

低い batch type 焼鈍のものが抗張力の値が小さく、硬度の高い continuous type 焼鈍のものが抗張力が大きい。そして両焼鈍方法とも温度の上昇にしたがって抗張力はしだいに低下し、batch type 焼鈍では 700°C -31 kg/mm² のものが 1000°C -26 kg/mm² になり、continuous type 焼鈍では 700°C -35 kg/mm² のものが 1000°C -30 kg/mm² に低下する。

(v) 降伏点

Batch type 焼鈍のものは結晶粒が比較的急に増大してエリクセン、伸びの値が最高値を示す 850°C 付近の温度で降伏点が若干大きく低下し、 700°C -25 kg/mm² のものが 1000°C -12 kg/mm² になる。これに対し continuous type 焼鈍のものは batch type 焼鈍材より降伏点の値が高く、 900°C 付近の温度で若干大きく低下する傾向は見られるが、しかし batch type 焼鈍のものに比較すれば低下の割合が僅少である。そして降伏点の値は焼鈍温度 700°C -30 kg/mm² のものが焼鈍温度の上昇にしたがって漸次低下し 1000°C -17 kg/mm² になる。

つぎに応力-歪線図から観察した降伏点伸びは batch type 焼鈍では温度の上昇によつて小さくなり、焼鈍温度 900°C ではその値が非常に小さく 1000°C で完全に消失された。continuous type 焼鈍では 1000°C で降伏点伸びの値が小さくはなつたが、batch type のように完全には消失されなかつた。

IV. 結 言

低炭素鉄板の再結晶挙動を調査し、つぎに batch type と continuous type との焼鈍方法の差異が成品の性質に与える影響を検討するために焼鈍温度や時間を変化して実験した結果を要約すればつぎのようである。

(1) 低炭素鉄板は普通の低炭素鋼板に比較して軟化温度が高く、再結晶速度が緩慢で、再結晶の完了温度は約 750°C 付近である。

(2) Batch type と continuous type の両焼鈍法の間には約 100°C 以上の温度効果の差があつて、同じ大きさの結晶粒を得るためには continuous type 焼鈍の方が 100°C 位高い温度を必要とする。

(3) Batch type 焼鈍では均熱時間が 2h 以上であれば焼鈍の目的は達せられ、エリクセン、伸びの値が最高値を示す 850°C 付近の温度が焼鈍の最適条件である。continuous type 焼鈍では均熱時間が 3mn 以上になるような通板速度で、 900°C 以上の温度で焼鈍すれば比較的優れた成品が得られる。

(4) Batch type の成品は一般的に軟質で機械的性質の優れたものが得られやすいが、continuous type の成品は焼鈍時間の短いために低炭素鉄板の再結晶の特性から一般的に機械的性質の優れたものが得られ難い。

(昭和37年5月寄稿)

高周波焼入鋼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*

本 間 八 郎**

Effect of Alloying Elements on the Quench-Crack Sensitivity and Hardness of Induction-Hardened Steels.

Hachiro HOMMA

Synopsis:

The author investigated the quenching-crack sensitivity and hardenability when the notched specimens were induction-hardened. The specimens had been prepared from Mn, Ni, Cr, Ni-Cr, Cr-Mo and Ni-Cr-Mo steels that included various amounts of alloying elements.

From the experimental results, the effect of alloying elements on that characteristics was made clear quantitatively, and an important guide to select the induction-hardening steels was obtained.

* 昭和37年4月本会講演大会にて発表 ** 株式会社日立製作所、亀有工場 工博

I. 緒 言

著者は先きに^{1)~4)}、鋼を高周波焼入する場合の基本的な事項を明らかにし、焼入作業に重要な指針を与えたが、今回さらに、高周波焼入用特殊鋼を選定することを目的として、焼割れ感受性および焼入性に対する合金元素の影響を調査した。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。また発表せられたものは^{5)~8)}、一般に取り扱う鋼種が少なく、合金元素の影響を定量的に把握したものは少ない。なお、わが国には特に表面硬化用鋼は規定されていないが、将来これらを定める必要が生じた場合にも、本研究結果がなんらかの役に立てば幸甚と思う。

