

剪 断 機 双 先 の 製 造 に 就 て

(日本鐵鋼協會 第10回講演大會講演)

黒 瀬 彌*

THE MANUFACTURE OF SHEAR-BLADE.

Wataru Kurose.

SYNOPSIS:—Up to this time shear blade is generally made of oil-quenched high carbon steel. The most difficult treatment of this work is hardening process. In the case of quenching of it, long and flat section, there results a strain of heat treatment especially at A₁ transformation point. To lessen this strain it must be heated uniformly in hanging state, and immersed in oil-bath slowly and straightly. For this purposes we designed the vertical electric resistance furnace. But now there is a tendency of using special steel instead of high carbon steel. The most favourable material for shearblade of least strain, proper hardness and long life is self-hardening steel.

The chemical composition of it is as follows:

C	Mn	W	Cr
0.8-1.00%	1-2%	1%	3.5-4.5%

This special steel has an excellent property of self hardening, 500-600 B.H.N. only by air cooling, so there is no need of oil quenching.

- I 概 要
- II 双先鋼の材質撰定
- III 直立式電気抵抗爐の構造及焼入装置
- IV 双先の歪矯正方法

I. 概 要

壓延作業を終へたる鋼材は直ちに鋸断若しくは剪断に依つて所要の形式寸度のものに整頓せられ初めて市場に出づるものである。

鋼材壓延用としてのロール製法及び其材質に關する研究は近來長足なる進歩を來し壓延作業の種類に應じ各種のものが製作せらるゝに至りしは誠に喜ばしき事柄である。

然るに壓延作業の附屬機械として缺ぐ可からざる剪断機の双先製造に關する文献並に之れが研究發表はあまりに僅少ななる感がある。

八幡製鐵所に於ては双長 1,000 mm 以上の鋼板用剪断機 30 餘臺を有し從來は之等双先の殆んど全部が外國製にし極めて高價なるにも拘はらず輸入の止むなき状態なりしか大正 10 年頃よりこれが自給自足の目的を以つて研究に着手し大正年 13 年ニクロム線の製造に成功せしを以つて之れを使用し直立式電気抵抗爐を建設し双先全長に等齊なる加熱を加ふる方法を考案し双先製造の第一步を完成せり爾來全く輸入の必要なきは勿論のこと所外よりの注文にも應じ來たり、長崎三菱造船所に於て製鐵所製双先を使

用せられたる結果に就き報告によれば優秀なる成績を示しつゝありと聞く。

剪断機双先の製造工程を大別すると次の 5 作業となる。

- 第 1 鍛成作業 第 2 焼鈍作業 第 3 成形作業
- 第 4 熱處理作業 第 5 研磨作業

本講演に於ては主として第 4 作業に屬する焼入及び焼戻し即ち熱處理に就き製鐵所にて經驗したる事柄の概要を發表せんとするものである。

鋼板用剪断双先は其の長さ少なくとも 1,000 mm 以上にして製鐵所第二厚板工場に設置しあるものゝ如きは全長 153 吋と稱せられ双長約 4,000 mm に達するものである、此等双先を焼入する場合に全く歪を生ぜぬ様に行ふ事は出来ない。歪を生ずる原因を列挙すると

- 1 不均一なる加熱に基くもの
- 2 扁平なる斷面を有し細長きこと
- 3 剪断縁 Sheared edge 突起せる爲め特に Single edge なる場合
- 4 加熱冷却の場合に於ける膨張收縮に基くもの
- 5 A₁ 變態前後に於ける異常なる長さの變化
- 6 赤熱せる双先の焼入槽に投入する方向如何
- 7 双先鋼質如何

以上の如き各種の原因が合成して歪を誘發するものである此等歪の發生を出來得る限り免かれんが爲めには双先焼入の場合に第一條件として全長に涉り均一なる加熱を施さねばならぬ。

斯かる目的に對しては直立式電氣抵抗爐を使用するが最も適當である。

八幡製鐵所に於ては内徑 500 mm 爐長 5,500 mm の直立式圓筒型電氣抵抗爐を建設し、双先を爐中に釣し適宜に回轉しつゝ均一なる加熱を與ふる方法に成功せり。

