

軌條用鋼の性質及缺點概要

塚 本 小 四 郎

鋼の所要成分は鐵と炭素なれとも普通純粹のものに非ず其の使用原料、用爐、製法等の複雑なるか爲め成品は右の外微量なれとも種々の元素を伴ふを常とす、其の重なるものは磷、硫黃、珪素、滿俺にし之を總稱して不純物 (Impurities) と云ふ、是等も亦組織上に現はるゝことあり、即ち硫黃は全部滿俺と化合して硫化滿俺 (MnS) と爲り大さ微細なれとも無數に鋼内一體に散在す所謂鐵滓 (slag) の一種にして其存在は鋼の特徴なり、此等は比重輕きを以て初め鋼が鑄型に注かれるとき大なるものは漸次表面に淨昇すれとも微小なるものは其の行動容易ならず冷却と共に隨所に止りて各球狀に凝結し軌條にては壓延の影響を受けて長さに沿ひ絲狀を爲して存在す、而して其の斷面は周邊平滑にして綠色を帶ふるか故に明瞭に鋼組織中に現はる (第一圖)、又酸に遇ひて硫化水素を發するか故に臭素銀紙を接觸すれば其の位置に黑色の班點を印す、岩質にして脆弱なるを以て鋼の強度に對しては恰も其の位置に空窩を有すると同様の趣を呈し従て大なるもの多數存在すれば夫れ丈け鋼を弱むるのみならず又毀損の因を爲すことあるを以て一般に嫌惡せらる磨滅の速かなるもの腐蝕の著しきもの此の種の軌條に多し、珪素も一部鐵滿俺又はアルミニウムと化合して珪酸鹽鐵滓 (Silicate slag) を成し存することあり、斷面不規則にして黑色を帶ふるか故に明かに前者と區別して認むることを得 (第二圖)、其他珪素の大部並に磷の全部は鐵と化合してフェライトと共に固溶體を爲し、滿俺の殘部も亦炭素と化合してセメンタイトと共に固溶體を成すか故に何れも組織上より之を區別することは困難なれとも適當の方法に依り其の存在の模様を窺知し得ることあり。

鑄鋼は固結すると共に收縮を來するものなるか鑄型中に在りては外部より固結を始むるか故に内部に在る鑄鋼は漸次外部に向て誘致せられ上部の鑄鋼之を補充す、從て製出されたる鋼塊の頂端には必ず深き腔洞(Cave)を存す、若し頂端の固結速かなれば中央部に於ても亦腔洞を生すへし、又鑄鋼は其の溫度に相應する瓦斯を包含するものなるを以て溫度の降下と共に之を放出して氣泡(Bubble)と成り大部は上昇逸散するも尙多數の小なるものは結晶粒間に捕はれて氣孔(Blow hole)と成りて殘存す、是等の腔洞又は氣孔にして外氣の通したるものは酸化して表層に酸化物鐵滓を(Oxide slag)を生ずるか故に軌條壓延に際しても鐵滓に距てられて遂に鍛著(Weld)せず之を腔痕(Pipe)又は縦皺(Scum)と稱す、甲は内部に存して酸化物又は珪酸鹽の鐵滓を挾有し(第三圖)、乙は外面に生して酸化物鐵滓を挾有し(第四圖)、其の周圍附近に於て著しくパーライトを減するを普通とす、是れ他の皮層と同じく高熱に在るの際表面より酸素の侵入を受けて、セメントタイトを分解しフェライトを残して炭素を放出せしに因る、此の現象を脱炭(Decarburization)と云ふ、又縦皺の周圍には更に鐵滓の微粒多數に集合すること多し(第四圖)、是れ當初酸化物鐵滓たりし處にして其の鐵分が炭素の爲めに還元せられ酸化滿俺(Manganese oxide)の微粒丈けを残せしものなりと云ふ、縦皺は右の外赤熱中に於ける表皮の龜裂又は壓延中に於ける重なり(Lap)よりも生することあり、是等の空痕或は縦皺は鋼の強度に對し恰も龜裂の初期と同様の影響を與へ軌條破損の大原因を爲す彼の頭部の縦裂せしもの、腹部より破壊を招きしもの或は底部に於て缺損せしもの等皆之に起因す。

一般に不純物を含むものは其の量に應じ漸次凝結し溫度低下するものなるか鋼も亦初め鑄型内に於て結晶を始むるや不純の部分は漸次驅逐せられて隨所に抵抗の少き部分即ち頂面、腔洞、氣孔等に向て移動するか故に同じ鋼中に在りても部分により不純物を含む割合の多き處なり之を析出 segregation)と稱す、パーライト、セメントタイトも亦析出し易く(第五圖)、重に心部並に大なる氣孔附近に起

り多量の硫化滿俺を伴ふを以て臭素紙押畫により位置及程度の大略を知るを得へし、腔洞、氣孔の周圍には磷を含めるフェライト析出し是亦多量の硫化滿俺を伴ふ殊に氣孔に析出するフェライトには著しき磷を含むことありて其の多きものは一%以上に達するもの往々あり、斯の加きフェライトは性質に大なる變化を起し殆んど伸張性なき極めて脆弱のものと成る藥品反應にも同様變化を來たし普通のフェライトか銅液により容易に著色するに拘らす含磷フェライトは著色の度を減し磷多量なるに至れば全く著色せず以て其の位置、範圍、含量等を判定し得、第三十圖は試験片を熱して青色を呈せる磨面中一二白色を呈することにより磷の多寡範圍を見るの例を示せり、而して氣孔は壓延の爲め鍛著すれとも其位置には硫化滿俺集團して析出す之を滓巢と名つく(第六圖)、軌條を縦斷すれば滓巢部は長く縞模様を現はす之をゴースト(Ghost)と稱す(第七圖)、斯く滓巢は極めて脆弱なるもののみより成立し其の強度殊に衝擊に對する抗力は殆ど皆無なるか殊に氣孔の大なりしものに在りては硫化滿俺の多量を抱含し其附近に於て不純セメンタイトの析出著しく容易に過熱狀態に陥り且つ之か爲め一層剛性を増し壓延を受くるも全く孔を充實するに至らず其の位置には多數の小孔を存し益龜裂を容易ならしむ(第八圖)、故に軌條の内部より發する疵にして腔痕よりせさりしものは必ず是等滓巢中の最も惡質のものを起點とするなり、第九圖は表面及内部に惡質の滓巢脈を含める抗張試験片を切斷後兩滓巢脈を通して縦斷せるものにして何れも脈内は全部龜裂するを見るべし、破斷面に核心(Nucleons)を有するもの(第二十八圖、頭部に縦裂を生ずるもの皆之に屬す)。

以上連へたる種々の組織は軌條か壓延せられたる後赤熱溫度迄冷却したる間に發生すべきものにして其以下の溫度に冷却したる後は勿論敷設以來幾數年を経るも軌條の組織は毫も變化するものに非ず、然れとも之に外力の加はるときは各結晶粒の劈開面に存する彈性膜の媒介に依り其の兩側に位する結晶分子間に二動(Dip)を起し粒に至(Strain)を來す。此の際其の二動僅かなれば膜の彈性

腐蝕	損	
	磨減	挫潰
同上	硫化滿儼鐵滓多數	硬度不適及鐵滓多數
	四七	—
四八、五九、		

ものとす底縁より起るもの最も多くして其の出發點には殆ど

打痕を有せざるものなく縮皺、蝕肉に起因するものは極めて稀なり、打痕には豆大の凹穴を爲すもの、溝狀に刻印せられたるもの、上下に彎曲せるもの、又は隅角を潰されたるもの等あり何れも流歪を生ぜし結果漸次龜裂を起し約四分の一時を進めは忽ち破斷するものゝ如し、底縁より起るものに次て多數なるは釘缺より起るものなり、而して斷面積の不足又は其の急變に因る影響は極めて輕微にして全く大釘の打痕に起因するものゝ如し核心より貝殻狀に發達せる疵は頭部に限らるゝか如く是れ核心は最も惡質の滓巢脈の龜裂を發せし所なるか(第三十一圖は核心を通して縱斷せるものにして其の脈の龜裂狀第九圖に酷似す)頭部に於ては壓延量少く脈の大きさなるか爲めなるへし、腹部より發する疵の多くは腔痕に歸因し縱皺より發するものは極めて少く往々腐蝕の爲め内部の滓巢を露出し之より龜裂を發するものあり。

裂頭(Split head)・頭部中央附近に於て縱裂するものにして其の割裂面は殆ど上下に平面を爲し其の幅は頭部厚さの約三分の二にして稍中央に位し其の上下兩端よりは不規則に龜裂して斜に表層に進むを常とす、長さは軌條に沿ふて數尺より殆ど全長に亙るものあり疵の出發點は滓巢にして此の脈を傳ふて漸次發展す、其の原因尙未だ詳ならざるも割裂面の狀態より之を推想するに壓延後の冷却に伴ひ網塊の場合と同しく内部にヒケを生ずるものに因るものゝ如し、即ち頭部中央に於て内應力著しく高まりたる所へ頻々に車重の衝擊を受け其の衝に當る帶内に不幸にして如上の弱點を有するか爲め茲に割裂を起し漸次兩方面に波及し上下端に於ては斯かる内應力存せざる爲め龜裂は不規則の針路を取りて進むに至るものならんか、而して此の種の毀損は隧道内のものに最も多く一面

