

焼鈍脆性に就いて

(日本鐵鋼協會 第5回講演大會講演)

蒔田宗次

目次

- 1、緒言
- 2、普通焼鈍
 - 焼鈍脆性の實例
- 3、 A_1 點以下の析出炭化物の檢鏡
- 4、脆性感受率の差等
- 5、低温焼鈍の強靱
- 6、鋼の粗大組織
- 7、焼鈍脆性の防止
- 8、括約

1. 緒言

鋼に起る焼鈍脆性の第1原因が A_1 點以下の可溶炭化物にあることは本多、山田兩氏¹⁾ Andrew, Dickie 兩氏²⁾ に依つて立證せられた。而して此の説を演釋すれば此の種の脆性は焼戻即ちソルバイト組織のみに限らず焼鈍即ちパーライト組織に於ても起るべきこと本多氏¹⁾ の指摘せる所である。即ち焼鈍本來の全徐冷せるものを、其の徐冷途次 A_1 點以下に於て低級焼入を施したるものに比し脆かるべきである。著者は之を焼鈍脆性と稱せんとする。

本報文は實例を擧げて此の學説を確め且つ著者が嘗て公表したるが如く此の種の脆性には A_1 點以下の可溶炭化物に依る (第1原因) のみならず結晶組織の粗糲なることが第2原因³⁾ となつて著しく脆性を高むること焼戻脆性の原理と同様なることを論述せんとする。

¹⁾ Honda & Yamada: Sci. Rep. Tohoku I. U. 1927 V 16 p. 307

²⁾ Andrew & Dickie: Iron & Steel Inst. 1926 p. 359

³⁾ S. Maita: The Proceeding of W. E. C. 1929. V. XXXIV, No. 174.

2. 普通焼鈍

焼鈍脆性の實例。 普通の焼鈍は鋼を A_3 點以上の溫度から常溫まで徐々に冷却する。説明の便宜上茲に之を高温焼鈍といふ。此の場合に A_1 點以下の可溶炭化物は降溫に従ひ第2次結晶の境界に析出するから焼戻の場合と同様に炭化物作用の脆化 (第1原因) が起り脆性を感受することになる。著者は之を焼鈍脆性といふ。

此の焼鈍操作の途中 A_1 點下附近からを急冷し炭化物を固溶せしむるとき鋼は強靱になる。

焼鈍脆性は衝擊値に能く顯はれる。 A_1 點下附近から急冷したるもの、衝擊値 (Q) に對し普通焼鈍したるもの、衝擊値 (F) が減退したる度合 $(Q-F)/Q$ を炭化物脆化の感受率(1)とする。各種の鋼(第1表)に就て其の代表的成績を掲げ、(第2表感受率(1))高温焼鈍をなしたるものは孰れも脆性を感受することを例示した。

第1表

試料記號	鋼種	化學組成 %					變態點 °C			
		C	Mn	Cr	Ni	Mo	Ar_1	Ac_1	Ar_3	Ac_3
4	炭素鋼	10	44	—	36	—	642	750	810	875
5	〃	47	70	—	15	—	645	748	695	785
6	低Mn鋼	47	21	—	69	—	595	728	637	780
7	Ni鋼	33	59	09	3.49	—	564	718	665	810
8	CrNi鋼	34	43	61	3.36	—	540	715	620	765
9	CrNiMn鋼	29	47	70	2.93	86	343	726	420	781

3. A_1 點以下の析出炭化物の檢鏡

A_1 點以下に於ける炭化物の可溶については顯微鏡に依つて檢證することが出来る。

低炭素鋼 (第1表試料 4. 長さ 20 mm³) を變態點以上より徐冷し之を常溫に至らしめたるもの (第1圖 G) と其の A_1 點以下を急冷して遞次數階の各溫度に到り夫より以下を急冷したるもの (第1圖 B, C, D, E, F) との顯微鏡寫眞を比較するに全徐冷したるもの (G) 及び最低溫に至りて急冷したるもの (F) とは炭化物の析出量殆ど相等し

