

車軸材に現れたる疵に就ての考察

(日本鐵鋼協會第 18 回講演大會講演 昭和 12 年 10 月)

金森 九郎*

NOTES ON THE FLAW OCCURING IN AXLE MATERIAL.

Kuro Kanamori.

SYNOPSIS:—Among axles produced by forging shops of the Yawata Iron Works in Japan where axles for trains and tram cars are manufactured, defective axles to be rejected owing to the flaw amount to the quantity which corresponds to the production of about one month against the total annual production. Under such circumstances, the author investigated processes which may improve the results with respect to the following items:—

- A. Axles rejected from the flaw in the light of statistics.
- B. Kinds of flaw
- C. States of flaw
- D. Causes of flaw and its remedies.

A. 緒 論

製鐵所鍛鋼工場に於ては機關車用・客貨車用車軸を製作し主として住友製鋼所に納入してゐる。然るに疵不合として廢棄される車軸は當工場に於て荒旋削後發見されるもの及び住友工場に於て仕上旋削後發見されるものを併せると約8~10%の多きに達して居る。即ち當工場約1ヶ月の生産に相當する額が疵不合として廢棄されてゐる現状にして之は甚だ遺憾に堪へない事である。これ筆者をして首題の研究に赴かしめた所以である。

B. 統計より見たる疵不合車軸

近年(昭和 8, 9, 10, 11年)に於ける當工場車軸の疵不合の原因を調べて見ると次表の如くなる。

年 度	火造 不 合		旋削 不 合		疵 不 合 (當 所)		疵 不 合 (住友工場)		備 考
	本数	率	本数	率	本数	率	本数	率	
昭和 8 年度	230	1.3	128	0.7	820	4.8	不明	—	率は火造本数を基準とする。
" 9 年度	47	0.2	44	0.2	892	3.4	598	2.3	
" 10 "	33	0.2	21	0.1	1,027	4.4	1,863	8.1	
" 11 "	192	0.6	39	0.1	1,435	4.3	1,417	4.2	
計	502	0.6	232	0.2	4,174	4.2	3,878	4.7	

而して其間に於ける車軸の

平均合格率は 95.1% である

従て 平均不合格率は 4.9% となる

其の内譯は次の如し。

*日鐵廣畑製鐵所

平均鍛造不合格率は 0.5%

平均旋削不合格率は 0.2%

平均疵不合格率は 4.2%

尙住友工場に於ける平均疵不合格率は 4.7%, 故に實際の合格率は 90.4% である。

C. 疵 の 種 別

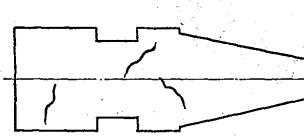
從來車軸に發生せる疵に就ては當工場に於ても亦住友工場に於ても漠然と疵不合にして居り、又俗に「砂カミ」(Sand mark) と云て居た。

之を詳細に調べて見ると今迄當工場に於て旋削中車軸材表面に發見せる疵には次の如き種類がある。

- (1) 高熱加工疵
- (2) 低熱加工疵
- (3) 局所的高炭素疵
- (4) 局所的低炭素疵
- (5) 氣 泡 疵
- (6) 非金屬物含有疵
- (7) ゴースト疵

D. 疵 の 状 態

1 高熱加工疵の狀態



この疵は左圖に見る如く鍛造方向に對して不規則に現れ通常は鍛造のまゝの黒皮車軸の表面に於ても容易

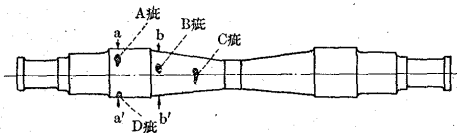
に發見し得るが、稀にば表面に何等の異状なく旋削して始めて發見し得る場合あり。何れにしても此の疵の特質は疵の附近の顯微鏡組織を檢鏡すると高熱加工材特有の粗大な結晶粒が發見されることである。極端なる場合にはウィド

マンステッテン組織が現れて居る。然しこの疵の發生は極稀にして疵不合率としては問題にするに足らない程である。

一般に鍛造せる黒皮車軸表面には何等異状を認めず旋削中内部に此の種の疵を發見する事は滅多に無い事であるが、次に鍛造の場合一旦「焼過ぎ」傾向のあつた車軸に於て旋削中發見せし高熱加工疵の珍らしい一例を示さん。

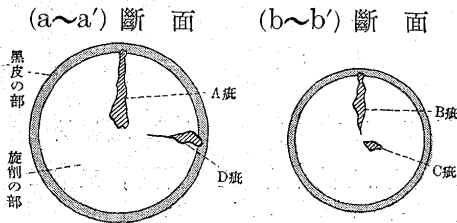
(實例)

(1) 外面的狀態 鍛造の儘の黒皮車軸の表面には何等異状を認めず旋削中4個の疵を發見せり。3個は鍛造方向と同一線上にあり、1個は前者の位置と直角の點に發見せり。共に黒皮より(5~10mm)内部に發生し次の如きものなり。



