

一九五六年全國鐵道科學工作會議

論文報告叢刊

(47)

機車車輛配件裂紋與 斷裂的研究

人民鐵道出版社

前 言

1956年全国铁道科学工作会议征集了技术报告、总结、论文三百余篇。它的内容，包括铁路业务的各个方面，基本上显示着全体铁路技术人员和有关高等学校教师几年来在科学技术方面辛勤劳动的成果。对现场实际工作有参考价值，对铁路新技术的采用和发展方向，有启示作用。为此，刊印丛刊，广泛流传，保存这一阶段内的科技文献，以推动科学研究的进一步开展。

会议以后，我们对全部文件进行一次整编工作，然后组织部内设计总局、工程总局、工厂管理局、人民铁道出版社、车务、商务、机务、车辆、工务、电务各局、铁道科学研究院、北京和唐山铁道学院、同济大学、大桥、定型、电务等设计事务所的有关专业同志对每篇内容仔细斟酌，选择其中对目前铁路业务有广泛交流意义，或是介绍铁路新技术方向和系统的经验总结，将性质相近的文件合订一册，单独发行。为了避免浪费，凡是其他刊物或是以其他方式刊印过的文件，除特殊必要外，一般都不再刊载。出版顺序根据编辑和定稿的先后，排定丛刊号码，交付印刷，并无主次之分。

苏联铁道科学代表团在会议期间曾经做过九次学术报告，我们已将文字整理，编入了丛刊。

文件中的论点，只代表作者意见，引用或采用时，还应由采用人根据具体情况选择判断。

丛刊方式还是一种尝试，我们缺少经验，希望读者提供意见，逐步地改进。

铁道部技术局

1957年2月

機車車輛配件裂紋与断裂的研究

徐昭苏 林华寿 楊宝兴

第一章 鑄件中的裂紋.....	2
第二章 銅坯及鍛件中的裂紋.....	10
第三章 車軸上的裂紋.....	16
第四章 車輪輪箍裂紋及断裂.....	21
第五章 鋼板組裝時及使用中產生的裂紋.....	27
第六章 表面硬化處理產生的裂紋.....	30
第七章 彈簧的断裂.....	33

第一章 鑄件中的裂紋

用液体金屬直接澆成一定形狀的配件，这是方便的和經濟的机械制造方法之一。但是由於液体金屬的化学作用、固体金屬冷却时之物理作用和液体金屬或固体金屬冷却过程中与模子間的机械作用等等，致使鑄件在生产过程中会出现各种缺陷，裂紋便是其中之一，現分述如下。

一、翻砂时出現在鑄件的热裂

1. 热裂的种类。热裂分两种：（1）外热裂，出現在复杂形狀的鑄件截面面积改变的轉角处，或一些环形、T形、工字形配件受型砂阻止自由收縮的应力集中区域。这种裂紋可以由肉眼看出来，形狀如圖 1 所示；（2）內热裂，出現在鑄件中液金屬最后凝固的部位，从鑄件表面是无法發現的，必須在加工后才从配件的表面显示出来，它的形象如圖 2 所示。

热裂产生的原因：外热裂是因为高温时金屬的强度及塑性小，遇到模子的阻碍，自由冷凝收縮时所造成的。例如，

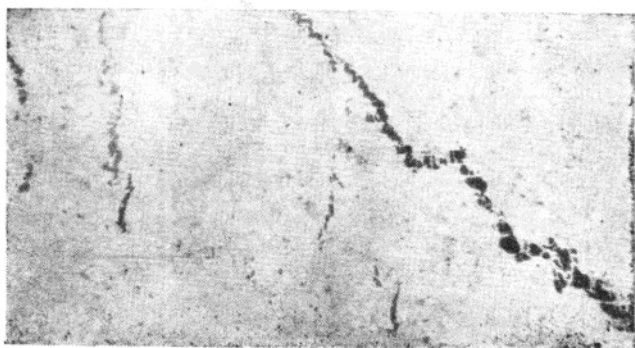


圖 1

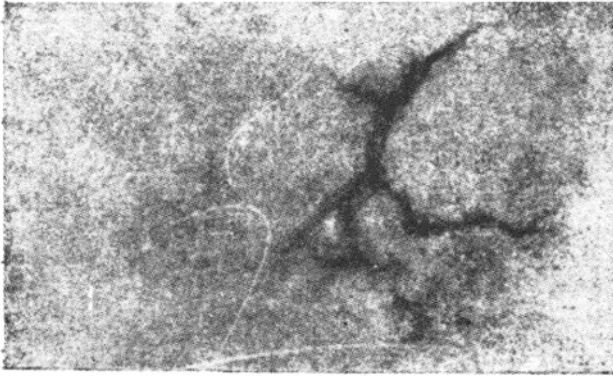


圖 2

含碳0.25%的鋼，其延伸率與溫度的關係和抗拉強度與溫度的關係如圖3所示。

由此可見，當鑄件從高溫冷凝收縮時，由於其形狀複雜及模砂的物理性質欠佳，阻礙了鑄件冷凝的自由收縮，於是產生了因收縮而存在於鑄件中的拉應力，拉斷配件的某些薄弱部分，成為外熱裂。

內熱裂出現在大體積鑄

件的中心。因為大體積鑄件外面接近砂模部位的金屬與中心的金屬冷凝的溫度相差很大，外邊金屬已凝成固體之後，中心尚在凝固，中心的鋼水冷縮時，因為外邊先凝的固體外殼不允許其收縮，因而產生了拉應力而出現裂紋。

2. 避免熱裂的產生。首先

必須注意的是：鑄件設計部門，應適當地將鑄件的形狀簡

化，或者將複雜的鑄件分成幾個可以組裝的小配件。其次，工廠的型砂控制部門應當深入觀察各種配件的特點，各種液金屬的特點，以及在可能的經濟條件下，訂出各種配件的模砂物理性能，特別是模砂的崩潰性能，而其中特別需要注意的是鑄件泥芯砂。泥芯砂須具有的一般物理性能如表1。如果泥芯砂的質量合乎要求，可以大大減少出現熱裂的可能。

