

# タンガステン鋼の焼割れ原因と其の防止法

(日本鐵鋼協會第 15 回講演大會講演)

錦 織 清 治\*  
磐 城 恒 隆\*

## 目 次

1. 緒 言
2. 供試材料
3. 焼入条件と焼割れ発生状況
4. 化学組成と焼割れ発生率
5. 表面状態と焼割れとの関係
6. 常温加工と焼割れとの関係
7. 焼戻曲線による焼割れ原因の探求
8. 時効による マルテンサイトの分解と焼戻による硬度及び割れの變化
9. 焼割れの原因と其の防止策
10. 結 論

## 1. 緒 言

鋼の熱処理に関する理論は最近著しく進展し、従来一種の秘傳として不可解視されて居た多くの現象が科學的に説明され、是等の理論は直ちに實際作業に應用されて多大の成果を収めて居る、鋼の焼入に關聯して起る問題は主として硬化成績の不良、焼割れ、グラインデングクラック等である、焼割れの現象は定性的に取扱ふならば、比較的簡單であるが、是を定量的に取扱はんとすれば著しく難しい研究問題である、焼割れが鋼の取扱ひ者に取つて著しく重大なる問題であるに拘らず其の原因、防止法等について餘り研究結果のないのは上述の理由によるものと思はれる。

本研究は 2% 前後の W を含む數種の實用工具鋼の焼割れ原因を探求したものである、此の種の W 鋼は工具鋼として、或は小銃部品として古くから用ひられる鋼で優秀なる性能を有する特殊鋼である、特に V, Cr 等を含有する W 鋼は其の熱処理極めてデリケートにして、例へば焼入硬化成績良好なるものは焼割れを生じ易く、焼割れの生ぜざるものは硬化成績充分ならざるものが多い。

研究の結果此の種 W 鋼の焼割れ原因の主因をなすものは  $\alpha$  マルテンサイト  $\rightarrow$   $\beta$  マルテンサイトの變態による體積

\* 大同電氣製鋼所

收縮がそれで、特に他の特殊鋼に比すれば大である。

## 2. 供試材料

實驗に供した試材は第 1 表に示せる如き化学組成のもので大體次の 3 群に類別される D, E は V の代りに Mo を合金せるもので C 系のものと同種のものとして取扱ふ。

	C	Cr	W	V
A:	0.80~1.50	0.50~1.0	0.50~1.0	なし
B:	0.60~0.75	なし	1.8~2.4	なし
C:	0.75~0.90	0.25~0.50	2.0~2.5	>0.2

第 1 表

符號	C	Si	Mn	P	S	Cu	W	Cr	Ni	V
A	0.95	0.16	0.94	0.016	0.009	0.16	0.52	0.55	—	—
B-1	0.73	0.26	0.52	0.027	0.006	0.18	1.83	—	—	—
B-2	0.68	0.33	0.47	0.023	0.007	0.20	2.18	—	—	—
B-3	0.73	0.26	0.38	0.011	0.009	0.15	2.27	0.03	0.10	—
B-4	0.70	0.30	0.33	0.009	0.005	0.10	2.27	0.03	0.08	—
B-5	0.74	0.37	0.53	0.017	0.007	—	2.03	0.17	—	—
B-6	0.68	0.40	0.50	0.024	0.010	0.17	2.13	—	—	—
B-7	0.61	0.27	0.45	0.016	0.005	0.05	2.18	0.04	—	—
C-1	0.77	0.30	0.41	0.013	0.005	0.17	2.49	0.42	—	0.20
C-2	0.84	0.40	0.42	0.008	0.010	0.16	2.28	0.30	—	0.28
C-3	0.84	0.30	0.43	0.010	0.009	0.08	2.35	0.37	—	0.17
C-4	0.79	0.26	0.42	0.009	0.009	0.18	2.19	0.35	0.08	—
C-5	0.82	0.21	0.37	0.006	0.010	0.15	2.41	0.47	0.24	—
C-6	0.83	0.28	0.40	0.013	0.011	0.18	2.26	0.39	—	0.30
D	0.62	0.19	0.27	0.022	0.006	0.18	2.79	—	—	—
E	0.99	0.26	1.12	0.008	0.005	0.08	0.95	0.47	—	(Mo)0.27

## 3. 焼入条件と焼割れ発生状況

第 1 表 C-2 試料について第 2 表 1~11 の如き各種の条件下で焼入を行ひ、焼割れを検した、試片は径 13mm, 長さ約 10cm のものにして、黒皮の儘で各組 5 本宛同一操作の下で焼入を行つた、第 2 表に其の結果を示した。