第 2 表

試料記号	豫備處理		焼鈍 °C		アイゾット衝撃値 ftt	衝撃値の差 Q-F	感受率 (1) (Q-F)/Q	衝撃値の差		感受率 (2) %
	成形	熱 鍊	前 段 (A ₁ 以上)	後 段 (A ₁ 以下)				上 LF-S 下 LQ-R	上 S/LQ 下 R/LQ	
4	鍛造	900°×1 ^h WQ	900°×30'FC	FC	11.0	31.0	73.8	72.5	82.5	
				WQ	42.0					
			770°×30'FC	FC	83.5	4.3	4.9	45.8	52.2	
				WQ	87.8					
5	"	830°×1 ^h OQ	830°×30'FC	FC	14.9	0.8	5.1	1.2	6.8	
				WQ	15.7					
			760°×30'FC	FC	16.1	1.4	8.0	1.8	10.3	
				WQ	17.5					
6	"	830°×1 ^h OQ	830°×30'FC	FC	10.3	6.1	31.2	11.0	35.3	
				WQ	16.4					
			750°×30'FC	FC	21.3	9.9	31.8	14.8	47.5	
				WQ	31.2					
7	"	830°×1 ^h OQ	830°×30'FC	FC	40.4	1.5	3.6	1.7	3.8	
				WQ	41.9					
			750°×30'FC	FC	42.1	2.8	6.2	3.0	6.7	
				WQ	44.9					
8	"	830°×1 ^h OQ	830°×30'FC	FC	21.6	3.0	12.2	32.1	48.4	
				WQ	24.6					
			730°×30'FC	FC	53.7	12.6	19.0	41.7	62.8	
				WQ	66.3					
9	"	830°×1 ^h OQ	830°×30'FC	FC	18.1	1.1	5.7	26.5	57.5	
				WQ	19.2					
			750°×30'FC	FC	44.6	1.5	3.2	26.9	58.5	
				WQ	46.1					

FC : 爐中冷却、OQ : 油中冷却、WQ : 水中冷却、H : 前段高温、L : 前段低温、F : 後段徐冷、Q : 後段急冷、

いけれども急冷温度の高き程其の析出量が少ない。之は析出炭化物の面積測定に依り概略の見當がつく。(第3表)

炭化物の面積は顯微鏡下850倍の視野に於けるもの、平均値である。此より析出炭化物中の炭素含量を計出した。此等の數は實際の絶対値と隔りがあろうけれども各工程に於ける炭化物析出の傾向を實際に窺ふには充分なるものである。

因に記す。此の實驗試料は高温より徐冷してA₁變態點以下なる640°Cに至り急冷したるものには炭化物析出し(第2圖B)、其の高温徐冷の下限をA₁點以上となしたるものは炭素固溶してマルテンサイトとなる(第2圖A)。

第 3 表

急冷温度 °C	640	600	500	400	200	全徐冷
炭化物の平均面積 mm ²	461	734	993	1,121	1,511	1,544
炭素 %	0.03	0.05	0.06	0.07	0.117	0.12