至於內裂紋的避免，主要控制在造模設計時內冷鉄、澆冒口的位置，能够使液金屬模內具有優良的凝固方向。

熱裂常出現在澆注溫度太高的情況下。在實際工作中，曾經發現有熱裂鑄件的澆冒口下陷很多的情況，這說明澆注溫度太高。如果將這發生熱裂的鑄件進行金相檢查，可以在金屬結構中發現很嚴重的魏氏組織，如圖4所示。金屬結構中魏氏組織的存在，說明金屬冷凝時外界吸熱甚慢，也就是鋼水太熱，造成外界的高溫，而引起本身散熱不能較快的結果。

熱裂常出現在含硫、氧較高的鋼水澆成的配件中。這一點在酸性吹氫鋼澆成的配件中出現的可能性最大，而電爐鋼澆出的配件則不常見，因為硫具有明顯的熱脆性，而氧在鋼中的增多助長熱脆性的出現。

具有熱裂紋的鑄件應當報廢，因為一般熱裂紋都是很深的，無法修補。

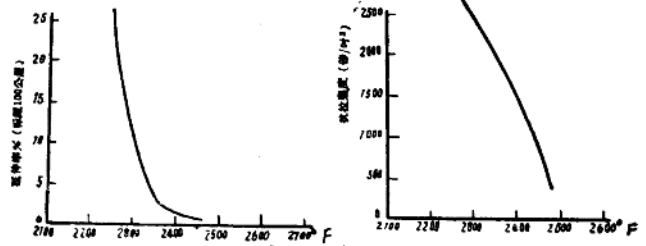


圖 3

表 1

級 別	運 用 特 點	金 屬	物 理 性 能				
			透氣性	濕 強 度 (公斤/公分 ²)	干 拉 力 (公斤/公分 ²)	水 分 (%)	砂 號
一級泥芯砂	形狀複雜的截面薄的鑄件	鐵	>130	0.03~0.06	6~9	2~3	K 50/100 K 100/50
		鋼	>130	0.03~0.06	7~10	2~3	K 50/100
		銅及其合金	>120	0.03~0.06	7~10	2~3	K 50/100 K 70/140
二級泥芯砂	具有部分較薄部位的及拱形的、稜角形的鑄件	鐵 及 鋼	>100	0.06~0.10	5~7	3~4	K 50/100
		銅及其合金	>90	0.06~0.10	5~7	3~4	K 50/100 K 100/50
三級泥芯砂	中等複雜形狀的重要鑄件，表面不需加工	鐵 及 鋼	>100	0.10~0.16	3.5~6	3.0~4.5	K 50/100
		銅及其合金	>90	0.10~0.16	3.5~6	3.0~4.5	K 50/100 K 100/50
四級泥芯砂	形狀簡單的配件	鐵	>70	0.15~0.25	2~3	4~5.5	T 50/100 Π 70/40
		鋼	>70	0.15~0.25	2~3	4~5.5	K 50/100 K 70/100
		銅及其合金	>70	0.15~0.25	2~3	4~5.5	T 50/100 Π 50/100
五級泥芯砂	大型泥芯	鐵	>70	0.25~0.35	0.8~1.5	5~6	T 50/100 T 40/70
		鋼	>70	0.25~0.35	0.8~1.5	5~6	K 50/100 K 40/70
		銅及其合金	>60	0.20~0.35	0.8~1.5	5~6	T 50/100 T 70/40

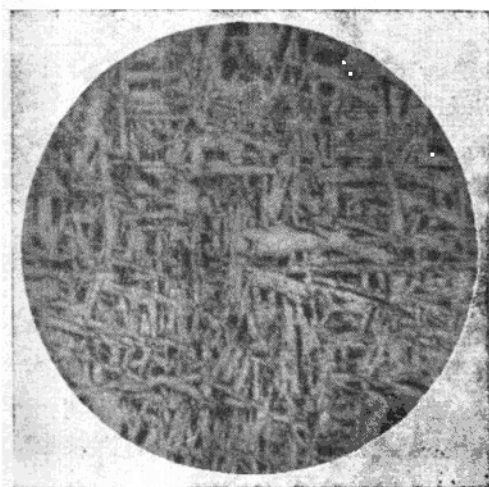


圖 4 100 倍。2% 硝酸酒精浸蝕。
魏氏組織

二、翻砂時出現在鑄件的冷裂

所謂冷裂，並不是說鑄件在室溫狀態下因內應力而發生裂損，而是指鑄件在比較低的溫度下所發生裂損的現象。例如鋼鑄件，溫度在低到 260°C 時，因形狀的複雜，或是由於型砂崩毀性不良，阻礙了鑄件的冷縮，因而造成冷裂。所以，形狀簡單而沒有砂心的鑄件是不會發生冷裂的。

1. 冷裂的特點。鑄鋼冷裂與外熱裂不同的地方是裂紋比較簡單而整齊，沒有裂紋的分枝，在熱裂的裂紋面上可以發現金屬的樹枝狀結構的殘片，色澤為灰色的；而冷裂紋面上沒有樹枝狀結構殘片，同時可以發現藍色的色澤。冷裂的外觀如圖 5 所示。

2. 鐵鑄件中冷裂形成的原因及其避免。冷裂最常出現在鑄鐵中，原因之一是因為鑄件中存在有向性偏析集石墨，這種石墨如圖 6 所示。若鉄水在凝固時遭到過冷凝固，形成的石墨便是這種形狀。過冷凝固是由于濕模或者模箱組裝時縫上的潮濕塗泥和鑄件上