焼入方法 1~11 は次に證明する如く大體工場に於て起り得ると思はれる諸条件下の焼入方法である、即ち

### 1: 焼入温度の影響

- a=880°C  
b=860°C  
c=840°C  
d=820°C
- 各々 20 min 間各温度に保持後(2)の方法により油中に焼入

第 2 表

焼入方法	焼入温度 °C	焼入液	焼入硬度(平均)			試片 總數	焼割 數	焼割 率 (%)
			B.H.D 押型直徑	B.H.N.	R.H.N.			
1-a	880	油	2'30	713	測定せず	5	5	100
b	860	〃	2'30	713	〃	5	5	100
c	840	〃	2'35	683	〃	5	5	100
d	820	〃	2'35	683	〃	5	5	100
2	〃	〃	2'30	713	〃	5	5	100
3	〃	〃	2'30	713	〃	5	5	100
4	〃	〃	2'30	713	〃	5	2	40
5	〃	〃	2'35	683	〃	5	3	60
6	〃	〃	2'35	683	〃	5	5	100
7	〃	〃	2'30	713	〃	5	5	100
8	〃	〃	2'30	713	58'0	5	2	40
9	〃	〃	2'30	713	58'5	5	5	100
10	〃	水	2'30	713	58'5	5	2	40
11	〃	10%食鹽水	2'30	713	59'5	5	0	0

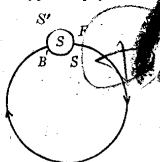
- 2: 試片をハシにて挟み油中に圓形に動かして冷却す
- 3: 試片を油中上下に動かす。
- 4: 急加熱 840°C, 20 min 保持, 油中焼入。
- 5: 徐加熱同上。
- 6: 加熱は普通に行ひ 840°C, 20 min 保持、焼入後充分冷却せざる時試片を取出し 5mm 鐵板上に置く。
- 7: 加熱焼入を 6 と同様に行ひ 1 本宛充分丁寧に油中に冷却す。
- 8: 加熱焼入を 6 と同様に行ひ、試片が 200°C 位になつた時、別に用意せる 200°C の油中にて 3hr 置く。
- 9: 加熱、冷却何れも 8 と同様にして、3hr 後試片を鐵板上に冷却す。
- 10: 加熱速度、温度、時間等何れも 6 と同じく水中に焼入す。
- 11: 加熱速度、温度、時間等何れも 6 と同じく 10% 食鹽水中に焼入す。

尚焼入後 2 日間に互つて焼入直後より 8hr の間 1hr 毎にロックウェル C 硬度を測定したが、硬度には何等變化は認めなかつた。

上記實驗から次の事實を知る事が出来る。即ち

1. 焼入れ温度は焼割れに大なる影響は及ぼさない。
2. 材料の油中に於ける動かし方も亦焼割れに密接なる關係を有するもので、試片 S を第 1 圖矢の方向に油中で廻せば F 面には常に油の供給がよく B 面には悪い、又試

第 1 圖



片の温度の高い間は B 面に煙が集まり殆ど油には直接に接觸せず、従つて試片の冷却は F 側面と B 側面に於て其の冷却速度を異にし、變態が同時に起らぬ故 SS' の部分に焼割を生ずる場合が多い。

3. 第 2 表 3 の如き焼入方法は試片の周圍に於ける冷却が均一で焼入操作としては 2 に比較すれば良存である。

4. 第 2 表 4, 5 の焼入方法は主としてオーステナイトの結晶粒の大きさの差異が焼割れと如何なる關係があるかを檢せんために行つたもので、結晶粒の大なるものが割れ易く小なるものが割れ難いと考へたからである、此の實驗では餘り明かではないが加熱時間を永くしたり、加熱温度を高めた場合何れも焼割れが著しいからオーステナイト結晶粒の大なるものが焼割れの入り易い事は事實である。

5. 第 2 表 6 の焼入方法は Ar'' 變態温度附近に於て部分的に冷却速度に差異を生ぜしめる様な操作で焼入作業としては好ましくない、7 の方法は充分丁寧に油中で冷却した場合で全く焼割れを防止する事は出来なかつたが割れる率は少い、8 及び 9 の方法は共に α→β 變化を焼入後充分行はしめたもので 7 と殆ど同程度の焼割れ率である。

6. 以上の實驗結果から考察すると C-2 系の鋼は焼入操作を充分行へば油焼入の場合焼割れ率を少なくする事が出来るが全く防止する事は出来ない、むしろ水焼入は 10% 食鹽水焼入の如き一層強烈な焼入方法を選んだ方が焼割れの防止が可能である。