II. 試料および実験方法

1. 試料

50 kg 高周波誘導炉を用いて、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 30 kg づつ溶製し、130 mm ϕ \times 260 mm の鋼塊に鑄造した。その化学成分を Table 1 に示す。この Ni-Cr 鋼、Cr-Mo 鋼 および Ni-Cr-Mo 鋼は、それぞれ JIS 規格鋼 SNC2、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% の合金鋼にしたものである。同表にはオーステナイト結晶粒度も示したが、これは後述の焼入試験片より学振の浸炭法で測定した値である。これらの鋼塊はすべて 1050°C \times 6 h 徐冷の焼鈍を行なった後、40 mm ϕ に鍛伸し各試料についておのおの焼鈍(850°C \times 1 h 徐冷) および焼入焼戻(850°C \times 1 h 油冷、600°C \times 2 h 油冷) の 2 通りの熱処理を行なった。これは合金成分とともに

Table 1. Chemical composition of samples used (%).

Sample No.	Kinds of steel	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Austenite grain size
101	Mn steel	0.22	0.28	0.73	0.019	0.012				6.0
102	//	0.15	0.26	0.81	0.020	0.011				6.0
103	//	0.22	0.22	1.01	0.022	0.012				6.5
104	//	0.25	0.34	1.15	0.020	0.014				6.0
105	//	0.38	0.36	0.79	0.026	0.012				6.0
106	//	0.41	0.29	0.84	0.022	0.014				6.0
107	//	0.36	0.30	0.88	0.021	0.013				6.0
108	//	0.36	0.36	1.18	0.020	0.013				6.5
109	//	0.48	0.37	0.92	0.020	0.018				6.0
110	//	0.50	0.40	1.10	0.018	0.014				6.0
111	//	0.48	0.29	1.15	0.022	0.012				6.0
201	Ni steel	0.13	0.24	0.22	0.030	0.012	2.08			4.5
202	//	0.24	0.26	0.40	0.029	0.009	1.03			6.5
203	//	0.21	0.21	0.37	0.029	0.010	2.08			6.5
204	//	0.28	0.21	0.41	0.029	0.009	1.06			6.5
205	//	0.27	0.27	0.47	0.033	0.011	3.05			6.5
206	//	0.36	0.26	0.42	0.021	0.009	2.08			7.0
207	//	0.34	0.24	0.59	0.026	0.009	2.88			7.5
208	//	0.34	0.35	0.60	0.019	0.008	4.01			7.5
209	//	0.47	0.35	0.70	0.022	0.009	1.08			7.0
210	//	0.46	0.20	0.67	0.021	0.011	3.11			8.0
211	//	0.49	0.45	0.65	0.019	0.012	3.90			7.5
301	Cr steel	0.79	0.29	0.29	0.024	0.011		0.74		5.5
302	//	0.80	0.33	0.22	0.023	0.018		1.03		5.5
303	//	0.83	0.39	0.32	0.023	0.012		1.56		6.0
304	//	0.80	0.24	0.22	0.026	0.014		5.04		6.0
401	Ni-Cr steel	0.17	0.22	0.06	0.021	0.009	2.59	0.44		5.5
402	//	0.25	0.38	0.24	0.021	0.009	2.77	0.69		6.0
403	//	0.37	0.39	0.27	0.022	0.011	2.82	0.66		6.5
404	//	0.49	0.10	0.11	0.019	0.012	2.58	0.50		6.0
405	//	0.52	0.53	0.27	0.021	0.012	2.66	0.65		5.5
501	Cr-Mo steel	0.24	0.12	0.12	0.015	0.008		0.72	0.22	5.5
502	//	0.32	0.19	0.12	0.014	0.012		0.82	0.22	5.5
503	//	0.55	0.23	0.24	0.017	0.008		1.09	0.20	6.0
504	//	0.63	0.27	0.19	0.013	0.014		1.05	0.22	5.5
505	//	0.76	0.33	0.19	0.015	0.009		0.99	0.22	6.5
601	Ni-Cr-Mo steel	0.19	0.28	0.07	0.019	0.009	2.82	0.74	0.22	7.0
602	//	0.31	0.22	0.11	0.020	0.008	2.95	0.92	0.21	6.5
603	//	0.47	0.10	0.13	0.017	0.009	2.95	0.94	0.21	7.0
604	//	0.61	0.23	0.24	0.018	0.011	2.98	1.16	0.21	7.0
605	//	0.73	0.37	0.30	0.019	0.009	2.98	1.11	0.22	5.5

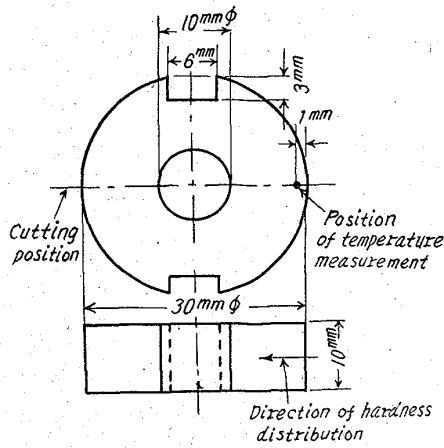


Fig. 1. Dimension of a specimen.

