

が 1.2~1.3, 酸性爐では約 0.4 の場合に FeO が最低となる。

爐内雰囲気氣が充分還元性を保ち溶湯の酸化が殆ど問題とならない場合には水素の影響が明瞭に現れ, 爐内雰囲気の水素が鑄鐵の機械的性質を全般的に低下せしめる様である。従つて装入原料等からの水素の侵入を充分防上せねばならない。

本研究は文部省科學試驗研究費の補助を受け, 日本鑄造鶴見工場山田, 兵東兩氏, 鑄物指導所山下氏, 東芝足立工場大平, 加藤兩氏の御協力を得て遂行し得たものである。茲に深甚なる謝意を表する次第である。尙, 本實驗に盡力された萩原, 藤井, 寺村諸氏の勞を多とする。

(昭和 24 年 1 月寄稿)

大型特殊鋼材の軟化焼鈍への等温變態の應用 (II)

(昭和 23 年 4 月本會講演大會講演)

堀 川 一 男**

FULL ANNEALING OF LOW ALLOY STEEL THICK FORGINGS BY A ISOTHERMAL TRASFORMATION (II)

Kazuo Horikawa

Synopsis :

In this second report, experiments carried out on thick forgings were given. The form of the forgings was the cylinder, and dimensions were outer dia. 660, inner dia. 480 and length 4500 mm.

The isothermal annealing operation consists in (1) heating the steel to a temperature just above its Ac range (2) cooling in air from γ state to the predetermined subcritical point (3) charging the steel into the furnace kept at the predetermined temperature and keeping the temperature constantly for a given time (4) cooling from that temperature to the atmospheric temperature in air.

The producer gas fired furnace was used.

The results obtained were summarized as follows ;

- (1) The isothermal annealing operation of low alloy steel thick forgings is quite easy.
- (2) The time required for this annealing process is 1/2 or less of the ordinary process.
- (3) The annealed structure is satisfactorily and uniformly softened.
- (4) The isothermal annealing develops the machinability of steel on account of its low hardness.
- (5) This new annealing method has no bad influence upon the heat treating operation after annealing and mechanical properties after hardening and tempering.

I 緒 言

第 1 報で述べた基礎實驗の結果, 特殊鋼の軟化焼鈍作業に等温變態理論を應用すると, 後續熱處理作業及調質後の材力に悪影響を與へる事無く, 所要時間の著しい短縮及焼鈍組織の完全軟化を期待し得る事が判つた。

然し小型試験片について成功した事も大型鋼材に應用した場合に失敗する事は屢々經驗するところであるから, 本法を現場作業に適用する爲には一應現場的實驗を

施行して確認する必要がある。

以下本報に於ては, 此の目的で行つた實驗の結果について述べる。

II 實 驗 方 法

(1) 供 試 材

鋼種としては, 比較的軟化され難い A を選んだ。

** 日本鋼管株式會社技術研究所

酸性平爐により2熔解し、各熔解から7個宛計14個の7.0t鋼塊を鑄込み、凡て外径660mm、肉厚90mm長さ4,500mmの間筒型素材に鍛造し徐冷した。

各熔解から1個宛計2個を採つて等温焼鈍を施し、其の12個は普通焼鈍を施した。

(2) 使用 爐

發生爐ガス加熱による車臺引出式の爐を使用した。

(3) 燒 鈍 要 領

(a) 普通 燒 鈍

常時現場で實行してゐる方法に據つた。20~25時間約400°Cから700°Cに昇熱し、該温度に15時間保持後ガス送りを止めて爐冷に移り、40~60時間にて300°C迄下げ、爐から取出して空冷する。

(b) 等 温 燒 鈍

830°Cに昇熱し、該温度に5時間保持後ガスを止めて速かに640°C迄冷却し、再びガスを送つて該温度に15時間保持後爐から取出して空冷する。

燒鈍温度は第1報で述べた如く(第1表参照)660°Cを選べば燒鈍時間を最も短縮し得て生成組織も更に低いのであるが、現場作業に於ては爐況其他不測の原因によつて爐温の正確を期し難い點を考慮して20°C低い640°Cで試験する事とした。保持時間は、640°Cに於ては約8時間で變態を完了せしめ得る筈であるが、素材の形状や爐内温度分布の關係から部分的温度差の生ずる事を考慮して2倍に近い15時間で行ふ事とした。