#### 4. 化學組成と焼割れ發生率

前節に於て述べた處により焼割れの原因の大略を知り得たが、尙更に結果を確めるため第 1 表に示せる 16 種の材料につき第 2 表に示したる條件中最も冷却速度の早い食鹽水焼入と最も遅い油焼入とを選び焼割れの發生狀況を檢べた、焼入温度は 840°C に一定し、直徑約 15mm、長さ約 50mm の丸棒黒皮のままのものを用ひた。

結果は第 3 表に示す様で C 系のものが焼割れが生じ易く、B 系のものでは油中、食鹽水中何れでも焼割れは生じないが硬度は食鹽水焼入れの方が大であるから、後者の方が焼入方法としてはよい。

是等の結果を綜合するに焼割れ率は確かに油中焼入の場合より食鹽水焼入の方が少く、前節に述べた實驗結果とよく一致する。

寫眞第 1, 2 圖は C-1, C-2 の焼入後に於ける實體寫眞で、焼割れの發生狀況を示した。

#### 5. 表面狀態と焼割れとの關係

試片の表面狀況、主として脱炭或は酸化物が焼割れに如

第 3 表

試料 符號	主要化學成分				焼入液	焼割 數	ロックウエル硬度			焼割率 (%)	備 考
	C	W	Cr	その他			max	min	mean		
A	0.95	0.52	0.55	Mn 0.94	油 食鹽水	0 5	61.5 63.0	57.0 60.0	59.5 61.1	0 100	
B-1	0.73	1.83			油 食鹽	0 0	45.0 62.5	42.0 55.0	44.5 58.5	0 0	
B-2	0.68	2.18			油 食鹽	0 0	53.0 60.0	46.0 54.5	51.6 57.5	0 0	
B-3	0.73	2.27	0.03	Ni 0.10	油 食鹽	0 0	44.5 58.0	41.5 49.0	40.6 52.4	0 0	
B-4	0.70	2.27	0.03	Ni 0.08	油 食鹽	0 0	44.0 53.0	41.0 53.0	42.0 56.1	0 0	
B-5	0.74	2.03	0.17		油 食鹽	1 0	51.5 61.5	46.5 58.0	49.1 59.5	20 0	
B-6	0.68	2.12			油 食鹽	0 5	58.0 63.0	55.0 55.0	57.9 58.6	0 100	
B-7	0.61	2.18	0.04		油 食鹽	0 0	42.5 59.0	39.5 54.5	40.5 57.1	0 0	
C-1	0.77	2.49	0.42	V 0.20	油 食鹽	5 0	64.0 61.0	60.0 57.0	62.4 58.0	100 0	
C-2	0.84	2.28	0.30	V 0.28	油 食鹽	5 (5)	64.0 62.0	62.0 58.0	63.1 60.0	100 (100)	{ 硬度測定後其の押 痕より割れたり
C-3	0.84	2.35	0.37	V 0.17	油 食鹽	5 3	65.5 63.0	60.0 57.0	63.4 59.5	100 60	
C-4	0.79	2.19	0.35	Ni 0.08	油 食鹽	5 5	64.0 63.2	59.2 58.4	62.6 60.3	100 100	
C-5	0.82	2.41	0.47	Ni 0.24	油 食鹽	5 0	63.0 60.5	56.0 57.5	57.9 58.7	100 0	
C-6	0.83	2.26	0.39	V 0.30	油 食鹽	5 0	62.5 62.0	60.0 60.0	61.1 61.4	100 0	
D	0.62	2.79			油 食鹽	0 0	45.5 62.0	41.5 60.0	43.8 61.8	0 0	
E	0.99	0.95	0.47	Mo 0.27 Mn 1.12	油 食鹽	5 (5)	63.0 62.5	60.0 57.5	61.8 60.1	100 (100)	{ 硬度測定後その押 痕より割れたり

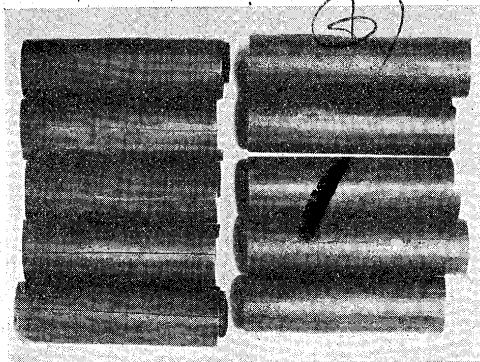
稍々不定で相互關係を見出し得ず、従つて表面状況及び試片の直徑の大小等は焼割れには決定的の影響を與ふるものではなく、最も大なる影響を與ふるものは冷却速度で此の種のタングステン鋼の焼割れ原因に關する著者の見解の妥當である事が解る。