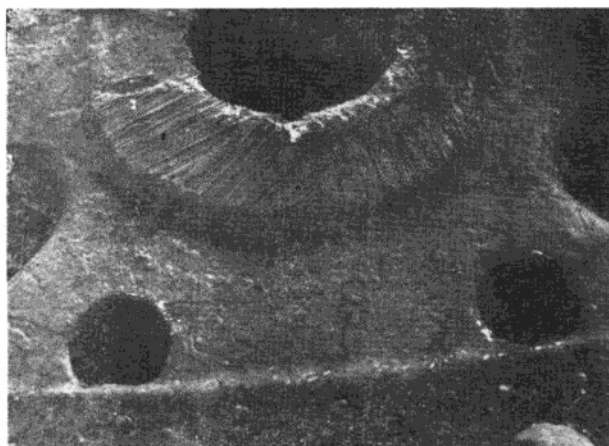


圖 5

素，鐵中的矽使存在的多量碳完全成為石墨分離出來，這樣造成鐵中的結構為石墨和基體 100 % 的肥粒體所組成，如圖 7。由於石墨的多量存在，使鐵的強度顯著下降，所以當鐵冷卻下來時，任何微小的外界應力都將使鐵鑄件出現冷裂。

端裸露在空氣部分失熱較快而造成的。裂紋都是沿石墨排裂方向分佈，因為一定方向排列的石墨構成了鑄件在該方向特別脆弱。在某些配件中，如遇頻繁出現某一方向的直線裂紋，就必須考慮改為烘模澆注及其他防止鑄件在模內失熱過快的措施。

第二個原因，是由於鐵中化學成分的碳當量太高。碳當量高有兩種原因：首先是元素碳含量太高，其次是元素矽含量高。矽是普通鐵中強有力的石墨化元

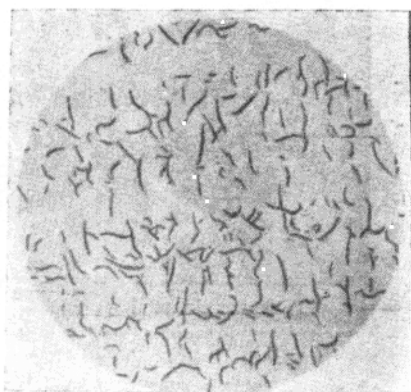


圖 6 100 倍。未浸蝕



圖 7 100 倍。2 % 硝酸酒精浸蝕

造成碳當量過高的原因，是冶料的化學成分沒有掌握好，鐵水在爐中增炭。因此熔化工段必須很好地掌握配料成分及熔化工藝。

具有冷裂紋的鑄鐵件應該報廢，因為石墨的結構和數量根本無法用固體狀態的熱處理加以改變。即便鑄件中沒有發現裂紋，但是金相檢驗報告單上說明具有以上兩種金屬結構時，該鑄鐵件也應當不予使用。

三、鑄件表面加工後出現的假裂紋

1. 假裂紋的形成。加工鑄件的表面出現的裂紋，有時並不是真正的『內熱裂』裂紋，而是未熔的內冷鉄。例如客車轉向架上發現了所謂裂紋，其實是內冷鉄未熔解與周圍金屬的接合縫。為了翻砂上的方便與經濟，在不妨礙鑄件的機械性能下，在鑄件的某些適當

部位內，可以放上內冷鉄以代替明冒口或暗冒口。但如果放的內冷鉄体积太大，或者內冷鉄表面不干淨，以致澆入鋼水后無法使內冷鉄和澆入的热鋼水熔成一体，留下了接合縫，这些接合縫經過了鑄件表面加工后裸露出来，常被認為裂紋。合理的內冷鉄重量不应超过需冷激部分鋼水的重量 5 %。

2. 假裂紋的特点。由內冷鉄造成的裂紋是具有一定的切面几何形狀的，作圖說明如圖 8。因此，內冷鉄的接合縫可以很方便地與真裂紋区别出来。

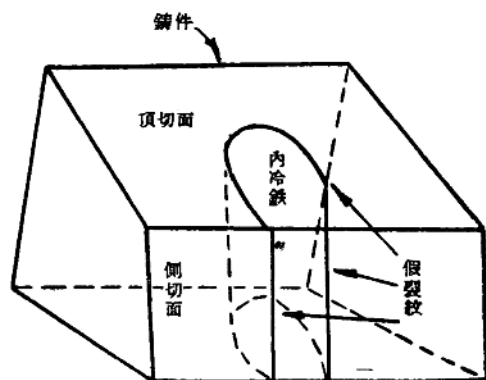


圖 8

四、因鑄件金屬結構不良而造成的使用裂紋

關於因金屬結構不良而引起配件在負荷时产生裂紋，可以分兩方面：一为因鑄态結構沒有消灭，另一为因網狀夾灰的分佈。茲述之如下。

1. 鑄态結構和裂紋。当液体鋼凝成固体时，必然出現树枝狀組織，形象如圖 9。

树枝狀結構的粗或細，決定於鑄件冷却速度的大小，也就是鑄件体积的大和小，所以对大截面积內的树枝狀結構应当注意。树枝狀結構的另一种形象是各树枝的中心軸成平行状态排列，就是說，各树枝的中心軸順金屬凝固时的散热方向，垂直模壁排列成柱狀結構，而不是混乱的，其結果將有使配件在負荷时有沿柱狀結構的平行方向产生裂紋的可能性。例如机車軸箱、托板，它的体积是很大的，在其中間凹槽的圓角內有时出現裂紋，情况如圖10。裂紋处金相如圖11。結



圖 9 5 倍。鑄件截面积为 100×100公厘

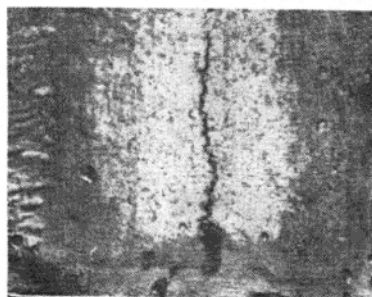


圖 10

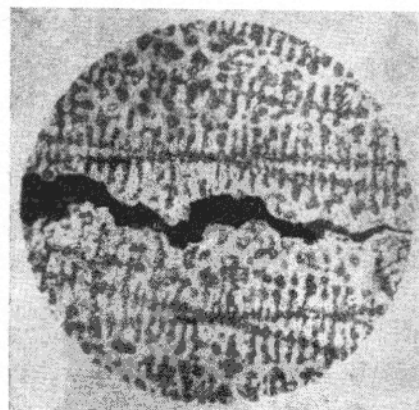


圖 11 10倍。2 % 硝酸酒精浸蝕

表 2

各种热处理情况	机械性能	最大拉力, 公斤/公厘 ²	屈服强度, 公斤/公厘 ²	50公厘标距 伸率, %	14公厘直徑 縮率, %	最大拉力 屈服强度
鑄态未热处理		55.46	—	13.55	14.47	—
700°C 透燒 3 分鐘/公厘 (空气冷却)		54.83	—	18.33	17.10	—
760°C 透燒 3 分鐘/公厘 (空气冷却)		58.35	—	18.92	17.76	—
900°C 透燒 3 分鐘/公厘 (空气冷却)		60.00	37.04	22.23	27.60	1.61
900°C 透燒 3 分鐘/公厘 (爐內冷却)		55.09	上35.36 下31.73	23.67	27.72	1.53
900°C 透燒后, 第二次 850°C 透燒后 (空气冷却)		60.11	39.20	25.25	33.31	1.53