(4) 確 性 試 験

(a) 燒 鈍 狀 態

等温燒鈍後素材各部の硬度及顯微鏡組織を檢查し、完全軟化の成否及『むら』の狀況を調査する事とした。

尙、燒鈍狀態としては特に切削性が重要であるから、等温燒鈍組織と切削性の關係を檢討する事とした。

(b) 調 質 狀 態

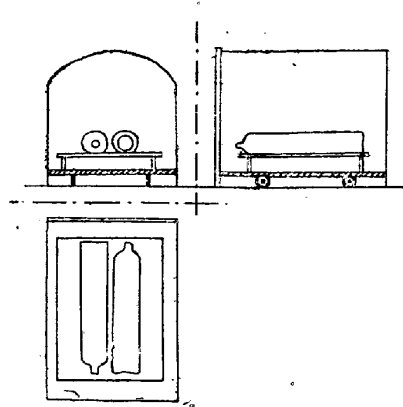
燒鈍素材を、外径620mm肉厚60mm長さ3,900mmに荒削りの後、830°C油焼入、530°C油焼戻の熱處理を行つて、横方向に試験片を採取し、燒鈍方法の相違が調質後の材力に如何なる影響を及ぼすかを調べる事とした。

III 實驗結果並に考察

(1) 等 温 燒 鈍 作 業

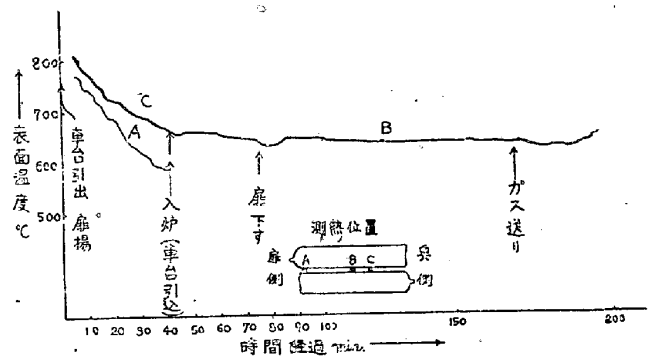
(a) 作業經過の概要

各熔解より1本宛計2本の供試素材を第1圖に示す如く並べ、約6時間で830°Cに昇温せしめ、該温度に5時間保持したが、操作上別段困難はなかつた。次にガス



第1圖 試験素材装爐要領

Pt-Rh 熱電對にて測定した第2圖の表面温度對時間曲線



第2圖 冷却 曲 線

に示す如くであつた。即、所要時間は約1時間であつて、扉側の方が奥側より50~70°C低く成る傾向があつた。従つて、各部を均一に冷却せしむる爲には、比較的肉厚大なる側を扉側に置く事、或ひは扇風機を以て奥の冷却を促進する必要がある。

素材の中央部が660°C附近迄冷却した時を見計つて、再び車臺を引込めて扉を閉じ、次いで徐々にガスを送つて640°Cに保持したのである。此の間±10°Cの範囲内で温度を保持する事は容易であつた。15時間經過後640°Cから直に空冷したが、別に異狀は認めなかつた。

(b) 今後の 方 案

今回の實驗から、現場的に施行するには次の如く方案を改良した方が良いと思はれる。830°Cからの冷却は、素材を爐外に取出して、支持臺上にて空冷せしめ、表面温度が約600°Cに至れば、豫め所定の温度に保持された爐の内に裝入する。

尙、若し事情が許せば、鍛造後徐冷する事無く直ちに600°C迄空冷して、豫め變態温度に保持してある爐内に裝入する。斯る方法に依れば更に時間、燃料の節約が期待出来る筈であり、白點及割れ防止の見地からも理想的である考へる。

(c) 所要時間

常時現場で行つてゐる普通焼鈍作業に要する時間は、ガス送りから空中放冷迄 75~100 時間である。

今回の試験的等温焼鈍作業は約 27 時間で完了してゐる。

然し常時現場で行ふ場合には、爐分に多數の素材を装入するから 830°C に加熱するのに 25~30 時間を要し、變態温度の保持時間は 5~15 時間に變動し得るから、結局 35~50 時間は必要であらう。従つて約 1/2 に短縮し得るわけである。