從來の剪斷機双先の材質は高炭素鋼に屬し輸入品につき試験せるに $C\ 0.80-1.00$ 級のものに油焼入を施し B.H.N. 400-450 のものが一般に使用せられ居るを以つて本所としても此れに等しきものを製作せり。然るに近來は特殊元素を含むものを希望する傾向あり殊に薄物剪斷用としては硬度高く壽命の永き事を要求し高炭素鋼は漸次に驅逐され、次の如き成分を有する特殊鋼に置換せられんとしつゝあり。

$C\ 0.80-1.00\%$, $Mn\ 1-2\%$, $W\ 1.00\%$, $Cr\ 3.5-4.5\%$

この種の特殊鋼は $900^{\circ}C$ 以上の溫度迄加熱し單に空中放冷に依つて B.H.N. 500~600 となり殊更油中焼入等を施す必要なく所要の硬度となし得るを以つて歪を生じたる場合と雖も空中放冷に際し $400^{\circ}C$ 附近迄溫度の降下したる場合に歪を除去しつゝ冷却を行ふ事が出来る故に双先製作工程の難關たる歪の除去法が極めて容易であると同時に B.H.N. 500~555 の状態として完全に眞直なるものが得られるから將來はこの程度の材質を有する双先が推賞せらるるに至るであらう。

II. 双先鋼の材質の選定

剪斷作用を検するに被剪斷物は Shearing force を受け双先は Compressive force を受ける事になる被剪斷物の厚さの増加に正比例して双先は強大なる壓力を受けるものである故に剪斷せらるゝ鋼板の厚さの増大と共に双先も益々厚くせねばならぬ。

双先鋼は輸入品の分析結果を見るに殆んど全部が高炭素鋼に屬し特殊元素を含有するもの稀なり。特殊の用途のものとしては製鐵所堂山製鐵工場に設置あるものゝ如きは次の分析成分のものであつた。

C	Si	Mn	Cr	Cu
0.65	1.45	0.48	1.00	0.85

双先試作に當り製鐵所に於ては最初は炭素含有量 $0.80-1.00\%$ 級のもの即ち Eutectoid steel に就き研究をなし續いて次に示す様な順序にて特殊元素を含有するものゝ研究に及べり。

双先の焼入硬度高きに失する時は最も弱所であるボール

ト孔を通じて折損し又は双先の一部に『双カゲ』を生じ廢棄せねばならぬことあり。然れどもあまりに硬度低き時は磨滅焼付き等生じ易く結局壽命を短縮する結果となる。(第 1 圖參照)

双先鋼 5 種の比較

1. $C\ 1\%$ 鋼、厚さ 25 mm 以上のものは油中焼入により B.H.N. 444 以上となすこと困難なり水中焼入 ($30^{\circ}C$ 湯中) によれば B.H.N. 500~555 となし得れ共双先脆くして且つ歪を生ずること大なる爲め矯正困難なり。

2. Tungsten steel $C\ 0.60-0.75\%$, $W\ 2-2.5\%$ の成分を有する鋼は油中焼入により B.H.N. 500 以上に達せしめ得ざるも双の厚さ 30 mm 以上に於ても B.H.N. 444 を示し炭素鋼より優秀である。

3. Chrome steel $C\ 1.00-1.20\%$, $Cr\ 1.2-1.5\%$ のものは双の厚さ 25 mm にて油冷により B.H.N. 600 以上に達し多少脆性多き爲め薄物用には適せざるも厚さ 40 mm 以上の双先とし油冷にて B.H.N. 500 を得ること容易にして厚板剪斷機用双先としては B.H.N. 450 迄焼戻を施す時は最も優秀なり。

4. Nickel Chrome Steel $C\ 0.40-0.50\%$, $Ni\ 4.5-5.5\%$, $Cr\ 1-2\%$ を含むものは空中放冷により B.H.N. 500 以上に達し断面大なる双先にても充分硬化する。然るに重り (lap) 部分が焼付き磨滅し易き傾向あり。

5. Tungsten Chrome Steel $C\ 0.80-1.00\%$, $Mn\ 1-2\%$, $W\ 1\%$, $Cr\ 3.5-4.5\%$ この種の $W-Cr-Mn$ 系合金鋼は自硬鋼 Self-hardening Steel に屬し厚さ 60 mm 以上の双先と雖も $900^{\circ}-950^{\circ}C$ より空中放冷により B.H.N. 600~652 のものが得られ靱性に富み最も理想に近いものなり。

