種類、温度に関係なく噴射の流量が小になるにしたがつて蒸気膜段階の平均冷却速度が小になり、崩壊温度が降下している。沸騰段階における冷却速度にはあまり影響が見られない。

Table 1 に 500°C~600°C および 300°C 以下の平均冷却速度を各種冷却剤および冷却方式について比較した。

IV. 結 言

結果を要約するとつぎの通りである。

(1) 高周波焼入における噴射水冷却の機構は、本質的には静水冷却と同じであり、蒸気膜段階、沸騰段階および対流段階を経て冷却される。

(2) 静水冷却と異なる点は、蒸気膜崩壊温度が高くなりかつ、蒸気膜段階が短く、沸騰段階が長くなることである。噴射圧力を高めるとその傾向がいちじるしい。

(3) その他、乳化油の冷却能の検討、噴射冷却における液温の影響などを明らかにした。

Table 1. Comparison of cooling rate in various quenching methods.

Quenching method				Cooling rate °C/s	
Kinds of quench.	Kinds of quench. medium	Temp. (°C)	Flow rate cc/s	500~	100~
				600°C	300°C
Still	Water	10		625	350
"	"	28		150	714
"	"	50		190	253
"	"	95		190	333
"	Quench oil	28		77	25
"	"	100		92	20
"	2% oil emulsion	28		75	714
"	"	50		71	192
"	"	95		50	311
"	5% oil emulsion	28		100	333
"	"	50		55	76
"	"	95		76	333
Spray	Water	28	220	700	3200
"	"	"	120	870	2500
"	"	"	74	515	2550
"	"	50	220	340	2430
"	"	"	120	198	1120
"	"	"	74	162	1050
"	2% oil emulsion	28	220	610	1220
"	"	"	120	195	1600
"	"	"	74	110	400
"	"	50	220	210	620
"	"	"	120	170	640
"	"	"	74	190	530

no. 621/64
文 献

- 1) 須藤, 本間: 日立評論, 40 (1955) 6, 73~83.
- 2) 多賀谷, 田村: 日本金属学会誌, B-15 (1951), 589.
- 3) 多賀谷, 田村: 日本金属学会誌, B-15 (1951), 538.

621.785.575:621.785.019.8
621.785.68:669.15-194

(164) 高周波焼入の焼割れ感受性
および焼入硬度におよぼす
合金元素の影響について

日立製作所亀有工場 本間 八郎

Effect of Alloying Elements on Crack Sensitivity and Quenching Hardness.

Hachiro HOMMA.

I. 緒 言

本報では、高周波焼入用特殊鋼の選定を目的として、焼割れ感受性および焼入性に対する合金元素の影響について報告する。従来、高周波焼入の研究は炭素鋼に関するものが多く、特殊鋼は比較的少ない。また、わが国には特に表面硬化用鋼として規定された鋼種はないが、これらを定める場合にも本研究結果が寄与すれば幸甚である。

II. 試料および実験方法

(1) 試料 50kg 高周波誘導炉を用い、Mn 鋼, Ni 鋼, Cr 鋼, Ni-Cr 鋼, Cr-Mo 鋼および Ni-Cr-Mo 鋼の 41 成分の試料を、それぞれ 30kg 溶製し、130

mm φ × 260mm 鋼塊に铸造した。この中の Ni-Cr, Cr-Mo および Ni-Cr-Mo 鋼は、それぞれ JIS 規格鋼 SNC 2, SCM 1 および SNCM 2 を溶解材料にし、これに加炭して C 範囲 0.2~0.7% の合金鋼にした。これらの鋼塊はすべて、1050°C × 6h 徐冷の焼鈍を行なった後、40mm φ に鍛伸し、各試料について、850°C × 1h 徐冷 (600°C まで 60°C/h 以下自然炉冷) の焼鈍および 850°C × 1h 油冷、600°C × 2h 油冷の調質の 2 通りの熱処理を行なった。これは合金成分とともに、前処理の影響も検討するためである。各試料の同一熱処理のものから、それぞれ 6 コずつ合計 492 コの高周波焼入試験片に機械仕上げを行なった。試験片の形状および寸法は Fig. 1 に示す通りで、特に焼割れを生じやすくさせるため、円周上 2 カ所に切欠きを設けた。

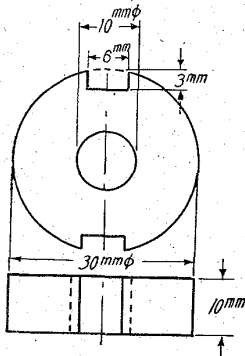


Fig. 1. Specimen.

(2) 実験方法 高周波焼入は、430 kC, 75 kW 真空管式発振器により、定置一発焼入法を採用した。焼入条件は Table 1 に示す通り

Table 1. Conditions for induction hardening.