幅 長さ 深さ
疵の大小 5~15mm 10~25mm 約130mm

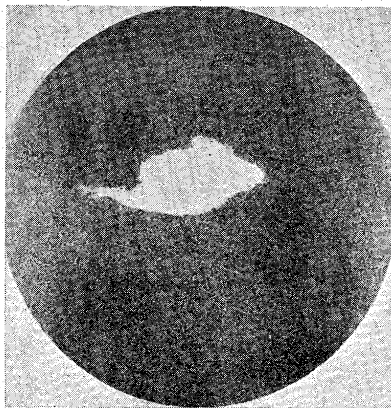
(2) 横断面狀態



(備考) (b~b') 断面中の C 疵は表面旋削面には表れず内部中心近くの深部(約 100mm)に發見せり。

(附圖) 寫眞は前記と相前後して同じく M 鋼 30,401

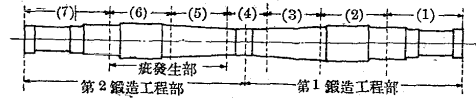
硫黄轉寫寫眞



顯微鏡組織寫眞 (×200 を縮寫せるもの)

より鍛造せる 12t 長軸中のテーパ部に旋削中發見せるもの、断面のサルファープリントの寫眞なり。

(3) 顯微鏡的組織高熱加工疵車軸を次圖の如く7個の部分に分ち各個に就て顯微鏡組織を調べて見た。



2 低熱加工疵の狀態

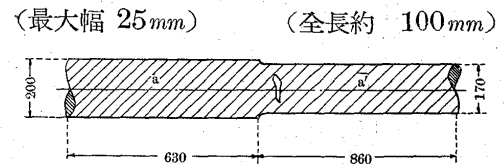
此の疵の外面的狀態は高熱加工疵によく似て居るが之は殆ど鍛造せる儘の黒皮車軸の表面に現はれ、旋削して後發見することは殆どない。

只此の疵の高熱加工疵と異なる點は疵の部分の顯微鏡組織に於ける粒子は後者の様に粗大でなく寧ろ細かくなって居ることである。

尙此の疵は極めて稀に發生するもので疵不合率としては數字に現れない位である。

(實例)

(i) 外面的狀態 鍛造行程半途に下圖の如き割れ疵を發見す。

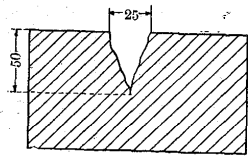


顯微鏡組織

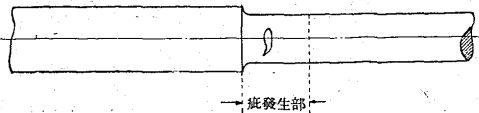
- (1) の部 此の組織は車軸材としては殆ど充分なる焼鈍效果を示すもので粒子の大きさは適當である。
- (2) の部 (1) に比較すればいくらか粒子は大きいが高熱の模様は見えない。
- (3) の部 此の資料を採た部分は (1)(2) の部分と同時に鍛鍊されたものであるが恐らく他の半分 (5,6,7 の部分) の鍛鍊時に於ても加熱されたものと思はれる。故に粒子は (1),(2) に比して著しく大きくなって居る。
- (4) の部 此の資料を採た部分は (5),(6),(7) の部分と同時に鍛鍊されたもので粒子は (1)(2) に比し甚だ大きく尙フェライトは樹枝狀にパーライト中に入進し所謂ウィドマンステッテン組織を示して居る。
- (5) の部 此れは「焼過ぎ」の割疵に沿た部分で此の中眞黒の部分は割目である。之にも明かにウィドマンステッテンの組織が見える。
- (6) の部 (5) と同様丁度割目疵の部分が出てゐる。之には餘り代表的なウィドマンステッテン組織は見えないが粒子の粗大なる點より見ても同様な「焼過ぎ」と推定さる。
- (7) の部 (4),(5),(6) と同様に粒子の粗大を示し又代表的なウィドマンステッテンの組織が現れてゐる。



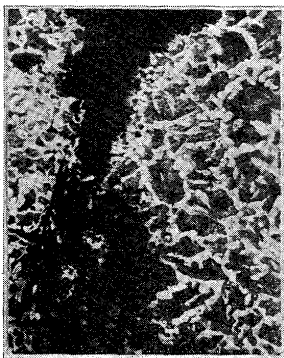
(ii) 縦断面状態 (a~a' 断面)



(iii) 顕微鏡組織



疵の部の顕微鏡組織 (×200/2) 本寫真に現れたる疵は前記の高熱

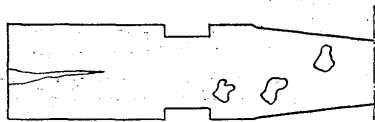


加工の疵と異なり粒子が細かい點に依り低熱のために疵を發生したものと推定さる。

3 局所的高炭素疵の状態

下圖の如く此の疵の形状は一定せず不規則な形で現れる。之は黒皮車軸の表面に於ても判別し得ず之を荒旋削して後始めて發見し得るものである。

此の疵の外觀的特質としては、他の部分に比較して非常に光澤がある。疵の深さも一定せぬが約 1~2mm 程度である。



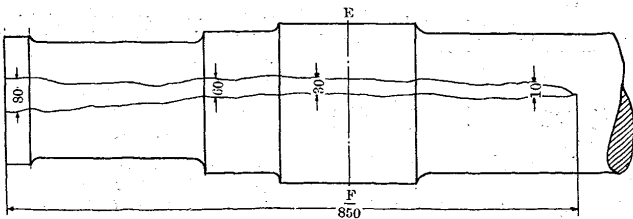
此の部分进行分析又は

顕微鏡組織で調べて見ると炭素含有量が局部的に非常に高くなつてゐる事が判明した。此の疵も甚だ少なく疵不合率として論ずるに足らぬものである。

次に此の疵の一例を示さん

(局所的高炭素疵の一例)

