

鋼の纖維狀組織と其の性質

(日本鐵鋼協會第五回講演大會講演)

玉 置 正 一
永 澤 清

ABSTRACT. By Shoichi Tamaki and Kiyoshi Nagasawa.

In the first part of this paper, the macro-and micro-appearances of the fibrous structure in steels are shown and discussed its formation, nature as well as the Change under Heat treatment.

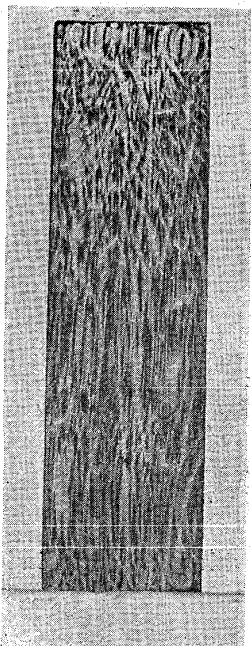
The second part contains the results of various mechanical tests which were made in order to see the directional difference in mechanical properties due to fibrous structure, and also to know the extent to which the above difference could be removed by heat treatment.

概 説

本研究の第一部に於ては鍛延鋼又は壓延鋼の縦断面を研磨腐蝕する場合に顯はるゝ纖維狀組織の狀況を示して其の成因を考察し、進んで縦維狀組織に及ぼす熱處理の影響を見たり。

又第二部に於ては纖維狀組織に基く鋼の機械的性質の方向的差異を検し、且つ夫れに及ぼす熱處理の影響を實驗したり。最後に焼入鋼に顯はるゝ

寫 眞 第 1



× 1

燒割れの模様は其の纖維狀組織の方向に影響せらるゝことを示したり。

第 一 部

§1 纖維狀組織 鍛延

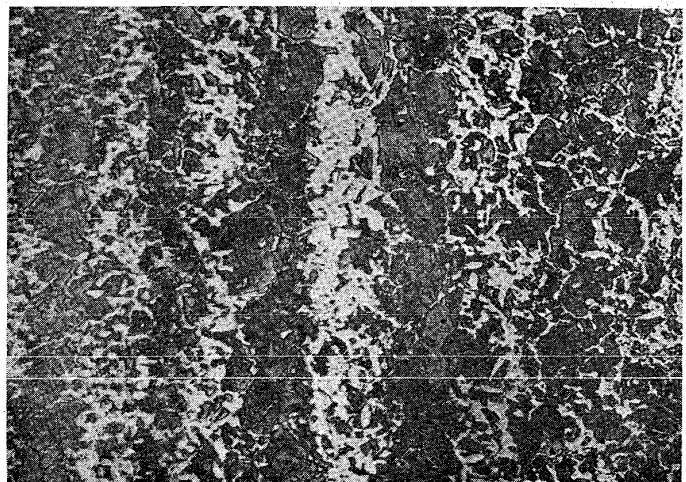
鋼又は壓延鋼材の伸延の方向に平行なる面を研磨後適當に腐蝕する時は肉眼的に觀察せらるゝ所謂纖維狀組織を呈す、寫眞第1は下記の如き化學的組成を有する炭素鋼の纖維狀組織なり。

$C=0.46\%$, $Si=0.31\%$, $Mn=0.56\%$,
 $P=0.018\%$, $S=0.020\%$

腐蝕方法は約 50% 鹽酸水溶液を適度に温め此の中に於て研磨試料を數 10 秒乃至數分間腐蝕するものなり、本研究に於ける纖維狀組織の顯出には總て此の方法を用ひたるものなり。

次に纖維狀組織を内容的に詳細に檢する爲め之を顯微鏡下に見る時は寫眞第2に見る如く組成的にはフェライト及びパーライトの混合よりなれ共寫眞第1に於て白色條線に見ゆる部分は著しくフェライトに富み、黒色に見ゆる部分は殆どパーラ

寫 眞 第 2



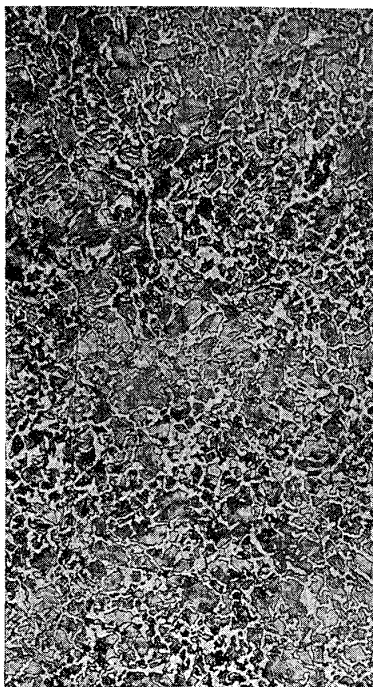
×100

イトより成るを知る。即ち本試料に於ては繊維状組織に伴ひて炭素が著しく偏析 (Segregation) 現象を起せるを見る。

然れ共鋼の繊維状組織は決して炭素の偏析現象に基くものにあらざることは以下述ぶる諸事實より知らる。

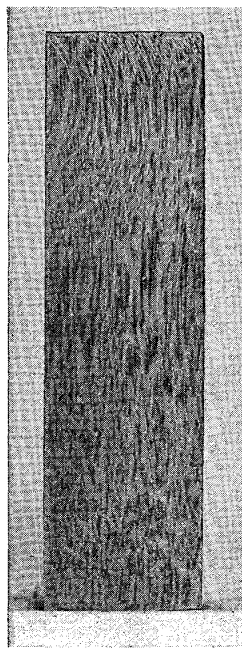
上記試料を約 850°C に 30 分間加熱後空中放冷を行ふ時は寫眞第 3 に示すが如き顯微鏡組織となる、即ち本試料に於てはフェライトとパーライトの分布は略々一様となり殆ど炭素の偏析現象を示さざるに拘らず之をマクロ腐蝕する時は寫眞第 4 に見る如く殆ど寫眞第 1 と同様なる繊維状組織を顯出す。

寫眞第 3



×100

寫眞第 4



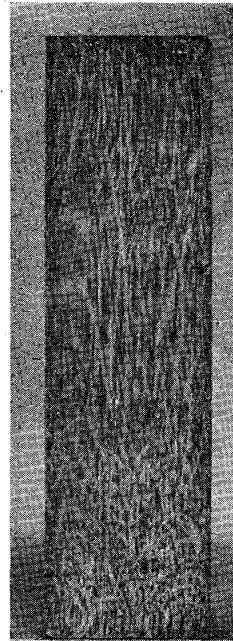
×1

尙寫眞第 3 に於て試料を横斷する三條の淡白色帯はマクロ組織に於て繊維の白色線となるべきものなり。

次に本試料を 850°C より水中焼入せる後に其のマクロ及び顯微鏡組織を検する時は寫眞第 5 及

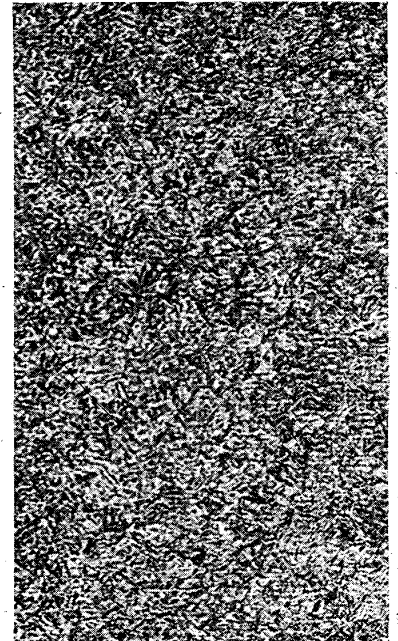
び寫眞第 6 の如くにして後者に依れば全試料は完全なるマルテンサイトより成るにも拘らず前者に於ては明瞭なる繊維状組織を示す。