第 1 表 焼入溫度と硬度との關係

加温熱度 (保定約 30分間)	硬度		
	W-Cr Steel	C 1% Steel	C 1% Steel
	空中放冷	油中冷却	水中冷却 $30^{\circ}C$
軟化のまゝ	235	179	—
$700^{\circ}C$	248	179	179
750	241	302	713
800	302	387	682
850	477	444	682
900	600	444	555
950	652	430	512
1,000	652	418	—
1,050	627	387	—

今回は以上の内特に 1 及び 5 に屬する C 鋼及び W-Cr 鋼の 2 種に付き兩者の特徴を比較せんとするものである (第 1 表參照)

第 2 圖は焼入の場合に於ける焼入溫度と硬度との關係を表す特性曲線である。

材質	冷却法	最高硬度となる温度	最高硬度 B.H.N.
C1%鋼	水中 30°C	750~ 800°C	713
"	油中	850~ 900°C	444
W.Cr 鋼	空中放冷	950~1,000°C	652

C 鋼は油中焼入に依つて最高硬度 B.H.N. 444 以上には昇らない、水焼入によれば B.H.N. 600 以上に達すれど著しく歪を生じ又焼割を生ずる危険を伴ふ。

第 2 表 焼戻温度と硬度との関係

焼戻 温度 (°C)	硬 度		
	W-Cr Steel 920°C 空 中放冷せ しものよ り	C 1% Steel 850°C 油 中焼入せ しものよ り	C 1% Steel 750°C 水 中冷却せ しものよ り
焼入のまゝ	652	444	682
200	627	444	652
300	578	444	555
400	555	444	477
450	512	418	418
500	477	364	—
600	402	300	—
700	286	225	—

W.Cr 鋼は 900 °C 以上に加熱すれば空中放冷にて B.H.N. 600 以上となる、然し加熱度高き爲め電気爐のニクロム線の壽命を短縮する恐れあり。高炭素鋼は

如く其焼戻温度と硬度との関係を表す特性曲線を見るに油中冷却のものは 400°C 迄は焼戻による硬度の降下なきも水中冷却の方は焼戻温度の上昇と共に著しく硬度を減じ 450°C 附近に於て兩曲線は一致して来る。

W.Cr 鋼は焼戻に於て硬度降下するも高炭素鋼を水焼入した場合程著しくはない。250°C 以上の焼戻に於ては W.Cr 鋼の方却つて硬度高きものが得られる

第 4 圖及び第 5 圖は W.Cr 鋼の冷却速度と硬度との関係を表はしたるものである。曲線 A.B.C.D.E. F は何れも 75mm 立方體の試料に對する中心部の温度を測定したるもので厚さ 60mm 以上の刃先に就き實驗したる結果と一致して居る。圖表に依つて明かである通り空中放冷に依つて E の如く B.H.N. 600 を得る事は容易である。顯微鏡寫眞によつて見るに寫眞圖 1~6 の如く炭素鋼は油中冷却に依つてマルテンサイト顯れずツルースタイトである。又 200~350°C に焼戻したる場合も油冷其儘と大差なくツルースタイトである。