疵發生の狀況 車軸荒旋削中下圖の如き疵を發見し該部分は他の部分に比較して非常に光澤あり。



其の部分の化學分析及び物理的性質を調査したるに次の如くであつた。

(化學分析)

	C	Si	Mn	P	S
取鋼分析	0.36	0.144	0.68	0.018	0.019
疵の部分分析	0.98	—	0.78	—	—

(物理的性質)

	抗張力	延伸率	ブリネル硬度	
他の部分	60.1 kg/mm ²	26.5%	174	166
疵の部分	63.5 "	12.5 "	286	269

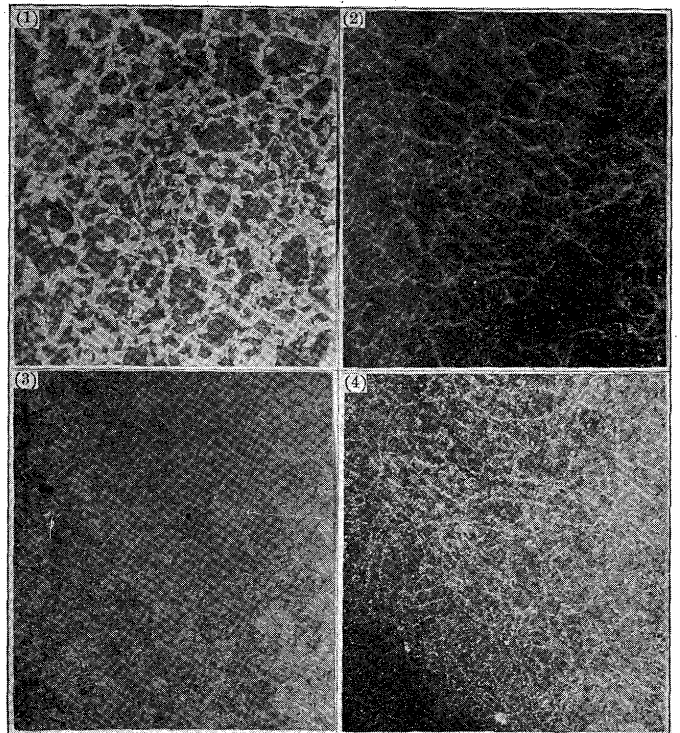
又顕微鏡組織は次の如くであつた。

疵部の断面に於て僅か 2mm 程度の深さを有し其の僅かの間にも次の如く組織が異てゐる。

- (1) 内質正常部
- (2) } 變質部 { 内部
- (3) } { 中央面
- (4) } { 表面

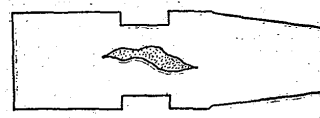
顕微鏡組織

- (1) の部 結晶粒に多少の大小はあるが大體に於て焼鈍された通常的車軸材組織
- (2) の部 (1) より大分フェライトの線が細くなり炭素含有量が増して居る。
- (3) の部 殆ど共析鋼組織である。
- (4) の部 樹枝状セメンタイトが現れ過共析鋼組織である。



(倍率 250 を縮寫せるもの)

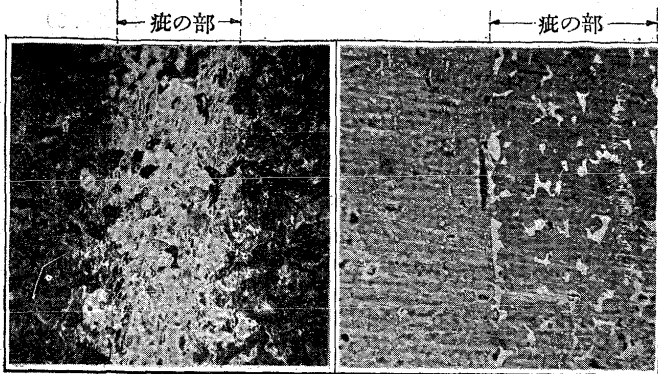
4 局所的低炭素疵の状態



此の疵は筆者が勤務中唯一回發見したのみで(3)の疵と異り此の部分は他の部分に比して光澤なく、且つ疵の表面に無数の針孔を有す。之は分析する程疵が大きくなつたので、顕微鏡組織を調べた結果此の部分は殆どフェライトのみであつた。之がゴーストなるや否やを見るためにステッド試薬にて調べたる結果ゴーストに非ず單に脱炭せることを發見した。