前処理の影響も検討するためである。しかして、各試料の同一処理のものから、それぞれ6コづつ合計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。

2. 実験方法

高周波焼入はすべて、430kC, 75kW 真空管式発振装置により、定置一発焼入法を採用した。加熱コイルは内径 35mm, 外径 67mm, 厚さ 10mm の銅製一巻コイルを使用した。焼入条件は Table 2 に示すとおり、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とおりについて検討した。この場合の温度測定は Fig. 1 に示す位置に 0.3mm φ のアルメルクロメル熱電対の熱接点を接着させ、電磁オシログラフで焼入中の起電力の変化を画かせた。

以上の条件で3コづつ焼入を行ない、全数、蛍光磁気探傷で仔細に焼割れの有無を検査した後、1コづつ Fig. 1 に示す位置で切断、研磨し外周からの硬度分布を荷重 100g のマイクロビッカース硬度計で測定した。

III. 実験結果および検討

1. 焼割れ感受性におよぼす合金元素の影響

Fig. 2 に各条件で高周波焼入した場合の試験片の温度測定結果を示す。加熱条件はほぼ同一にさせたが、最高

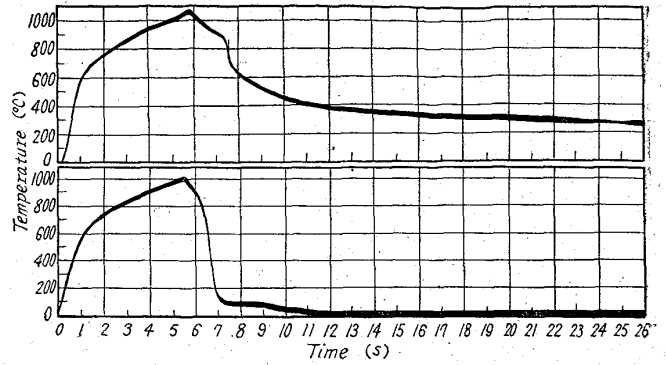


Fig. 2. Results of temperature measurement with specimens subject to induction hardening. (Above : oil quenching, Below : spray water quenching).

加熱温度は油冷の方が若干高く 1050°C を示し、これに対して噴水冷の方は 1000°C となった。なお、この測定値は、試験片の外周より 1mm の位置で得られたものゆえ、最表面はこれよりやや高いと思われる。以上の条件で、おのおの3コづつ焼入をし、完全に冷却してから磁気探傷で割れを検した。この結果を一括して Table 3 に示す。

結果より明らかなように、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。そして、発生したものはほとんど肉眼で直ちに判定できるほどの大きさで Fig.

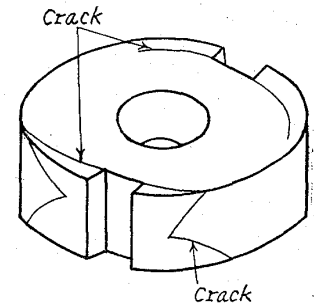


Fig. 3. Quenching crack after induction hardening.

3 に示すように切欠き部に集中した。

R. D. CHAPMAN⁹⁾ 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。Ms 点 は変態応力の発生する時期に直接関連し、Ms 点 が低ければ剛性化の度合が大きく、著大な変態応力が発生せられるであろうし、また C 量は変態の膨張量および材料の脆化に関連するので、これらはすべて焼割れに密接な関係を持つ因子

Table 2. Conditions of induction hardening.

Conditions	Heating				Cooling
	Plate voltage	Plate current	Grid current	Time	
1	4 kV	1.8 A	0.38 A	5.6 s	Quenching by spray water from coil (Flow rate 110cc/s, temp. of water 10°C)
2	〃	〃	〃	5.8	Dipping into quenching oil. No stir. (Temp. of oil 50°C)

Table 3. Results of quenching crack test.