W.Cr 鋼は空中放冷によつてマルテンサイト組織である。

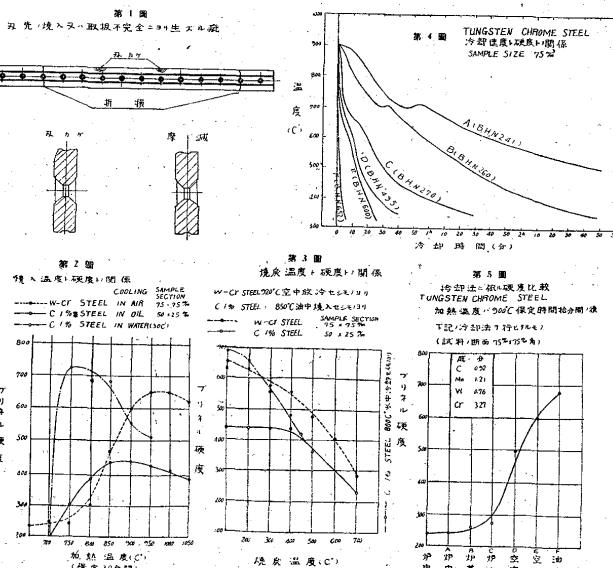
III. 直立式電気抵抗爐の構造及焼入装置

第 6 圖は焼入装置の略圖にして主要部分として

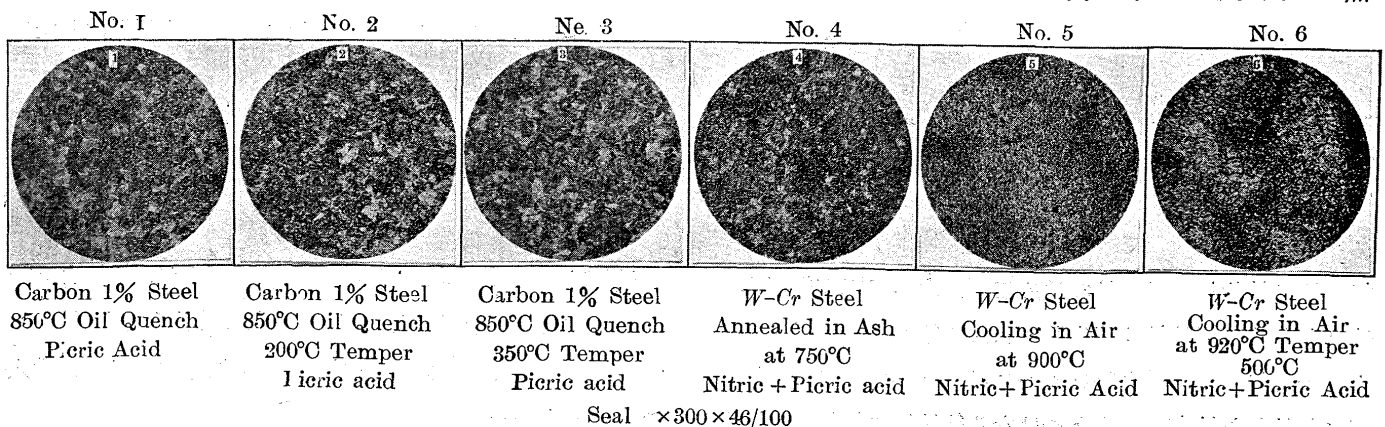
- 132 kw(D.C.600A×220 V)直立電気抵抗爐
- 油槽
- 油冷却器
- 油循環用ポンプ
- 架空起重機

1. 電気爐:一外徑 1,200mm 内徑 500mm 爐長 5,500mm 加熱に對する有効爐長(加熱せらる可き刃先の最大寸法) 4,000mm の圓筒狀をなし外被は 13mm 軟鋼板とし内部は厚さ 100mm の耐火煉瓦製にしてニクロム線を縦の方向に通ずる小孔 32 個を有す。

外被と耐火煉瓦との間にはアスベスト及びスラツグウールにて充せり。底部には耐火煉瓦製の底を有し爐頂部は加熱



焼入の場合に水中冷却と油中冷却との兩者間の硬度差著しく B.H.N. 200 以上の開きあるも第 3 圖(第 2 表参照)の



物を出し入れする爐口とし二ツ割りにし取外し自由なる蓋を有す。

底部は最も丁寧に密閉せり。若し底部の一部より空氣が流入する時は茲に Chimney action を起し底部に於て熱せられたる空氣は上昇するを以て下部の熱は上部に移動する爲め上部のみが極度に温度の上昇することあり。然れ共上部の蓋を開き加熱物を度々出入せしむる時は爐頂に近き部分は温度の低下することあり。

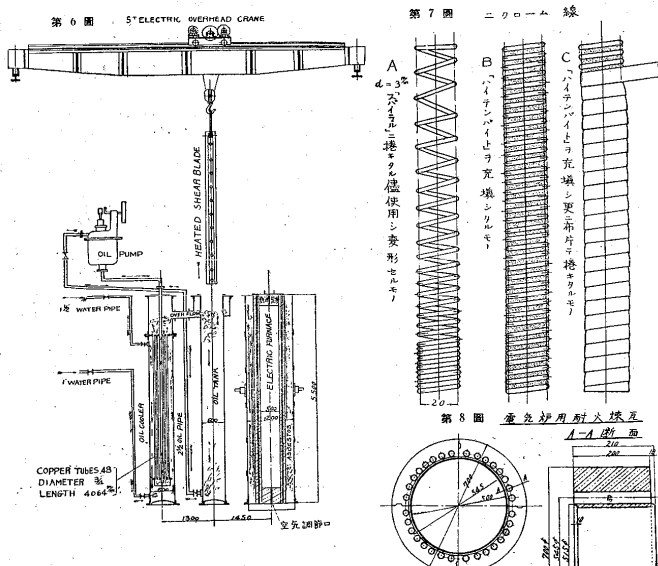
かゝる場合には底部中心に設けられたる空氣調節バルブを加減して空氣を上昇せしめ熱の均衡を保たしめる方法を採る装置とせり。

