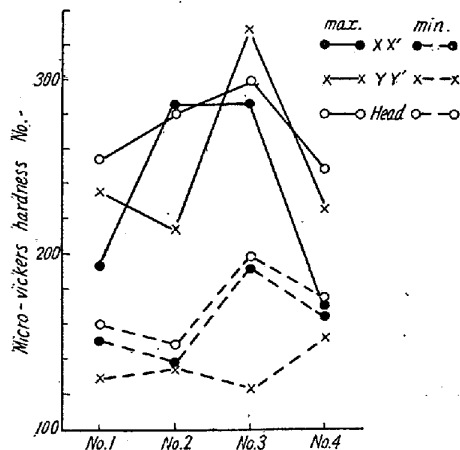


子や粗細の度合を調べると共に Micro-Vickers 硬度計で各部分の硬度を求めた。Fig. 2 は五重塔釘の各部断面の硬度中の max. 及び min. 値を示しているものである。



Fi. 2

当初の釘は高炭素材と低炭素材が最終的に鍛接されたらしく割合硬度低く、中世の釘は殆んど均一な地金を丸鍛えしたらしく先端部は特に微細な結晶になっており硬度も高い。慶長の釘は大部分が高炭素で鍛錬は割合粗く少しく急冷組織を認め、硬度変動大、元祿の釘は低炭素で硬度も低く可成り均一化されているのを認めた。

### (65) 高周波中断焼入に関する研究 (II)

#### (Research on the Self-quenching of the Induction Surface-Hardening II)

Yūko Mitani, Dr Eng, Lecturer, et alius

京都大学教授 工博 西村 秀雄

浪速大学教授 工博〇三 谷 裕 康

#### I. 緒 言

前報で述べた Stop-quenching (西村, 三谷, 水馬, 本誌, 昭和 29 年 6 月号, 609 頁参照) は高周波焼入の噴射水冷を中断し、マルテンパーリングと同じ原理により水冷中断後徐冷してマルテンサイト変態を徐々に進行させ、変態応力を軽減し焼割を防止する焼入方法であったが、マルテンパーリングの場合と異り、熱応力は除去されなかつた。なお焼入歪はマルテンパーリングと同じ原理によつて著しく軽減された。

今回の Self-quenching は Stop-quenching の逆の焼入方法であるが、高周波焼入の特性を生かして、鋼の

恒温変態の原理を利用した事には変りがない。乃ち、高周波加熱後直ちに水冷せず、一定時間放冷して後水冷する焼入方法である。此の場合変態応力よりも熱応力が軽減される。

高周波加熱の場合は被加熱物の表面のみが加熱されるのであるから、加熱を中断して放冷する場合、熱が中心部の非加熱に伝導し、冷却速度が全体加熱の場合よりは早い。したがつて適当なる放冷時間を選定して水冷を行うならば、比較的の高い硬度が得られ、且つ応力の軽減が可能となり、焼割防止に役立つと考えたのである。

Self-quenching と命名した理由は、放冷が可能であるという事が、特殊鋼の Self-hardening property (自硬性) と大いに関係があり、而かも完全なる Self-hardening では高い硬度が得られないので、放冷途中から水冷を行つて高い硬度を得るのであるから Self-quenching が適当ではないかと考えたのである。Stop-quenching と同様高周波焼入に限つて使用すべき術語としたい。海外の文献にはかかる焼入方法を行つた様子がないので、特に我々が命名した次第である。

### II. 実 験 結 果

試片の大きさは、直径 30mm, 厚さ 10mm であり、高周波加熱条件は 25 kW, 3.0 秒加熱であつた。試片の化学組成は下表の如し。

Chemical composition of specimens.

Steel	C	Si	Mn	Cu
Cr-Mo steel (A)	0.44	0.23	0.42	0.30
" (B)	0.35	0.32	0.48	0.20
Carbon steel	0.42	0.15	0.45	0.23

Steel	Cr	Mo	P	S
Cr-Mo Steel (A)	1.31	0.40	0.027	0.023
" (B)	1.19	0.28	0.024	0.017
Carbon Steel	0.10	—	0.027	0.016

いずれも前処理として真空中 850°C で 1 時間加熱後空冷を行い、結晶粒を微細化した。但し Cr-Mo 鋼の一部は炉冷後、700°C で 2 時間真空焼鈍した。