3. 鑄件中夾灰分佈惡劣, 造成了使用中的裂紋。冶煉出的鋼水質量不良, 而致澆出的配件材質中具有大量惡劣分佈的夾灰, 对配件來講是不利的, 可能使鑄件在負荷時產生裂紋。

鋼中的夾灰如果是由高熔點物組成, 則成點狀分佈, 如果是低熔點者, 則成網狀分佈。若鑄件中有網狀分佈的夾灰, 对配件來說是非常不利的。常見的網狀夾灰是 FeS , FeO , MnO , MnS 的共晶共熔體, 如圖16, 其熔點最低可以达到 910°C 。

因此, 在液金屬凝固過程中, 被排擠在金屬晶粒晶界上, 最后凝固成網狀, 如圖17。

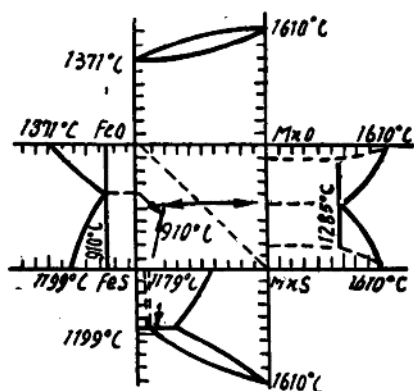
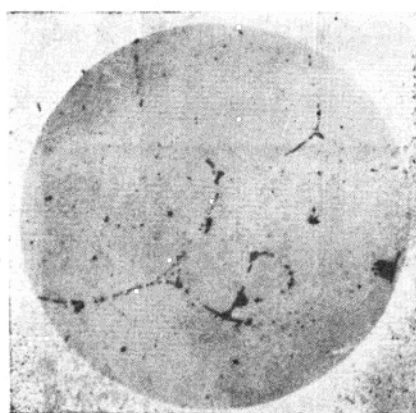
圖16 $\text{FeO}-\text{MnO}-\text{FeS}-\text{MnS}$ 体系圖

圖17 100倍。未侵蝕

夾灰是在配件使用時無塑性可言的礦物質, 受外界應力即行裂開, 這種因為夾灰而裂開的裂紋, 如圖18, 紋跡比較彎曲。

因此, 冶煉時必須控制好去硫、去氧、加錳作業, 使鋼水中含硫量在平爐冶煉時在0.05%以下, 電爐冶煉時0.03%以下。這個要求在目前冶煉工業技術上是輕而易舉的事, 因此每爐鋼都必須進行化學分析和金相檢驗, 以資證明材質是否良好。



圖 18

4. 鑄鐵件使用中的裂紋及其修補。普通灰鑄鐵的片狀石墨是沒有塑性的，它与夾灰有同等惡劣的性質（指強度而言），因此鐵配件在高強度震動負荷下將會出現裂紋。而裂紋出現的難易，決定於石墨片的厚度及長度。資料中曾經指出石墨愈多愈粗，則鑄鐵的強度愈弱。影響石墨在鑄鐵中存在的數量和分佈，除了化學成分之外，尚有配料、熔化、澆注、模子、鑄件大小等因素。鑄件厚度或直徑大的冷卻慢，石墨片往往很粗，於是也影響了鑄鐵件在使用中出現裂紋。

在機車修理工業中，具有重要地位的機車鑄鐵汽缸的修補，在目前來講是一項重要的問題，這方面存在的主要關鍵是用什麼焊條修補才可以確保質量而又簡便。

鑄鐵焊補一般是應用進口貨4—6黃銅焊條，這種焊條在目前尚沒有專業生產的企業，多由工廠自行煉制。在煉制時，黃銅中的含氣量是很不易控制的。黃銅中含氣量增加之後，在氣焊時容易於焊道中產生氣孔及縮裂。為了補救這個缺點，將黃銅焊條的化學成分加以改進，資料中指出如下。（參看『威墅堰機車車輛修理工廠自制黃銅焊條製造總結報告』一文）

元素名稱	含量%
錳.....	0.35~0.50
錫.....	0.6 ~1.00
鎳.....	3.00左 右
砷.....	——
鐵.....	<0.80
鋅.....	37.0~40.0
銅.....	余 量

附 註

可以不作分析

在黃銅中，除了主要銅、鋅兩種元素外，尚加入了鎳，提高氣焊時熔滴的流動性；加入鎳錫，控制焊波結晶細致；加入錳砷，用作熔焊時的脫氧劑。例如圖19中兩種熔滴，上面的是含氣量較多的黃銅滴，下面的是加入錳、砷、鎳後的黃銅焊滴，表面光滑而發亮。

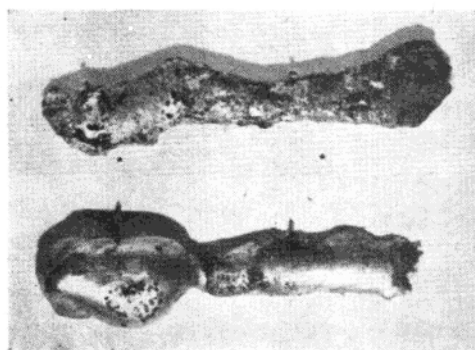


圖 19

為了滿足以上所列的化學成分，資料中指出需要如下化學成分的配料。

元素名稱	含量%
錳.....	0.50
錫.....	1.00
鎳.....	3.00
砷.....	0.15
鐵.....	<1.00
鋅.....	40~41.0
銅.....	余量