發熱用抵抗線としては製鐵所製ニクロム線を使用せり。

(電熱鋼線と稱し故小原春孝特殊鋼部長特許第 61444 號)

其主要なるデータを揚ぐれば次の通りである。

1. 直徑 0.3 cm 2. 1本の長さ 1,560 cm
3. 抵抗線の数 32 本平行 4. 長さ 1 m の抵抗 0.1558 オーム
5. 比抵抗 110 マイクロオーム/cm³ (20°C の時) 6. 比抵抗 125~130 マイクロオーム/cm³ (1,100°C の時)



爐壁には内面より 30 mm 即ち 560 mm のサークル上に 32 個の縦孔あり。この縦孔はニクロム線を通ずるものにして其直徑約 30 mm あり。ニクロム線は直徑 20 mm のスパイラルに巻きたるものにして其儘使用する時は赤熱状態に於て軟化し自己重量の爲め下部に向つて降下變形する怖れあり故に抵抗線は蔓卷状にしたる後ハイテンパイトに水硝子を加へたる耐火物をこのスパイラルの中に粘り込み更に其外部を綿布にて巻きつけたる後爐壁に備付けられた

る縦孔に挿入す。(第7圖参照) 約 1 日經過する時は自然に乾燥硬化す、次に電流を通じて加熱焼付けをなす時は非常に硬化シクロム線は棒状の耐火物中に固定せられ全く變形の怖れを生じなくなる。

爐壁を作る圓型の特種耐火煉瓦は膨脹收縮による破損を防ぐ爲め二つ以上 4 個位のセグメントに分割し 1 個分の高さは 150 mm とせり(第8圖参照)。電壓及び温度による抵抗の變化により電流は多少變化すれ共平均容量約 132 kw である。空爐にて送電する時其温度

上昇は約 4 時間にして 800°C に達す。温度の全長に對する分布状態は第9圖の如く最初空爐の時は上下兩端部が多少温度低きも加熱物を装入する時は却つて兩端部が高温度となり。温度の上昇と共に双先全體が均一温度となる。

双先加熱に要する電氣容量は

薄物用双先 最大 300 K.W.H/1,000 kg

厚物用双先 最大 800 K.W.H/1,000 kg

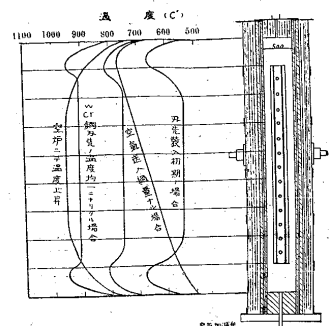
2. 焼入方法: 一雙先は爐頂より垂直に爐内に装入せられ其一端のボルト孔を利用し釣金に取付け爐頂部に支へ吊したまゝ加熱せらるゝ装置とし斷面大にして長さ約 4,000 mm 程度のものは各 1 個づゝ加熱し斷面小さきものは 2 個若しくは 3 個を同時に吊す、又長さ短かきものは第 10 圖の如く 2 個以上連結して加熱す。

高炭素鋼製のものは 850°C 位にて約 1 時間保定したる後油槽へ直垂に投入するものとす。

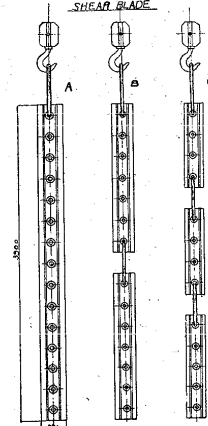
W.Cr 鋼は 900~950°C に加熱したる後約 30 分~60 分間保定し起重機により空中に引揚げ吊したまゝ空中放冷するものなり。