には腐蝕磨耗の結果強度の不足を來たせし爲めなるか如く認めらるゝも寧ろ初めより内部に發生し頂肉減少の爲め龜裂露出するに至れるものと爲すを適當とす、頂肉の減少殆となきのみならず外觀に聊かの異常を呈せざるものにして折斷に依りて初めて裂頭せるを發見するもの往々あり又滓巢のみを以て原因とは爲し難く東北本線のユニオン製軌條の如きは何れも多數の著しき滓巢を存すれとも裂頭するもの殆となく其の他の歐洲製軌條にも亦皆無なるに、米國製及内地製のものに多きを以て見れば頭部形狀の相異か壓延又は冷却に影響することなきやの疑問を生ずるに至る。

龜裂(Cracked) 不規則に龜裂するものにして珪酸鹽鐵滓か表面下二三分位の邊に連續析出せる場合附近共崩れと爲るなり。

流潰(Flowed) 頂層に於て流歪を生し片側又は兩側に向ひ壓出せられたるものにして山間線に敷設せるものに特に多きを見る、蓋し斯かる區間に於ける機關車は自ら重量の大なると輪徑の小なるを要し軌條支面に過壓を加ふるのみならず常に最大牽引力を以て使用せられ支面に接する鋼層は絶えず耐力以上の歪を受けつゝある等平坦線に敷設せる者と稍其の趣を異にする所あるへし、軌條頂層に於ける材質の硬軟は歪の程度に直接影響あること勿論なれとも外層に於て特に軟質なるもの往々あり豫め其の硬度を制限するは自ら此の種毀損の減少を圖るの一助たるへし、頂層に流歪を來たす範圍は一耗位より三耗位に及ぶ所あり其の程度は頂面に近くに從ひ著しくして表面附近に在る結晶粒は殆と紙の如く押潰され漸次剝離するか故に磨耗亦速なり。

挫潰(Crushed) 前項の如く流潰を來たせる層か龜裂し又は團を爲して剝離するものにして表層下に滓巢又は珪酸物鐵滓を存するものに多し時としては車輪滑轉の爲、頂層の一部に焼入り其の局部龜裂して剝離するものあり。

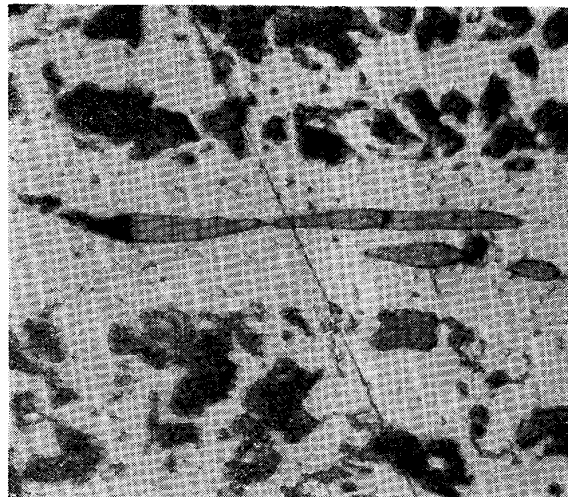
磨耗(Worn) 流潰の結果にして表層に硫化滿俺鐵滓を多數に含むものに多く又山間線、海岸線等砂を被る線路に於て最も著し。

腐蝕(Corroded) 隧道内其の他濕氣又は海氣を含む線路に限らる而して硫化滿俺鐵滓を多く含むものには一層其の甚しきを見る。(完)

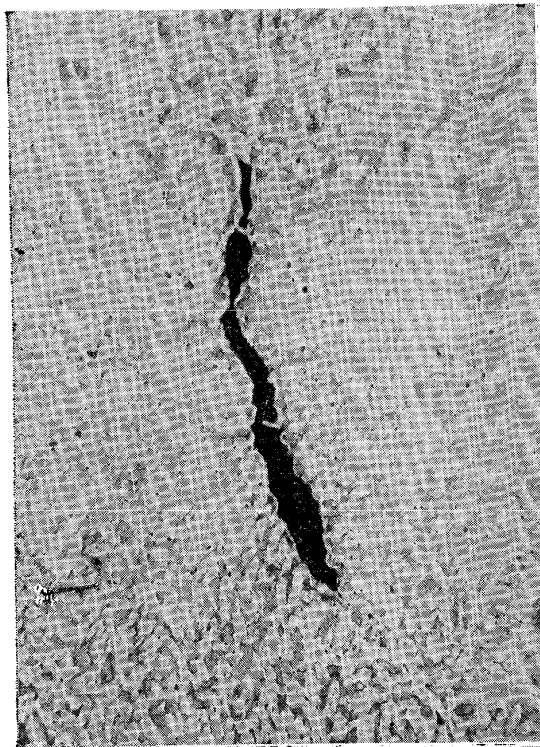
第 一 圖

硫 化 滿 俺 鐵 滓

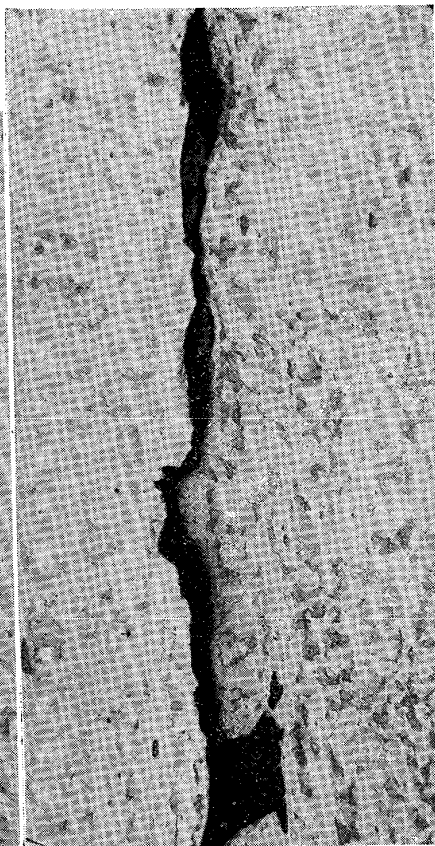
(五 〇 〇 倍)



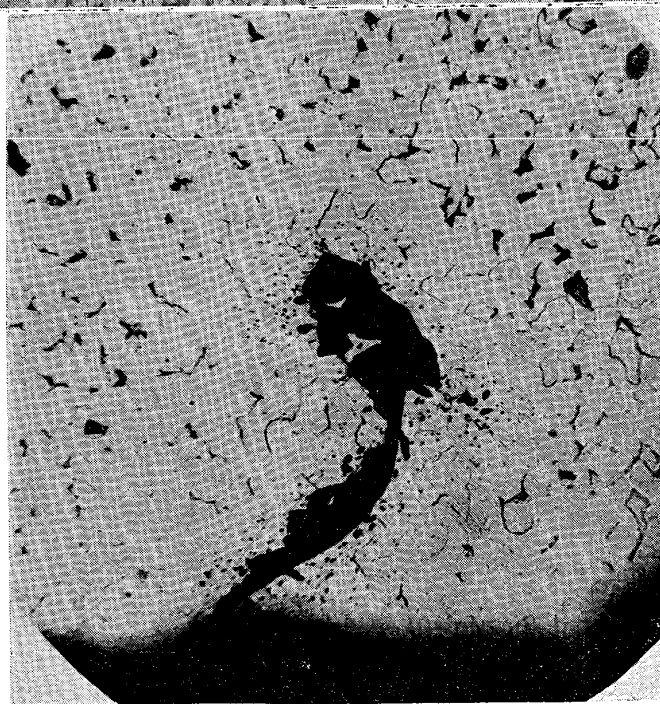
第二圖 (二五〇倍)
 硅酸アルミニウム鐵滓
 (多數の小なる點は硫化滿俺)