検 鏡 寫 眞

- (1) ピクリン酸腐蝕による顕微鏡寫眞 (スンプ法)
- (2) ステッド試薬による顕微鏡寫眞 (スンプ法)



(×100 を縮寫す)

5 氣 泡 の 状 態

6 非 金 屬 物 含 有 疵 の 状 態

兩者は殆ど常に一緒に現れるもので此處に纏めて記す。



左圖の如く之等は鍛造方向に沿て現はれ幅 0.2~1.0 mm, 長さ 5~10 mm に

して深さは幅と同じ位である。

氣泡疵は無色, 非金屬含有疵は白色或は淡青色である。

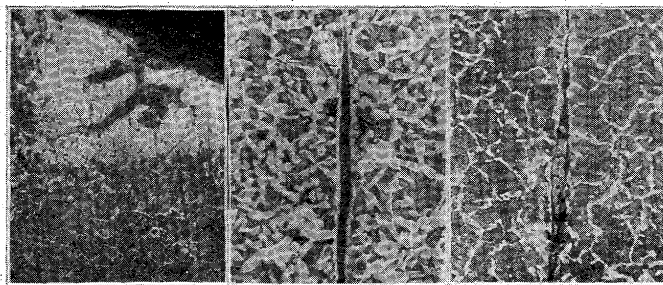
此の疵は殆ど總ての車軸材にあるもので疵各個の形狀は上述の如く一般に細かく且つ殆ど車軸材の表面近くに現れ極く内部に於て發見したる事なし。

此の疵による疵不合率は甚だ高く當所に於て發見せるものみに就ても全量の 2~3% を占めてゐる。

次に此の種の疵の二, 三の例を示さん。

氣泡疵の實例

非金屬物含有疵



極く表面に近い氣泡疵の一例で鍛造方向に對して直角な断面に於て見ると上の通りで尙この附近は脱炭されてゐる。

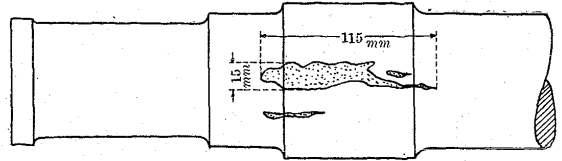
黒皮表面より比較的内部に發見せるものの鍛造方向に於ける氣泡疵の狀態で鍛造方向に細長く伸びてゐる。

此の疵は一般には上の様に前者同様細長く鍛造方向に引伸ばされた狀態で現れて居るが時に圖の様な多量の異物を含んで居る事がある。

(車軸材中に含まれたる異物についての一例)

昭和 11 年 12 月 11 日當工場車軸旋盤にて車軸 (12t 型) を旋削中「ホイールシート」部に黒皮より約 5mm 餘り内部より次の如き疵を發見す。尙其内部には 煉瓦か又は

スラッグの如き淡青色のものが充滿してゐた。



よつて内部の異物を分析したるに次の如き結果を得たり。

故に之が何であるかを調べるために茲に鋼滓, シャモット煉瓦, 蠟石煉瓦の分析を比較す。

種 別	化學分析	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Mn ₂ O ₃	MgO	Fe ₂ O ₃
車軸材より出たる異物		49.32	3.60	33.45	17.60	~	~
シャモット煉瓦		51~55	0.2~1.0	38~45	~	0.3~1.0	2.5~3.0
蠟石煉瓦		60~65	0.2~0.8	30~35	~	0.5~1.0	0.5~1.5
平 爐 滓		10~16	30~45	5~10	10~12	4~7	10~15

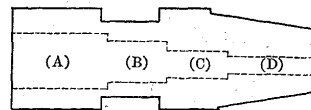
以上を比較研究するに, この異物は恐らくシャモット煉瓦の屑ではなからうかと思はれる。尙注意すべきは異物中の Mn₂O₃ の量であるが, 之は爐内に投入せる Fe-Mn による脱酸成生物が混たものと見做される。そのために淡青色の色彩があるのではあるまいか。

7 ゴースト疵の狀態



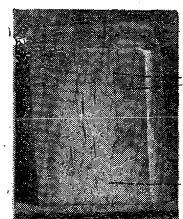
之は前者 5 の氣泡疵と一見よく似てゐる。然し之をよく見ると幾分不規則な形狀

を有し幅 1.0~2.0 mm 長さ 5.0~10.0 mm, 深さは幅に同じである。尙此の疵の特質として車軸材の表面に現れるのみならず内部迄同様の疵を發見する。即ち次の如く筒削りして見ると (A) の部より (D) の部迄疵が現れる。