材料名稱

錳鐵

錫塊

鎳塊

砷鐵

無須加入

鋅塊

廢電綫、紫銅絲

第二章 鋼坯及鍛件中的裂紋

鋼坯中的裂紋，對鍛成的配件成品質量影響很大。鋼坯中的裂紋主要分為兩大類：一是鋼坯中心縮管切除未盡所造成的合縫，其次是由於夾灰及鋼錠鍛坯不良造成的裂紋。這二種裂紋在工廠中遇到的情況如下。

一、鋼坯中心因縮管切除未盡而造成的合縫（如圖20）

圖20所示的情況未切除的縮管比較少。如果未切除的比較多，如圖21所示，合縫是扁的而且大。鋼坯中有了夾縫，用作軋成鋼材，鋼材中心即存有裂紋。

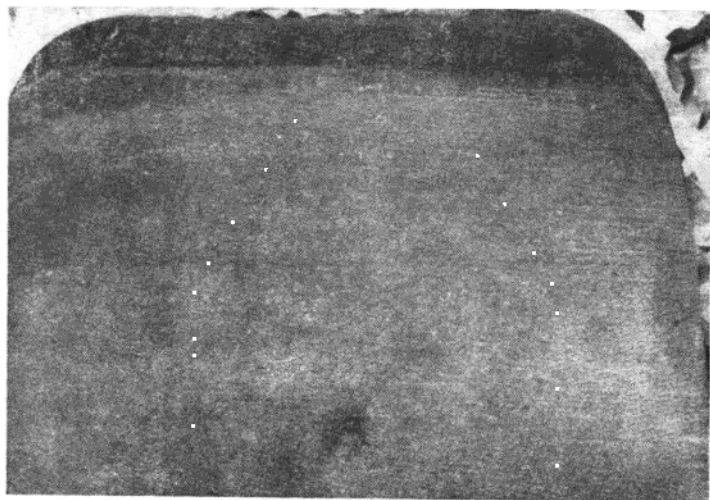


圖 20

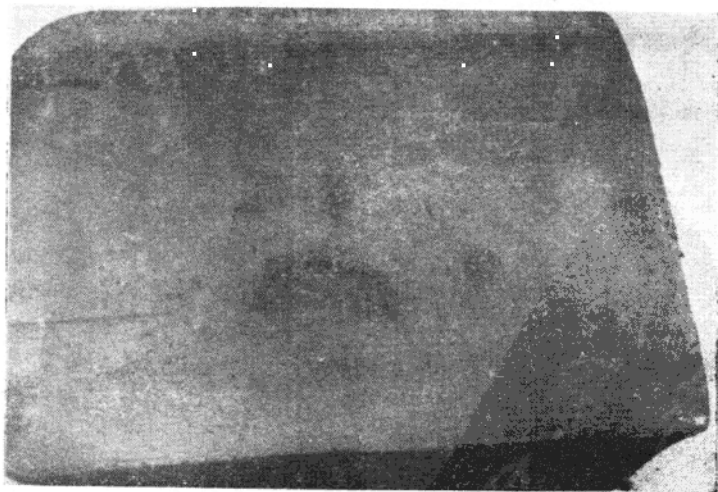


圖 21

曾經在圓彈簧折斷截面中發現如圖22的裂紋，也曾經在折斷的扁彈簧斷口上發現如圖23的劈裂現象，這些都說明了鋼錠成為鋼坯時，其鋼錠的保暖帽部分的縮管沒有被切盡而造成了制成品的碎斷。

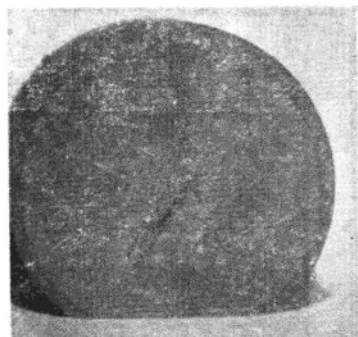


圖 22

正確的鋼錠模型和保暖帽的體積是保證不殘留縮管的先決條件。保暖帽體積內的鋼水重量應為所鑄鋼錠全重的12~20%，而小的鋼錠應用上述範圍內的較大的數字。保暖帽太小，則縮管深入錠子中心，如欲將縮管切盡，便會造成很大的浪費。因此，必須在具體的澆注溫度及鋼材的化學成份下，確定各鋼種應有的保暖帽的體積。威墅廠工



圖 23

廠的鋼錠只有110公斤，保暖帽鋼水為鋼錠全重的15.3%，應當增大至18%，因為我們實際生產的鋼錠其縮管往往深入鋼錠保暖帽以下，於是往往發現軋出的鋼材中有裂紋。增加保暖帽體積不等於減少鋼錠的利用率，反而是增加利用率，因為保暖帽內的鋼水是下沉到鋼錠身中去的，保暖帽供給了錠身足夠的鋼水，可以大大減少縮管的長度而提高錠身的利用率。

其次，應當考慮影響鋼錠中縮管長度的其他條件，首先是澆鑄溫度。澆鑄溫度在作業過程中是相對的，澆注速度是掌握澆鑄溫度的主要關鍵。威廠的澆鋼溫度，以光學高溫計測定為 $1,410^{\circ}\text{C}$ ，鋼水輻射校正系數 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，其實際澆注溫度為 $1,510^{\circ}\text{C}$ 。高碳鋼的熔化溫度為 $1,460^{\circ}\text{C}$ ，矽錳鋼的熔化溫度為 $1,470^{\circ}\text{C}$ ，如果以澆注溫度高出熔化溫度 90°C 計算，威廠的澆錠方法是合理的。因此我們鋼錠中的縮管問題，應當考慮到其他因素，主要是鋼錠的錐度，我們的鋼錠的錐度為2.5%。鍛冶工場對鋼錠的作業過程是先鍛後軋的，所以可以將錐度改為3%，因為錐度的合理擴大，對於鋼錠的內部金屬結構的緊密和縮管的減短有良好效果。