更に若し素材を鍛造後直に 660°C 前後の温度に保持した爐に装入し得たとすれば、鍛造後の徐冷時間を省略し得る事を無視しても、所要時間を 1/10 以下に短縮し得る筈である。

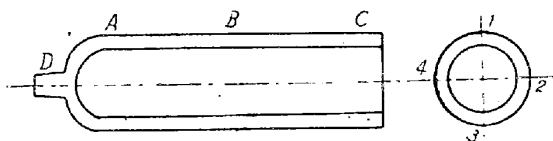
尙、後述の如く、軟化は完全であつたから 640°C に於ける保持時間は 10 時間位に短縮が可能であらう。

(2) 焼鈍状態の試験成績

(a) 硬 度

等温焼鈍を行つた後、素材各部の表面硬度を測定した結果は第 1 表の通であつて、各部共殆んど『むら』無

第 1 表 焼鈍素材の硬度分布



素材番號		A	B	C	D	備 考
61493 7/7	1	185	180	182	187	等温焼鈍材
	2	197	195	187	199	
	3	193	192	180	205	
	4	182	197	176	144	
61629 3/7	1	164	166	166	184	等温焼鈍材
	2	176	172	187	181	
	3	180	176	168	176	
	4	172	160	170	174	
61629 2/7	1	197	193	191	175	(比較の爲) 普通焼鈍材
	2	204	211	202	170	
	3	210	215	207	178	
	4	198	199	195	179	

數字はブリネル硬度

第 2 表 焼鈍状態に於ける機械的性質

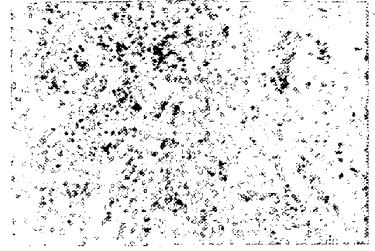
焼鈍法	素材番號	位 置	降 伏 點 kg/mm ²	抗 張 力 kg/mm ²	伸 率 %	絞 率 %	断面状態 切斷位置	硬 度 ブリネル	衝 撃 値 ft-lb.
室 温	61629 3/7	Top	43.9	70.2	24.6	52.5	F B	205	31.8—28.3
		Bottom	50.0	66.3	22.4	44.8	" "	172	22.3—22.0
普 通	61547 2/7	Top	46.0	66.5	24.2	51.0	" "	194	26.6—30.2
		Bottom	52.8	62.6	24.0	56.3	" "	181	28.8—31.3

A



(等 温)

B



(普 通)

寫眞第 1 焼鈍材の顯微鏡組織

×200 2% Nital etch

く、硬度はブリネル 160~190 であつて、普通焼鈍を施行したものより低く、完全に軟化してゐた。

(b) 顯 微 鏡 組 織

旋削の切子を試料として、素材各部の顯微鏡組織を検した結果は何れも寫眞第 1 (A) に示す如き『パーライト』+『フェライト』の混合組織を示し、各部間に殆んど差異が認められなかつた。『パーライト』は粒状であつて、基礎實驗で得られた組織と全く一致してゐた。尙、普通焼鈍を行つたものゝ組織も寫眞第 1 (B) に示す如く基礎實驗で得たものと全く一致してゐた。

以上 (a) 及 (b) の結果から、小型試験片により成功した等温焼鈍法は、之を現場的に大型鋼材の軟化にも全く同様に、特に技術的困難なく、應用し得る事が明かになつた。

(c) 切 削 性

焼鈍材を高速度工具鋼第 1 種を使用し、切削速度 3~5m/min, 切込 20~40mm 送り 1.6~2.5mm/rev, の條件で旋削し焼鈍方法の差異に因る切削性の違ひを検した處、等温焼鈍材は普通焼鈍材に比較して同一硬度では稍粘い感じがするが、普通焼鈍材より硬度が低いので、結局相殺されて、殆んど差異認め難く、成績は良好である。

(d) 機 械 的 性 質

特殊鋼は焼鈍の儘で使用される事は殆んど無いが、参考の爲に焼鈍状態に於ける機械的性質を試験した。成績は第 2 表の通りであつて、焼鈍方法の相違に因る差は殆んど無いが、特に比較すれば等温焼鈍を行つたものゝ方