Sample No.	Kinds of steels	Spray quench.						Oil quench.						
		Fore-treatment						Fore-treatment						
		Quench. & temp.			Anneal.			Quench. & temp.			Anneal.			
101	Mn steel	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
102	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
103	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
104	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
105	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
106	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
107	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
108	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
109	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
110	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
111	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
201	Ni steel	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
202	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
203	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
204	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
205	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
206	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
207	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
208	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
209	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
210	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
211	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
301	Cr steel	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
302	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
303	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
304	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
401	Ni-Cr steel	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
402	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
403	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
404	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
405	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
501	Cr-Mo steel	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
502	〃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
503	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
504	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
505	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
601	Ni-Cr-Mo steel	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
602	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
603	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
604	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
605	〃	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

○=Not cracked, ×=cracked

であることは容易に想像される。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。しかもこれが鋼の組成、前組織などによつていちぢるしく異なるので、CHAPMAN⁹⁾のごとく計算から求めた 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することにした。Fig. 4 は Mn 鋼および Ni 鋼における結果である。結果に明らかなように、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る。すなわち図中に示した境界線より高 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

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

また、Ni 鋼における C 量に対する Ni 量の安全限界は

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

となる。もちろん、材料の適性は、要求される機械的性質と焼入性とを考慮に入れねばならないが、これについては後述する。

つぎに、Ni-Cr 鋼、Cr-Mo 鋼および Ni-Cr-Mo 鋼であるが、これは実験方法でも述べたように、JIS 鋼 SNC 2、SCM 1 および SNCM 2 を再溶解して C 量のみを変化させ、それぞれの鋼種の焼割れ感受性に対する

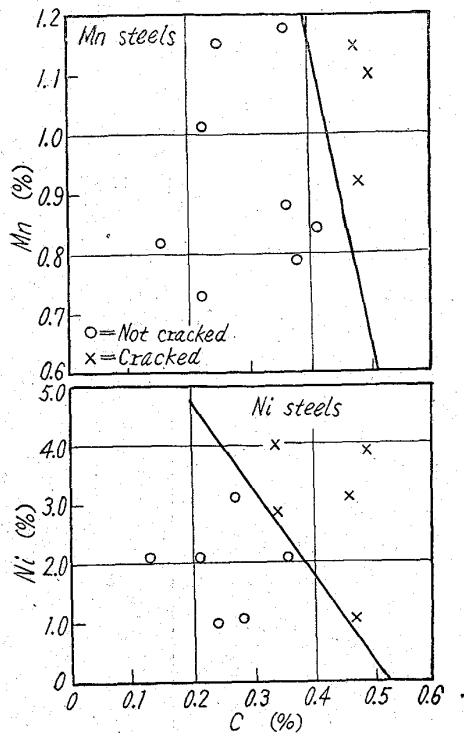


Fig. 4. Effect of alloying elements on the quenching-crack sensitivity of Mn and Ni steels. (Fore-treatment : Q.T.)

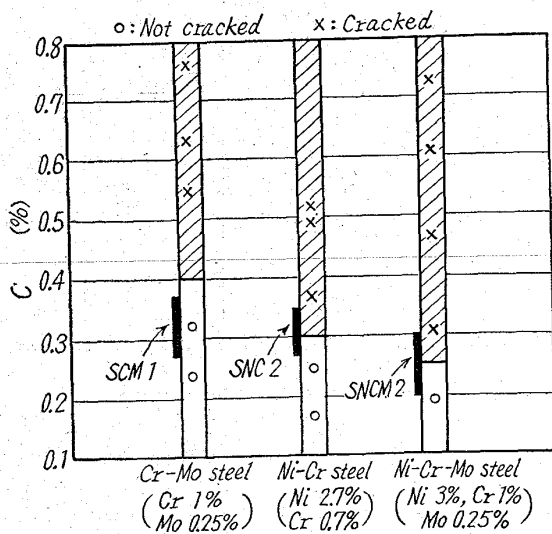


Fig. 5. The effect of carbon content on the quenching crack sensitivity of Cr-Mo, Ni-Cr and Ni-Cr-Mo steels. (Fore-treatment : Q.T.)