6. 常溫加工と焼割れとの關係

焼割れに關係するものに脱炭層、スケール等の外に至がある、即ち常溫加工と焼割れとの間に如何なる關係があるかを檢するため次の如き簡單なる實驗を行つた。試片は次に示す如き寸法に仕上げを行ひ脱炭層及びスケールを除きたる後長さの方向に一直線上に 5 mm 置きに自動ポンチに

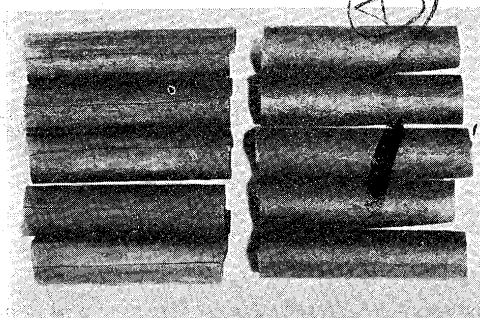
寫眞 第 1 圖

油中焼入 食鹽水中焼入



寫眞 第 2 圖

油中焼入 食鹽水中焼入



何なる影響

を有するやを知るため次の如き實驗を行つた。實驗結果は第 4 表に示す如し。試片の直徑は 20, 15, 10 mmφ とし、表面状況は表示した如く 4 種を選び油及び食鹽水焼入を行つた、結果は

第 4 表 試料の徑及び表面状況の焼割れに及ぼす影響

試料 符號	試料 徑 (mm)	焼割れ數 (5 本の中)				黒皮のまま (前回の實驗)	
		酸洗後 焼入	エメリーに て黒皮剥 離後焼入	旋盤にて 1mm 削除	旋盤にて 2mm 削除	油	食鹽水
C-1	20	0	0	0	0	5	0
	15	5	1	0	0		
	10	5	5	0	0		
C-3	20	—	—	—	—	5	3
	15	4	3	2	2		
	10	5	5	0	2		
C-4	20	5	5	0	1	5	(5) 硬度測定 後割れる
	15	0	1	2	0		
	10	5	5	0	2		

焼入操作 約 600°~650°C 迄徐豫熱炭素粉末を充填せる 840°C の爐中に装入 15 min 同溫度に保持後油中に焼入す。(黒皮のままのものは豫熱、脱炭防止の操作を行はず)

依り加工度の略々等しい穴を 10ヶあけた、次に脱炭を防止して 650°C 豫熱後 850°C より油中に焼入を行つた。其の結果は第 5 表に示した様である。

是等の試片は更に數ヶ月後割れの有無を檢べたが第 5 表の結果と變化はなかつた、即ち普通常識的に至の著しいものが割れる様に考へられて居るが上表の結果からみると至

第 5 表

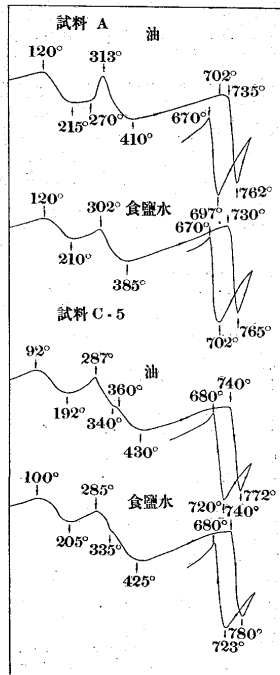
試料片 符 號	試片徑 (mm)	試片長さ (mm)	試片 數	割れ た數	割れ た率	備 考
C-3	10	50	5	0	0	
	20	50	5	0	0	
B-7	15	50	5	0	0	
	20	50	5	0	0	
C-1	10	50	5	2	40	ボンチ穴の反対側より割れた
	15	50	5	0	0	

も亦焼割れの第一次的原因ではない様である。

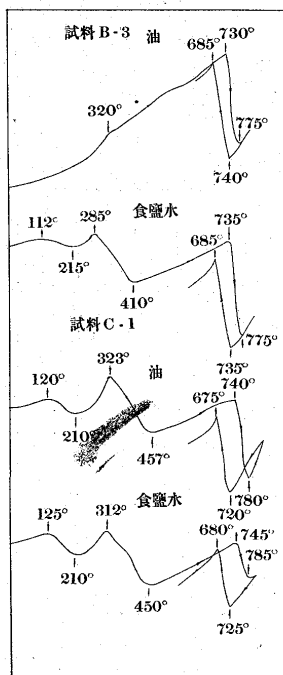
### 7. 焼戻曲線による焼割れ原因の探求

以上の諸実験によつて焼割れの機構の大略と其の防止法を稍と究める事が出来たが、更に是等の見解を確める爲め佐藤式焼入試験機及び本多式示差膨脹計によつて焼入曲線及び焼戻曲線を求め、是により焼入に際して起る Ar'' 變態、焼戻に依る α マルテンサイト → β マルテンサイトに依る體積の變化、オーステナイトの分解による體積膨脹の様等を調べた、第 2, 3 圖に是等の曲線中代表的なものを