之等の試片を夫々同一条件で高周波加熱後、コイルに装置したままで放冷し、或る時間を経過してから噴射水冷を行つた。放冷時間と硬度との関係を Fig. 1 に示す。Cr-Mo 鋼はいずれも変態速度が遅いので 10 秒放冷しても、その硬度は瞬間水冷の場合と変らない。したがつて 10 秒以上は大體 20, 40, 80, 160 秒を 2 倍宛等比級数的に放冷時間を延長した。Cr-Mo 鋼 A 調質の硬

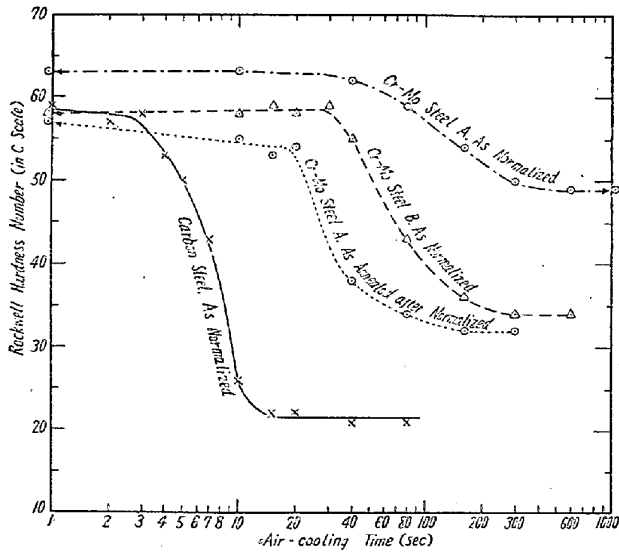


Fig. 1 Relations between air-cooling time and hardness.

度は放冷時間 40 秒以上から硬度が低下し、クロームモリブデン鋼 B 調質の硬度は放冷時間 30 秒以上、クロームモリブデン鋼 A 焼鈍の硬度は放冷時間 20 秒以上で硬度が低下している。

然るに炭素鋼は変態速度が早いので 10 秒も放冷するとその硬度は著しく低下している。したがって 10 秒以内の短時間放冷を自動制御装置を利用して実験した結果、3 秒以内の放冷では硬度が低下していない。3 秒も放冷すると、普通の全体焼入と異り、高周波表皮加熱の場合は赤熱状態を完全に去つて相当度が降下している。炭素鋼の高周波焼入では水冷の遅れを非常に心配する人が多いのであるが、上記の実験結果から見れば、その心配は全くないといえる。

以上 Fig. 1 の硬度曲線は硬化能曲線と大いに関係があるもので、曲線が左方にあるもの程変態速度が遅い事を物語る。Cr-Mo 鋼 A の焼鈍材の変態速度が比較的速いのは、結晶粒が粗く、高周波加熱により短時間でオーステナイト化される場合、炭化物の固溶が困難であり、それより低炭素の Cr-Mo 鋼 B の調質材よりも、変態速度が速いという結果になっている。いずれにしても相当長い時間放冷してから焼入を行つても硬度が下らない事は高周波焼入に見られる驚異的事実である。

焼入歪と放冷時間との関係は、硬度が低下しない範囲では焼入歪はむしろ増加の傾向がある。放冷時間が長く硬度が低下すれば焼入歪は当然減少してくる。

顕微鏡組織の詳しい事は幻燈によつて説明するが、硬度が下らないものは全く完全焼入組織となつている。硬

度が下れば不完全焼入組織が見られる。

残留応力と放冷時間との関係についてはクロームモリブデン鋼 A 焼鈍材について実験を行つた。調質材は空冷のみであり、それ自体の応力が若干存在すると思われるので、特に焼鈍材について行つたのである。試片のサイズは上記のものと全く同じであるが、応力測定のために中心に 16 mmφ の孔をあけた。高周波加熱条件は全く前と同じである。唯放冷条件は中心の孔によつて冷却速度が若干遅れる。したがつて Fig. 1 では 20 秒まで硬度が下らなかつたが、中心に孔のあいたものは 15 秒まで硬度が下らず、20 秒の放冷では硬度はかなり低下した。結局放冷時間 0, 10, 15 秒のものについて夫々残留応力を測定した。測定の結果は Fig. 2 に示す。