寫眞第 5



×1

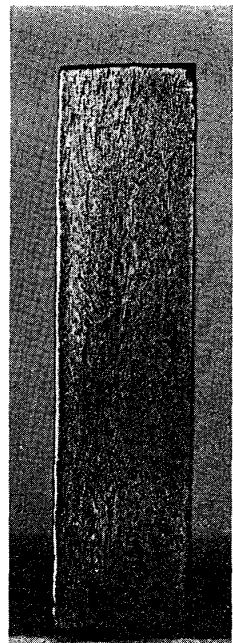
寫眞第 6



×150

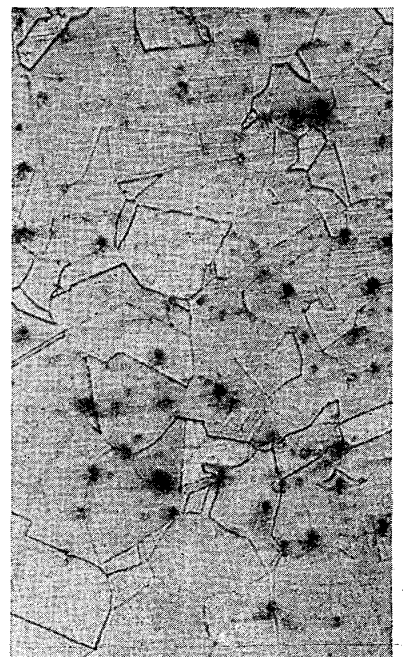
更に又下記成分を有する高ニツケル鋼即ち全試料が單一相オーステナイトより成る試料に就てのマクロ及び顯微鏡組織は寫眞第 7 及び寫眞第 8 に

寫眞第 7



×1

寫眞第 8



×100

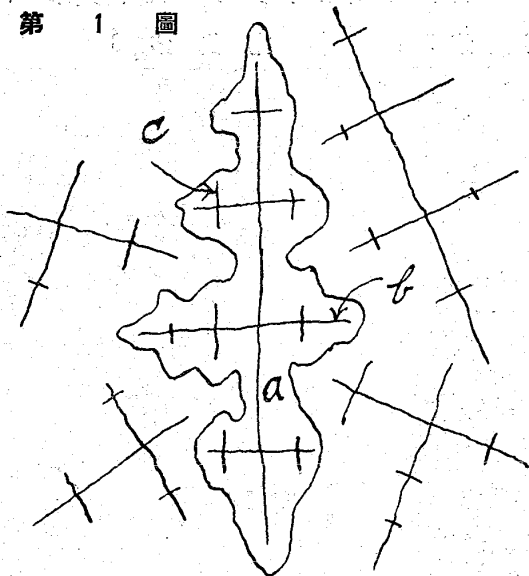
示すが如し。

C	Si	Mn	P	S	Ni
0.22%	0.33%	0.48%	0.013%	0.018%	36.13%

以上の諸例に依り明なるが如く繊維状組織は炭素の偏析によるものに非らざることを知る、但し寫眞第1に見るが如く試料が炭素の偏析を伴ふ場合（理由は後節に述ぶべし）には繊維状組織は一層明瞭に顯はる。

§2 繊維状組織の成因 鋼が其の融體より結晶する過程は第1圖に示すが如く、先づ融體中に初結晶軸 (Primary axis) a を生じ極めて炭素の濃度低き鋼が凝固結晶し、次で之に直角なる第二結晶軸 (Secondary axis) b の方向に更に濃度高き結晶が分岐し、續て之に直角の方向に更に炭素の濃度高き C なる第三結晶軸 (Ternary axis) が派生し所謂樹枝状結晶が完成さる。而して以後次第に此等樹枝状結晶の間隙を残りの融體を以て凝固充填し最後に第1圖の輪廓を以て示さるゝ一結晶粒となる。

第 1 圖



扱て鋼中には必ずや若干量の不純物質を含有するものにして其の主なるものは Si, Mn, P 及び S

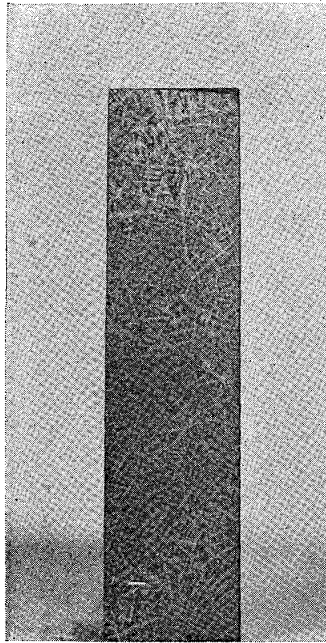
等なり、而して此等の物質も亦鋼の凝固の過程に夫々相則の規定さる所に従つて鋼中に凝固結晶せらるゝものにして一般に此等不純物は鋼が凝固する際其の終期に近く晶出せられ即ち上述鋼の樹枝状結晶を圍繞して偏析し従て夫自身又樹枝状の分布をとるものなり。凝固せる鋼をマクロ腐蝕する場合に顯はるゝ樹枝状組織は即ち此の不純物質の偏析現象によるものなり。次節に於て述ぶるが如く鍛延鋼の繊維状組織は上記の樹枝状組織の破壊鍛延に依りて生ずるもの故鋼の繊維状組織の原因は之又不純物質の偏析によるものと謂ふことを得べし。さて不純物質中主として繊維状組織の原因を爲すべき元素に關しては多少の論議を残すと雖も現今最も廣く支持せらるゝは E. Stead⁽¹⁾ の説にして氏は磷の偏析に基くものなりと結論せり。此の實驗結果に依れば磷は高温度に加熱せらるゝも其の擴散速度極めて遅く、従つて永く其の偏析の状態を保持する性質を有する一方又炭素との反撥作用著しく従て磷の偏析せる部分は常に炭素に乏しく、逆に磷の偏析なき部分は炭素に富むことゝなり換言すれば炭素の偏析現象を誘起するものなり寫眞第2に示せる炭素の偏析は此の結果に依るものなり。

§3 鋼の鍛延率と繊維状組織 鋼の鍛延率と其の繊維状組織との關係を知る爲めに 500 kg 鋼塊の中部より切出せる5個の立方試料を一定の二平行面に直角に夫々元の厚さの 100%、80%、60%、25% 及び 10% に壓延したるものにマクロ腐蝕を施し、其の繊維状組織を觀測したり、其の結果は寫眞第9、第10、第11、第12 及び第13

(1) E. Stead: The Journ. of the Iron & Steel Inst., 1915, No 1, p. 140.

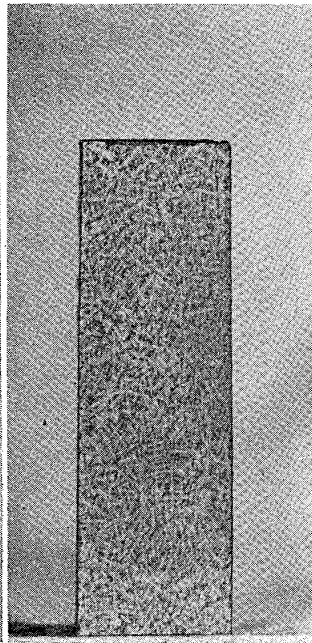
に示すが如し。

寫眞第 9



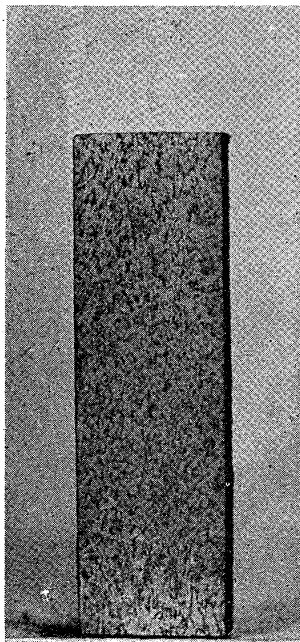
×1

寫眞第 10



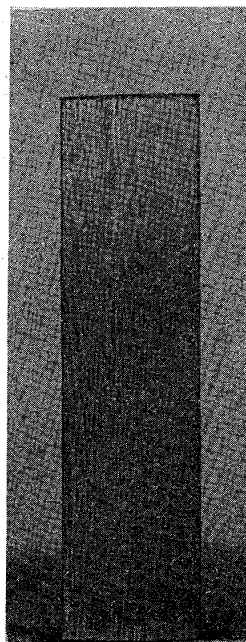
×1

寫眞第 11



×1

寫眞第 12

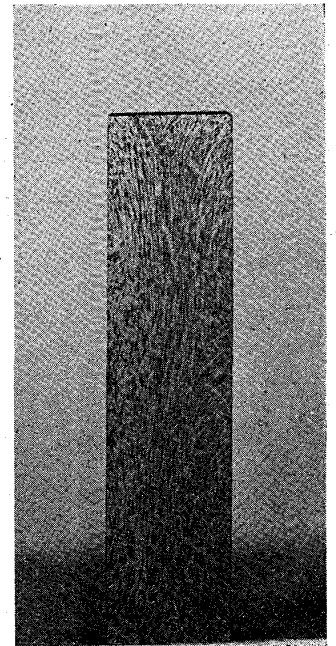


×1

寫眞第 9 は鋼塊より切り出したる儘のものにしてよく發達せる樹枝狀結晶 (Dendritic Crystal) の集合よりなるを見る、寫眞第 10 に於ては尙明瞭に此の結晶を示せ共、寫眞第 11 に於ては殆ど其の形態を止めざるに至る、但し尙其の痕跡は伺ひ