第三圖 (一〇〇倍) 腔痕及酸化物鐵滓



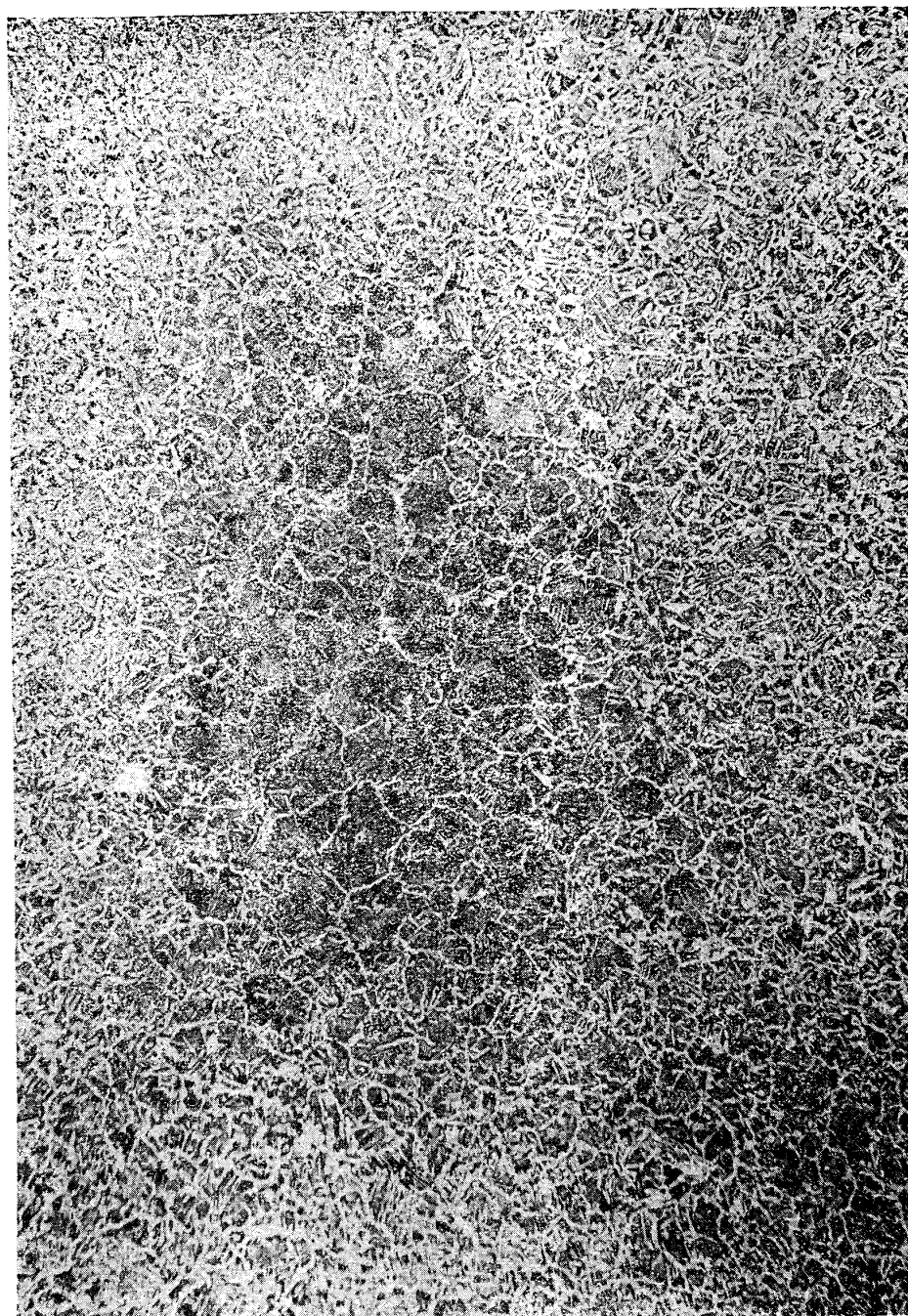
第四圖 (一〇〇倍)
 酸化鐵を抱有する縦皺及酸化マンガンの微粒

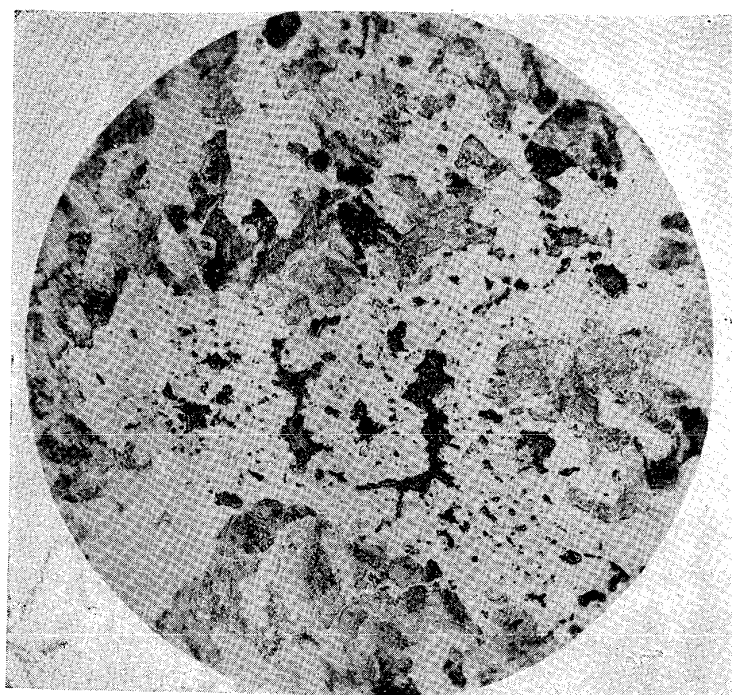


第 五 圖

炭 素 の 析 出

(二 五 倍)



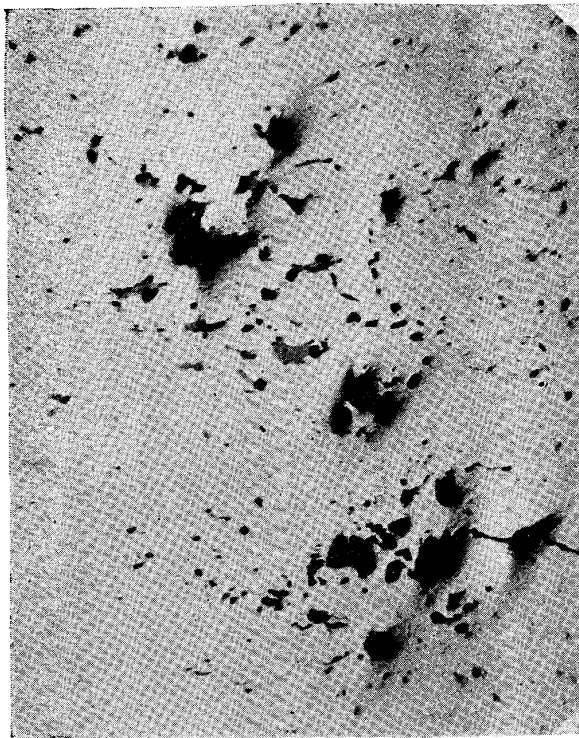


第六圖 滓集 (二五〇倍)



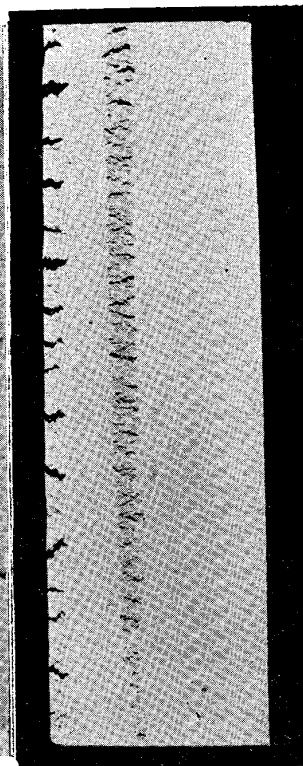
第七圖 ゴースト・ライン (一〇〇倍)

第八圖 (一〇〇倍) 癒着せざる氣孔の趾



第九圖 (二倍)

擴張試験片の切斷後外部及内部の滓巢脈を通して縱斷せる面にして脈は全部龜裂せり



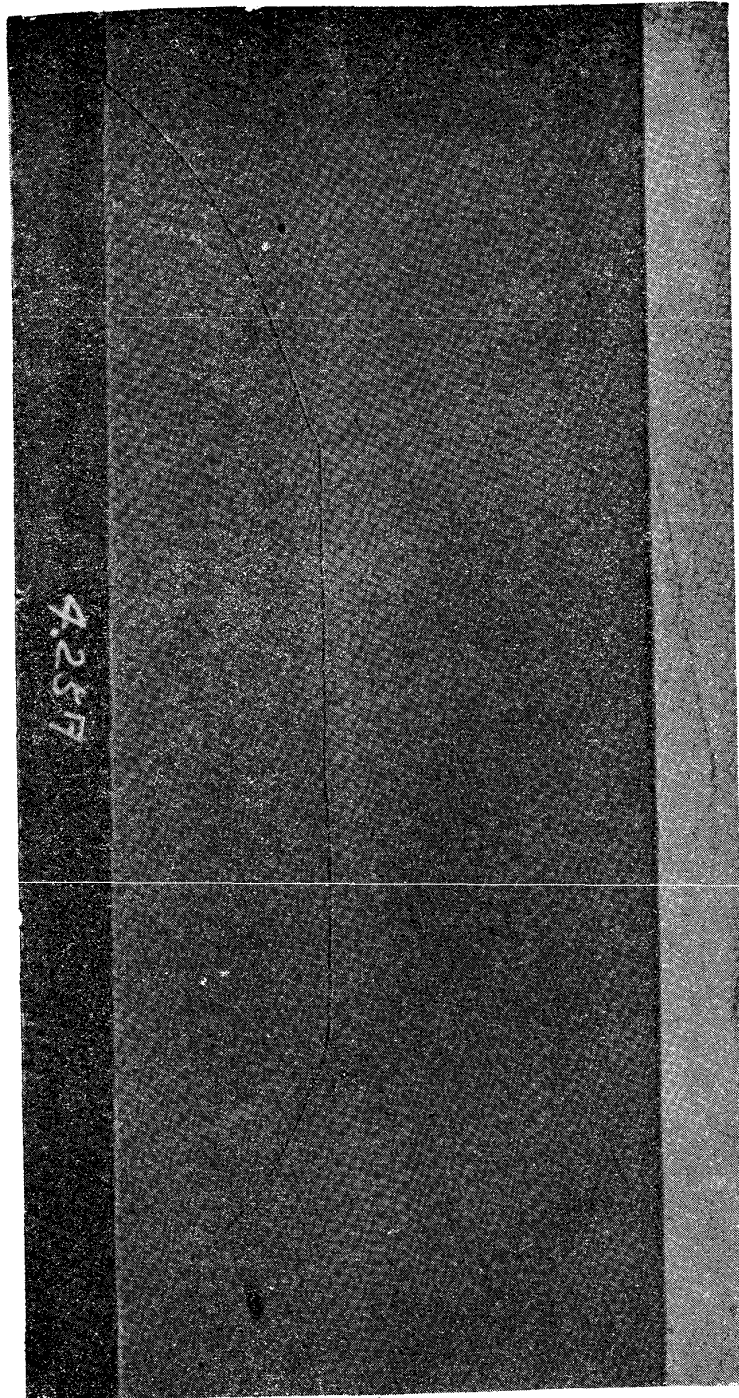
第十圖

流歪頂層一部薄色の部分は焼入りたる處又た之か爲り龜裂せるを示す
(一〇〇倍)