油槽は直徑 600 mm 長さ 5,500 mm を有し底部より絶へず冷却せる油を供給し熱せられたる油は上昇し Over flow となり冷却槽に入り油唧筒より再び油槽底部に送入せらるゝものなり。

第9圖 直立式電熱炉温度分布状態圖



第10圖



油は冷却槽にある数 10 本の細き銅管中を通過する間に管壁を通じ外部にある冷水の爲め冷却せらるゝ装置とせり。

IV. 刃先の歪矯正方法

焼入を施したる刃先は冷間に於て之れを矯正する時は破損の危険を伴ふものである。故に必ず相當の温度を加へ熱間に於て矯正を行ふ事が最も至當なる方法である。

焼戻作業と同時に矯正をなし尙歪を残す時は焼戻温度以下で温度迄再熱し矯正するものである。

今焼入せる刃先鋼を各種の温度迄加熱し速かにブリネル硬度計に依り熱間硬度を測定し次に同試料が大氣中の温度迄冷却したる後再び硬度測定をなし、兩者を比較したるに第 3 表及び第 11, 12, 13 圖の如き結果を得たり。曲線圖に依つて明かなる如く熱間硬度は何れも 250°~300°C に於て peak を生じてゐる。

第 3 表 冷間硬度と熱間硬度の比較表

焼戻温度 (°C)	硬 度								
	C 1% Steel 850°C 油中焼入せるもの			C 1% Steel 850°C 水中焼入 (温度30°C) せるもの			W-Cr Steel 950°C 空中冷却せるもの		
	冷間	熱間	加熱による軟化率%	冷間	熱間	加熱による軟化率%	冷間	熱間	加熱による軟化率%
焼入のまゝ	444	444	—	682	682	—	652	652	—
200	444	340	23.5	652	600	7.7	627	600	4.3
250	444	364	40.5	600	512	14.6	—	512	—
300	444	387	12.8	555	512	7.7	578	532	7.9
350	444	364	18.0	512	444	13.3	—	477	—
400	444	332	25.2	477	364	23.7	555	460	17.1
450	418	293	29.9	418	302	25.4	—	444	—
500	364	262	27.8	—	248	—	477	364	23.8
550	332	217	34.6	—	187	—	—	302	—
600	300	147	50.1	—	131	—	402	228	43.3

矯正方法を大別すると次の 2 種に分類せられる。

(1) 第 1 方法: 一之は第 14 圖 A の如く焼入に依つて歪の生じて居る刃先を数枚重ね合せボルトにて締つける時は各々特有の歪は互に打消され略真直に近きものとなる之を電氣爐中に装入し焼戻を行ふ。

第 4 表 第 1 方法 A

C 1% 焼戻温度と歪除去及硬度變化狀態

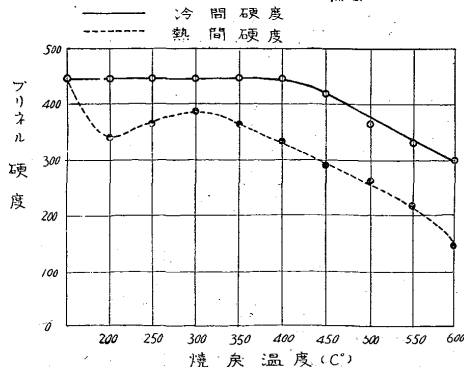
加熱焼戻狀態	硬 度	長 さ	中央部曲り	熱處理による矯正度	
				$a-b$ mm	$\frac{a-b}{a} \%$
鍛延のまゝ	174	349	5.2		
850°C にて油中焼入保定30分間	444	349	5.0(a)		
100°C にて焼戻保定1時間	444	348.5	4.6(b)	0.4	8.00
鍛延のまゝ	174	348	5.3		
850°C にて油中焼入保定30分間	444	348.5	5.3(a)		
150°C にて焼戻保定1時間	437	348.5	5.0(b)	0.3	5.66
鍛延のまゝ	174	348.5	5.0		
850°C にて油中焼入保定30分間	444	349	4.8(a)		
200°C にて焼戻保定1時間	430	349	4.2(b)	0.6	12.50
鍛延のまゝ	174	349	5.0		
850°C にて油中焼入保定30分間	418	349	5.0(a)		
250°C にて焼戻保定1時間	402	349.2	4.5(b)	0.5	10.00
鍛延のまゝ	174	348.5	5.0		
850°C にて油中焼入保定30分間	418	349	4.8(a)		
300°C にて焼戻保定1時間	402	349.5	4.0(b)	0.8	16.66
鍛延のまゝ	174	349.5	5.5		
850°C にて油中焼入保定30分間	444	349	5.5(a)		
350°C にて焼戻保定1時間	444	349.5	4.0(b)	0.5	9.99
鍛延のまゝ	174	348	5.9		
850°C にて油中焼入保定30分間	444	349	6.0(a)		
400°C にて焼戻保定1時間	444	348.5	3.0(b)	3.0	50.00
鍛延のまゝ	174	347.5	6.0		
850°C にて油中焼入保定30分間	430	347.8	6.0(a)		
450°C にて焼戻保定1時間	418	349	1.5(b)	4.5	76.00
鍛延のまゝ	174	348	5.8		
850°C にて油中焼入保定30分間	444	348.5	5.8(a)		
500°C にて焼戻保定1時間	364	349	0.5(b)	5.3	89.81
鍛延のまゝ	174	348.5	5.5		
850°C にて油中焼入保定30分間	444	348	5.7(a)		
550°C にて焼戻保定1時間	332	349.5	0(b)	5.7	100.00

