

論 文

大型炭素鋼鋼塊の A 偏析帯に就て (III)

大型炭素鋼鍛鋼品に現れる偏析きず (その 1)

河 合 正 吉*

ON THE A SEGREGATED ZONE OF LARGE CARBON STEEL INGOTS (III)

(Segregation-Flaws Appearing in Large Carbon Steel Forgings. Part-1)

Masayoshi Kawai

Synopsis:

In the former reports it was found that segregated lines of ingot showed a remarkable segregation and that some of them moreover contained sands in segregated line and cavities. On the other hand, large steel forgings forged from large carbon steel ingots revealed often defects in segregated zones, which were classified roughly into ghosts and segregation-flaws. Hitherto, while the former have been well known as the representative defect of large steel forgings, the latter have been scarcely found out, and so the former should resign the name "ghosts" to the latter.

Investigating the A segregated zone of ingot, the author got the idea that segregation-flaw of forgings might originate in defects appearing in segregated lines of ingots. In order to confirm this idea, he investigated at first the characteristics of segregation-flaws, the time of its formation and the relation between its formation and manufacturing conditions.

緒 言

第 1 報において鋼塊の偏析線は著しい偏析を示し、中には更に偏析線サンドおよび空隙 (収縮孔) 等の欠陥を包含するものがある事を報告した。また第 2 報に述べた偏析線生成の機構より考えてみても、これ等の欠陥が発生する場合には、その発生箇所は偏析線の内部を措いて他にない事が推論される。他方大型鋼塊を鍛造して製造される大型鍛鋼品の偏析帯¹⁾には、これ等の欠陥が鍛造により変形したものと想像される様な欠陥がしばしば発見される。これ等の欠陥は大別してゴーストと偏析きずとに分類されるが、緒論で述べた様に砂と並んで炭素鋼の大型鍛鋼品に現われる欠陥の大宗をなしている。

いう迄もなくゴーストは古くより親まれていた欠陥の名称であるが、偏析線群が仕上面に露出し、偏析線が偏析および多数分布する硫化物等のためにその周囲と被切削性を異にし、場合によつて程度の差はあるが、仕上状態が局部的に異常を呈し、特にこれが肉眼的に検出され

る場合に「ゴーストが出た」と称するのである。従つてゴーストは亀裂等と異り狭い意味では本質的なきずではない。しかもその判定は肉眼で認知し得るか否かに懸つており、飽く迄も便宜的なものであるという他はなく、また仕上状態の異常度は種々の条件によつて著しく変動するから、その実用上の価値は極めて曖昧である。斯かる事情は最近に至つて漸く各方面で認識される様になり、特に甚しい場合以外は余り問題とされなくなつたので本論文においては偏析きずのみを対象として議論を進める事とする。

偏析きずもゴーストグラックと呼ばれて古くから知られてはいたが、偏析そのものが硫酸写真等によつて誇大に検出されて人々の目を奪つたためにその背後に隠されしかもきずの大きさが微細であり、比較的検出が困難であつたために従来余り注目されなかつたのである。然るに最近超音波並びにその他の探傷法が発達してその検出が容易となり、ゴーストと異り本質的なきずとして認識される様になつたので、ゴーストに代つて注目される様になつたのであるが、その正体に関しては現在迄の処

1) A, V 両偏析帯を意味するが、以下の議論では緒論で述べた様に A 偏析帯のみを取扱う。

* 三菱製鋼 K. K. 長崎製鋼所

んど知られておらず、例えば S. Ammareller²⁾ ですら最近の彼の論文³⁾ で「このきずは鋼の内部に存在する時はきずではなく、機械加工して表面に現われると、切削のために磁気探傷に掛ける様な性質が附与される。」と、全く意味の判らぬ事を述べている。この意味において所謂ゴーストはその称号を偏析きずに譲るべきであつたのである。

緒論で述べた様に、著者はこの偏析が包まれているゴースト的性格を解析する事を本論文の目的としたのであるが、鋼塊の偏析線欠陥が偏析きずの源をなすものではないかという着想に基いて調査を進めれば、この目的の一半は略々達成される事になるであろう。即ち第1報において鋼塊のA偏析帯の構造を調査し、これに基いて第2報において偏析線生成の理論を考察してきたのであるが、若し偏析きずの源が偏析線欠陥にある事がつきとめられれば、偏析きずのゴースト的性格の大半は、これを払拭する事ができるであろう。よつて本報においてはまず偏析きずの性状等を調査して、この着想を裏附けるための基礎資料を整備する事とする。