Condition	Heating				Cooling
	Plate voltage	Plate current	Grid current	Time	
1	4 kV	1.8 A	0.38 A	5.6 s	Spray water quenching (flow rate 110cc/s Temp. 10°C)
2	"	"	"	5.8	Dipping oil quench. (not stirred) (Temp. of oil 50°C)

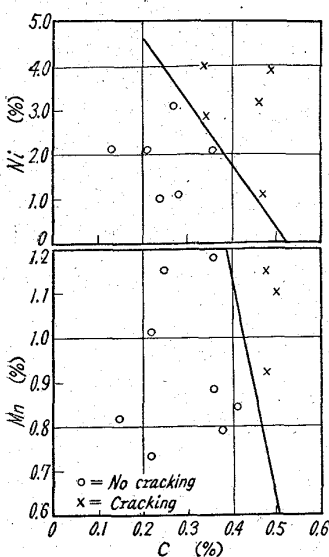


Fig. 2. Effect of alloying elements on cracking tendency in Ni and Mn steels.

り、加熱はほぼ同一にし、冷却は噴水冷却および油中ズブ焼入の 2 通りについて検討した。以上の条件で 3 コずつ焼入を行ない。全数、蛍光磁気探傷で仔細に焼割れの有無を検したのち、1 コずつ切断、研磨し外周からの硬度分布を荷重 100g の微小硬度計で測定した。

III. 実験結果

焼入試験の結果、焼割れは噴水冷却のみに生じ、油冷のものは全数割れなかった。焼割れはほとんど肉眼で直ちに判定できるほどの

大きさを、切欠き部に集中した。R. O. CHAPMAN¹⁾ は低合金鋼を普通焼入した場合の、焼割れ感受性に対する C 量と Ms 点および C 量と焼入性との影響について検討している。しかし、高周波焼入の場合は、急熱のためオーステナイトの組成が平衡からずれ、Ms 点や焼入性に変化を与える²⁾。しかもこれが鋼の組成、前組織などによつていちじるしく異なるので²⁾ CHAPMAN¹⁾ の如く計算から求めた Ms 点や焼入性と焼割れ感受性とを一義的に関係づけることは困難と思われる。そこで各鋼種について、単純に合金成分の影響を検討した。Fig. 2 は Mn 鋼および Ni 鋼における結果である。Fig. 2 によれば焼割れの有無によつて成分範囲がかなり明瞭に分けられ、図中の境界線より高 C, 高 Mn, Ni 側は割れを生じた。本実験は試験片の形状および焼入条件が、かなり苛酷であるので、この境界線の下側の領域では焼割れに対して安全であるといえる。すなわち、中炭素低マンガン鋼において、C 量に対する Mn 量の安全限界は、

$$Mn\% < 3.15 - 5 \times (C\%)$$

同様に、中炭素ニッケル鋼においては、

$$Ni\% < 7.6 - 14.7 \times (C\%)$$

となる。

Fig. 3 は Ni-Cr, Cr-Mo および Ni-Cr-Mo 鋼の結果である。3 鋼種について同一炭素量のものを比較す

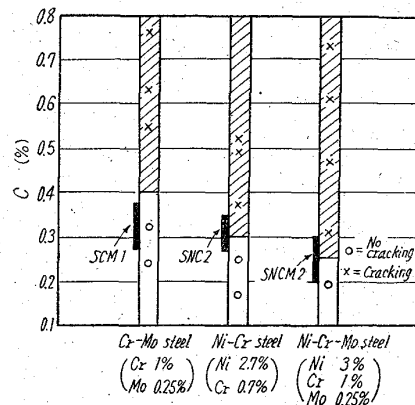


Fig. 3. Effect of C content on cracking tendency in Cr-Mo, Ni-Cr and Ni-Cr-Mo steels.

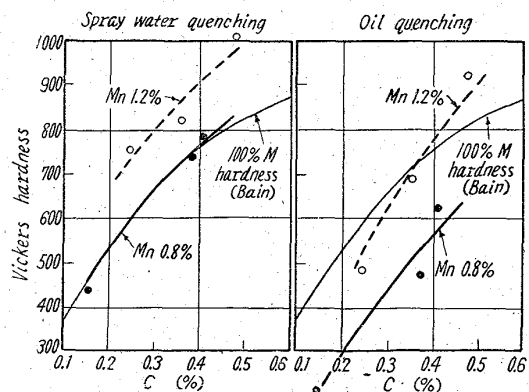


Fig. 4. Relation between surface hardness and C content in Mn steels. (Fore treatment consists of quenching and tempering.)