第 2 圖



第 3 圖



示した、即ち焼戻曲線に於ては油焼入及び食鹽水焼入の何れの場合も 90~150°C で大なる體積收縮が現はれて居る、此の變化が α → β に基くもので、曲線の傾向から食鹽水焼入のものが油焼入のものより α マルテンサイトが多い事は確である。

又油焼入によるも、食鹽水焼入によるも焼割れの生じなかつた材料(第 3 圖 B-3)の焼戻曲線には此の種 α マルテンサイト → β マルテンサイトの變化に基く體積收縮量は少い、此の事實も亦タンガステン鋼に起る焼割れの主要原因

が α マルテンサイト → β マルテンサイトに起因する體積收縮により惹起する歪によるものとする著者の見解を積極的に裏書する一つの事實である、又 350°C 附近からの收縮は β マルテンサイトの分解に起因し 300°C 附近からの膨脹はオーステナイトの分解に歸すべきは説明する迄もない。

第 6 表に是等焼戻曲線上に現はれた變態點を其の代表的なるものについて表示した。

第 6 表 焼入曲線及び焼戻曲線上に表はれたる變態點

(焼入曲線：佐藤式焼入試験に依る)  
(焼戻曲線：本多式膨脹計に依る)

符號	焼入液	焼入曲線 Ar''	焼戻曲線に表はれたる變態點 (°C)								
			收 始 (始)	膨 收 (始)	折 點	收 終 (終)	Ac <sub>1</sub>	Ac <sub>2</sub>	Ar <sub>1</sub>	Ar <sub>2</sub>	
A	食鹽水	@ 400	120	210	302	385	735	765	670	702	
	油	@ 120	120	215	313	410	735	762	670	697	
B-3	食鹽水	@ 450	112	215	285	410	735	775	685	735	
	油	—	—	—	—	—	730	775	685	740	
B-6	食鹽水	400-500	135	200	300	425	735	785	685	735	
	油	@ 150	125	205	310	430	740	780	680	725	
C-1	食鹽水	—	125	210	312	450	745	785	685	725	
	油	110	120	210	323	457	740	780	675	720	
C-5	食鹽水	—	100	205	285	335	425	740	780	680	
	油	150	92	192	287	350	430	740	775	680	
C-6	食鹽水	—	107	185	280	420	737	780	675	725	
	油	160(再) 110	125	220	307	435	740	775	685	723	
D	食鹽水	—	135	210	282	420	735	780	680	735	
	油	180	130	210	280	450	735	775	675	740	
E	食鹽水	—	140	210	280	315	425	735	770	640	
	油	110	120	197	275	307	430	735	765	650	

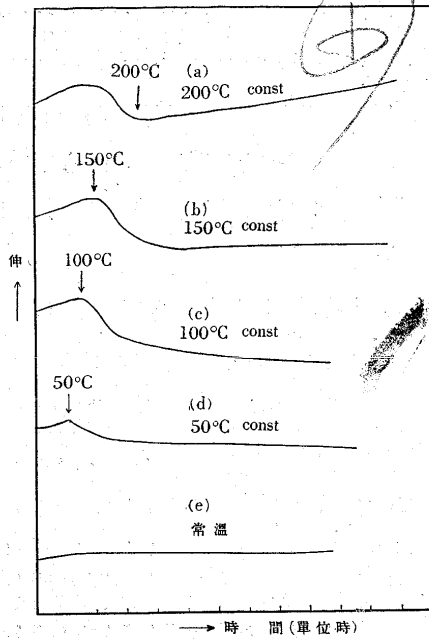
### 8. 時効による α マルテンサイトの分解と焼戻による硬度及び割れの變化