I. 偏析きずの性状

1 偏析きずの種類³⁾

炭素鋼の大型鍛鋼品の偏析帯には毛割れ状に見える欠陥が現われる事がある。斯様な欠陥を総称して偏析きずと呼ぶ事とする。偏析きずは Fig. 1 の様に多くの場合偏析線の内部に存在するが、場合によつては偏析線を起点として拡大した状態で現れる事もある。偏析きずを仔細に観察するとその状態は必ずしも一定していないが、大別すると二種類に分けられる。Fig. 2 (a), (b) は典型的な二種類の偏析きずを示すものであるが、便宜上前者をC型、後者をS型と称して区別する事とする。

C型偏析きずは Fig. 2 (a) の様に細い線である場合が多く、場合によつては明瞭な亀裂として開口する事もある。しかして処々に非金属介在物を伴う事もあるが、その介在物は殆んど例外なく硫化物である。Fig. 3 はこれ等のC型偏析きずの諸例を示すものである。

他方S型偏析きずの本体は Fig. 2 (b) に示す様な不規則な線状の非金属介在物であり、明暗二相より成る事が多く、その状態は鋼塊の偏析線サンドによく似ている。Fig. 4 には更に各種のS型偏析きずの諸例を示す事とする。即ち Fig. 4 (a), (b) は同種の介在物であり珪硫共析物と推定される暗色の相中に、紡錘形の硫化物

が介在している状態を示している。但し(a)の珪硫共析物の一部は研磨の際脱落したものである。(c)の共析物中には(d)に見られる様な介在物(低珪酸介在物と推定)が介在し、(e)の硫化物中にも同種の介在物が存在し、他にアルミノ珪酸塩と賞しき微細な結晶も見られる。これ等の中で最も普通に見られるものは(a)、(b)に類似の介在物である。なお(f)は前述のS. Ammarellerの報告に示された偏析きずであつて、低倍率のためにその詳細は見極め難いが、恐らく硫化物以外に細い偏析線サンドの存在する最も普通のS型偏析きずであろう。

なお以上の分類は飽く迄も便宜的なものであつて、C型偏析きずの細い線が検鏡では検出できない様な極めて薄い珪硫共析物である場合も考えられるし、またS型偏析きずの一部がC型偏析きずの様な細い線をなす場合もあるのである。

以上述べた様な偏析きずは鋼材の表面に現われても多くの場合肉眼による検出は困難であつて、油浸法、磁気探傷法および特殊な現出法を適用して始めて検出される。但し偏析きずが面状をなし仕上面がこれと略々平行な場合には、偏析きずはへげ状に現出し、肉眼の検出が比較的容易である。併し超音波探傷法によれば、偏析きずが鋼材の内部に存在する場合には、特徴のある反射波形としてその存在に対して明確な判定を下し得る場合が多い。

また偏析きずの偏析帯における分布に関しては、経験的に鋼塊の頂部に相当する部分および鍛造比の比較的小なる部分に、その数においてもその程度においても激しく現われる傾向が認められ、また鋼塊の径が大になる程激しくなる事が知られている。なお偏析きずは鍛造により鋼と同様な方向への変形を示す事が認められる。

2 偏析きずの機械的性質に及ぼす影響⁴⁾

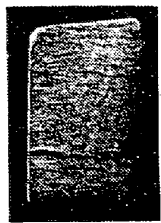
0.26%Cの炭素鋼鍛鋼品の健全部より鍛伸方向に、偏析部より偏析線に直角方向および平行方向に夫々2個宛の試験片を採取して引張試験を行つた。これ等の試験片の符号を夫々X, YおよびZとし、その試験結果をTable 1 に示す。また Fig. 5 に Y, Z 試験片の破断面および側面の硫黄写真を掲げる。破断面には白点様の異常破面が現われているが、これ等の異常破面は Y 試験片においては断続して細長く、Z 試験片においては略々円形を示している。これ等の破面は何れも偏析線に包含され、その形状は偏析線の方向の差異に従つて変化しており、偏

2) St. u. Ei., 70 (1950), 125.