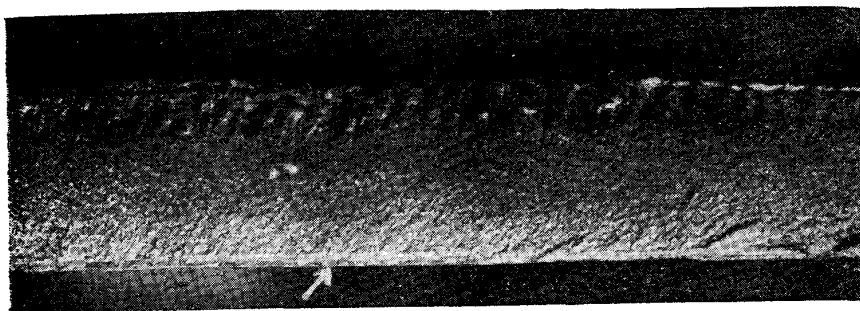


第十一圖

破底軌條の局部裏面

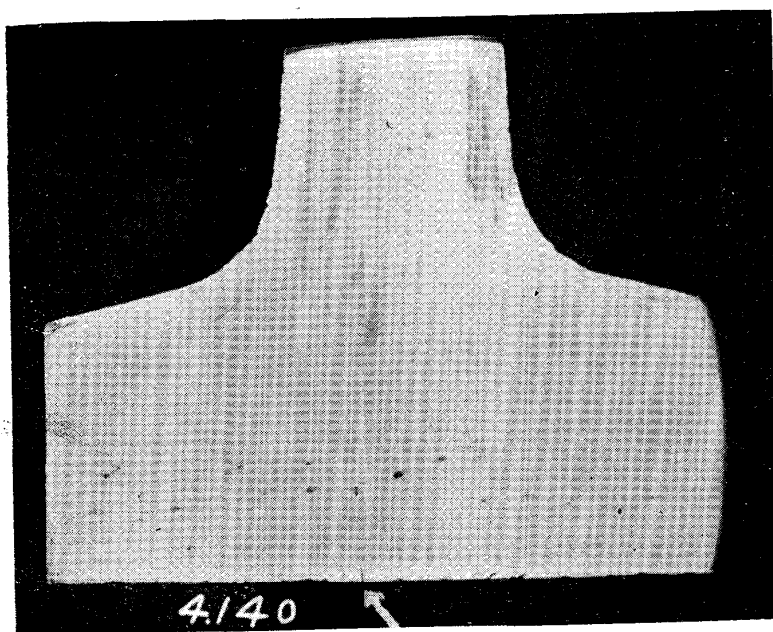


第十二圖



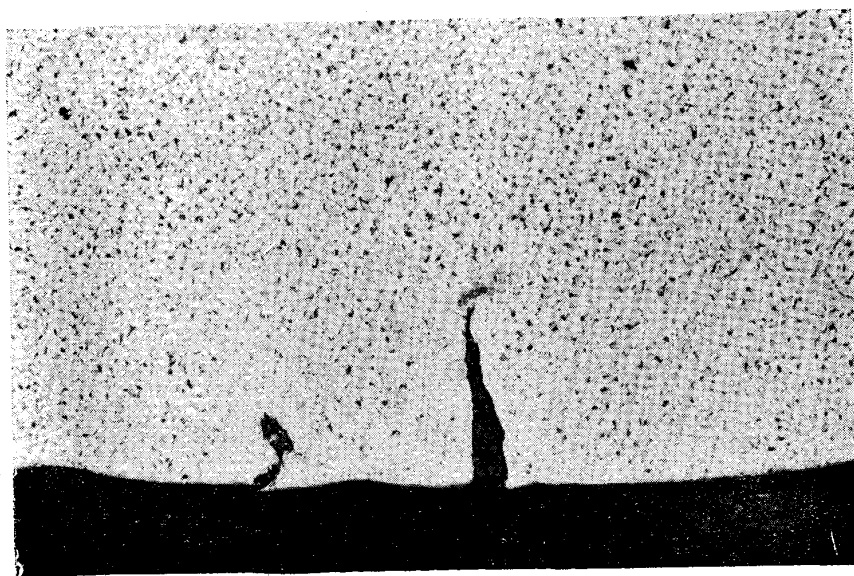
破底軌條破片の破断面（下縁の縞模様は縦皺の痕）

第十三圖



同上局部附近横断面（矢印の箇所は起點をなせる縦皺）

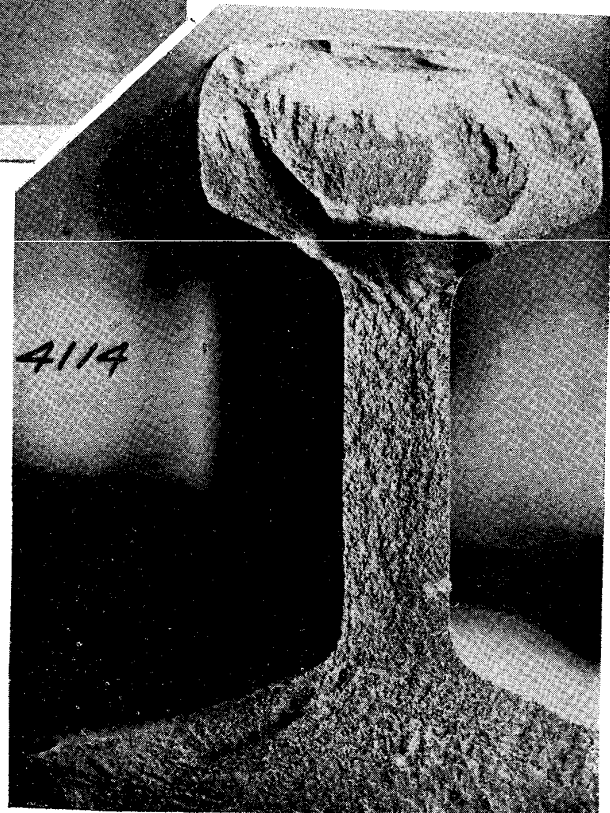
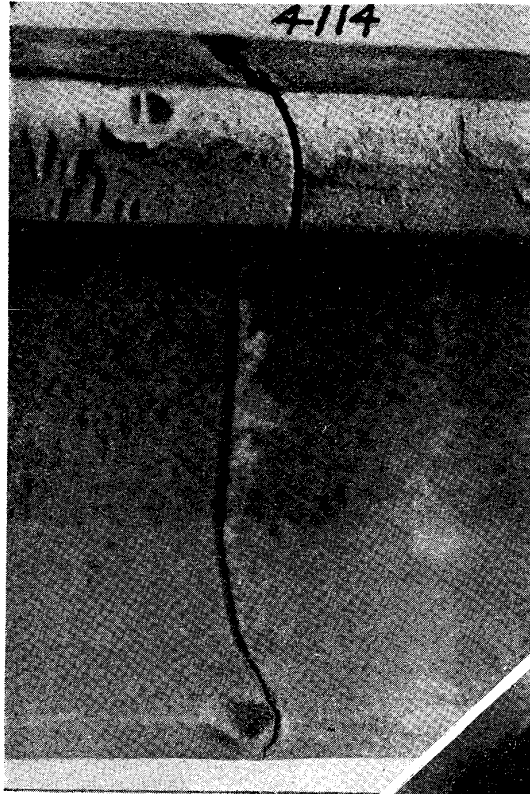
第十四圖



第十三圖の局部を擴大せるもの（三〇倍）

第十五圖

破斷軌條の破斷起點打痕に在るもの
(打痕凹穴をなすもの)

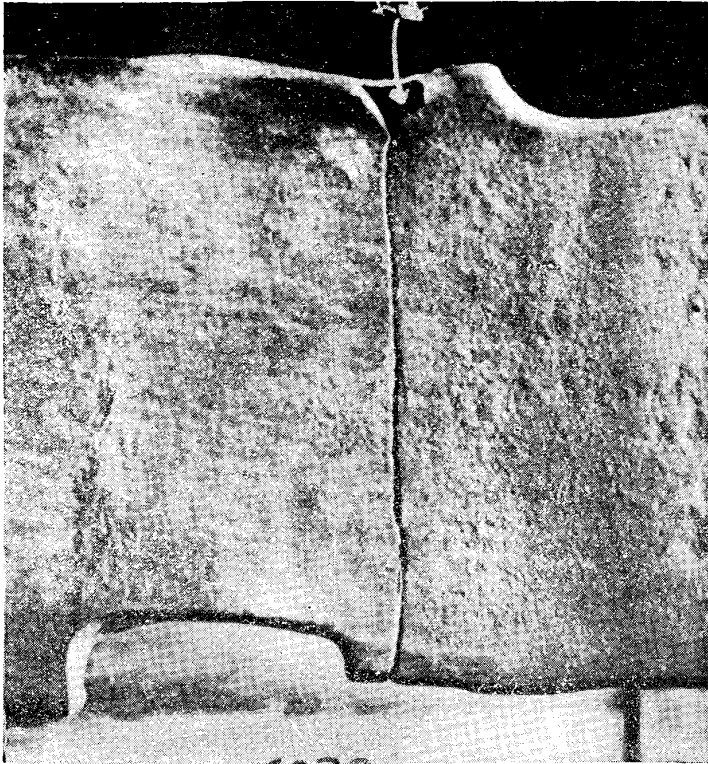


第十六圖

同上破斷面に於ける疵の進行を示す

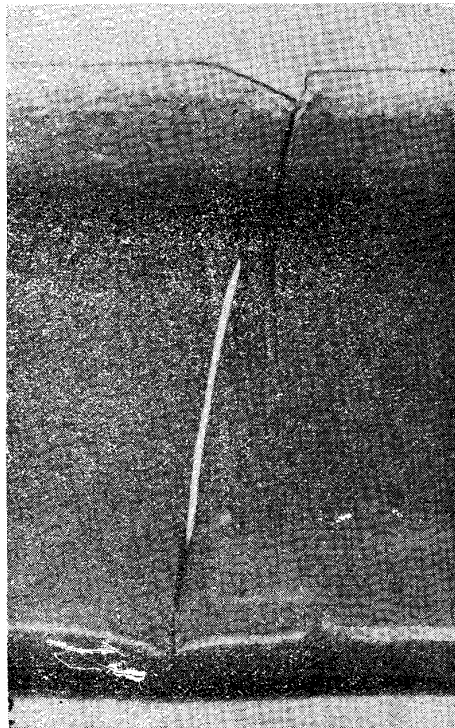
第十七圖

破斷軌條の破斷起點打痕に在るもの
(打痕屈出せるもの破斷は兩測釘鉄を外れて起れり)