得べく未だ纖維的と見るべき特性を示さず、寫眞第 12 及び寫眞第 13 に於ては樹枝狀結晶は完全に碎けて所謂纖維狀組織となれるを見る。更に壓延率が進むにつれ纖維は蓋し微細となるべきは論を待たず。上記の實驗に依れば壓延鋼の纖維狀組織は鑄鋼の樹枝狀結晶の破壊鍛延に依りて生

寫眞第 13



×1

ずるものなるを知り、尙纖維狀組織が明瞭となるには壓延の方向に直角の厚さが元の値の 25% 以下となることを必要とす。

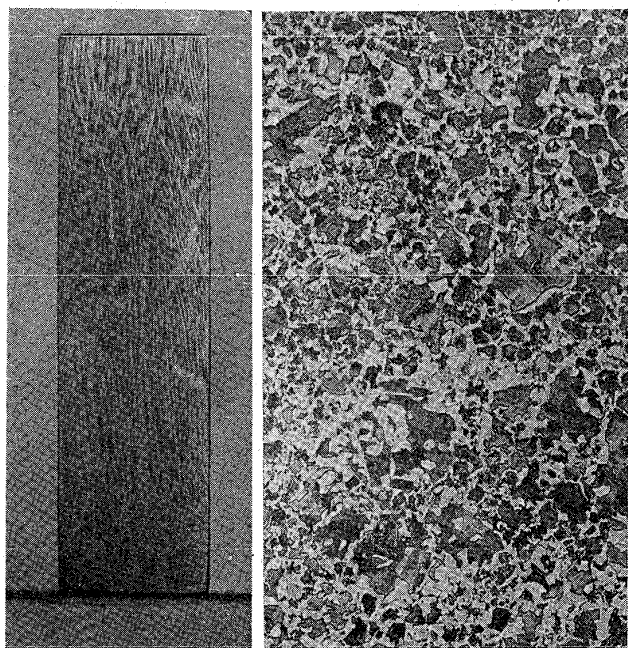
§4 纖維狀組織に及ぼす熱處理の影響 鋼の纖維狀組織が熱處理に依り如何に變化するかを検する爲め、寫眞第 1 に示せると同一鍛延鋼試料に就て其の影響を調べたり。

著者等は先づ普通の焼鈍の影響を見る爲め 1,000°C 以下の種々の焼鈍温度に於て加熱時間 10 時間以内の實驗を行ひたり。其の結果に依れば纖維狀組織は殆ど變化を示さざりしを以て次に以下述ぶる如き二つの特殊なる熱處理方法の影響を検したり。其の一は試料を A_{r_1} 點以下 (650°C) と A_{c_3} 點 (850°C) 以上との二温度間を連続的に加熱冷却して其の間の變態による再結晶の影響如何を見たるものなり。又其の二は試料を繰返し焼入焼戻して試料に非平衡的變化を與へたる場合の影響如何を調査せり。實驗結果に依れば上記の二方法共に纖維狀組織には全く影響を與へざることを

知れり。依て再び焼鈍方法に歸り其の加熱温度を上昇して 1,100°C、1,200°C 及び 1,300°C とし其の加熱時間を 3 時間としたり。此の結果は稍々纖維狀組織に變化を示したり。此等のマクロ組織は寫眞第 14、第 15 及び第 16 に又夫等の顯微鏡組織は寫眞第 17、第 18 及び第 19 に見るが如し。

寫眞第 14

寫眞第 17

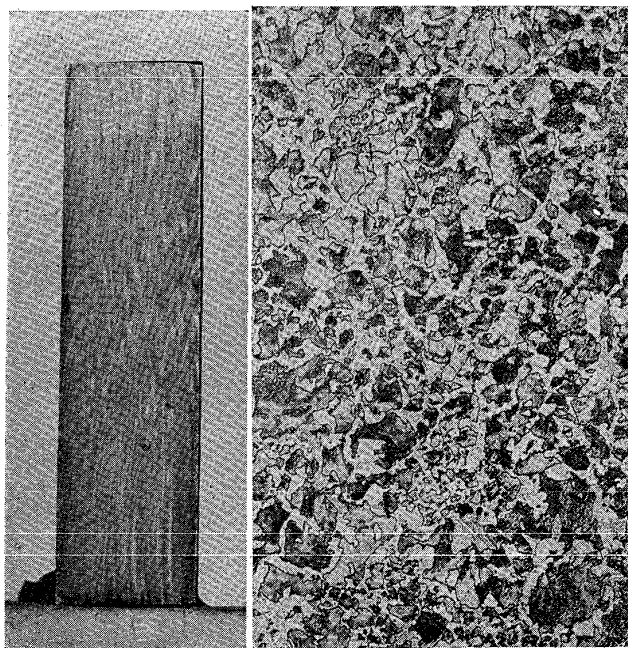


×1

×100

寫眞第 15

寫眞第 18

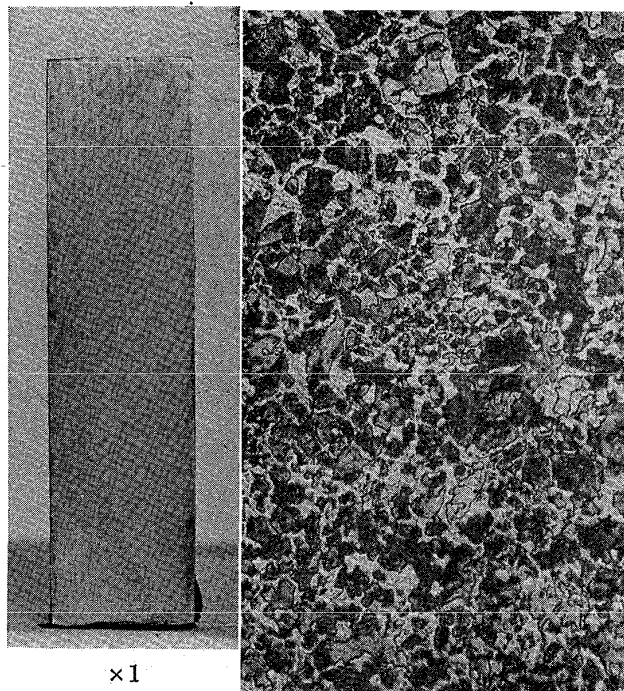


×1

×100

寫眞第 16

寫眞第 19

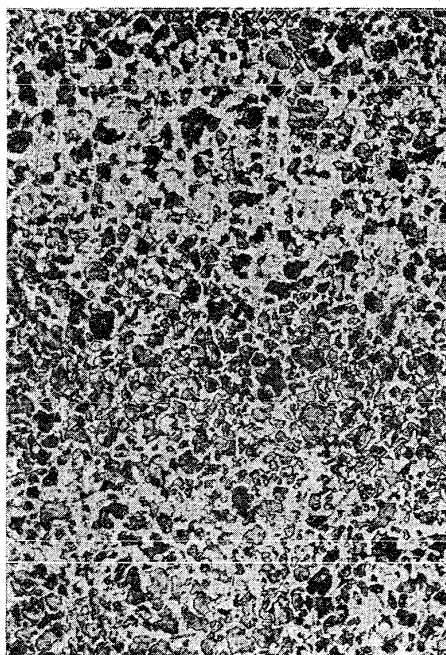


×1

×100

マクロ寫眞に見る如く、纖維狀組織は高温焼鈍により次第に稀薄となれ共完全に除去することは極めて困難にして 1,300°C 3 時間の焼鈍を行ひたる試料に於ても尙相當に明瞭に認め得るなり。