之を顕微鏡下で檢べて見るとピクリン酸腐蝕ではたゞ白くフェライトの層が見えるのみである。

それで一見 4 の疵と同様見に来るが之をステッドの試薬中に浸して見ると右に示す様に判然とゴーストが現れて来る。之より推論して之が隣のゴーストである事が判た。



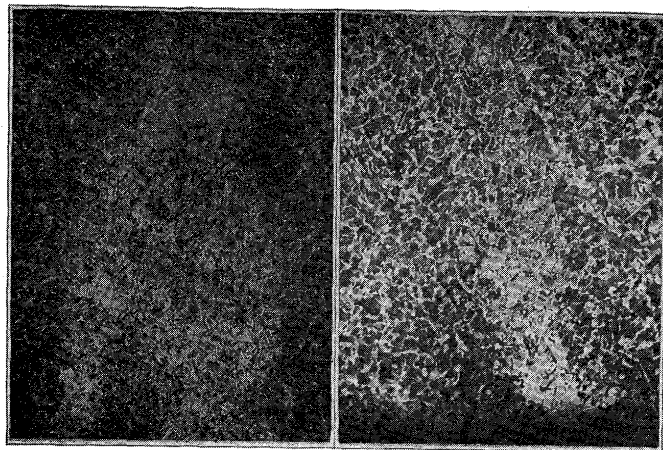
此の疵による疵不合率は氣泡疵及び非金屬含有疵と同じ

ピクリン酸腐蝕

ゴースト疵の鍛造方向面に沿た顕微鏡組織疵の部は脱炭した様にフェライトの層が出来てゐる。

ピクリン酸腐蝕

ゴースト疵の鍛造方向面に直角な面に於ける顕微鏡組織之にても判る様にゴーストの深さは浅く最大2mm 耗位のものなり。

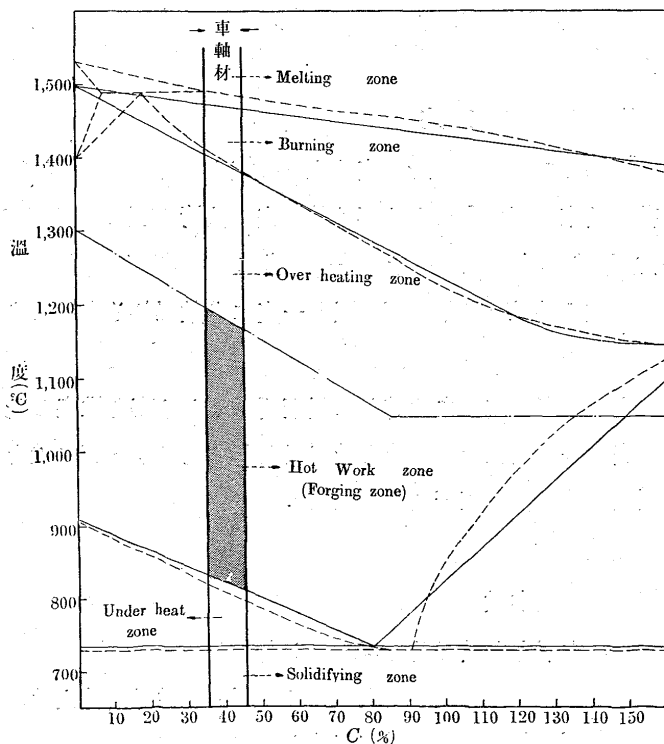


く約 2~3% である。

E. 疵の原因及び其の対策

1 高熱加工疵及び 2 低熱加工疵

(i) 原因 車軸材の炭素含有量は大体に於て 0.35 ~ 0.45 % である故に其の熱間加工温度は大體次圖に示す範囲が適當である。



即ち鍛造温度範囲は 850~1,200°C である。若し之以上の温度で鍛造する時には高熱加工疵を生ずる危険があるし、此の温度以下の時は低熱加工疵の原因となる。

(ii) 其の対策 之等の疵は鍛造前の加熱の状況如何

に關係する事である故加熱責任者が周到なる注意を拂ふと共に加熱爐を適當に設計すれば解決出来る問題である。尙オプチカルパイロメーター其他の計器を使用して正しい温度にて作業をなさしむる事が肝要である。

3 局所的高炭素疵

(1) 原因 此の疵の原因に就ては現在の所炭素の偏析又は浸炭が考へられて次の諸説がある。

(イ) 脱酸剤として用ふるマンガン鐵による加炭説
マンガン鐵 (Fe-Mn) 中には7%の炭素を含んで居る。故に若し熔鋼の温度低く局所的に之等が熔解した場合に起り得ることがある。然し其れに就ては其の部分の Mn 含有量が餘り多くない様に思はれる。

(ロ) 造塊鍋に投入せる粉末炭素による加炭説

出鋼の際炭素含有量を増すために造塊鍋中に粉末炭素(コークス粉)を投入することが屢々あるが之のために局所的に加炭される事はあり得るかも知れない。然し之は次の2點より考へて如何かと思はれる。

(a) 粉末炭素と熔鋼の比重の開きが大である事。

(b) 熔鋼温度が 1,650°C 前後と云ふ高熱であるため粉末炭素の大部分は燃える事。

(ハ) 鋼塊鑄型内面にタール塗付に依る浸炭説

之は確かに有り得ると思考せられる。然し乍ら若し浸炭せりと云ふと果してどの程度の深さに迄浸炭するかを考へ且つ斯くして出来た鋼塊は分塊工場の均熱爐で1回、鍛鋼工場の加熱爐で1回都合2回も 1,100°C 前後に加熱せられて居る故、假りに浸炭層が出来たとしても此の2回の加熱により、スケールとしても除かれるのではあるまいか。