第 3 表 調質後の機械的性質

熔解番電 61493

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo
0.31	0.26	0.85	0.024	0.033	1.18	1.12	0.08	0.44

焼鈍法	素材番	降伏点 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	伸 %	絞 %	断面状態 切斷位置	硬 度 ブリネル	衝 撃 値 ft-lb.
普 通	1/7	110.0	120.5	14.9	43.7	F B	352	30.0—32.2
	2/7	103.0	116.8	15.0	45.4	" "	341	32.7—33.5
	3/7	103.0	112.0	15.5	44.3	Cup "	324	35.0—34.5
	4/7	117.0	127.7	14.4	41.6	F "	377	26.0—26.0
	5/7	98.0	108.0	18.4	49.0	" "	319	38.5—37.3
	6/7	113.0	121.0	15.5	43.7	" "	352	30.4—31.7
等 温	7/7	104.0	115.5	15.0	41.6	" "	337	32.0—30.0

熔解番號 61629

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo
0.30	0.16	0.73	0.036	0.027	0.78	0.98	0.09	0.49

焼鈍法	素材番	降伏点 kg/mm ²	抗張力 kg/mm ²	伸 %	絞 %	断面状態 切斷位置	硬 度 ブリネル	衝 撃 値 ft-lb.
普 通	1/7	109.0	119.8	16.8	42.1	F B	341	31.3—32.0
	2/7	104.0	113.0	15.8	40.5	" "	333	33.5—32.0
	4/7	100.0	107.8	16.2	48.0	" A	311	32.8—38.3
	5/7	112.5	123.0	15.0	41.6	" B	356	26.0—28.2
	6/7	101.5	110.0	17.8	50.0	" "	320	37.7—39.5
	7/7	110.0	119.0	16.9	43.2	" "	350	31.5—31.8
等 温	3/7	103.0	113.0	16.4	43.7	Cup A	331	24.0—30.5

が、抗張力の割合に降伏点及衝撃値が低目である。

(3) 調質状態の試験成績

焼鈍材を何れも外径 620mm, 肉厚 60mm, 長さ 3,900mm に機削したる後、次の如き熱処理を施した。6~7 時間にて 880°C に加熱し、該温度に 25 時間保持後油中焼入したる後、4 時間で 560~590°C に加熱し、該温度に 6 時間保持後油中焼入の焼戻を行った。然る後横方向に試験片を採取して試験した結果は第 3 表の通であつて、同一熔解から製造せる 7 個の素材は、焼鈍方法の如何に拘らず大體同じ成績を示してゐる。従つて、等温焼鈍を行ふも調質後の材質には何等悪影響無き事を確認し得た。

IV 總 括

(1) 大型鋼材の現場に於ける等温焼鈍作業は、技術的に特に困難を伴ふ事なく理論通り実施し得た。

(2) 常時連続的に行ふには、鋼材を r 相から空冷せしめて表面温度が所定変態温度より約 50°C 低下した時、豫め所定温度に保持した爐内に装入する方がよい。變態温度に於ける保持時間は特に理論値以上に延長する必要はない。

(3) 焼鈍所要時間を 1/2 以下に短縮し得る事が判つ

た。

尙、所要時間は更に 1/10 以下に短縮し得る見込がある。

(4) 等温焼鈍材は完全に軟化し、硬度及組織の『むら』は無かつた。

(5) 等温焼鈍材は硬度低き爲、切削性は良好である。

(6) 等温焼鈍を実施しても、後續熱処理作業及調質後の材力に悪い影響を及ぼす事はない。

要之、大型特殊鋼材の軟化焼鈍作業に等温變態を應用する事は技術的に特に困難を伴はず完全軟化を実施し得て、後續熱処理及調質後の材質に何等悪影響無く、焼鈍作業に要する時間、設備及勞力を著しく節約し得る事が判つた。

現場に於ける実施要領は必ずしも本實驗通りに行ふ必要は無く、等温變態の理論を適當に活用すれば足りる。吳工廠製鋼部に於ては現場作業に適宜採用して効果を擧げてゐた。

本研究は中前和夫氏の御指導を受け、基礎實驗には荒川基寛氏の又現場實驗には佐々木博氏の御援助を得て遂行し得たものである。茲に深甚なる謝意を表する次第である。

(昭和 23 年 11 月寄稿)