顯微鏡視野の面積 55,217 mm²

表中炭素量% は炭化物面積よりの換算

4. 脆性感受率の差等

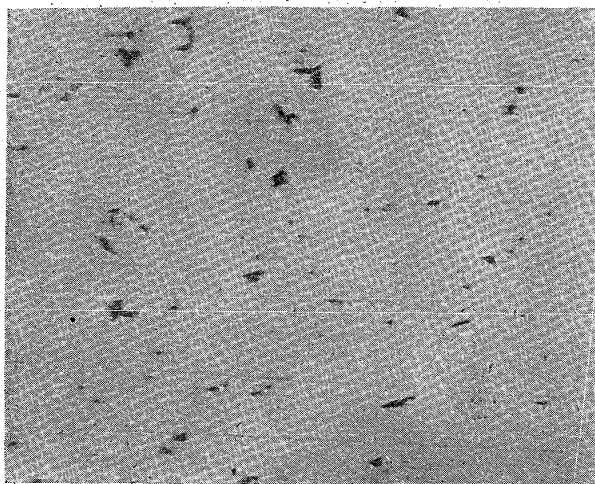
焼鈍炭化物脆化の感受率(1)は鋼種に依つて差等がある(第2表)。此の例で感受率(1)の著しいのは低Mn鋼、Cr-Ni鋼である。是は其の成分の異なるに依るものであつて、之が素地の強さの差となり、従つて感受率(1)の差となる。例へば炭素鋼とCr-Ni鋼とは其の靱性に於て既に異なるものであつて特に説明を要せぬ。

鋼種に依つて感受率(1)の差あるはA₁點以下の炭化物溶解度に差があるのでなからうかとの説も¹⁾あるけれども之は感受率(1)に著大なる差を起さしむるものでないと考へられる。

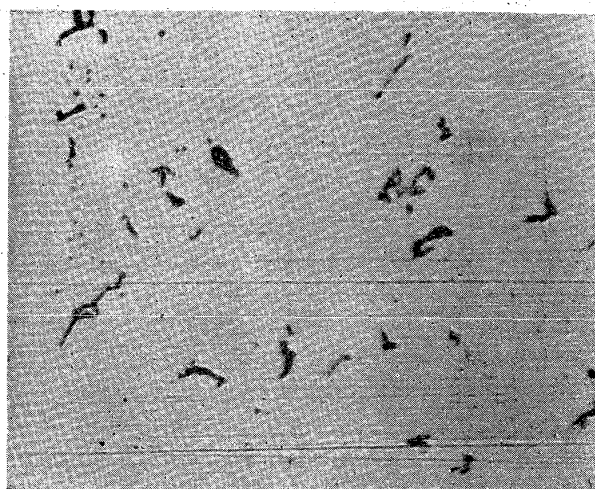
結晶形態の差は又脆化原因の一であつて、次節に説明せんとする本著の眼目である。

極軟鋼に於てはA₁點を徐々に降温通過するとき炭化鐵の凝集する傾向著しくして脆弱の度更に加はるを以て之が爲め特に脆化を起すことに留意せねばならぬ。試料4. 前段高温、後段徐冷したるものは此の實例である。(第2表)。