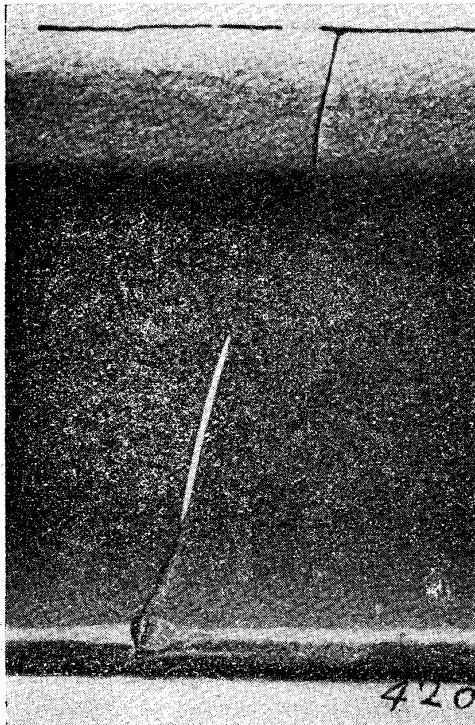
第十八圖

同上(打痕溝狀をなすもの)



第十九圖

同上(打痕角にあるもの)



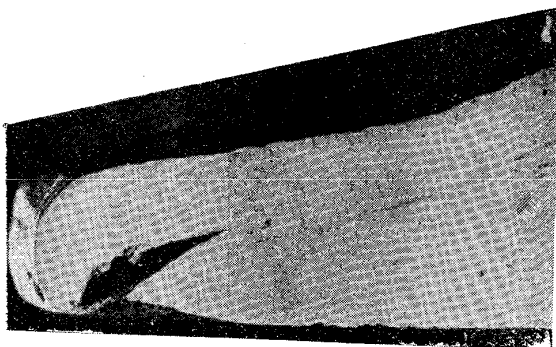
第二十圖

破斷軌條の破斷起點縮皺に在るもの

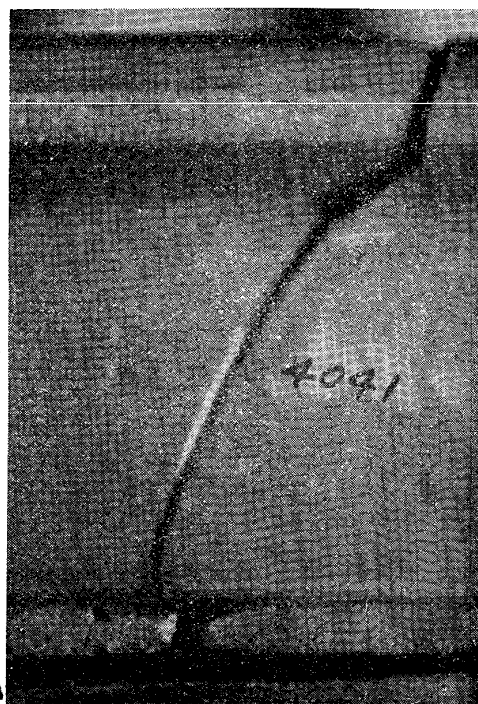


第二十一圖

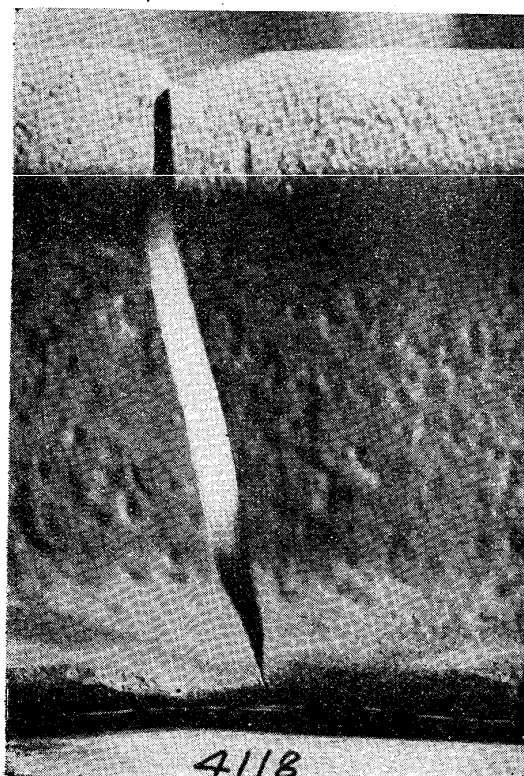
第二十圖の局部附近の断面



第二十二圖



第二十三圖



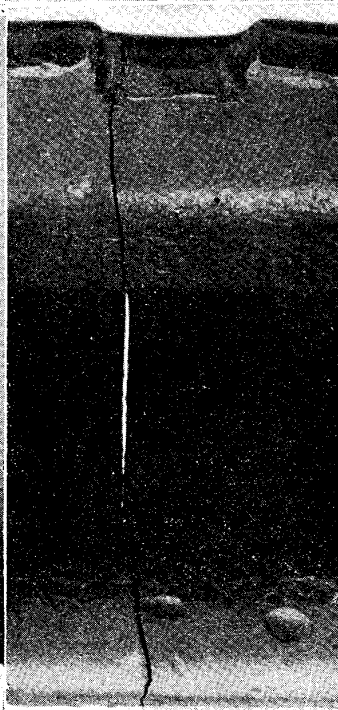
破斷軌條の破斷起點蝕肉部に在るもの

第二十四圖—第二十七圖迄破斷軌條の破斷起點釘缺に在るもの（打痕の著しきものを示す）

第二十五圖

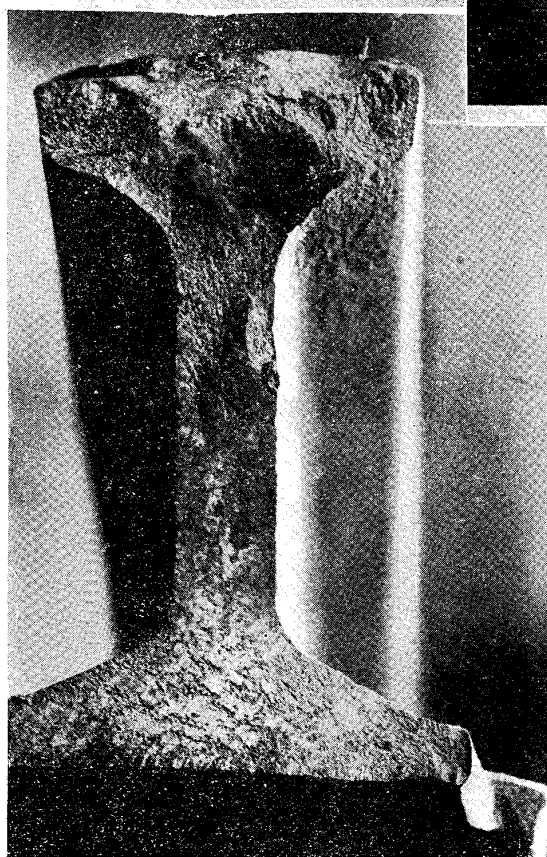


第二十七圖



第二十四圖

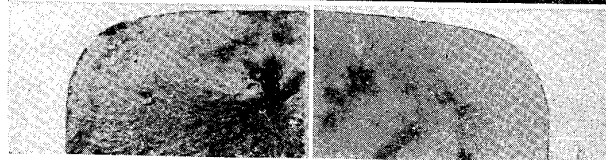
第二十六圖



第二十八圖



第二十九圖



第二十八圖 破斷軌條の破斷起點頭部に在るもの（破斷面に於ける核心を示す）

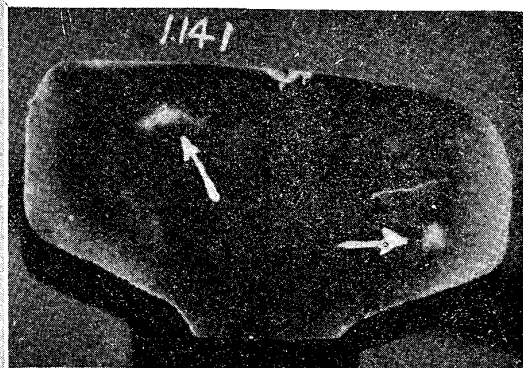
第二十九圖 同上局部附近の薄片を表裏より撮影せるものにして裏面は酸にて腐蝕し滓巢位置を示す（表面核心の位置に相當す）