上述した處によると α マルテンサイト → β マルテンサイトの變態に伴ふ體積變化と焼割れとの間に密接なる關係の存する事が解る。

此の種の現象を更に詳細に檢せんため次の様な實驗を行つた、即ち直徑 5mm、長さ 70mm の試片を佐藤式焼入試験機で油冷直後出来るだけ速かに是を示差膨脹計に取付け所定の溫度迄上昇せしめ、以後同溫度に長時間一定に保持し、長さの變化を測定して間接に α マルテンサイト → β マルテンサイトの變態の進行を觀測した、實驗は 200°C、150°C、100°C、50°C 及び室溫で行つた。第 4 圖は試料 C-2 について上述の如き測定を行つた結果で、曲線 a は常溫から 200°C 迄普通の示差曲線に示す様に縦軸に長さの變化、横軸に溫度を採り 200°C に達した後は溫度は一定となし、横軸に時間を示した、曲線 b, c, d は何れも同様な意味を持つものである、即ち是等の曲線より窺ひ得る事は次の様な事である α → β 變化は 200°C 迄加熱すれば完全に終

24 x 28 = 672

第 4 圖



了して居る、同温度に更に長時間加熱するとオーステナイト→βマルテンサイトの變態が進行し時間の経過に従ひ試片は膨脹する、b 曲線は 150°C 時効の場合で普通加熱速度 (1°C/3min) で同温度迄加熱しただけでは α→β 變態は未だ

然し最初の 2, 3hr の間に於て、此の温度で變態し得るものの大部分が變態してしまふ事は曲線から明かである、曲線の傾向から見ると α→β 變態が A<sub>1</sub>, A<sub>3</sub> の如き普通の Phase change ではない事は明かである、是等の事實は又焼割れが焼入後 2, 3hr の間で非常に出来易く、又稀に數日後或は數ヶ月後に起る事を説明し得るものである。

又焼割れと焼戻との關係を知らんがため第 3 節に於て述べた焼入方法 6, 8, 11 により試料 C-2 を各組 5 本づつを 100~650°C 間 50°C 毎に 2hr 焼戻を行ひ後空冷後硬度と焼割れの様子を調べた、硬度測定の結果は第 7 表の様である、焼割れは 6, 8 の組のものは既に焼入當時發生して居たもので、200°C 以上の焼戻の場合は此の割れは一層大きくなつた、焼入方法 11 のもの即ち割れの生じて居なかつたものは、上述の何れの温度に焼戻を行ふも更に割れる様子はない。

完了しては居ない 150°C で時効すると大體 2~3hr で殆ど此の種の變態は完了する 100°C, 50°C では吾人が實驗した程度 (最長 24hr) では α→β 變態は完了はしない、

9. 焼割れの原因と其の防止策

上述の實驗結果から此の種の W 鋼の焼割れ原因は加熱

第 7 表

硬度	焼入操作	焼戻温度												
		100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C	450°C	500°C	550°C	600°C	650°C	
6	11	57.0	57.5	56.0	55.0	53.0	51.0	49.5	47.0	45.5	45.0	45.0	41.0	
		58.0	57.5	56.5	56.0	53.0	51.5	49.5	48.0	47.0	46.0	45.0	42.0	
		56.0	56.0	56.0	54.0	52.0	50.5	49.5	47.0	47.0	43.0	44.5	41.0	
		57.0	57.0	56.0	55.0	53.0	51.5	50.0	47.5	47.0	46.0	44.5	41.0	
		55.0	55.0	56.0	56.0	53.0	51.0	48.5	47.0	46.0	45.0	43.0	41.0	
	12	56.5	56.0	55.5	54.0	53.5	52.0	49.5	47.5	45.0	45.5	44.0	40.0	
		57.0	56.0	57.0	55.0	53.0	52.5	49.0	46.0	46.5	45.5	44.0	41.0	
		57.0	56.0	55.0	55.0	53.0	52.0	49.0	47.0	46.5	44.5	44.0	41.5	
		57.0	56.0	55.0	54.0	53.0	52.0	50.0	47.0	46.5	45.0	43.0	41.5	
		57.0	56.0	55.0	55.5	55.5	53.0	50.0	48.0	46.5	45.0	44.0	41.5	
	8	26	57.0	56.0	57.0	56.0	53.0	51.0	49.0	47.0	47.0	46.0	45.0	41.0
			57.5	58.0	56.0	54.0	55.0	52.0	49.0	48.0	47.0	45.5	45.0	42.5
		27	56.5	56.5	56.0	55.0	53.0	52.0	49.5	47.0	45.0	44.0	43.0	41.0
			58.0	57.0	55.0	55.0	53.5	50.0	49.0	47.0	45.5	44.0	44.0	41.5
		28	57.0	56.0	54.5	54.0	53.0	52.5	49.0	47.5	46.0	44.5	43.0	41.0
58.0			58.0	56.0	56.0	54.0	51.5	50.0	48.5	45.0	45.0	44.0	41.0	
29		56.0	57.5	55.0	55.0	53.0	52.0	49.0	48.0	47.0	46.5	45.0	41.5	
		57.0	58.0	57.0	54.0	54.5	52.0	50.0	47.5	47.0	45.0	45.0	42.0	
30		57.5	56.0	57.0	56.0	54.0	52.0	50.0	46.0	46.5	45.0	44.0	41.0	
		56.0	57.0	55.0	55.0	55.0	52.0	49.0	48.0	47.0	45.0	44.0	40.0	
11	34	58.0	58.0	57.5	56.0	53.0	51.0	50.0	47.5	47.0	46.0	45.0	41.0	
		60.0	59.5	58.0	57.0	55.0	51.5	49.0	48.0	46.0	46.0	45.0	42.0	
	35	59.0	58.0	56.0	56.0	53.0	51.5	49.5	47.0	47.5	47.0	45.0	40.5	
		60.0	58.5	57.0	55.0	54.0	53.0	49.0	47.5	47.5	45.5	45.0	41.0	
	36	58.0	57.5	56.0	57.0	53.0	52.0	49.0	47.0	46.0	45.0	44.0	40.5	
		59.0	58.0	55.0	55.0	54.0	52.0	49.0	46.5	46.0	45.5	45.0	40.5	
	37	58.0	58.5	57.0	55.0	54.0	51.5	49.0	47.0	47.5	46.0	45.0	41.0	
		59.0	59.0	57.0	56.0	54.0	50.0	49.5	47.5	47.5	47.0	45.0	41.5	
	38	60.0	58.0	58.0	55.0	55.0	51.0	50.5	47.5	47.0	47.0	44.0	41.0	
		60.5	60.0	57.0	56.0	53.0	51.0	49.0	48.5	47.5	46.0	45.0	40.5	