(ニ) 鍛造機附屬加熱爐内に於ける浸炭説

鍛鋼工場の加熱爐は側面裝入反射爐で石炭により加熱してゐる。此處に於て次の諸條件が偶然合致したと考へられる時は或は浸炭する事があるであらう。

(a) 材料の表面にスケールがない場合

之は車軸鋼片表面の疵削り作業で表面を廣く削た場合にあり得る。

(b) 其の部分の近くに浸炭を助ける物質がある場合。

(c) 爐の燃焼狀況が浸炭に好都合なとき。

内部が還元性或は中性の燃焼狀況にある場合。

(d) 浸炭するに充分なる長時間爐内にある場合。

二交代作業を行てゐる時、乙番が裝入してより甲番(翌日)が鍛造する迄の時間は約 12 時間あり、其の間浸炭し

得る可能性がある。

然し乍ら此の a, b, c, d, 四つの條件が皆合致する事は稀である。

(附記)

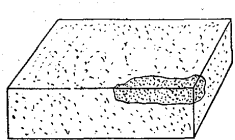
上記の事項より考へて(イ),(ロ),(ハ),(ニ) 夫々此の疵の原因となり得る可能性がある。處が此處に誠に注意すべき例がある。

昭和 11 年初めに M 鋼の 24,353 及び 24,368 の鋼片中、當所にて鋼片疵削りの際部分的に非常に堅きものを発見した。

M 24,353 2 本 (受入鋼片數 34 本)

M 24,368 1 本 (" 19 本)

依て此の硬き部分を分析したるに次の結果を得たり。



分析 鋼番	取鋼分析	不良車軸鋼片	
		軟き部分	硬き部分
M 24,353	C 0.39%	C 0.35%	C 0.78%
M 24,368	C 0.35%	C 0.41%	C 0.77%

之を鍛造して削て見ると、前述の如く光澤のある疵が現れた。故に此の疵は前述の(イ)(ロ)(ハ)の原因説に可成有力な裏書きをしてゐる。

(2) 其の対策 兎に角此の疵は、疵そのものとしては誠に興味あるものであるが、然し其の發生は極く稀で滅多にない故、餘り深入りする必要はないと思ふ。

4 局所的低炭素疵

之は前者(3)と正反對の現象であつて實例が少ないために一概に斷定は出來ないが、自分は加熱爐内に於ける局所的脱炭作用の結果と思ふ。

5 氣 泡 疵

(i) 原因 之は前述の様に甚だ多く殆ど總ての車軸材の表面又は表面近くに見受けられるものである。勿論車軸材精鍊に當ては脱酸材としてマンガン鐵、珪素鐵及びアルミニウム等を用ひ、所謂鎮靜鋼塊として出して居るのが色々の條件のもとに完全に脱酸されず所謂半脱酸鋼塊のものが多いのではあるまいか。故に鋼塊の鑄型内壁に接した部分の表面氣泡孔のためと考へられる。

(ii) 対策 完全なる脱酸鋼塊として出すか、或は鋼塊を一度鋼塊旋盤で「總皮ムキ」にするかすれば之は完全に防ぎ得ると思はれる。

然し現在の状態では車軸鋼片の疵削りを綿密に行ふ事と鍛造車軸の旋削部分を成る可く多くする事。又は旋削に於ける偏心を警戒する事が大事であると信ずる。

6 非金屬物含有疵

(i) 原因 之は昔からスラッグ疵(俗稱砂かみ疵)と稱へられてゐるのであるが、平爐の如きものに於ては所謂スラッグと稱するものが鋼の中に混入する事は稀ではなからうか。

勿論鑄鋼の中に熔鋼が入り、續いてスラッグが這入り其上を蔽た後爐内に残留せる熔鋼が流下する場合、比重の違たスラッグが鑄鋼中の熔鋼内に残留する様な事はあり得よう。

然し自分の考へでは此の含有物は脱酸生成物であると思ふ。之を裏書きする事實としては前述の「車軸材中に含まれてゐる異物」の項でも判る。又嘗て第三製鋼工場に於て車軸材をタルボット爐にて精鍊した事があつた。

其の時此の種の疵が多く、殊に低熱出鋼の物に甚だしかつた。此れは平爐と異りタルボット爐にては Fe-Mn を鑄鋼中に投入する結果、低熱の場合には熔鋼と Fe-Mn とが作用して出來た脱酸生成物は熔鋼の流れが悪いために表面に浮び上らず内部に残てゐるのではあるまいか。

(ii) 其の対策 之も 5 と同様よく見受けられるものであるが前述の如く餘り内部にないことより考へて 6 と同様の対策に依らねばならぬが尙熔鋼の流れを良くするために出鋼時の温度その他のことに就て充分注意すべきだと思ふ。

7 ゴースト疵

(i) 原因 此の疵は上述の疵と全く異り、又多く、甚だ始末の悪い疵である事は前の疵の性情の項で述べたが尙 5, 6 の疵の様に各チャージに常に現れるものと異なり、或る特殊のチャージに限り一度に多數現れるものである。