寫眞第 12



×100

次に此等の顯微鏡寫眞を検するに寫眞面を横斷せる數條のフェライトの偏析帯を見る、此の部分はマクロ寫眞に於ける白色線に相當し隣の偏析

部にして従つて炭素を反撥驅逐せる結果によるものなり。

此等の顯微鏡試料は何れも爐中に於て普通に冷却せるものなれ共若し一層徐々に冷却する場合には隣と炭素との反撥作用は完全に行はれフェライトの偏析は更に明瞭となる。例へば寫眞第 19 の試料を再び 850°C に加熱し之を Ar₁ 點直下まで冷却するに 5 時間を費したる場合にはフェライトの偏析は寫眞第 20 に見る如くなる。

之に反し若し同一試料を空中放冷を行はゞ寫眞第 3 に見る如くフェライトの偏析は毫も起らざるなり。

以上の事實より隣と炭素との反撥作用は比較的緩漫に進行するものにして A₁ 變態點以上の高温度に曝露せらるゝ時間が長い程完全に行はるゝものとす、例へば大なる鋼片の焼鈍を行ふ場合等には其の後の冷却速度は比較的緩漫なるを以て著しく炭素の偏析現象を見るものなり。

以上の結果より考へて纖維狀組織は單に隣の偏析のみに依り顯はるゝ場合と、同時に炭素の偏析を伴ふ場合との二つあり。而して後者の場合には其の組織は一層明瞭に表はるゝを常とす。

第 二 部

§5 機械的試験 本論文第一部に於て述べたる如く纖維狀組織は高温度焼鈍により漸次消滅せらるゝが如く見ゆるを以て鋼材は纖維組織的には次第に其の方向的差違を失ふ如く觀測されたれ共、機械的性質の上にも果して方向的差違が消滅せらるゝや否や、換言すれば鍛延鋼の機械的性質の方向的差違は高温度焼鈍に依り除去し得るや否やを知ることは理論上興味あるのみならず實際工業上頗る重要な事項なりとす。

依つて以下の實驗に於ては一鍛延鋼材より其の

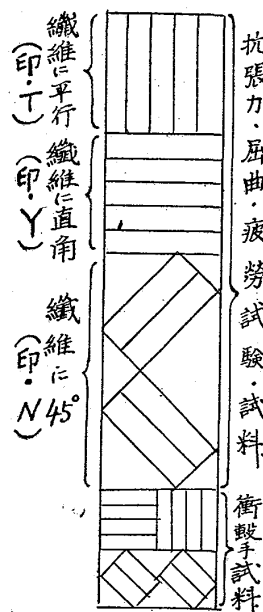
纖維に平行及び直角（時には 45° の角度に）に採取せる試料に就て機械的諸試験（抗張力試験、衝擊試験、屈曲試験、疲勞試験）を行ひ先づ纖維の方向に依る此等諸性質の方向的差違を知り、續て高温度焼鈍による其の變化を確むることとせり。

本試験に於ては第一部に記述したる炭素鋼材の他に下の如き成分を有するニツケルクローム鋼に就ても試験を行ひたり。

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.32%	0.33%	0.60%	0.013%	0.022%	3.35%	0.73%

§6 試験試料の採取法 本試験の試験試料調整に當つては坩堝製の 500 kg 鋼塊を使用し、先づ之を切り口 15 糎平方なる角棒に壓延し次に幅は 15 糎の儘とし厚さのみを 3 糎に達する迄鍛延したり。試料は鍛延材としての定常的性質を具備すべきことを希望したるを以て成るべく其の鍛延率の大なることを欲したれ共幅を 15 糎に止めたる理由は之より纖維の方向に直角なる抗張力試験試料を切り出す必要ありたればなり。

第 2 圖



斯の如くして得られたる幅 15 糎、厚 3 糎の細長き鋼片を先づ 850°C に於て焼鈍したる後第 2 圖に示すが如き方法に依り纖維に平行、直角又は 45° の角を爲すが如く各種の試験試料を多數切り取りたり。

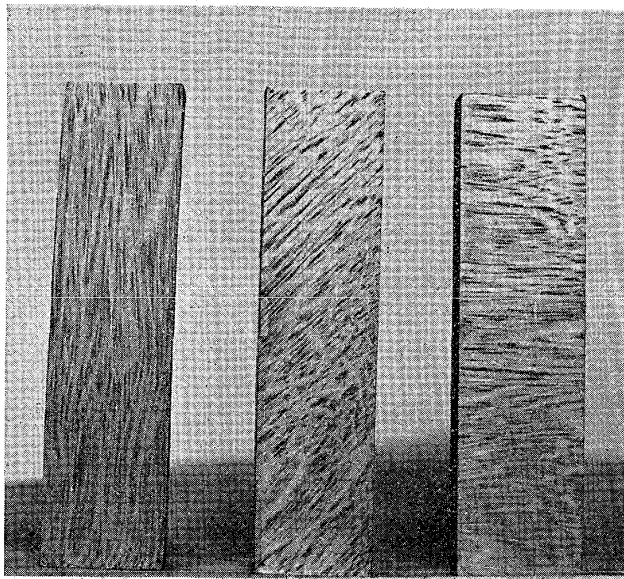
機械的試験に先ち念の爲め炭素鋼の試験試料

（第 2 圖に於て×印を附

せる衝擊試験試料）に就て其の表面及び側面のマ

クロ組織及び顯微鏡組織を検したり。寫眞第 21、第 22 は表面のマクロ及び顯微鏡組織を示し。寫眞第 23、第 24 は側面の夫等を示す。寫眞に見る如く鍛延率小なる表面の纖維狀組織は粗く、鍛延率大なる側面の纖維狀組織は細し。

寫眞 第 21



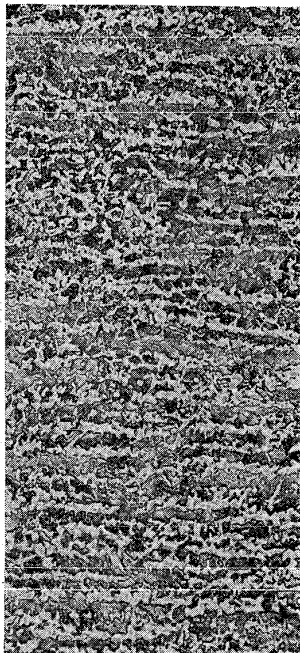
×1

寫眞 第 22

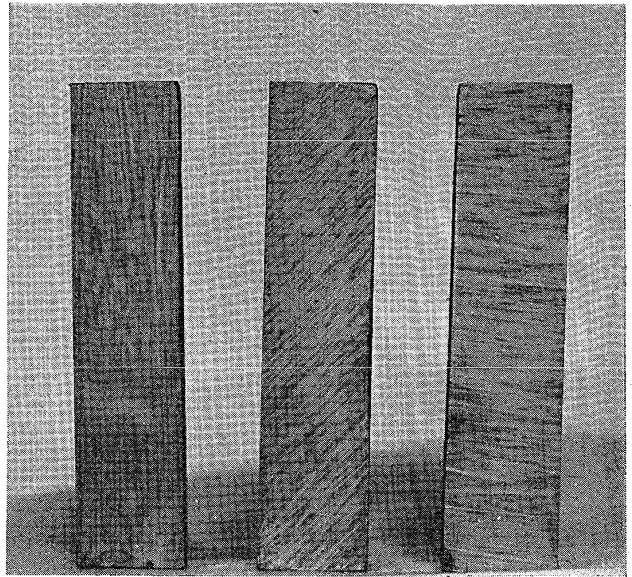


×100

寫眞 第 24



寫眞 第 23



§7 機械的試験

A 炭素鋼

(i) 抗張力試験 試料は前節の方法に依り採取し、纖維に平行なるもの (T), 直角なるもの (Y), 及び 45° の角度をなすもの (N) 各 2 本宛都合 6 本を一組とせるもの三組を作り、其の内一組は其の儘とし、他の二組は焼鈍の影響を見る爲めその一組は之を 1,150°C に他は之を 1,300°C に何れも 3 時間の焼鈍を施し次で結晶粒の微細化を行ふ爲め再び 850°C に於て 1 時間の加熱を行ひたり。