其次，應當考慮影響鋼錠中縮管長度的其他條件，首先是澆鑄溫度。澆鑄溫度在作業過程中是相對的，澆注速度是掌握澆鑄溫度的主要關鍵。威廠的澆鋼溫度，以光學高溫計測定為 $1,410^{\circ}\text{C}$ ，鋼水輻射校正系數 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，其實際澆注溫度為 $1,510^{\circ}\text{C}$ 。高碳鋼的熔化溫度為 $1,460^{\circ}\text{C}$ ，矽錳鋼的熔化溫度為 $1,470^{\circ}\text{C}$ ，如果以澆注溫度高出熔化溫度 90°C 計算，威廠的澆錠方法是合理的。因此我們鋼錠中的縮管問題，應當考慮到其他因素，主要是鋼錠的錐度，我們的鋼錠的錐度為2.5%。鍛冶工場對鋼錠的作業過程是先鍛後軋的，所以可以將錐度改為3%，因為錐度的合理擴大，對於鋼錠的內部金屬結構的緊密和縮管的減短有良好效果。

二、鋼坯外部的裂紋

1. 鋼錠表面不良及引起鋼坯表面不良的過程

1) 鋼錠表面有鉄珠粘塊，這種粘塊如圖24。

可以理解，這些鋼錠表面粘塊被鍛軋後，將成為鋼坯或鋼材表面的裂紋或鉄疤，如圖25。

嚴重的鋼錠表面的鉄珠粘塊，可以將鋼錠表面鉋去一層後使用。細小的粘塊可以先用鑿子把它鑿去，然後用砂輪磨成弧度為30公厘的小坑，以補救之。要避免粘塊，只有注意鋼錠模流路的乾燥情況及適當的控制澆鋼溫度，因為產生鉄珠粘塊的原因是鋼水初入模子時經由內澆口產生噴濺的緣故。這些噴濺在鋼錠模壁上的鋼水珠，便成為以後的鋼錠表面的粘塊。鋼錠模澆口流路不干，可以產生大量氣體而引起噴濺。其次是鋼水太冷（相對

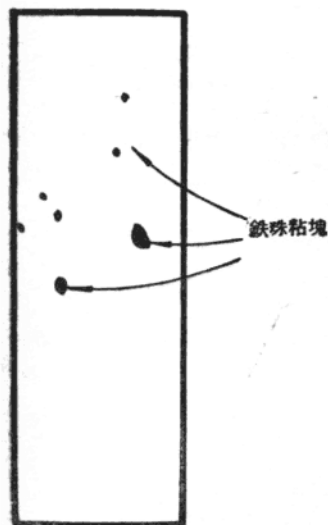


圖 24



圖25 出現在由鋼錠鍛打成30×30公厘鋼坯面的裂紋與鉄疤

的)，水頭蒙上一薄膜，當鋼水內產生之氣體向外冲破薄膜時，於是產生了飛濺的現象。

2) 鋼錠表面的偶然孔穴。這些小孔穴一般分佈在鋼錠的中上部，如圖26。

產生偶然小穴的原因，是模內燃燒後的木圈炭屑嵌在模壁上。這一點可以被証實，例如在檢查中往往在小穴中發現木炭屑，圖26所示小穴中的黑色物即為木炭屑。避免木炭成屑，必須挑選掉那些具有不良理紋的木材做木圈，同時木圈在模內必須放平，不應該傾斜地擱着。

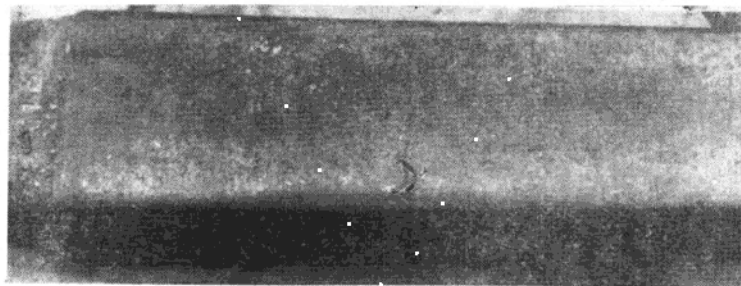


圖26 出現在鋼錠表面的小穴

可以理解，小穴在軋成鋼材之後，將會成小裂紋。有了小穴的地方，應當鑿去後磨光利用。

3) 鋼錠表面有砂疤，如圖27。

砂疤就是鋼錠表面的粘砂。產生砂疤的原因有兩種：一是流路中帶來的砂，另一為保溫冒口掉下來的砂。

所以修理保溫冒口內砂模時，應當特

別小心，注意觀察修理好的冒口是否會在受熱後產生崩落。此外，保溫冒口鉄模底下的擋板有損壞的應當報廢，因底下擋板的損壞易於造成掉砂。

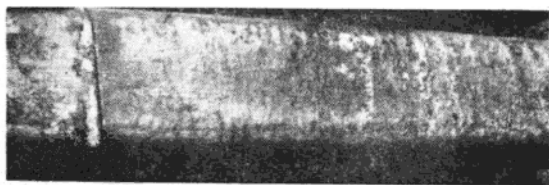


圖 27

4) 鋼錠表面有皮上孔泡及折綫如圖28。

影響產生皮上孔泡及折綫的原因，包括以下幾項：1. 鋼水化學成分；2. 金屬模不夠清潔；3. 鋼水的溫度低；4. 澆注速度慢；5. 木圈乾燥度不夠。

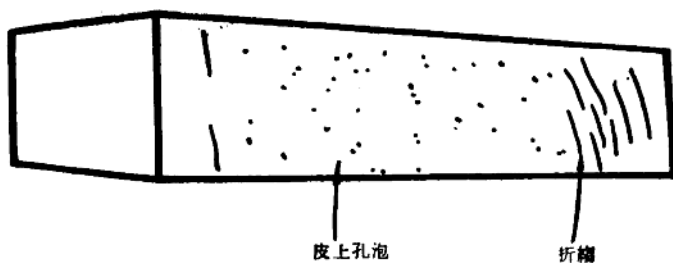


圖 28

皮上孔泡会造成鋼材中發生裂紋。我們曾將表面具有大量孔泡的鋼錠（如圖29）进行鍛造。

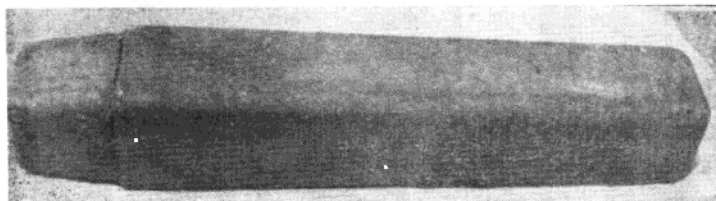


圖 29

鍛造条件如下:

甲、加热時間共三小时;

乙、炉子的最高溫度区域为 $1,310^{\circ}\text{C}$;

丙、加热后鋼錠表面溫度为 $1,200^{\circ}\text{C}$;

丁、鍛造开始溫度为 $1,100^{\circ}\text{C}$;

戊、第一次鍛成 100×100 公厘截面时的完成溫度为 900°C ;

己、所用汽錘为一吨,鍛造时單面的压缩量达 50% ($\frac{H-h}{H} = 50\%$)。

經過鍛造之后,鋼坯的表面如圖30所示,由这个圖可以清楚地看出皮上孔泡拉長后的分佈状态。

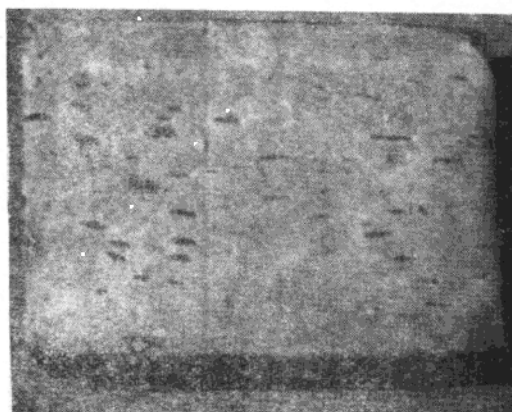


圖 30

將以上 100×100 公厘截面的鋼坯第二次加热鍛成 50×50 公厘截面鋼坯,其表面情况如圖31,由这圖可以清楚看到皮上孔泡成了裂紋。

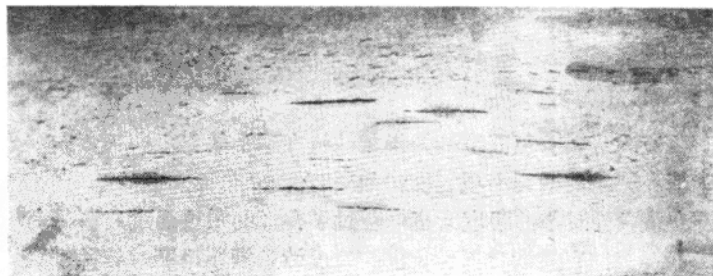


圖 31

將以上鋼坯第三次加熱軋成 40×40 公厘的方鋼后，發現其表面裂紋如圖32。

將以上方鋼軋成橢圓時，發現其表面裂紋如圖33。

將以上橢圓形鋼材軋成36公厘直徑的圓材后，取样（高54公厘）加熱至 1000°C ，在150公斤小汽錘上豎鍛，其表面裂紋如圖34。

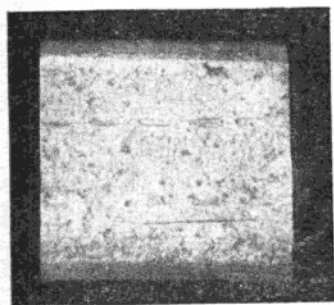


圖32 方鋼表面實物攝影（為實物的 $\frac{3}{4}$ 倍）。圖上黑線為裂紋

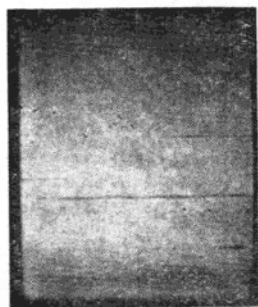


圖33 橢圓形鋼材表面裂紋實物攝影（為實物的 $\frac{4}{5}$ 倍）

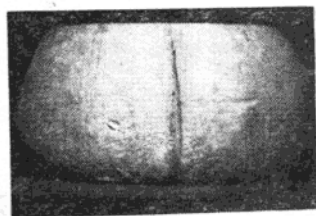


圖 34

以上的試驗有力地說明了鋼錠皮上孔泡對於鋼材裂紋的嚴重影響。

2. 鍛造產生裂紋及引起鋼坯表面產生裂紋的過程

1) 當鋼錠開始鍛造時，溫度如果夠高，鋼錠與錘子的磨擦力很小，過分單向壓縮之后，則在其未鍛的兩面會產生綹紋，如圖35。綹紋的產生，影響到最后產品表面的質量，這是無疑的。

2) 當鋼錠很快失去熱量后，鍛造時增加了鋼錠與錘的磨擦力，經鍛造后有如圖36所示之情況，在不受壓力的兩側面向外脹出。根據金屬塑性流動的理論，在這些脹出的部分主要的應力是拉力。如果這些因為嚴重的壓縮量而引起的應力超過了材料在該條件下的斷應力，於是產生裂紋。