第三十圖 同上局部附近の斷面を熱し青變せしめたるものにして多量の燐を含む部分は白色を呈す（第二十八圖破斷面核心の位置に相當す）

第三十一圖 同上局部核心を通して縦斷せるもの（滓巢脈の龜裂せるを示す）（第九圖參照）



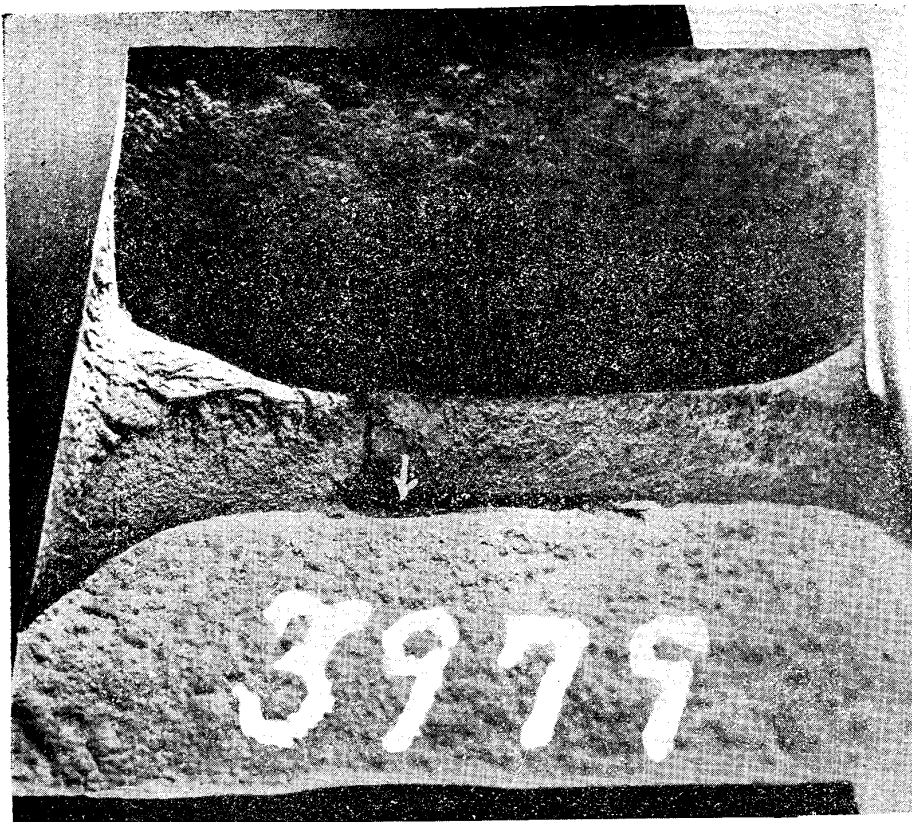
第三十一圖（五倍）



第三十圖

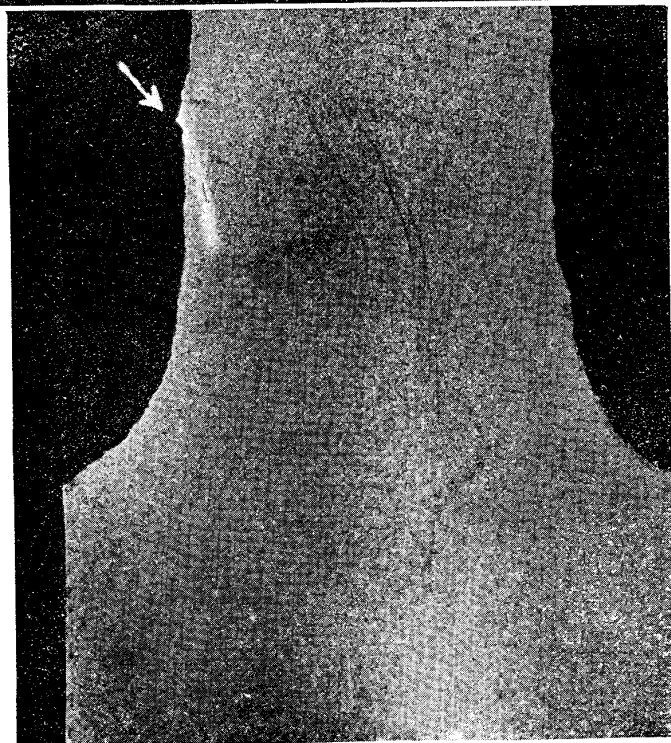
第三十二圖

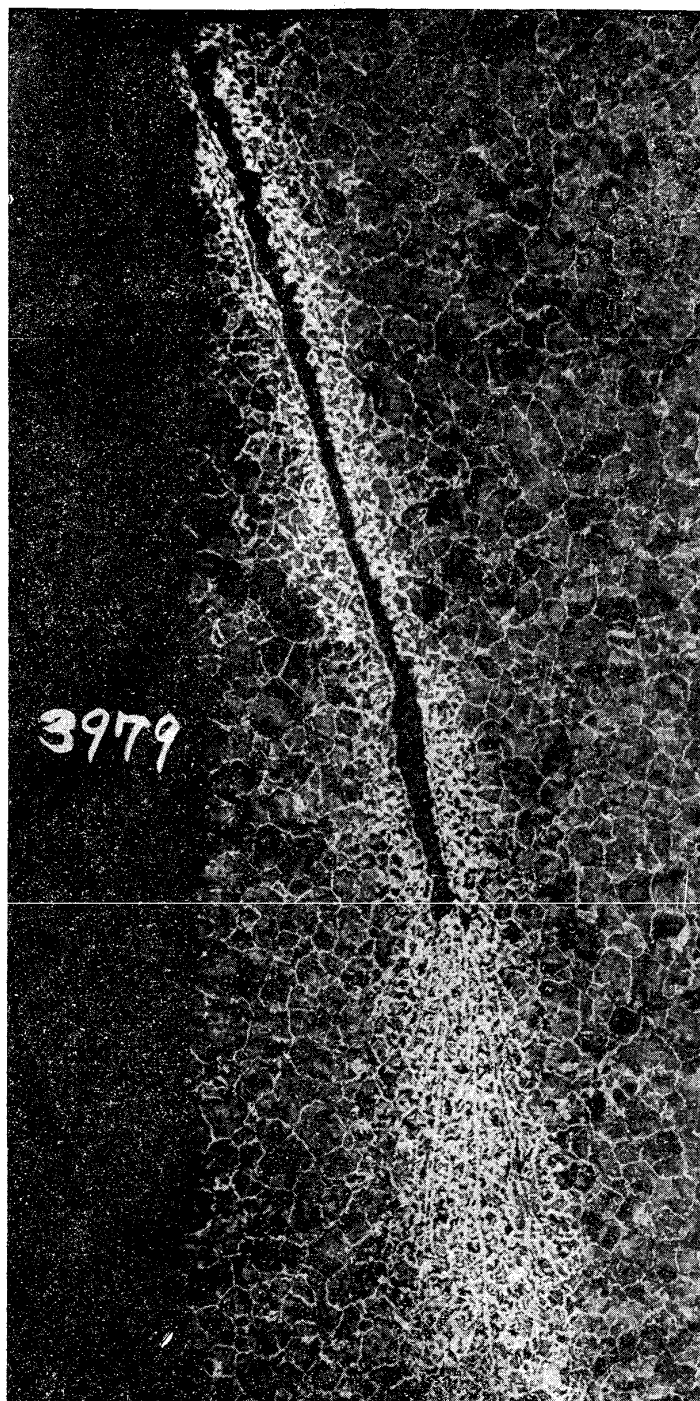
破斷軌條の破斷起點腹部に在るもの（縦皺に起因するもの破断面）



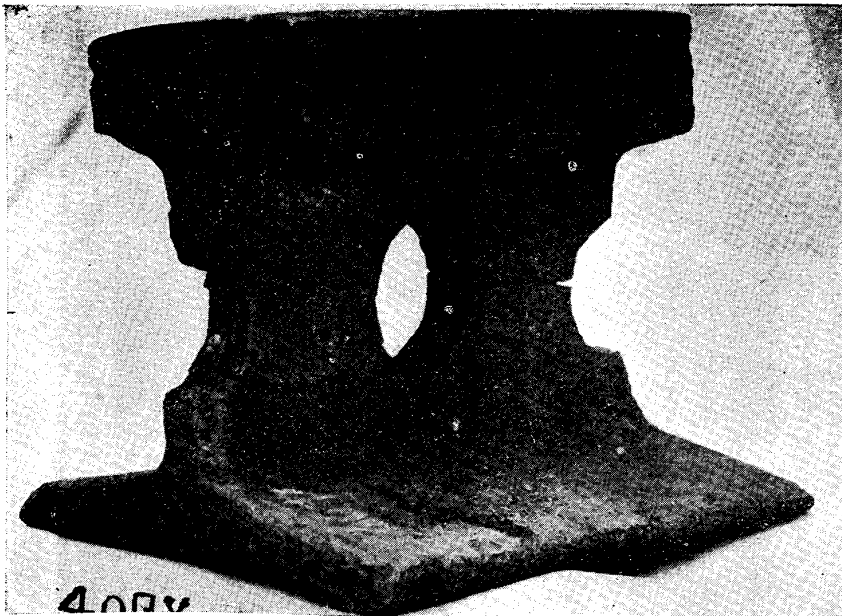
第三十三圖

第三十二圖の局部附近の腹部横断面（縦皺の位置、方面、大さ等起點狀態に相當するを示す）





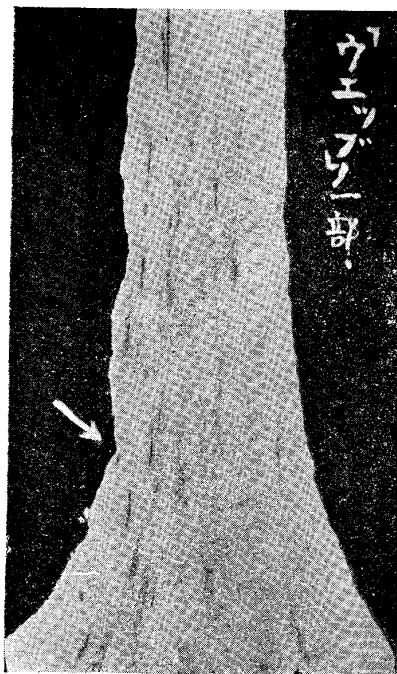
第三十四圖 (四〇倍) 第三十三圖の縱斷擴大圖