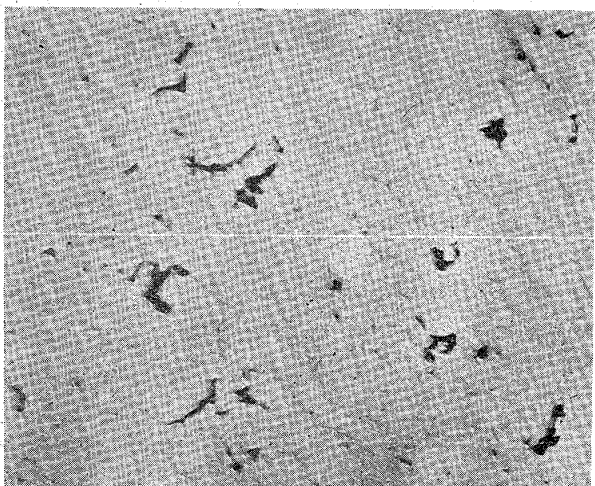
第 1 圖
蝕劑、ピクリン鹽



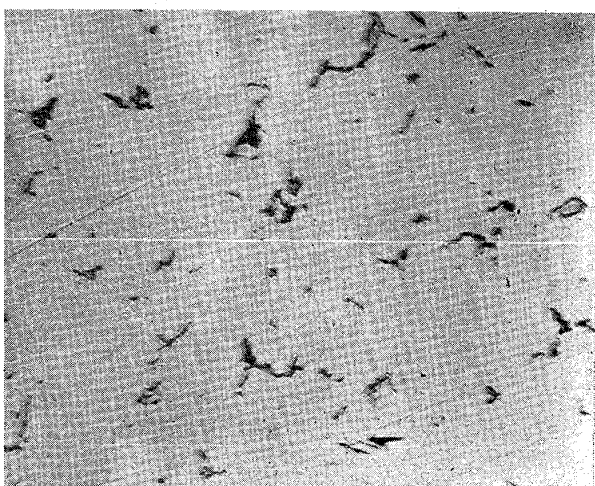
640° より急冷 ×約 430



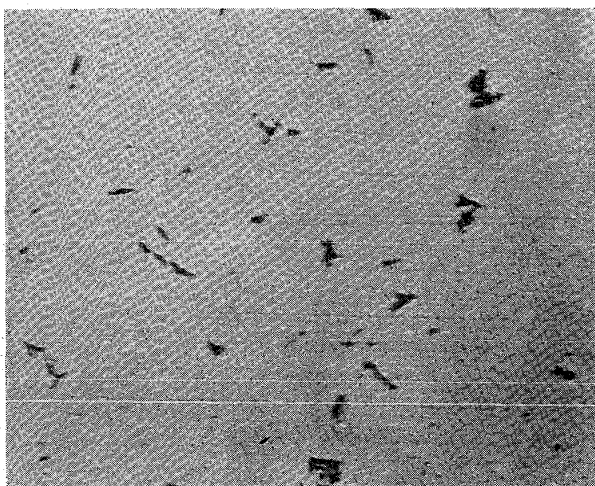
400° より急冷 ×約 430



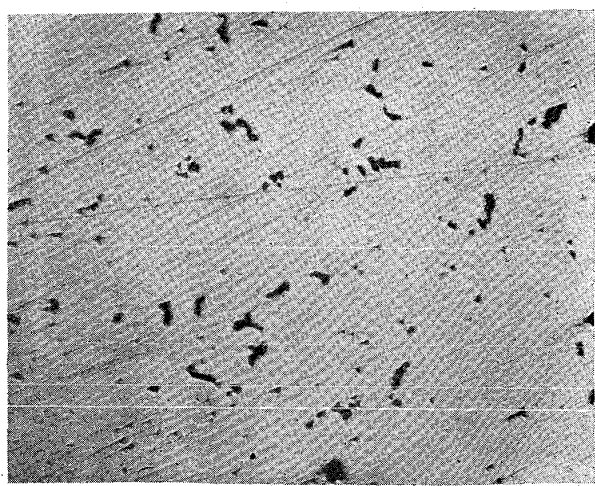
600° より急冷 ×約 430



200° より急冷 ×約 430

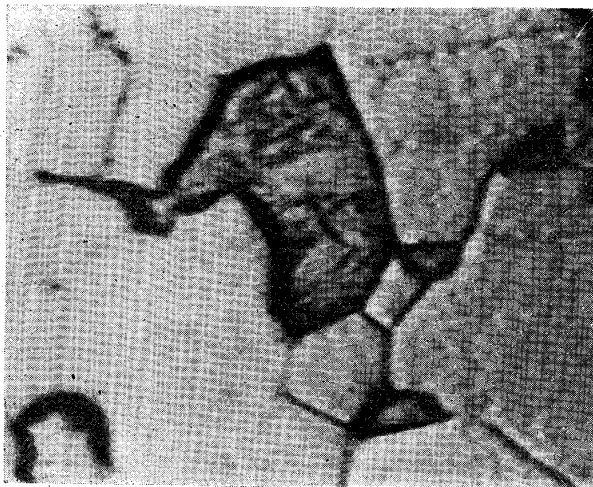


500° より急冷 ×約 450



760° より常温まで徐冷

第 2 圖
蝕劑、ピクリン鹽



炭素鋼 0.1%C. 680°より急冷、フェ
ライト地にマルテンサイト ×約 2920



炭素鋼 0.1%C. 640°より急冷、フェ
ライト地にセメントタイト ×約 2920

5. 低温焼鈍の強靱

焼鈍は一般に A_1 点以上の温度から徐冷して之を行ふことが出来る。其の A_1 点に近い温度から行ふものを茲に低温焼鈍といふ。

低温焼鈍（第2表、前段低温）の場合でもやはり炭化物脆化は起るものであつて其の A_1 点以下を徐冷したるものは急冷したるものよりも脆い（第2表、Q-F）。

低温焼鈍の衝撃値は其の A_1 点以下の徐冷又は急冷に係らず高温焼鈍に於けるものよりも著しく高値であつて、一層強靱なることを示してゐるのは大に着目すべき点である（第2表アイゾッド衝撃値）。

6. 鋼の粗大組織