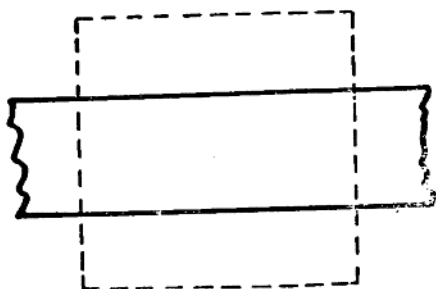


圖 35

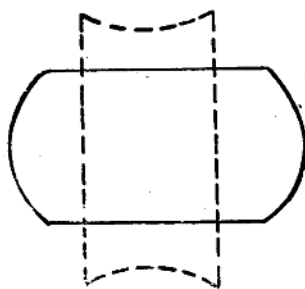


圖 36

曾經將一54公厘高、36公厘直徑的鑄鋼試驗塊合理加熱以后，利用150公斤的汽錘進行50%的垂直壓縮，結果其四周出現裂紋，如圖37。

3) 當鋼錠在鍛成坯時加熱溫度太高，超過了合理的加熱溫度，而又在壓縮量很大的情況下進行鍛造，便會使在鍛造時出現裂紋，因而造成鋼坯報廢，這種報廢的裂紋如圖38。

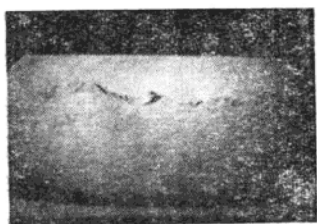


圖 37

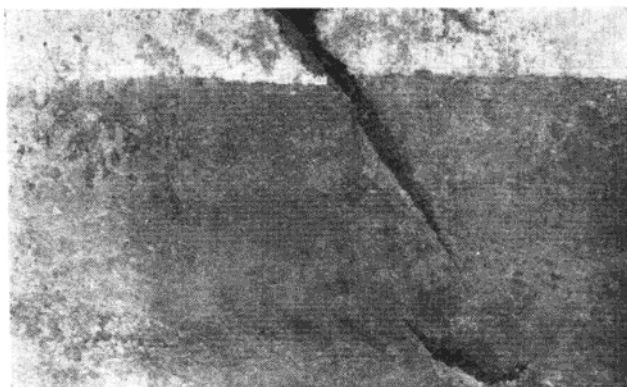


圖 38

3. 煉鋼及澆鋼錠作業不好，鋼錠中包含有很多夾雜物，則鍛出的鋼坯往往可以出現有严重的縱向裂紋，如圖39。

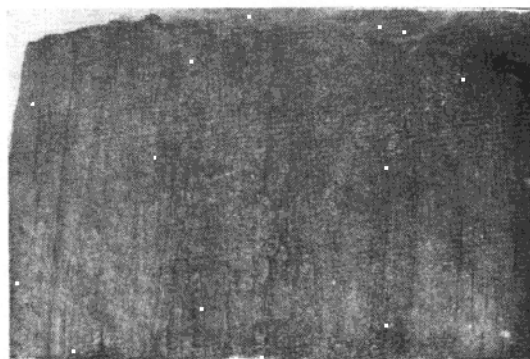


圖 39

在金相中，可以分析出这种鋼材中包含有很多夾雜物，如圖40。

利用这些材料鍛成配件，在加工后，加工面上可以發生如圖41的現象。

鋼材中的夾雜物，主要是由冶煉及澆錠而來。冶煉过程中之氧化期需要有足够的沸騰時間，將熔化及氧化过程中生成的夾灰帶到鋼渣中去。出鋼澆錠时必须力求不讓髒物和炉渣帶入鋼錠。

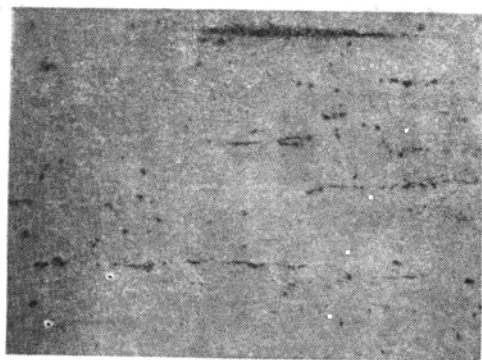
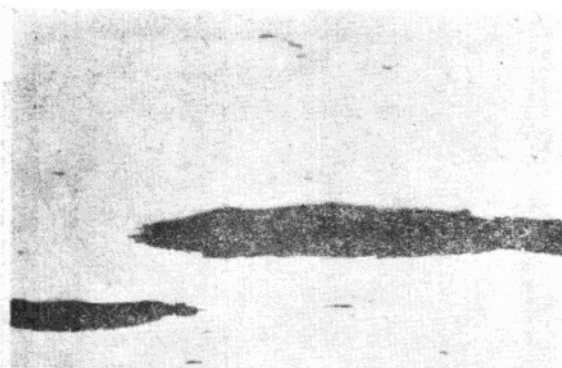


圖40 100 倍。未浸蝕

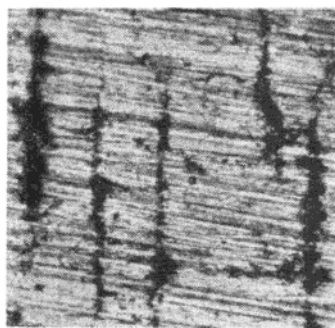


圖 41

第三章 車 軸 上 的 裂 紋

一、車 軸 裂 紋

檢查車軸裂紋的方法，一般是利用电磁探伤，必要时用20倍放大鏡觀察。利用放大鏡觀察的裂紋区域，仅允許利用濃鹽酸清洗，而不能用銼刀及砂紙磨平，否則即無法觀察出有無裂紋。

电磁探伤是根据金屬磁化后裂紋不能通过磁力線，而造成極性和鉄粉集中現象，来發現肉眼不易觀察出来的裂紋。但是除了眞正的裂紋之外，金屬中的其他原因也能阻碍磁力線的通过而产生極性和鉄粉集中的現象。因此，利用电磁探伤的方法檢查裂紋时，鉄粉的集中現象並不完全代表有裂紋。茲述之如下。

1. 車軸表面縱向眞裂紋。有縱向眞裂紋时，在电磁探伤时出現的較粗的鉄粉集中線分佈在与軸縱中心線平行的方向。在發現裂紋之后，利用普通放大鏡可以觀察出它是在鉄粉集中線上。裂紋縫的形象是不整齐的，是犬齿交錯的黑色線條，可以清楚地与材料表面上加工刻痕或其他机械刻痕分別开来，因为后者是很整齐笔直的線條，如圖52。这种裂紋产生的原因包括：

- 1) 由於材質不良——硫化物、矽酸物、夾杂物多；