第三十五圖

破斷軌條の破斷起點腹部に在るもの（腔痕に起因するもの）

第三十六圖



第三十六圖破斷軌條の破斷起點腹部に在るもの（滓巢に起因するもの局部附近横断面）

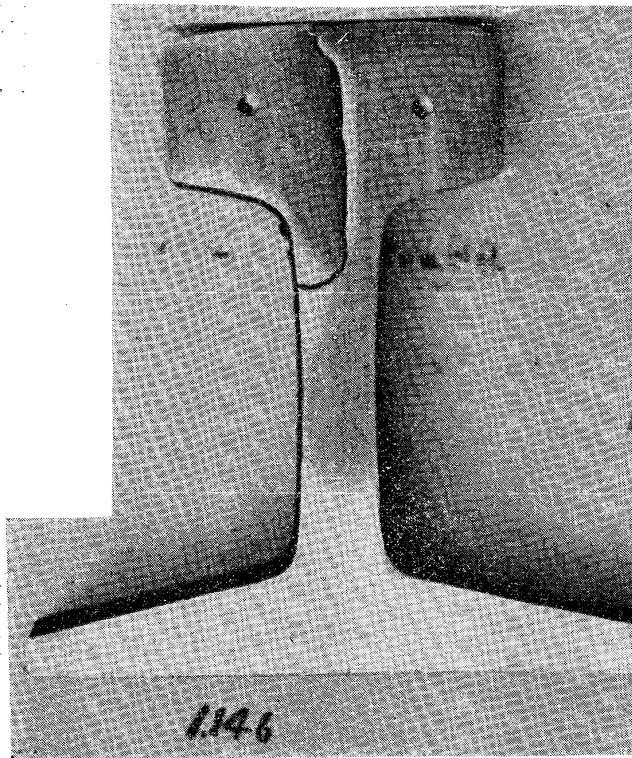


第三十七圖（二〇〇倍）

第三十六圖の局部を擴大せるものにして腐蝕の爲め内部に存する滓巢を現はし恰も縦皺の如く成りしもの

第三十八圖

裂頭軌條
(罅裂の起點腔痕に在るもの)



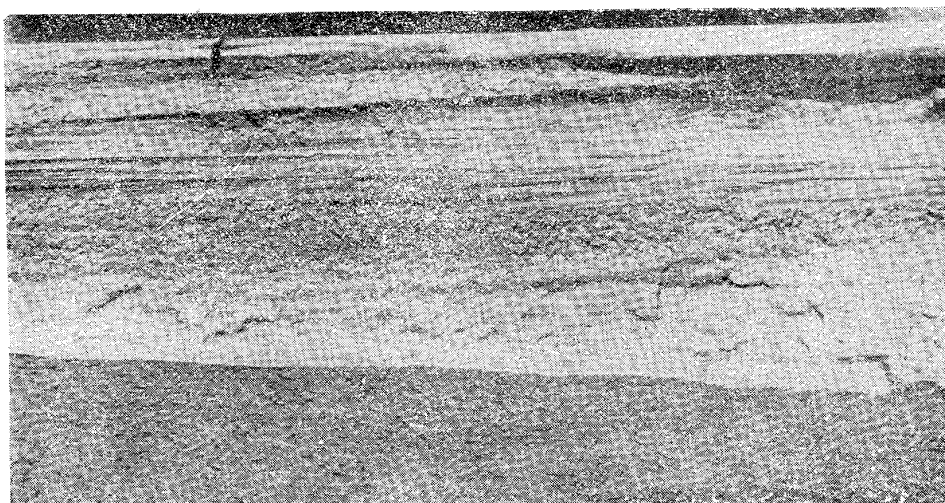
第四十圖(二倍)

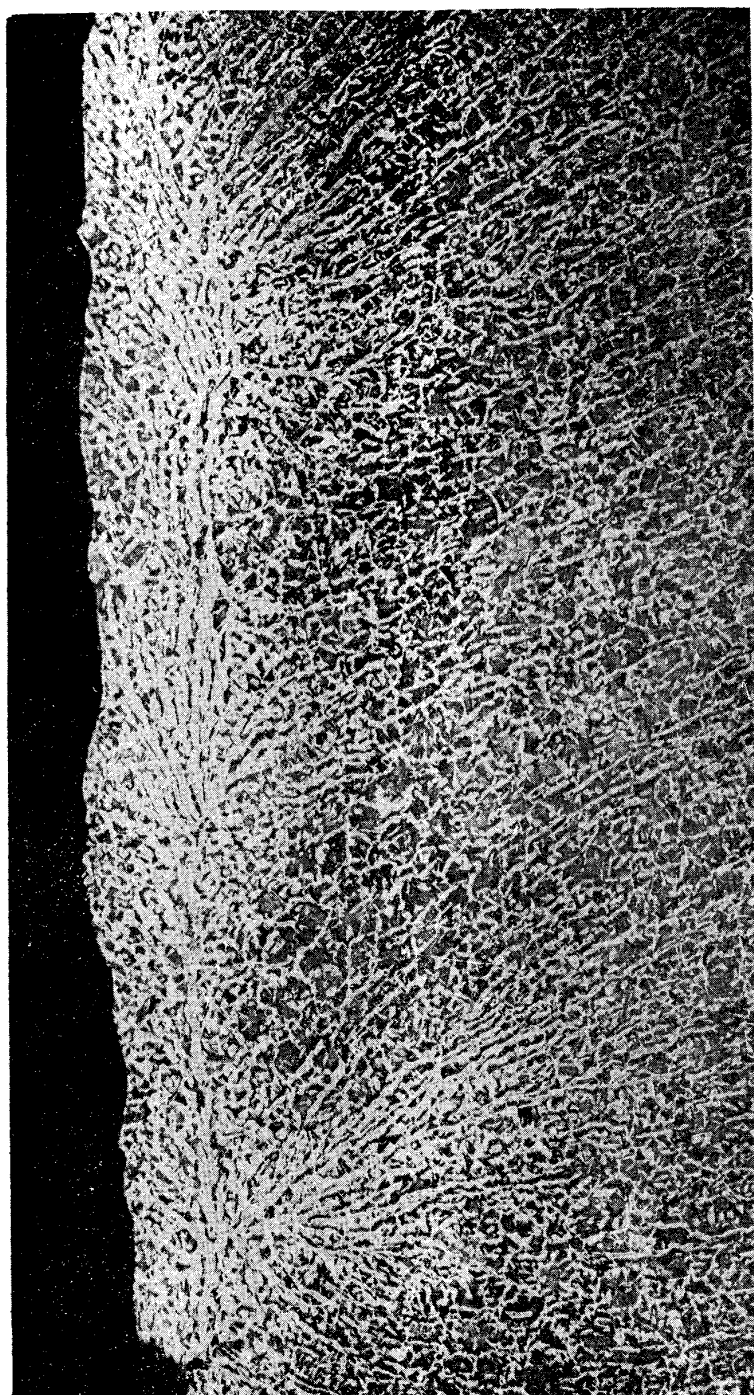
第三十八圖の罅裂面の一部(腔痕Bを
外れて無理に罅裂したるA部を示す)



第三十九圖

第三十八圖の罅裂面

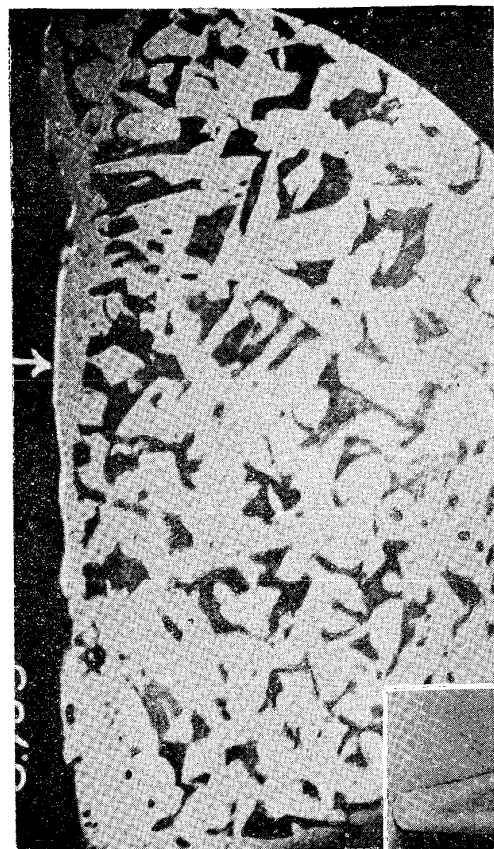
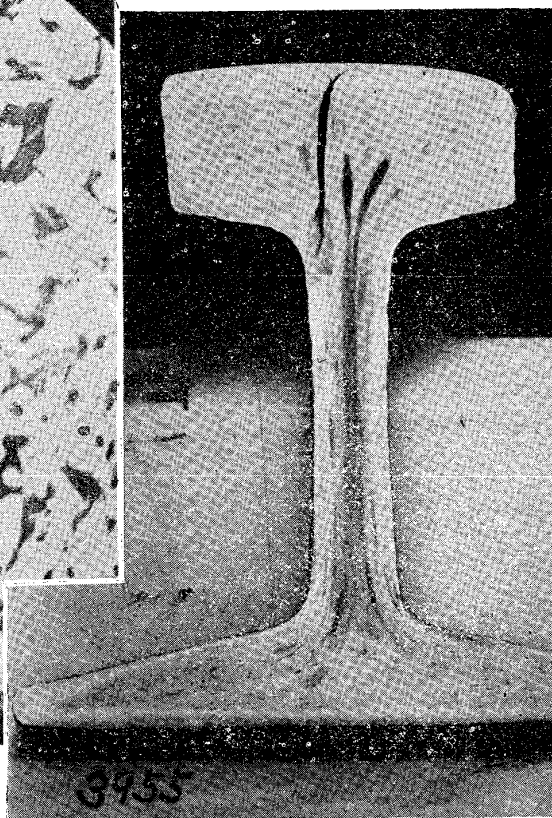