以上三組の試料は何れも 850°C より水中焼入後之を 600°C に焼戻し試験に供したり。

試験桿の大きさは徑 14 耗、標點間距離 50 耗を採用したり、試験結果は第 1 表に示すが如し。

第 1 表

炭素鋼抗張力試験
(850°C 水焼入、600°C 焼戻)

試料の方向	熱處理	抗張力 kg/mm ²	弾性界 kg/mm ²	伸率 %in50mm	收縮率 %
纖維に平行なる試料 (T)	切出の儘	85.6	73.6	25.0	56.2
	焼鈍 850°	85.3	75.2	24.6	57.3
	焼鈍 1,150°	85.8	77.7	24.8	58.1
	微細化 850°	85.5	76.4	25.1	58.0
	焼鈍 1,300°	86.6	75.0	24.8	57.5
	微細化 850°	86.1	75.8	25.0	56.4

纖維に 45°の 試料 (N)	切出の儘	86.3	76.0	22.8	55.3
	燒鈍	1,150°	85.6	77.0	23.4
	微細化	850°	85.3	76.6	23.6
	燒鈍	1,300°	85.3	72.3	23.2
	微細化	850°	86.2	75.3	24.0
纖維に 直角な 試料 (Y)	切出の儘	85.2	73.3	21.0	44.3
	燒鈍	1,150°	85.3	77.9	22.0
	微細化	850°	85.8	76.7	22.3
	燒鈍	1,150°	86.6	70.8	22.8
	微細化	850°	86.0	73.9	21.8

第1表の結果より次の如く言ふを得べし、熱處理状態同一なる場合には抗張力、弾性界は殆ど方向的に差を示すこと無けれども伸及び収縮率は著しき差を見る、即ち纖維に直角なる試料の値は平行なるもの、値に對し伸は約88%、収縮率は約83%に相當するを知る、而して45°の角をなすもの値は略々兩者の平均値に近きを知る、次に燒鈍の影響に就ては最も注意すべき結果が得られ即ち1,150°C及び1,300°Cに於ける3時間の燒鈍に依ては何れの値も殆ど變化を受けざることを知る。

(ii) 衝撃試験 本試験試料の調整は全く抗張力試験の場合と同一にして試験はシャルピー式容量30kgm試験機に依り行ひたり。

其の結果は下表の如し。

第2表
炭素鋼の衝撃試験
(850°C水焼入 600°C焼戻)

試料の方向	熱處理	衝撃値 kgm/cm ²
纖維に平行なる 試料 (T)	切出の儘	14.2
	燒鈍 1,150°	15.6
	微細化 850°	16.0
	燒鈍 1,300°	15.5
	微細化 850°	15.1
纖維に45°の 試料 (N)	切出の儘	10.5
	燒鈍 1,150°	12.4
	微細化 850°	11.0
	燒鈍 1,300°	13.0
	微細化 850°	12.7
纖維に直角なる 試料 (Y)	切出の儘	6.7
	燒鈍 1,150°	7.7
	微細化 850°	7.4
	燒鈍 1,300°	8.7
	微細化 850°	8.1

本研究に於て行へる機械的試験中鋼材纖維狀組織の方向的差異を最も著しく顯はしたるは衝撃試験にして、直角試料の衝撃値は平行試料の夫の約半分にして45°の試料は略々兩者の平均値に近きを知る。

又燒鈍の影響に關しては抗張力試験の場合と同様に全く之を認むることなし。

(iii) 疲勞試験 疲勞試験は松村式繰返打撃試験機に依り之を行ひたり。尙本試験に際しては纖維の方向に45°の傾きを有する試料は之を採取せず、又燒鈍影響を見る爲めの燒鈍温度も1,150°Cの場合に就てのみ實驗したり。結果は第3表に示すが如し。

第3表
炭素鋼の疲勞試験
(850°C水焼入 600°C焼戻)

試料の方向	熱處理	打撃回数
纖維に平行なる 試料 (T)	切出の儘	4,580
	燒鈍 1,150°	4,520
	微細化 850°	4,520
纖維に直角なる 試料 (Y)	切出の儘	3,370
	燒鈍 1,150°	3,440
	微細化 850°	3,590

實驗結果を見るに切出の儘に於ては直角試料の値は平行試料の値の平均約74%にして之を1,150°Cに於て3時間燒鈍する場合には稍其の効果表はれ約80%となる。

(iv) 屈曲試験 本試験に使用したる試料及び其の燒鈍温度は疲勞試験の場合と全く同一にして試験試料は切り口20平方、長さ15厘の角棒を用ひたり。屈曲は抗張力試験機を利用して之を行ひたり。

第4表は其の試験結果を示す。

第 4 表

炭素鋼の屈曲試験
(850°C 水焼入 600°C 焼戻)

試料の方向	熱處理	屈曲角度	狀況
繊維に平行なる試料 (T)	切出の儘 焼鈍 1,150° 微細化 850°	180°	破壊せず
		180°	〃
		180°	〃
		180°	〃
繊維に直角なる試料 (Y)	切出の儘 焼鈍 1,150° 微細化 850°	123°	破壊す
		131°	〃
		155°	〃
		142°	〃

以上の結果を見るに屈曲試験に於ても試料の方向的差異が顯はれ、且焼鈍影響も多少認め得るなり。

B. ニッケルクローム鋼

(i) 抗張力試験 ニッケルクローム鋼の機械的試験に於ては試料の採取法及び焼鈍温度等全く炭素鋼の場合と同一なるも最後の熱處理に於て焼入は 850°C より油中に行ひ續て之を 600°C に焼戻したり。

第 5 表は抗張力試験の結果を示す。

第 5 表

ニッケルクローム鋼の抗張力試験
(850°C 油焼入 600°C 焼戻)

試料の方向	熱處理	抗張力 kg/mm ²	弾性界 kg/mm ²	伸 in % on 50mm	收縮率 in %
繊維に平行なる試料 (T)	切出の儘 焼鈍 1,150° 微細化 850° 焼鈍 1,300° 微細化 850°	100.7	90.5	23.6	58.4
		99.1	91.3	24.1	57.6
		98.2	89.0	22.4	59.3
		101.4	90.6	23.0	58.8
		99.4	89.3	23.0	61.7
		101.5	92.8	22.0	56.6
繊維に 45° の試料 (N)	切出の儘 焼鈍 1,150° 微細化 850° 焼鈍 1,300° 微細化 850°	98.7	91.8	21.6	51.2
		99.8	90.6	20.9	50.9
		100.2	88.9	21.7	53.8
		101.8	89.3	21.0	52.4
		98.8	90.0	21.9	52.9
		99.3	91.6	20.8	49.7
繊維に直角なる試料 (Y)	切出の儘 焼鈍 1,150° 微細化 850° 焼鈍 1,300° 微細化 850°	99.8	88.2	18.8	42.2
		101.2	90.7	18.1	40.8
		101.6	92.4	19.8	43.2
		100.8	91.3	18.9	43.4
		99.3	90.3	18.6	44.6
		100.9	90.5	19.6	42.3

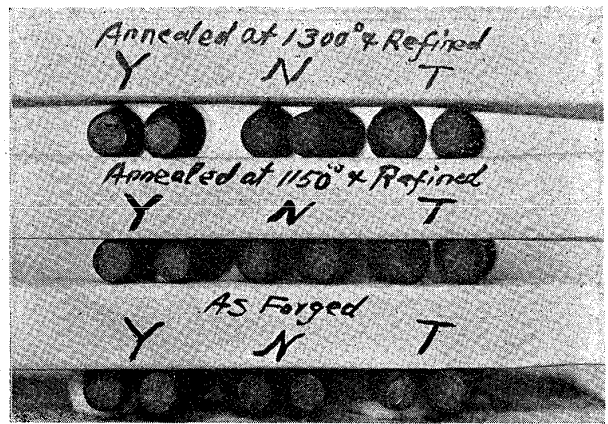
抗張力試験の結果は全く炭素鋼の場合と同様にして抗張力及び弾性界の値は試料の繊維の方向に關係なきも伸及び收縮率は直角試料の値は平行試