第 1 方法 B

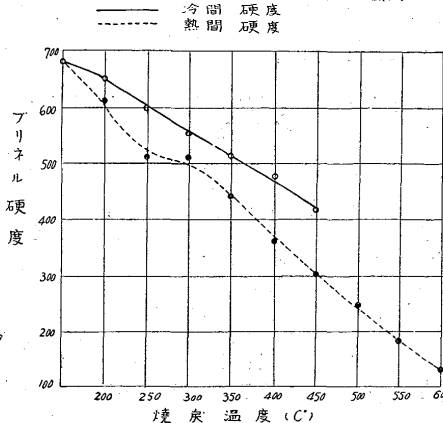
850°C にて油中焼入保定30分間	444	348.5	5.3(a)		
逆に曲げ 150°C 加熱	402	348	4.5(b)	0.8	15.28
850°C にて油中焼入保定30分間	444	349	4.8(a)		
逆に曲げ 250°C 加熱	444	349	3.4(b)	1.4	29.17
850°C にて油中焼入保定30分間	444	349	5.5(a)		
逆に曲げ 350°C に加熱	418	350	0(b)	5.5	100.00

又第 14 圖 B の如く弓形に曲りたる場合は略ぼ等しい弓形のもの 2 枚を撰び兩端に金物を銕みボルトにて締付けるときは刃先の曲りは焼入のまゝと丁度逆になる。

第 11 圖 C 1% STEEL 850°C 油中焼入セルモリヤ 冷間熱間硬度比較

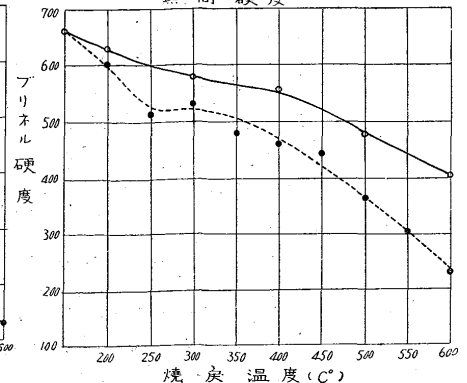


第 12 圖 C 1% 850°C 水中焼入 (温度30°C) セルモリヤ 冷間熱間硬度比較

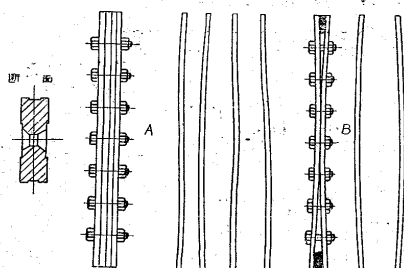


第 13 圖

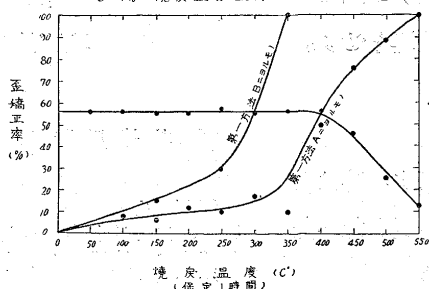
W-Cr STEEL 950°C にて空中冷却セルモリヤ 冷間熱間硬度比較



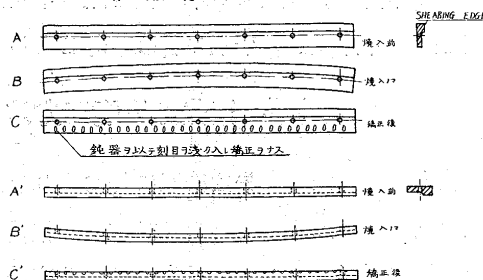
第14圖 剪断機双先ノ歪矯正第一方法



第15圖 C / % 焼戻温度ノ歪除去及硬度変化状態



第16圖 剪断機双先ノ歪矯正第二方法



之を前同様電氣爐中にて焼戻を行ふ。

斯くする時は焼戻と同時に歪をある程度迄除去することを得。

2. 第2方法としては第16圖の如く焼戻温度迄加熱したる双先を速かに金床上に移し屈曲の内面に相當する部分を鈍器にて軽く打撃し刻目を浅くつける。この場合に打撃を加へたる表面が多少伸長せられ眞直になつて来る。

以上の如く締付法と打撃法の2種の矯正法に分けられる然るに實際の場合には兩者を合併して行ふ場合多し。

例へば第1方法により歪の残りたる場合は更に第2方法

により矯正をなすものである。第16圖Aの如く Single edge の場合は突起せる部分が極度に伸長するを以つて幅の方向と同時に厚さの方向にも歪を生ずるを以つて之が矯正は極めて困難である。

第1方法の如く焼戻作業中加熱により歪を除去する時は Internal stress による危険少なきも第2方法による時は局部的打撃を加へる爲め Internal stress を残し研磨により再び歪を生じて来る傾向があるから成る可く第1方法によることが大切である。

熔 融 状 態 に 於 ける 酸 性 及 び 鹽 基 性 平 爐

鋼 滓 の 粘 性 に 就 て

(日本鐵鋼協會 第9, 10回講演大會講演)

松 川 達 夫*

ON THE VISCOSITY OF SLAG FROM AN ACID AND BASIC OPEN HEARTH FURNACE IN MOLTEN STATE

Tatsuo Matsukawa

SYNOPSIS:— The author studied on the viscosity of slag from an acid and basic open hearth furnace in molten state, with a measuring apparatus for viscosity based on a rotating cylinder method. In this experiment, as any refractory material is attacked by molten slag from a steel furnace, especially by basic slag, he used a rotating cylinder covered with platinum and a Platinum crucible, and measured the temperature up to 1,600°C, steeping a Pt-Pt-Rh thermo couple directly in the slag.