Cの影響を検討した。この結果を Fig. 5 に示す。3鋼種について同一炭素量のもの进行比较すると本実験の焼入条件では、Ni-Cr-Mo 鋼が最も割れやすく、Cr-Mo 鋼は割れを生じ難いようである。試料の数が少ないのでこの結果より直ちに細かいC範囲を定めることは早計と思われるが、SNC 2 および SNCM 2 鋼に対しては、規格

範囲の低炭素側を使用するのが望ましい。すなわち、SNC 2 は C 0.3% 以下、SNCM 2 は 0.25% 以下が噴射水冷を行なう場合焼割れに対して安全であろう。とくに、Ni-Cr-Mo 鋼は、急速加熱における焼入性にも難点があるので、高周波焼入用鋼としてはあまり好ましくないとされる。つぎに、前組織の影響であるが、これは急熱オーステナイト化における合金成分の拡散の問題に帰し、この差の顕著にあらわれる鋼では、焼割れ感受性に対しても前組織の影響が認められた。すなわち Table 3 に見られるとおり、Cr-Mo 鋼、Ni-Cr-Mo 鋼などのある成分のものに認められ、焼鈍の方が若干焼割れを生じ難い結果となっている。

2. 焼入硬度におよぼす合金元素の影響

焼入した全試料について実験方法で述べたごとく硬度分布を測定した。この結果は省略するが、全般的に Cr 鋼、Cr-Mo 鋼、Ni-Cr-Mo 鋼は前処理の影響が顕著にあらわれ、油冷の方がその傾向がやや大きいようである。これに対して、Mn 鋼、Ni 鋼および Ni-Cr 鋼は比較的差が少ないが、低炭素のものはやはり著しい。これらの様子は著者らが先に行なつた研究結果¹⁾で明らかにしたところである。なお、焼入性の大きい鋼の中で、噴水冷にくらべて油冷の方が表面硬度や硬化深度が大きくなっているのがあるのは、加熱条件の差によるため、実験方法で述べたごとく、油冷の方が加熱時間が若干長く(0.2 s)、最高加熱温度も 50°C 高いためと考えられる。硬度分布の測定結果から、表面付近の硬度をとつて各鋼種についてC量との関係を求めた。これをFig. 6~8 に示す。図には BAIN¹⁰⁾ が示した炭素鋼における 100% マルテンサイト硬度を付記した。Mn 鋼の場合 (Fig. 6), 噴水冷では 0.8% Mn で BAIN の 100% マルテンサイト硬度にほとんど一致しており、1.2% Mn では

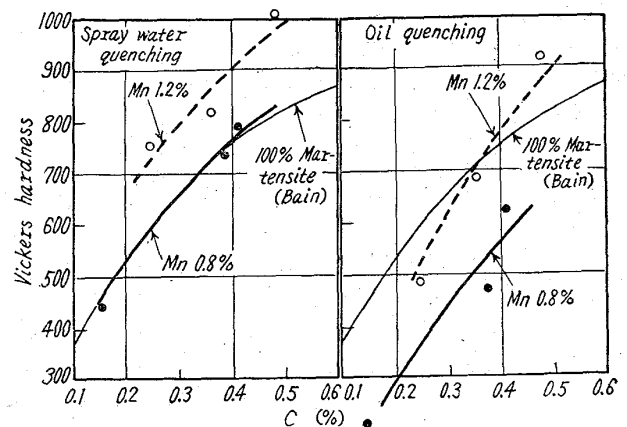


Fig. 6. Relation between surface hardness and carbon content of induction-hardened Mn steels. (Fore-treatment : Q.T.)

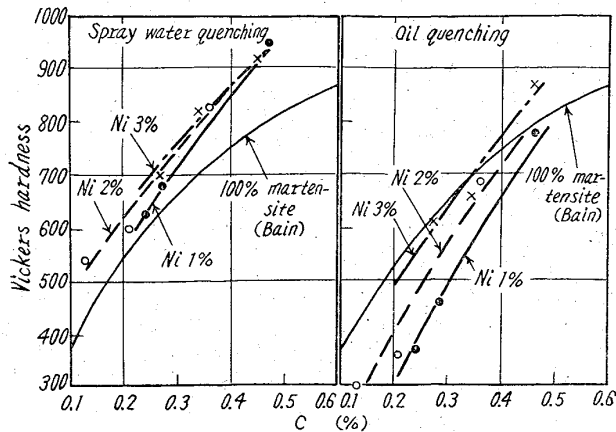


Fig. 7. Relation between surface hardness and carbon content for induction-hardened Ni steels. (Fore-treatment : Q.T.)