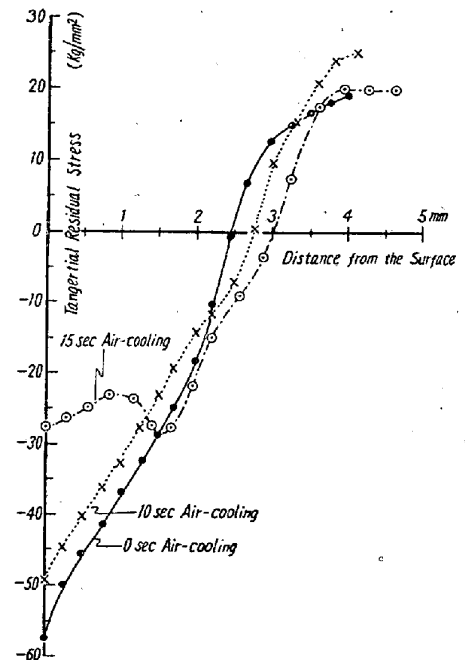


Fig. 2 Relations between air-cooling time and residual stress.

Self-quenching の応力除去の効果は Stop-quenching の如く顕著ではなかつたが、放冷時間 15 秒のものではかなり応力が軽減していた。したがつて焼割防止対策としては Stop-quenching 程著しくないが、或る程度は有効と考えられる。

### III. 結 言

Self-quenching は Stop-quenching 程 Strees relief の効果はないが、連続焼入の如く Stop-quenching が使用出来ない場合に、Self-quenching を行つて応力除去の目的に活用すればよいと考える。

副産物的に得られたる結果として、炭素鋼の如き変態速度の早いものでも、水冷を 3 秒遅らせて而かも硬度が

瞬間水冷の場合と変わらないという事は驚異的な事実である。したがって水の遅れを非常に気にしていた高周波焼入技術者にその心配がない事を知って頂きたい。

### (66) Timken 16-25-6 の高温機械的性質に関する研究 (I)

Studies on Mechanical Properties at Elevated Temperature of Timken 16-25-6 (I)

Taro Hasegawa, Lecturer, et alii.

住友金属工業K.K 製鋼所研究課

○工 長谷川太郎・落合 治・稲生 順一

Table 1. Chemical composition of the specimen tested.

Symbol	C	Si	Mn	P	S
T 8	0.07	0.65	1.82	0.014	0.024
Symbol	Cr	Ni	Mo	N	
T 8	15.92	24.88	6.72	0.150	

Table 2. Effect of solution-treating time on mechanical properties.

Heat treatment	Testing temp. (°C)	Yield point 0.2% (kg/mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Reduction of area (%)	Testing stress (kg/mm <sup>2</sup> )	Creep rupture hr
1150°C×1h water cooling	room temp.	40.8	85.4	29.0	31.4	25	187.9
750°C×25h air cooling	"	41.6	81.6	27.1	27.7	25	196.7
1150°C×10h water cooling	"	78.0	93.1	10.2	49.8	31.5	243.9
750°C×25h air cooling	"	84.0	97.7	13.0	49.8	31.5	316.9
1150°C×1h water cooling	650	24.2	49.6	33.8	32.8	—	—
700°C×13% H.C.W.	650	26.1	48.9	32.0	37.4	—	—
650°C×6h air cooling	650	53.1	60.1	5.2	15.8	—	—
1150°C×10h water cooling	650	57.1	66.0	5.4	22.2	—	—
700°C×18% H.C.W.							
650°C×6h air cooling							

Heat treatment	Creep rate (%/h)	Elongation at rupture (%)	Reduction of area (%)	Hardness before and after creep test		Impact value (kg/mm <sup>2</sup> )
				RB before test	RB after test	
1150°C×1h water cooling	0.0653	55.5	60.3	93	94	4.7
750°C×25h air cooling	0.0427	44.4	52.5	92	95	4.5
1150°C×10h water cooling	0.0139	9.3	27.5	104	106	5.9
750°C×25h air cooling	0.0052	3.3	4.8	103	109	9.6
1150°C×1h water cooling	—	—	—	—	—	11.5
700°C 13% H.C.W.	—	—	—	—	—	10.8
650°C×6h air cooling	—	—	—	—	—	11.9
1150°C×10h water cooling	—	—	—	—	—	12.4
700°C 18% H.C.W.	—	—	—	—	—	
650°C×6h air cooling	—	—	—	—	—	