Unlike iron, the change of the viscosity of steel furnace slag highly depends on temperature, and the slag does not present the distinct temperature of primary crystallization, acid open hearth furnace slag is far more viscous than basic one.

When the amount of FeO increases in acid open hearth furnace slag, its melting temperature becomes low, and its viscosity weak; while, MnO raises the melting temperature of the slag high and the viscosity weak.

The melting temperature of fayalite ($FeO \cdot SiO_2$) obtained by viscosity curve is 1,360°C, that of Rhodonite ($MnO \cdot SiO_2$) is 1,255°C, and that of tephroite ($2MnO \cdot SiO_2$) is about 1,270°C. They are all weak in viscosity, and their change in viscosity influenced by temperature is comparatively small. As for viscosity curve, in rhodonite it is rather inclined, but in the rest it is nearly horizontal.

Making the sum of FeO and MnO about 24%, and CaO , MgO , SiO_2 and Al_2O_3 constant, the author measured the viscosity of artificial steel furnace slag, in which FeO and MnO were replaced each other. The slag rich in FeO is weak in viscosity and low in melting temperature, but the more there is MnO in the slag, the stronger its viscosity and the higher its melting temperature.

Different views have been held as to the action of fluorspar in the open hearth slag, The present author ascertained the relation between the viscosity of molten slag and the amount of fluorine in it. 0.1-0.4% F was found in 10 basic open hearth slags. The amount of spar added to the slag is 0.3-5% of the latter and 15-16% CaF_2 of the spar is present in the slag. Spar makes the viscosity of basic

* 大阪帝國大學助教授