料の値の夫々約 83% 及び 72% に相當す。而して 45° の試料は略々兩者の中間にあり。

又焼鈍の影響は殆ど認め得べき變化なしと云ふことを得。

寫眞第 25 は抗張試験片の破断面にして直角試料に於ては其の破断面に繊維を認め得べく、且焼鈍影響は何等認めべきものなきを見る。

寫眞 第 25



(ii) 衝撃試験 抗張力試験の場合と同一方法に採取し、熱處理せる試料に就て之を行へり。第 6 表は其の結果を示す。

第 6 表

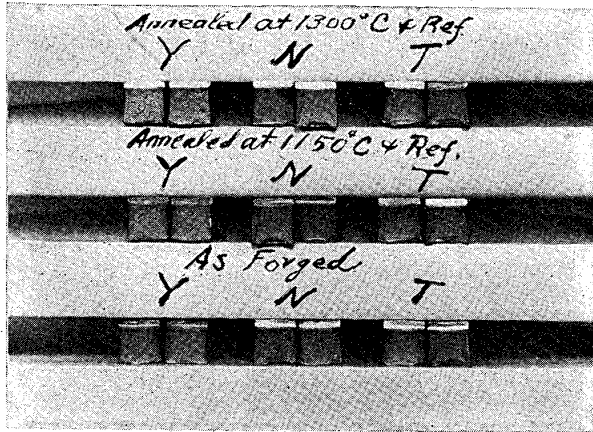
ニッケルクローム鋼の衝撃試験
(850°C 油焼入 600°C 焼戻)

試料の方向	熱處理	衝撃値 kgm/cm ²
繊維に平行なる試料 (T)	切出の儘 焼鈍 1,150° 微細化 850° 焼鈍 1,300° 微細化 850°	13.9
		14.5
		14.6
		14.8
繊維に 45° の試料 (N)	切出の儘 焼鈍 1,150° 微細化 850° 焼鈍 1,300° 微細化 850°	10.1
		9.9
		11.4
		10.6
繊維に直角なる試料 (Y)	切出の儘 焼鈍 1,150° 微細化 850° 焼鈍 1,300° 微細化 850°	5.6
		6.1
		6.3
		6.1

上表に見る如く繊維に直角なる試料の衝撃値は平行なるもの、半分より稍小なるを知り、45° の

試料の値は略々兩者の平均に近し、又焼鈍の影響は殆ど認むること能はず。寫眞第 26 は其の破斷面の模様を示す。

寫眞 第 26



(iii) 疲勞試験 本試験は炭素鋼の場合と同様に纖維に平行及び直角なる試料に就て之を行ひ、其の焼鈍温度も 1,150°C のみを採用したり。第 7 表は其の結果を示す。

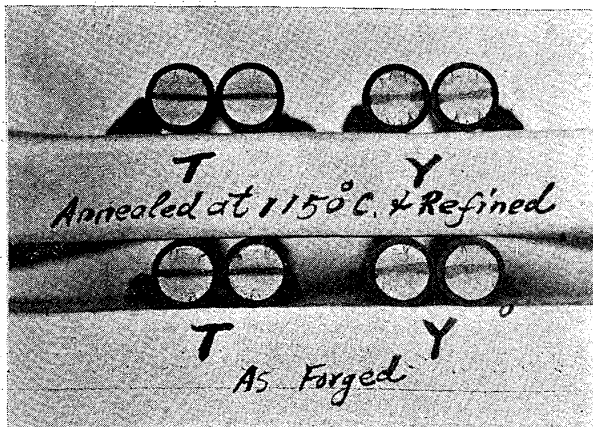
第 7 表

ニツケルクローム鋼の疲勞試験
(850°C 油焼入 600°C 焼戻)

試料の方向	熱處理	打撃回数
纖維に平行なる試料 (T)	切出の儘	5,944
	焼鈍 1,150°	6,065
	微細化 850°	5,964
	微細化 850°	5,892
纖維に直角なる試料 (Y)	切出の儘	3,955
	焼鈍 1,150°	3,870
	微細化 850°	3,831
	微細化 850°	3,994

上表の結果より見る時は直角試料の打撃回数は

寫眞 第 27



平行試料の夫の約 65% に當り、之に焼鈍を施すも殆ど認め得べき變化を見ず。

寫眞第 27 は其の破斷面を示す。

(iv) 屈曲試験 試料の採取法及び焼鈍温度等は疲勞試験の場合と同一にして、屈曲は抗張力試験機を用ひて之を行ひたり。其の結果は第 8 表に見るが如くにして平行試料はすべてよく 180° の屈曲に耐ふるに拘らず直角試料は約其の 1/3(30%) の屈曲に於て破壊したり。而して焼鈍を行ふも殆ど改善せらるゝことを無きを知れり。

第 8 表

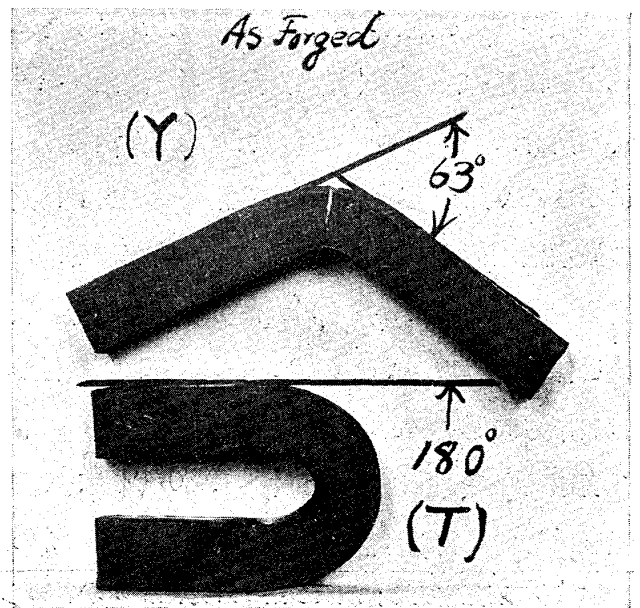
ニツケルクローム鋼の屈曲試験

(850°C 油焼入 600°C 焼戻)

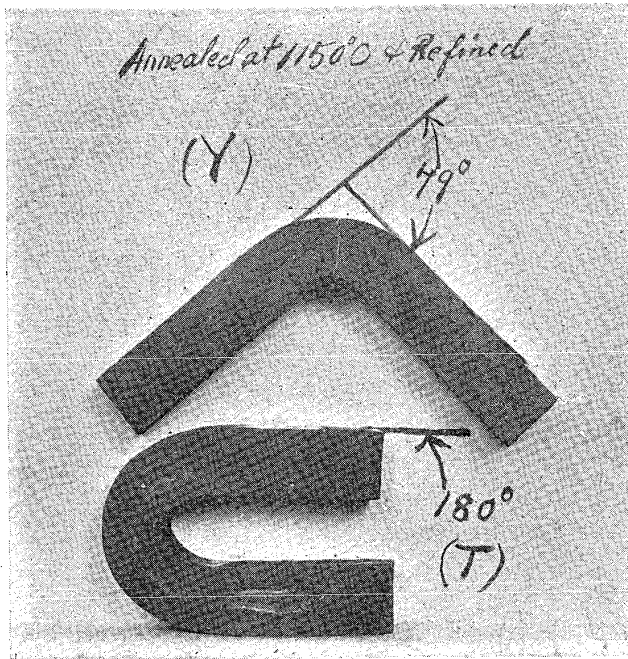
試料の方向	熱處理	屈曲角度	狀況
纖維に平行なる試料 (T)	切出の儘	180°	破壊せず
		180°	〃
		180°	〃
		180°	〃
纖維に直角なる試料 (Y)	切出の儘	63°	破壊す
		71°	〃
		79°	〃
		66°	〃

寫眞第 28 及び寫眞第 29 は其の屈曲及び破壊の模様を示す。

寫眞 第 28



寫真第 29



§9 機械的試験結果の考察 以上述べたる諸機械的試験の結果より次の如く言ふことを得べし。

鍛延鋼材の機械的性質は、抗張力及び弾性界を除く外總て繊維の方向は之に直角の方向よりも優秀にして其の程度は鍛延率が餘り小ならざる限り10%乃至50%に達するものなり。此れ鍛延鋼に固有なる性質にして此の關係は熱處理に依りて變ぜらるゝこと極めて小なるものなり。