焼鈍温度の高低に依り鋼地には第2次結晶に大さの變化が起る。高温に及んだ鋼の第2次結晶組織は粗大になり、其の低温なる程組織の細密なることは既知の事柄である。（第3圖）。而して A_1 点以下の可溶炭化物は降温に従つて漸次第2次晶の境界に析出するものである。

即ち高温焼鈍の場合には粗大結晶の堺に脆い炭化物が析出するから破壊せられ易い組織となる。此の鋼地の粗糙となるのが焼鈍脆性の第2原因で

あつて之を簡単に粗粒脆化といはう。

故に普通焼鈍操作を行ひたる鋼には常に此の粗粒脆化と前述の炭化物脆化とが絡つて焼鈍脆性の度を著しくすることになる。

一般に炭化物脆化に依る感受率(1)よりも粗粒脆化に依る感受率(2)の方が大きい傾向を以てをる（第2表感受率(1)(2)）。感受率(2)は A_1 点以下を急冷したるもの若くは徐冷したるものについて其の低温焼鈍の衝撃値と高温焼鈍の衝撃値との差（第2表 LF~HF, LQ~HQ）を低温焼鈍、後段急冷(LQ)に比べたる數値である。

低温焼鈍の場合には鋼地の組織が細密になるから前節に記したる如く一層強靱性を顯はすことになる。又 A_1 点以下析出炭化物が同量であるに係らず衝撃の高値を示すのも此の細密なるに結晶堺に析出炭化物が能く分布せらるゝに依る、換言すれば析出炭化物が一層均等に分布せらるゝに依るものであることを了解できる。

7. 焼鈍脆性の防止

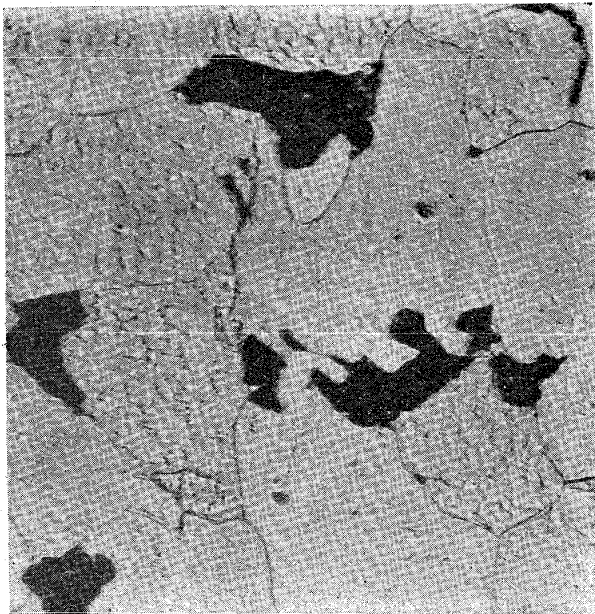
普通の焼鈍即ち高温焼鈍に於て炭化物脆化（第1原因）を避けんとせば A_1 点以下を急冷すればよい。併し此の防止法では其の急冷の爲め品物に歪を残留する缺點がある。