第四十一圖

第四十圖の横断面にして裂面に平行して腔痕の一部を現はすを示す（四〇倍）

第四十二圖 裂頭軌條(罅裂の起點滓集に在るもの)

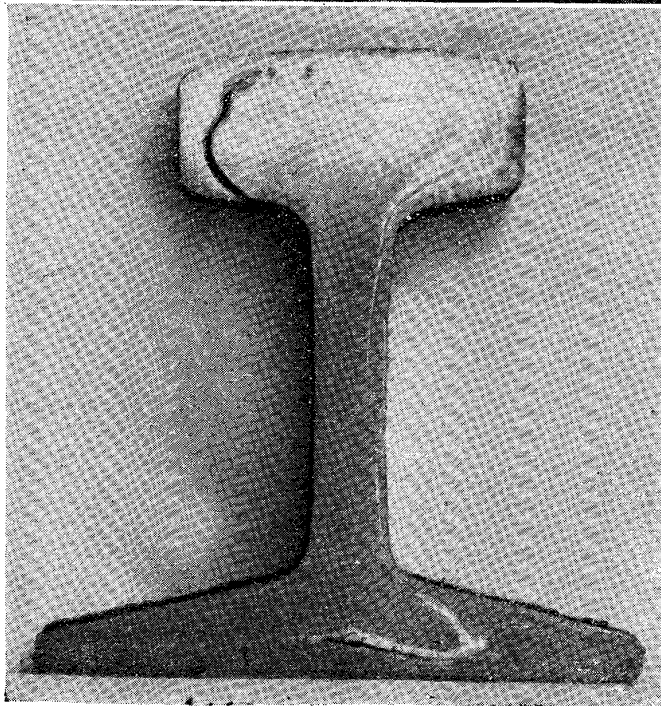
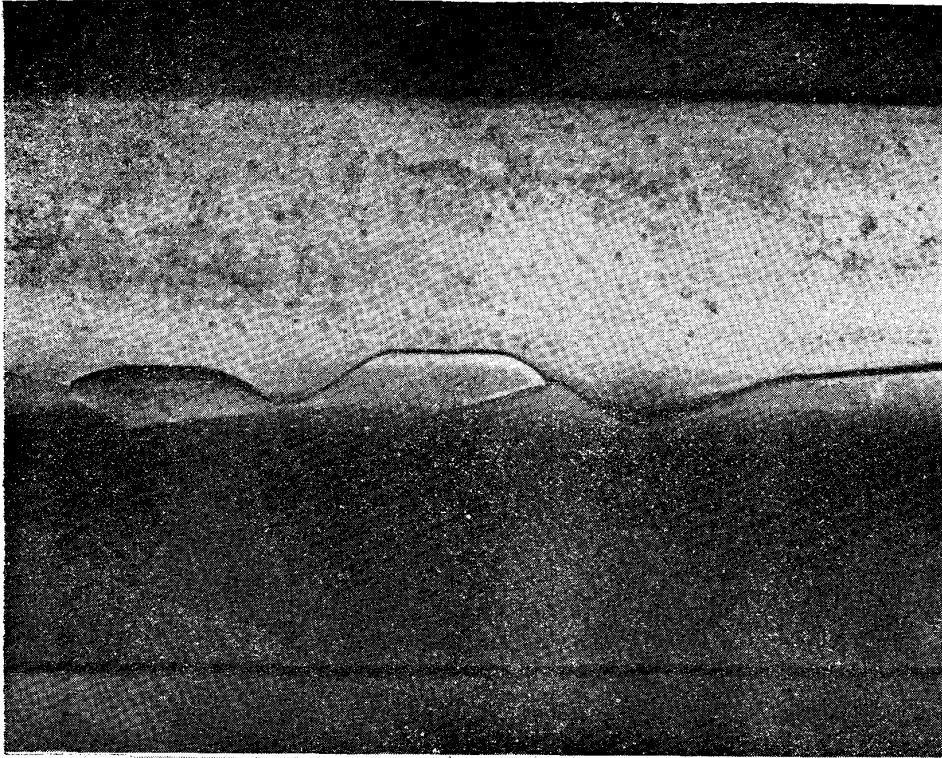


第四十三圖 第四十二圖の罅裂面(中央の縞は滓集脈を示す)

第四十四圖 (一〇〇倍)

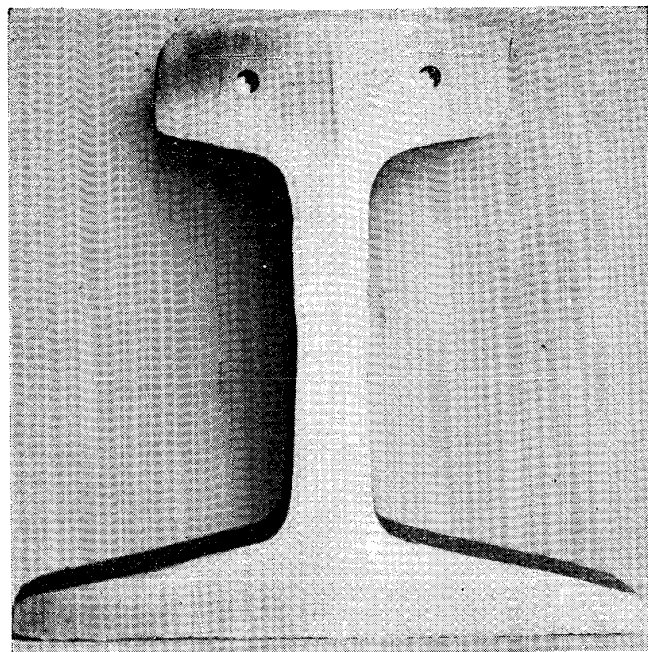
第四十三圖の罅裂を起せしものにして縞の箇所を横斷擴大せしもの
(フェライトの縁明瞭に現はる蓋し硅酸鹽鐵滓の跡ならん)

第四十五圖 龜裂軌條

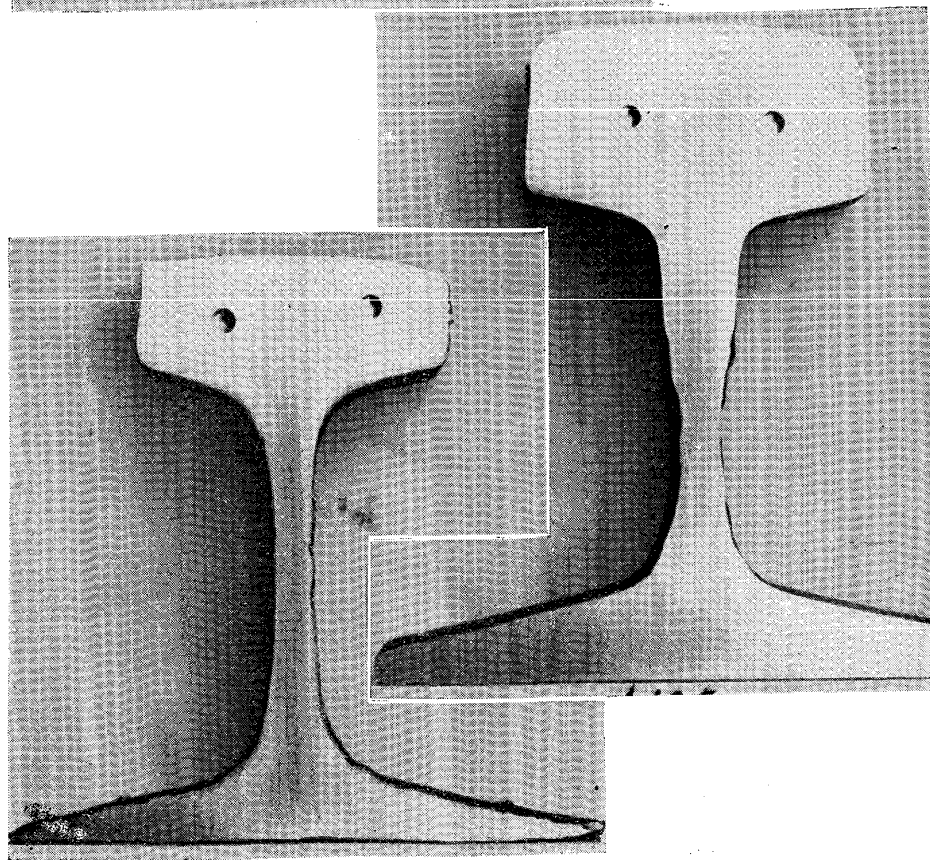


第四十六圖 同上横断面を腐蝕せしもの

第四十七圖 磨滅軌條



第四十八圖 腐蝕軌條(全體に腐蝕し腹部厚さ四分一吋底線は光端をなす)



第四十九圖 同上(局部腐蝕)