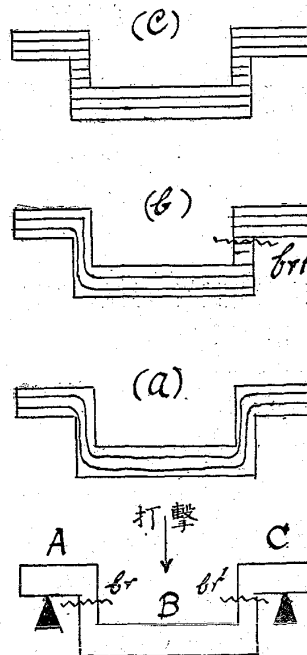
以上の事實を鋼材の繊維状組織の方面より考ふるに既に述べたる如く繊維状組織の原因たるべき磷の偏析は E. Stead 氏又は石原氏等の實驗結果に示さるゝ如く、1,300°C以下の諸溫度に於ては其の擴散速度極めて遲鈍なるもの故本研究に於ける高溫度焼鈍を経たる後も尙大部分の磷は偏析の状態を保持することゝなり従つて依然として鋼材の性質に方向的差異を示すことであると考へらる。

石原氏⁽¹⁾の實驗に依れば磷は1,300°C以上の高溫度に於ては其の擴散速度を急速に増加するもの

故従つて繊維状組織も急速に消滅し去るべき筈なれ共實際作業としては鋼材を斯の如き高溫度に加熱することは種々の理由に依り不可能事と見るべきもの故、鍛延鋼材は常に繊維状組織を有し其の結果として鍛延の方向に強く、之に直角の方向に弱き缺點あることを免れ得ざるものと言ふを得べし。此の事實を直接證明する目的の下に前述ニツケルクローム鋼に就て次の如き實驗を行ひたり。試験方法は繰返打撃による疲労試験にして試験機は松村式繰返打撃試験機を用ひたり。試料の形狀は第3圖の最下部に掲げたる如きものにして其の兩端 A 及び C を水平にナイフェツデ上に支へ其の中央點 B に繰返打撃を與へ試料の屈曲點 br 又は br' に於て疲労による破壊を生ぜしめたるものなり。

本實驗に使用せる實際の試料は第3圖 a b 及び c に示すが如き繊維状組織を有するものなり。即ち a 試料は1本の鍛延棒を此の形狀に屈曲して造られ従つて其の繊維は全試料を通じて連續的に走れるを見る、之に反して c 試料は此の形狀に切り出せるもの故繊維は屈曲部に於て非連續的なるものなり。又 B 試料は上記兩者の中間のものにして即ち其の左半分は屈曲に依り、又右半分は切り出しに依つて造りたるものにして従つて左半

第 3 圖



切り出しに依つて造りたるものにして従つて左半

(1) 石原寅次郎；鐵及び鋼の研究、第3卷、69頁

部は纖維は連続的なれ共右半分は然らざるを知る。

先づ試料 *a* 及び *c* に就て試験を行ひたるに其の結果は

試料記號	<i>a</i>	<i>c</i>
打撃回数	12,010	8,520

にして既に述べたる疲労試験の場合と同じく纖維が非連続的なる *c* 試料の値は纖維が連続的なる *a* 試料の値の約 70% に相當するを知る。次に本試験の目的たるべき一試料内に兩種の纖維を有する *b* 試料に就ての結果は

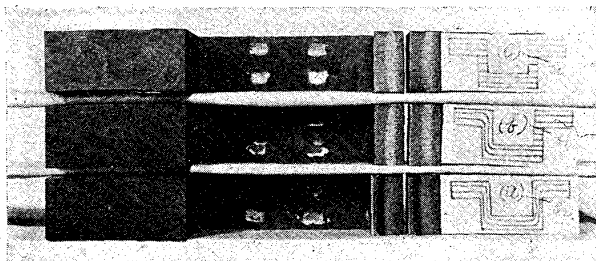
試料記號	<i>b</i>
打撃回数	8,490

にして此の場合破壊は常に纖維が非連続的なるべき屈曲偶 *b'* 點に起り従て其の値は *c* 試料と殆ど同等なるべきは當然なり。

本實驗よりして、同一寸度の鋼材を以て組立てられたる機構中に於ても其の纖維の方向に依り上述程度の強弱あることに留意する必要ありとす。

寫眞第 30 は本實驗の試験試料破折面を示す、圖に見る如く *a* の破折面は *b, c* に比し極めて緻密なるを見る。

寫眞 第 30



§10 鋼材の纖維と焼割れ 鋼を焼入する場合に發生する焼割れは主として其の物の外形に支配せらるゝことは一般に認めらるゝ所なり。然れ共上に述べたる如く鋼材の纖維狀組織は外部應力に對し方向的に強弱を示すもの故又焼割れの原因をなす

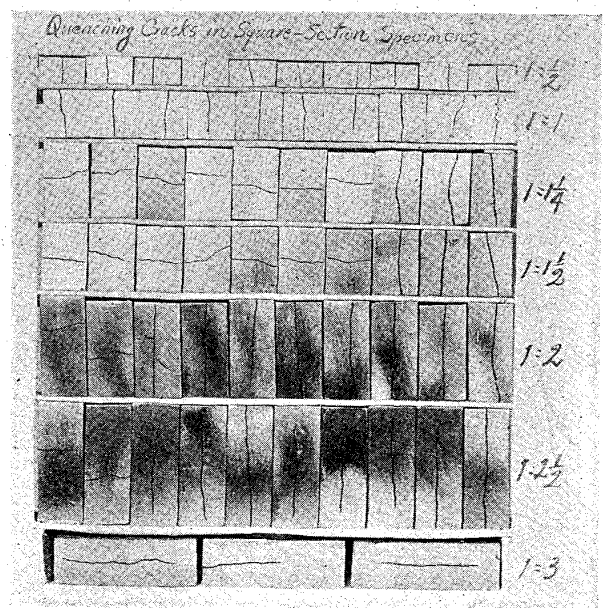
如き内部應力に對しても何等かの方向性を當然豫期せらるゝ所なり。依つて著者等は焼割れに對する纖維の方向の影響を知る爲めに次の如き實驗を行ひたり。

本實驗に使用せる炭素鋼の化學的組成は下の如し。

C	Si	Mn	P	S
0.94%	0.26%	0.42%	0.013%	0.014%

先づ伸延角棒にして切口は 25 耗平方なるものを取り、此れを切り口の一邊の長さ (25 耗) に對する高さの比が夫々 $\frac{1}{2}$, 1, $1\frac{1}{4}$, $1\frac{1}{2}$, 2, $2\frac{1}{2}$ 及び 3 となるが如くに切斷し且つ同一高さの試料を夫々 10 個づゝ作製したり。此等試料の焼割れの模様を検する爲め、之を $1,000^{\circ} \sim 1,100^{\circ} \text{C}$ より水中に焼入したり。若し最初の焼入にて焼割れを生ぜざる場合には再び焼入を繰返したり。斯の如くにして同一寸度の試料面に顯はるゝ焼割れを 10 個の試料につき統計的に觀測したり、寫眞第 31 は其の實驗結果を示す。

寫眞 第 31



寫眞に見る如く此の値が $\frac{1}{2}$ 及び 1 のものは總て縦割れを生じ、 $\frac{1}{4}$ 及び $\frac{1}{2}$ のものは横割れの傾