低温焼鈍を施せば粗粒脆化（第2原因）を免れることが出来るから假令 A_1 點以下を徐冷しても著しく強靱になつて一般に高温焼鈍したものを凌駕し而も歪を残留しない。

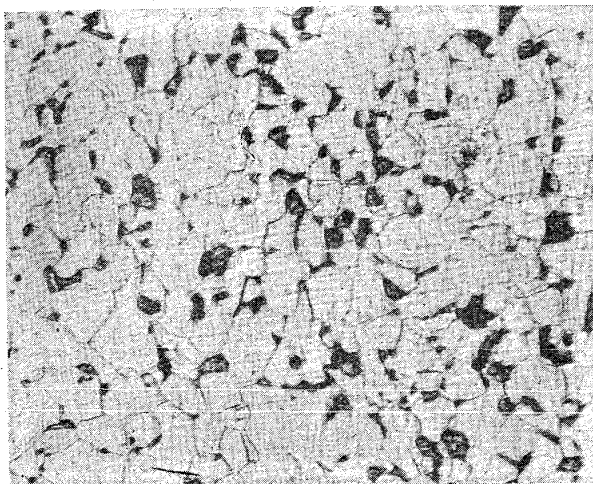
低温焼鈍で A_1 點以下を急冷すれば脆化の兩原因を免れるから更に靱性を増大することが出来る。

要するに焼鈍脆性の熱錬防止は A_1 點以下炭化物の固溶と低温焼鈍の細粒化とを行へばよいのであつて其の各程度及び状態の相錯綜したる結果が総合せられて衝撃の値となつて顯はれることにな

第 3 圖



炭素鋼 0.1% C. 最高昇温 910° 爐中徐冷 ×約 430



炭素鋼 0.1% C. 最高昇温 760° 爐中徐冷 ×約 430

る。兩種脆化の内粗粒脆化の方脆性感受が大であるから組織の細粒化を圖の方が靱性効果著しい。

8. 括 約

本編に於て焼鈍脆性と稱するは焼鈍本來の全徐冷せるものを徐冷の途次 A_1 點以下に於て低級焼入を施したるものに比し、脆いといふにある。恰も焼戻脆性の場合と同意義の稱呼である。

1. 著者は曩に焼戻脆性の原因を A_1 點以下析出炭化物と粗粒結晶とに歸すべきことを論じた。焼鈍に於ても同様に據り焼鈍脆性なる現象の存することを豫想せられる。

2. A_1 點以下にて析出炭化物を顯微鏡にて檢證した。焼鈍工程中 A_1 點以下を徐冷したるもの（第1原因、炭化物脆化）と急冷したるもの（第1原因、防止）との衝撃値を對照し脆性感受(1)あることを觀測した。

3. 高温焼鈍を行ひたるもの（第2原因粗粒脆化）と低温焼鈍を行ひたるもの（第2原因防止）との衝撃値を對照し脆性感受(2)あることを觀測した。

4. 兩種脆化の内粗粒脆化の方脆性感受が大である。

5. 普通の焼鈍は高温焼鈍 A_1 點以下徐冷を行ふものであつて兩種脆化を感受するから衝撃値は小さい。之は A_1 點以下を急冷することによつて炭化物脆化を防ぎ靱性を増すことが出来る。

6. 低温焼鈍にて粗粒脆化を防ぎたる場合に A_1 點以下を徐冷し炭化物脆化を放任するも著しく強靱になつて一般に高温焼鈍したるものを凌駕する。而して A_1 點以下を急冷すれば脆化の兩原因が防がれるから更に靱性が増大せられる。

7. 焼鈍脆性は A_1 點以下炭化物の固溶と組織の細粒化との程度及び状態とが総合して衝撃値を優秀ならしめる。

終りに本研究實驗につきて吾が研究室、佐藤貫一氏、久保田堅氏其の他諸氏に厚謝す。