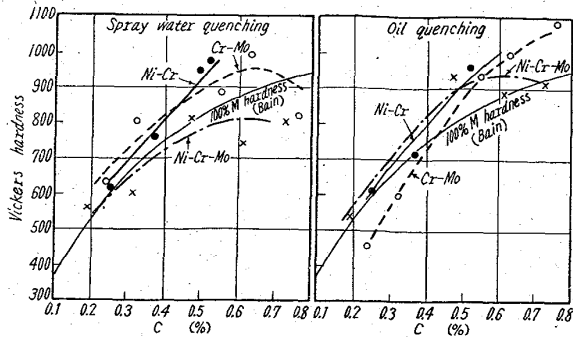


Fig. 5. Relation between surface hardness and C content in Ni-Cr, Cr-Mo and Ni-Cr-Mo steels. (Fore treatment consists of quenching and tempering)

ると本研究の焼入条件では、Ni-Cr-Mo 鋼が最も割れやすく、Cr-Mo 鋼が割れを生じ難かつた。SNC2 および SNCM2 鋼に対しては、規格範囲の低炭素側を使用すれば、噴射水冷を行なう場合、焼割れに対して安全と考えられる。

つぎに、全試料の焼入硬度分布の測定結果より、表面附近の硬度および硬化深度をとり、これらと、前処理、焼入条件および合金元素との関係を検討した。結果の一部を Fig. 4 および Fig. 5 に示す。

文 献

- 1) R. D. CHAPMAN, E. W. JOMINY: Metal Progress, Sept. (1953), 67~72.
- 2) 須藤, 本間: 日立評論, 40 (1958) 6, 73~83.

(165) GM 式焼入試験機の試作と性能について

日本グリース研究所 ○田 中 貢
大阪大学産業科学研究所

工博 田 村 今 男
大阪大学工学部 工博 多 賀 谷 正 義
日本グリース 三 戸 義 則

Design and Performance of a Modified G.M. Type Quenching Meter.

Mitsugu TANAKA, Dr. Imao TAMURA,
Dr. Masayoshi TAGAYA and Yoshinori MITO.

I. 緒 言

最近アメリカにおいてニッケルの磁気変態を利用した焼入試験機が実験操作が簡単で容易であることから焼入

現場関係等で広く用いられているようである。我国においても焼入冷却剤の冷却能の測定には種々の装置ならびに方法が用いられているが、装置に対する熟練を要するものが多く容易に測定できるものは少ないようである。本報告においてはこのニッケルの磁気変態を利用した焼入冷却剤の冷却能測定装置を試作しその性能について実験を行なった結果を報告する。

II. 実験方法

焼入試片は純ニッケル円柱試片 (15φ×30mm) を用い、試片を管状電気炉 (1kW) で 870±1°C (保持時間 10 分) に加熱し、磁場内においた供試油中のカゴ B に投入する。カゴ B は支持軸 A から接点 S に連結されており、ニッケル試片投入と同時に接点 S が動作する。接点 S はサイクルカウンターに連結し、ニッケル試片投入後磁気感応するまでの時間 (Ni のキューリー点: 353°C) をサイクルカウンターにて測定する。サイクルカウンターの電源は普通の 60c/s 交流を用い 1/60 秒まで測定可能である。磁場は 10 in スピーカー用フィールドコイル 2 個を並列に接続しシリコンダイオードにて整流した直流を通して得られたもので、その強さは電源電圧

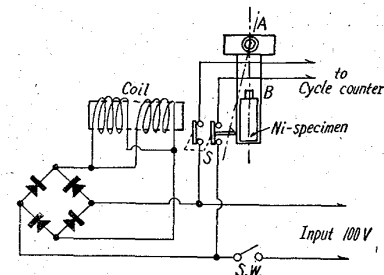


Fig. 1. Circuit diagram.

100V に対し約 1300 エルステッドである。ニッケル試片の表面状態を一定にするため炉内での加熱時間を一定とし、焼入後は試片表面をエメリー紙 01 番で研磨し常に一定に保つた。実験装置の配線図を Fig. 1 に示す。供試油として Table 1 に示す油を用いた。#70, #110, #140 は純鉱物油でありおのおの粘度の異なる油を選んだ。ナタネ油は油脂の代表として用いた。実験条件を一定にするため供試油を約 120°C に加熱したのち真空処理を行なつて空気および水分を除いた。これらの供試油について阪大式冷却曲線 (10mm φ Ag 表面部), GM 式焼入冷却時間および S40C, SK-5, SCM3 を焼入鋼材とし焼入性を測定した。鋼の焼入試験は電気炉加熱の場合およびソルトバス加熱の場合について行ない、焼入後試片中央部を高速切断機にて切断しその断面硬度によつて供試油の焼入性を比較した。

III. 実験結果

各供試油の阪大式焼入冷却曲線は Fig. 2 に示す。冷却能の高いものから #70, ナタネ油, #110, #140 の順

Table 1. Properties of oils used.

Oils	Acid value	Saponification value	Viscosity, Redwood, s.			Flash point, °C	Sp. gr. d ₄ ²⁰	Refractivity n _D ²⁰
			30°C	50°C	80°C			
# 70 oil	0.392	0.401	123.9	65.1	41.3	186	0.8666	1.4753
# 110 oil	0.137	0.292	305.7	117.5	53.1	196	0.9133	1.5098
# 140 oil	0.081	0.364	383.3	147.2	61.2	232	0.8831	1.4889
Rape seed oil	2.05	174.2	283.2	138.5	69.3	318	0.9212	1.4732