温度、加熱速度、焼入操作等が主要原因ではなく αマルテンサイト→βマルテンサイトの變態に伴ふ體積收縮に起因する歪力に原因するもので、其の割れの生ずる機構は次の様に説明する事が出来る、即ち油焼入の如き冷却速度は丁度 αマルテンサイトになるか βマルテンサイトになるかの臨界冷却速度 (critical cooling rate) で、比較的冷却速度の大なる外周部には、中心部に比して αマルテンサイトの發生量が多い、而して焼入瞬間に於ては試片の軸方向にも伸縮し得るから αマルテンサイトと βマルテンサイトの比容積の相違から生ずる歪の大部分は軸方向の伸縮により除かれ、直徑方向に於ける歪は著しく大ではないとす

る、此の際周邊部の $\alpha$ マルテンサイトが焼入後の熱により分解せらるゝならば周邊部の収縮量は中心部のそれより大でなければならぬ、著者は此の収縮に起因する歪力によつて割れるものとの見解を有するもので、定量的測定が無いのを遺憾とするが吾人が工場に於ける數多の経験からも、上述の如き見解の正當である事を信するものである、従つて其の防止法は試片の内外に於ける $\alpha$ マルテンサイトの量を均等ならしめる事が大切で、其の方法として二つの相反する方法がある、即ち更に冷却速度を緩徐ならしめ $\alpha$ マルテンサイトの發生の餘地なからしむるか、又は反對に一層冷却速度を早め中心部にも $\alpha$ マルテンサイトの多量を發生せしむるかである、前者の方法が最も正常なる方法の様に思はれるが、著者の行つた實驗の範圍内では最もトラブルの多いC系の鋼に於ては割れない程、冷却速度を低下せしむれば硬度が出ない、最も容易に焼割れを防止し得る方法は一層冷却速度を早むる方法で、吾人は10%食鹽水焼入を選んだ、其の結果の好成績であつた事は既に前述した處である。

## 10. 結 論

W 2% 前後を含有する實用 W 鋼について焼割れの原因を研究した、Cr, V等を含有する此の種 W 鋼は其の熱處理が著しく困難である、此の種の W 鋼で焼入硬度ロックウエル C 60 以上のものは特に焼割れの率が多い、此の種の鋼の焼割れの主なる原因は $\alpha$ マルテンサイト $\rightarrow$  $\beta$ マルテンサイトの變態に伴ふ體積収縮で脱炭層、スケール等に起因するものではない、スケールが原因する事は事實であるが、其の熱傳導率の悪いため冷却速度の緩くなるためで間接的原因である、常溫加工の影響も餘り著しいものでなく、此の種 W 鋼の焼割れ的主要原因は $\alpha$ マルテンサイトと $\beta$ マルテンサイトの比容積の著しい違ひのため 100°C 附近に於ける $\alpha$ マルテンサイトの分解に伴ふ歪である。