之より考へて、之は確かに製鋼關係である事を推察し此の疵の多く出たチャージと殆ど出なかつたチャージに就き製鋼日誌より比較研究して見た。

調査要點

- a 鍛造本數
- b 疵不合本數 (殆どゴースト疵)
- c 裝入物 {
 - イ. 裝入スクラップ中の線材屑裝入量
 - ロ. 石灰石裝入量
- d 精鍊時間 (裝入より出鋼まで)
- e ストッパー孔徑の變化状態
- f 鍋落ち鋼屑の量

No	製番	鋼號	鍛造本數	疵不合本數	装入物		精鍊時間	ストッパー孔徑變化	鋼落	備考	
					線材屑	石灰石					
1	38239	3	0	—	kg	kg	6°~35'	+7	—	精鍊溫度其他良好なり	
2	39351	50	1	—	—	1,000	7°~00'	±0	200	少しく低熱なるも石灰裝入量少なくスラッグを薄くしてある	
3	39386	45	0	—	—	800	6°~30'	+2	100	〃	
4	39509	50	0	2,200	1,400	1,400	6°~05'	+10	—	可なり高熱なるも石灰裝入量を少し増して居る	
5	39566	45	0	—	—	1,400	6°~40'	+5	—	精鍊溫度其他良好なり	
6	39601	49	0	—	—	1,400	7°~25'	+10	—	可なり高熱なるも石灰裝入量を少し増して居る	
7	40335	45	1	—	—	1,400	6°~30'	+6	—	精鍊溫度其他良好なり	
8	40446	45	0	—	—	1,200	7°~30'	+7	—	〃	
9	40886	45	1	—	—	1,200	6°~40'	+7	—	〃	
10	41158	50	1	1,500	1,200	1,200	7°~40'	+10	—	少々高熱なり	
11	41225	50	0	—	—	1,600	7°~10'	+5	100	少々スラッグは厚い様なり	
12	41289	49	0	—	—	1,700	7°~35'	+15	—	高熱なれども其れに應じて石灰の裝入量を多くしてゐる	
平均						疵不合本數 = 4本				鍛造本數 = 553本 × 100% = 0.7%	

No	製番	鋼號	鍛造本數	疵不合本數	装入物		精鍊時間	ストッパー孔徑變化	鋼落	備考	
					線材屑	石灰石					
1	37231	52	14	—	kg	kg	7°~30'	-20	400	甚だ低温なるに石灰裝入量多い様に思はれる	
2	38014	40	6	—	—	2,700	7°~00'	+2	200	低熱なるに石灰裝入量甚だ多い様に思はれる	
3	38054	40	11	5,000	1,900	1,900	8°~00'	+2	100	線材屑を裝入と低熱なるに石灰裝入量多い様思はれる	
4	38280	34	5	—	—	1,400	8°~00'	+2	400	低熱なるに石灰裝入量少しく多すぎると思はれる	
5	39174	39	6	—	—	1,100	6°~10'	+10	—	高熱なるに石灰裝入量少くスラッグが餘り薄い様に思はれる	
6	39745	48	6	—	—	1,200	7°~00'	±0	200	低熱なるに石灰は少しく多い様に思はれる	
7	39758	50	13	4,000	800	800	7°~00'	+5	—	線材屑裝入と石灰の裝入量少なすぎると思はれる	
8	39798	50	9	3,000	1,200	1,200	6°~35'	+6	300	線材屑裝入と鋼落ちより見て低熱ではあるまいか	
9	39855	50	4	—	—	1,200	6°~20'	+5	100	精鍊時間が短い	
10	40397	49	4	4,500	1,200	1,200	6°~35'	+5	300	線材屑裝入と鋼落ちより見て低熱にして精鍊時間短し	
11	40696	32	13	10,000	800	800	6°~30'	+5	100	線材屑裝入と石灰裝入量少ない様に思はれる	
12	40705	40	4	7,500	800	800	6°~50'	+2	300	線材屑裝入と低熱なること石灰の少なきためスラッグは薄い様だ	
平均						疵不合本數 = 95本				鍛造本數 = 524本 × 100% = 18.1%	

上記の表より推論して次の事項を知り得た。

(a) 装入スクラップ中の線材屑に關して 線材工場では極軟鋼線と製釘材とを壓延してゐる。然るに通常兩者中の燐の含有量を調べて見ると次の如し。

	極軟線材	製釘材
Pの含有量	0.02~0.04	0.06~0.08

故に若し偶然に装入スクラップ中の線材屑が製釘材屑であつたとすれば、此の中に含まれてゐる燐分が後に燐のゴーストの原因になるのではなからうか。

(b) 石灰石裝入に關して 石灰石の裝入量は平均爐内の熱度の如何に依り増減して、其の結果、其の熱度に相應した適當なスラッグを作る事が肝要である。若し爐内温度に比しスラッグが過度に「厚い」場合、及び「薄い」場合、夫々熔鋼の温度の低下及び精鍊不充分なる結果を生じ燐のゴーストの疵の原因になるのではあるまいか。即ち低温に於て平衡状態を保つスラッグ中には CaO は少く其の鹽基度が低く脱燐が不充分と云ふ結果にならないであらうか。