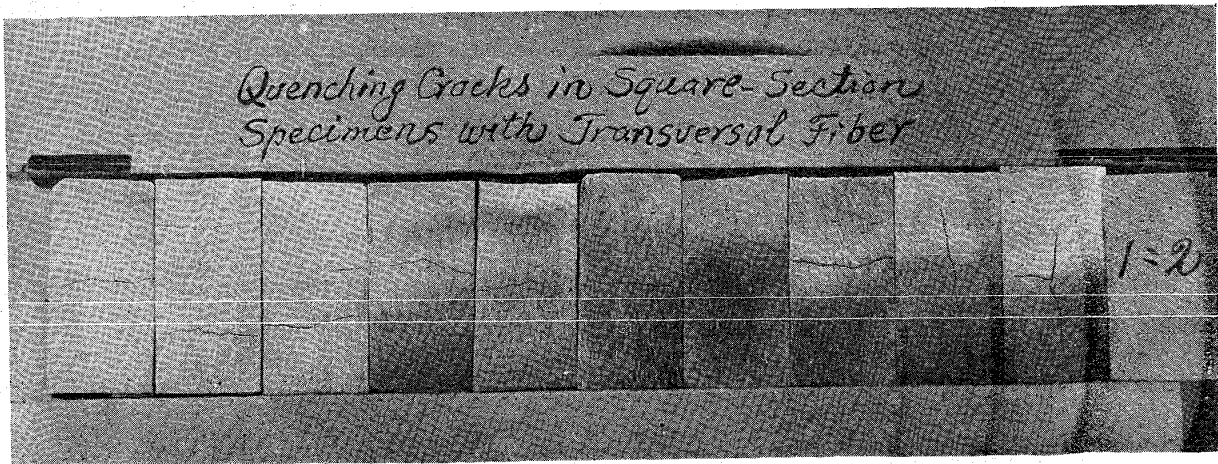
向丈となり、2 以上のものは再び縦割れを生じ易し茲に注意すべきは比の値 1 のもの即ち正立方形の試料に表はれたる焼割にして此の場合には試料の外形は全く對稱的なるを以て焼割の發生すべき公算(Probability)は總ての方向に全く同一なるべきに拘らず常に鍛延の方向即纖維の方向にのみ發生を見たるは即ち纖維狀組織が明に焼割の一因數として考へざるべからざることを示すものなり。

纖維の方向に焼割れすべき傾向は相當強く働くものにして此れを實證するが爲め次の如き實驗を行ひたり。寫眞第 32 に示したる比の値 2 なる試料に於ては試料の纖維の方向が、高さの方向に一致せる場合には寫眞第 31 に見たる如く殆ど縦割れのみを生ずべきものなり。然れ共今同一寸法の試料を纖維が高さの方向と直角になる如く作製して焼割實驗を行ひたるに其の結果は寫眞第 32 に見る如く總て横割のみを發生したり。

但し焼割れの方向を決定する主因數は試料の幾何學的外形にして、比の値 2 以上となれば纖維の方向如何に拘らず常に縦割れのみとなる。

寫眞第 31 に見る如く比の値 1½ の場合には横割の傾向丈なるものにして、之れより比の値が 2 に増す間に縦割傾向に變化するもの故上記の實

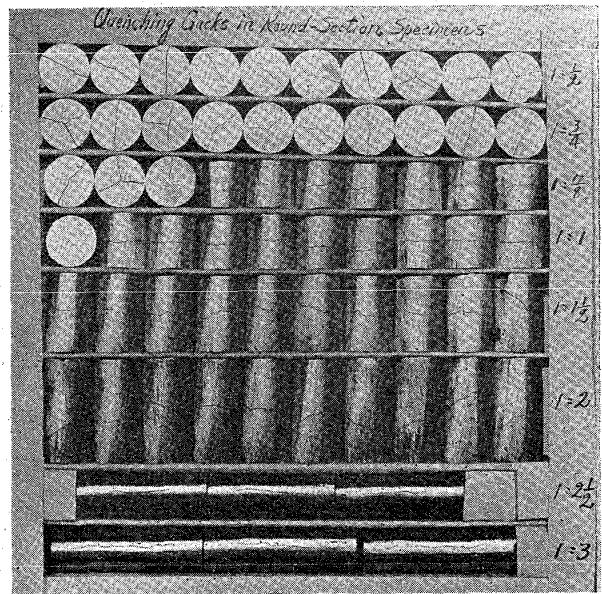
寫 眞 第 32



驗試料に於ては其の形狀より來るべき縦割れの傾向餘り大ならざるもの故纖維の影響がより強く働きたるものと解すべきなり。

次に伸延鋼材の丸棒にして切り口の徑 25 耗のものを取り、之を徑に對する高さの比が夫々 ½、¾、⅞、1、1½、2、2½ 及び 3 となるが如く切斷

寫 眞 第 33



し前と同様なる焼入試料を 10 個づつ作製し焼割實驗を行ひたり。

寫眞第 33 は其の結果を示す。

此等の試料は總て纖維の方向は長さの方向と一致せるものにして、寫眞に見る如く比の値 2½ の試料にありては縦割れを生ずべき傾向にあるに拘

らず、今同一寸法の試料を纖維の方向が長さに直角となるが如く作製して實驗する時は寫眞第 34 に示すが如く何れも横割れのみを生ずることを知れり。

結 論

本研究の結果を要約すれば下の如し。

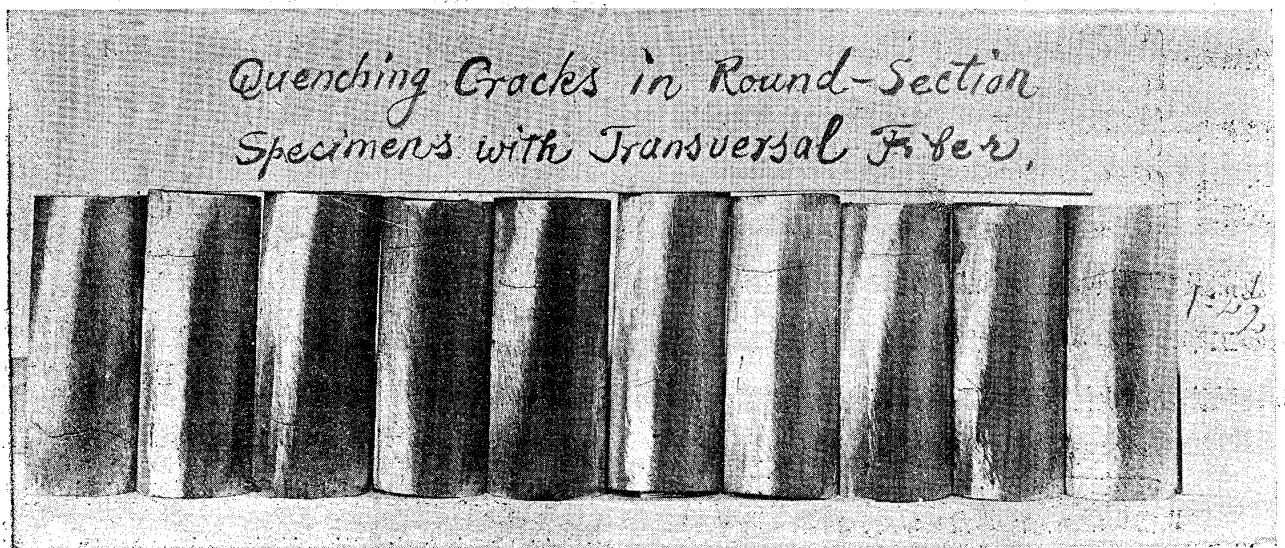
- (1) 鍛延鋼をマクロ腐蝕する場合に顯はるゝ纖維狀組織は鋼中に含まるゝ不純物中主として隣樹枝狀的偏析が破壊伸延されて生ずるものにして、一般に同時に炭素の偏析現象を伴ふものなり。
- (2) 鋼の纖維狀組織は 1,300°C 以下の焼鈍に依つては完全に除去すること困難なり。
- (3) 鍛延鋼の機械的諸性質は其の纖維の方向

に於ては之に直角なる方向に比し 10~50% 優秀なり而して此の方向的差異は 1,300°C 以下の溫度での焼鈍、其の他の熱處理に依つて殆ど改善せられざるものなり。

- (4) 鍛延鋼を使用する場合には其の纖維狀組織の方向に注意すること肝要なり。
- (5) 鋼材を焼入する場合其の焼割れの方向は纖維の方向に影響せらるゝことを知る。

終りに望み、著者等は本實驗の遂行と發表の機會を與へられたる日本特殊鋼合資會社々長工學博士渡邊三郎氏に對し深甚の謝意を表す、又本實驗中寫眞撮影の勞をとられたる亙理直毅氏に深く感謝す。

寫 眞 第 34



[Faint, mostly illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the page.]