本研究の發表を許可せられたる株式會社大同電氣製鋼所に對し深く感謝の意を表はす。

(名古屋、株式會社大同電氣製鋼所研究部に於て)

**燒鈍黑板の磁氣的剝離装置** (人力に比し 1/3 の作業費減) (“Steel” June 29, 1936 P. 54 抄譯) ブリキ工場作業に於て燒鈍後黑板を手で剝離することは非常に骨の折れる仕事で其の上費用がかかる。此の剝離作業に従事する剝離工は板の燒鈍温度にも依るが 28 人—交代 (8 時間) に—山の高さ 72" から 140" 位迄の黑板を引き離し得る程度である。高温の燒鈍は最も望ましいことではあるが然し板のへバリ付きが非常に増加する。此の場合職工は不淨得積み重ねた燒鈍板を 16lbs の大鎚で打ちたゝいて剝離するので生産率は減殺される。

そこで此の剝離作業に於ける勞力を省く爲め板を急速に上げ下し横滑り運動を與へへバリ付いた板を分離せしむる彎曲面を持つたマグネットが發明された。磁力に依つて多くの燒鈍板が凹面のマグネットに吸ひ付けられる時は板は相互に曲げられ恰も一組のカルタが曲げられる時のカード相互の動きに似てゐる。マグネットは徑 29 1/2" で板を吸ひ付ける面は V 形になり中央は周圍より約 1 吋高くなつて居る。

或るブリキ製造業者の見積に依ると此のマグネット 2 個を以てすれば現在の 28 人に對し 18 人の剝離工で 8 時間に高さ 2,800" の黑板の山を剝離することが出来る。其の上作業に骨が折れず賃銀率はよくなり作業費は少くとも 1/3 を減ずるものと見られる。此の黑板の磁氣的剝離設備はクリーブランドの Ohio Electric Mfg. Co. で製造される。(日本製鐵參考資料第 3 卷第 5 號より轉掲)

**燃料消費の節減** (“Steel” June 29, 1936 P. 54) オハヨ州の或る製鋼工場の實驗に依れば平爐作業に於ては平爐の屋根に 15" 厚きの耐火粘土煉瓦を用ゐるこれを 4 1/2" の絶縁層を以て覆ひ且龜裂を完全に土灰 (Slurry) で填充すれば爐熱を充分に保持することが出来ると云はれて居る。(日本製鐵參考資料第 3 卷第 5 號より轉掲)

**機關車に強靱な輕鋼の使用** (“Steel” May 4, 1936, P. 60) 機關車製造業者は從來機關車の構枠 (フレーム) や其他の運動しない部分は或種の降伏點の高い強靱な低合金鋼で造つて居つた。然るに最近の傾向として機關車の運動する部分を強靱な材料で造り重さを軽くするやう設計の立て直しをする様になつて來た。かかる傾向は今後一般に一般機械の運動する部分の設計に、一層新しい合金で降伏點の高い強靱な鋼の使用を助長し其の結果一般機械の作業能率は増進されることにならうと信ぜられて居る。(日本製鐵參考資料第 3 卷第 5 號)

**ブレーキ胴用の鑄鐵** (“Steel” May 4, 1936 P. 60) 鑄鐵ブレーキ胴の製造業者はこれが材料に Cr 0.15 乃至 0.25% と Ni 0.07 乃至 0.15% を含む地金を用ひて居る。

ブレーキ胴鑄物はブリネル硬度 187 乃至 228 を示し其のブレーキ面は成績優秀と言はれて居る。(前同)

**平爐作業に於ける空氣の浸透防止に土泥の使用** (“Steel” July 13, 1936 P. 57) 某製鋼工場で平爐の膨脹から來る龜裂を耐火セメントガンを用ひて次から次へと絶へず充填して行く職工班を設け爐内に空氣の侵入を最小に止め爐の保温に就き有効な結果が得られた事を報じて居る。—製鋼工場に於て好適とされて居る龜裂充填劑は珪砂八車 (8 wheel barrow loads) ポートランドセメント 6 袋とゴラック (Goulac) の名で市場に賣られて居る有機物の結合劑半袋とから成立つて居る。是等を乾狀のまま混合してホースでセメントガンのノズルに運びそこで水を加へて所要の濃度にする。此の土泥 (Slurry) はスラグ溜、ファンテール (Fan tails) 焔道、爐の隅々及蓄熱室の天井に於ける空氣の侵入防止に用ひられる。(日本製鐵參考資料第 3 卷第 5 號)