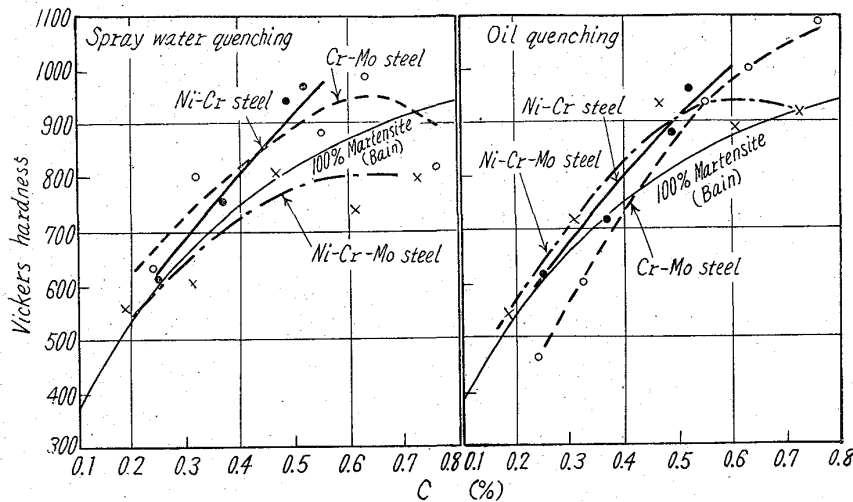


Fig. 8. Relation between surface hardness and carbon content for induction-hardened Ni-Cr, Cr-Mo and Ni-Cr-Mo steels. (Fore-treatment : Q.T.)

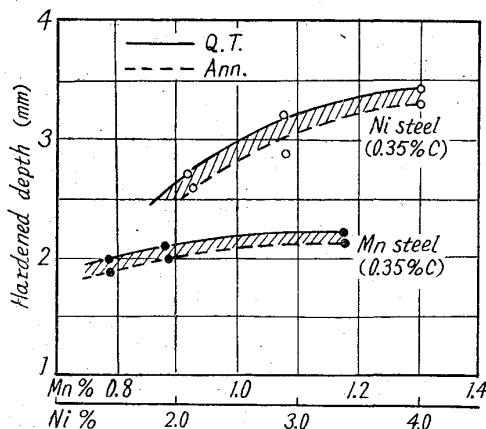


Fig. 9. Effect of fore treatments and alloying elements on the hardening depth of Mn and Ni steels. (Spray-water quenching).

これより 100~150 高い値を示している。微小硬度計固有の誤差を考慮に入れても明らかに高い値である。これは、表面付近の高い圧縮残留応力と局部的にC濃度の大きいマルテンサイトおよび未溶解炭化物の存在のためと考えられるが、これらが一般に高周波焼入における「超高硬度」を得る原因と思われる。油冷の場合は Mn 0.8%では十分な焼入硬度を示していない。Mn 1.2%で、かつ C 0.35% 以上のものが 100% マルテンサイト硬度を得ている。Ni 鋼 (Fig. 7) の場合になると噴水冷却ではいずれも高硬度を示し、また 1~3% 範囲内の Ni 量の差はあまり顕著ではない。油冷では、Ni 2% 以下では十分な焼入硬度になつていないが、3% では 100% マルテンサイト硬度に近づいている。Ni-Cr 鋼, Cr-Mo 鋼および Ni-Cr-Mo 鋼になると (Fig. 8), 鋼種によ

つてかなり様相が異なる。たとえば、噴水冷却の場合、Cr-Mo 鋼および Ni-Cr-Mo 鋼は、C 量が 0.6~0.7% 以上になるとかえつて焼入硬度を減少している。原因として残留オーステナイト量の増大が考えられるが、同じC量の油冷の硬度が高いので、この場合はむしろ、炭化物の溶解不十分のためであろう。油冷の方が最高加熱温度が 50°C 高いので、これが炭化物の固溶量にかなりきき、高い値を示したと思われる。いずれにしても本研究で取扱つた合金量の Cr-Mo 鋼, Ni-Cr-Mo 鋼や Cr 鋼は、加熱温度をかなり高くしないと (油冷の場合 1000~1050°C), 十分な焼入硬度を得難い。とくに、Ni-

Cr-Mo 鋼は前述したとおり、焼割れ感受性の大きい鋼であるので高周波焼入鋼としては不適であろう。

つぎに、各鋼種について硬化深度と合金元素量および前組織との関係を検討した。これを Fig. 9 および Fig. 10 に示す。なお、硬化深度は、前述の硬度分

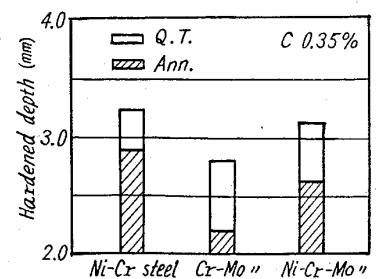


Fig. 10. Effect of fore treatments on the hardening depth of Ni-Cr, Cr-Mo and Ni-Cr-Mo steels.