(c) 精鍊時間に就て 爐内温度が昇らなければ從て精

鍊時間は長くなると云ふ見地より見て、成績不良のものは比較的長時間かゝつて居る様に見える。又全體より見て精鍊時間の長い事が望ましい。

(d) ストッパー孔徑の變化状態に關して 之は上記の表より見て成績不良のものは、成績良好なるものに比して概してストッパー孔徑は大ならず低熱なる事を裏書きして居る。

(e) 鋼落ちに關して 之も上表に見らるゝ如く成績不良なるものは成績良好なるものに比し造塊鍋中に殘存せる鋼落ち鋼屑の量は多く前のストッパー孔徑の變化状態と共に低熱なることを裏書きしてゐる。

(ii) 其の對策 之等を一括して考へるときは燐のゴースト疵を防ぐためには次の要項が大事ではあるまいか。

- (1) 装入スクラップ中に燐分の高い鋼屑(製釘用線材屑)等をなるべく使用せざる事。
- (2) 平爐内の温度を高温に(幾分高い程度)上げてスラッグを少しく「厚い」程度にして且つ精鍊時間を長くすること。

F. 結 び

前述の諸項に依り明らかなる如く疵不合の大半は氣泡疵、非金屬含有疵及びゴースト疵である。故に之等を少なくする事が目下の急務である。

疵夫々に就ての対策は既に前項に記したが、之は鍛鋼工場のみで解決し得ることは出来ない。製鋼工場方面の技術者と協力して1日も早く之等の缺陷を除去して製品の向上と生産費の低下に資したいものである。

共同調査の要點(各製鋼番號別に)

(1) 製鋼工場

- (イ) 装入物の吟味
- (ロ) 操業中スラッグの検査
- (ハ) 造塊時に於ける熔解鋼の溫度測定

(3) 分塊工場

- (イ) 均熱作業状態
- (ロ) 壓延溫度及び歩留り調査

(3) 鍛鋼工場

- (イ) 疵削り、鍛造、熱処理作業の調査
- (ロ) 疵不合車軸の状態調査分類

尙以上の疵車軸の大部分を占めてゐる氣泡疵、非金屬含有疵、ゴースト疵による疵不合車軸は果して如何なる缺點があるかは非常に難かしい問題である。疵車軸材と合格車軸材に就て物理的試験を比較して見ると何等其の間に甲、乙の差はないのである。

從來之等の疵が「錆の發生原因」、ホイールシート部では「磨損の原因」或は「使用中折損の原因」とかになる様に云はれてゐた。然し斯かる些細な「疵」に依る所謂疵不合車軸が實際使用して何等差支へがないと云ふ實證がある。

其れにはこうした僅かな疵の車軸を試みに製鐵所構内の貨車の車軸に使用して見たが、激しい運搬作業にも關らず此の疵のために折損事故を起した事はない。

勿論車軸と云ふものは、人命を預る大切なものなれば些細の缺陷あるものを使用することは出来ないと思ふものの實際的に使用して殆ど差支へなきものをその儘スクラップとして廢棄することは、注がれたる尊い勞力を考へ國家經濟上より考へて再考の餘地があると思ふ。

何等かの方面に於て使用することは出来ないものであらうか。

X線に依るアルミニウム合金の均質化と擴散に関する研究

篠田 軍 治*

X-RAY STUDIES ON THE ANNEALING AND DIFFUSION IN ALUMINIUM ALLOYS.

Gunji Shinoda.

SYNOPSIS:—Problems relating to the annealing of cast Al-alloys and diffusion in super-duralclad plate were studied by X-ray focussing method using $Cu K\alpha$ radiation. When chill cast Al-alloy containing 4% Cu is gradually heated, the lattice constant becomes large at first and then small, and finally reaches a constant value at about 500°C. These changes correspond to the changes appeared in the dilatometric curve. The time required to obtain, as the value of the lattice constant, by heating at 500°C the mean of initial and final values about 0.4 hrs. These values become large by the addition of Mg: such as 0.5, 1.1 and 1.9 hrs for 0.5, 1.0 and 1.5% Mg respectively.

The inner part of the super-duralclad plate becomes uniform when annealed several hours at 500°C, but the surface layer does not become uniform and the values of its lattice constant are quite irregular even after being heated for 50 hrs. Also, broadening of (511) line of the surface layer begins at about 10 hrs and reaches the final value at about 20 hrs. Above results show that the diffusion does not take place uniformly and, in the surface layer, non-uniformness becomes noticeable by annealing.

I. 緒 言

不均質な固溶体内に成分の擴散が起れば原則として其の格子常数が變化する筈であるから X線分析に依て擴散

の有様を明にすることが出来る筈である。而してかゝる擴散現象を X線に依て研究することは筆者等¹⁾が金—銅合金に試みて以來多くの人々によつてなされてゐるが擴散現象に關聯した問題の中で工業的に重要な鑄造材の均質

* 大阪帝國大學工學部應用理學教室

¹⁾ 田中, 篠田 水曜會誌 6 (1930) 4 號