(Spray-water quenching).

布の測定結果から、GROSSMANN¹¹⁾ の 50% マルテンサイト硬度までの深さを求め、これを採用した。Ni 鋼の場合、Ni 3% まではやや急激に増加し、4% まで漸増

している。2~4% Ni 鋼を、1.2% Mn までの低 Mn 鋼にくらべるとかなり硬化深度が大きくなっている。3% Ni 鋼と 1.2% Mn 鋼では約 1mm の差がある。これは $Ac_1 \sim Ac_3$ 変態点の差のためである。また、Mn 鋼および Ni 鋼ともに前組織の影響は比較的小さい。しかしながら、これは 0.35% C の場合で、低炭素になるとやはり前組織の影響すなわち、焼鈍組織と焼入焼戻組織の差が顕著になるのは前に述べたとおりである。

Fig. 10 は Ni-Cr 鋼, Cr-Mo 鋼および Ni-Cr-Mo 鋼の 0.35% C の結果を選んで比較したものである。前組織の差が顕著なのは Cr-Mo 鋼および Ni-Cr-Mo 鋼で、Ni-Cr 鋼が最も差が少なく、かつ硬化深度が大となっているのが認められる。

IV. 結 言

以上、高周波焼入用鋼の選定のために、Mn 鋼, Ni 鋼, Cr 鋼, Ni-Cr 鋼, Cr-Mo 鋼および Ni-Cr-Mo 鋼の合金元素量を変えた 40 余チャージの鋼を溶製し、これより作製した切欠きを有する試験片を高周波焼入することによつて、焼割れ感受性および焼入性を検討した。その結果明らかになったことがらを要約するとつぎのとおりである。

(1) 本実験の高周波焼入条件(噴水冷)によつて、焼割れを生ぜざる成分領域を求めるとつぎのごとくになった。

- (a) 中炭素低マンガン鋼では
 $Mn\% < 3.15 - 5 \times (C\%)$
- (b) 中炭素ニッケル鋼では
 $Ni\% < 7.6 - 14.7 \times (C\%)$

(c) クロムモリブデン鋼では

JIS-SCM 1 の成分範囲のもの

(d) ニッケルクロム鋼では

JIS-SNC 2 の下限 C% (< 0.30%) のもの

(e) ニッケルクロムモリブデン鋼では

JIS-SNCM 2 の下限 C% (< 0.25%) のもの

(2) 前記と同一加熱条件で油冷した場合は、全数焼割れを発生しなかつた。

(3) 噴水冷および油冷における硬度分布を求め、この結果から高周波焼入における表面硬度および硬化深度におよぼす合金元素の影響を明らかにした。

筆者の一連の研究の遂行に当つて故東大芥川教授ならびに東大五弓教授より格別の御指導をいただいた。ここに厚くお礼申し上げるしだいである。

(昭和37年3月寄稿)

文 献

- 1) 須藤, 本間: 日立評論, 40 (1958) 6, p. 73
- 2) 本間: 鉄と鋼, 48 (1962) 7, p. 856
- 3) 本間: 鉄と鋼, 48 (1962) 8, p. 953
- 4) 本間: 鉄と鋼, 48 (1962) 13, p. 1674
- 5) 三谷: 日本金属学会誌, 17 (1953) 7
- 6) 三谷, 広瀬: 大阪府立工業奨励館報告, (1951) No. 3-2, p. 52
- 7) D. L. MARTIN, W. G. VAN NOTE: Trans. Amer. Soc. Metals, 36 (1946), p. 210
- 8) 石田: 大阪府立工業奨励館報告, 1 (1949) 1
- 9) R. D. CHAPMAN, W. E. JOMINY: Metal Progress, Sept. (1953) p. 67
- 10) E. C. BAIN: Function of the Alloying Elements in Steel, (1940), p. 36
- 11) E. C. BAIN: Function of the Alloying Elements in Steel, (1940) p. 162