3) 昭和26年日本鉄鋼協会第42回講演大会に於て発表

4) 昭和26年日本鉄鋼協会第42回講演大会に於て発表

(a) Macro-etching of a part of segregated line containing segregation-flaws



× 1 (2/3)

segregated line

(b) Magnifying the marking part of (a)



× 100 (1/2)

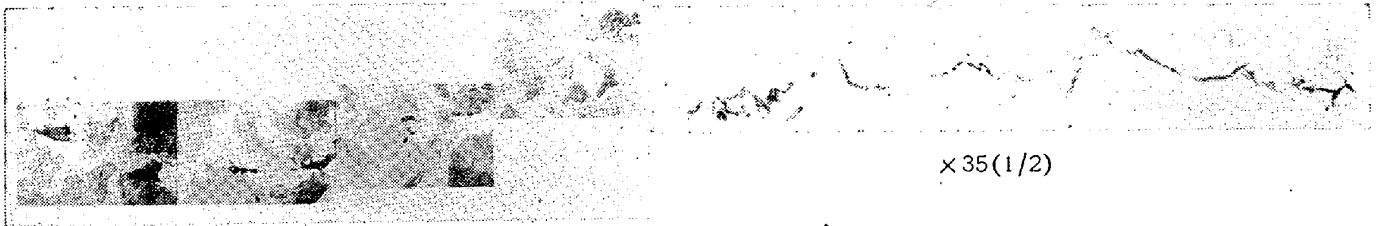
segregated lines

segregated lines

Fig. 1. Relation between segregated line and segregation-flaws.

(a) C-type segregation-flaws

(b) S-type segregation-flaws



× 35 (1/2)

× 135 (1/2)

Fig. 2. Typical examples of segregation-flaws.

(a)



× 300 (1/2)

(b)



× 100 (1/2)

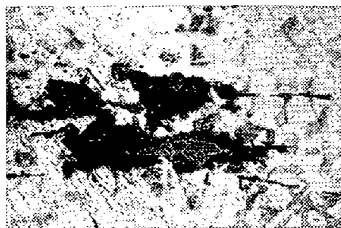
(c) Flaws with reparation



× 100 (1/2)

Fig. 3. Examples of C-type segregation-flaws.

(a)



× 300 (1/2)

(b)



× 300 (1/2)

(c)



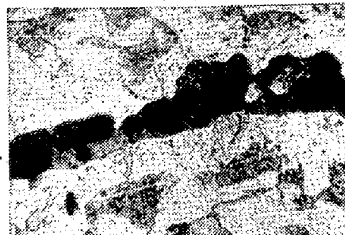
× 300 (1/2)

(d)



× 1000 (1/2)

(e)



× 1000 (1/2)

(f)

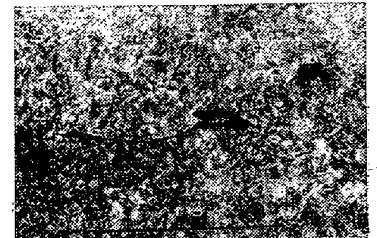
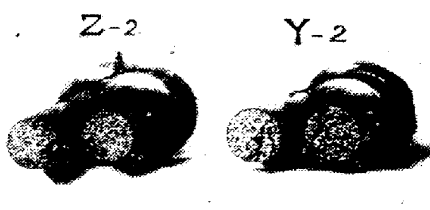


Fig. 4. Examples of S-type segregation-flaws.

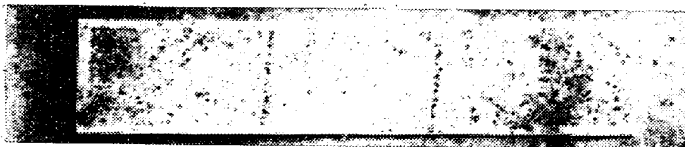
Table 1. Mechanical properties of the sound and segregated parts.

Mark of specimens	Mechanical properties						
	Yield point kg/mm ²	Tensile strength (T) kg/mm ²	Elongation %	Reduction of area %	Brinell hardness (H _B)	H _B /T	
X	1	29.9	58.5	28	46.9	156	0.375
	2	29.9	58.5	26	43.7	167	0.350
Y	1	30.5	60.0	9	13.8	167	0.359
	2	30.5	58.2	8	13.8	167	0.349
Z	1	33.1	65.6	16	20.5	187	0.358
	2	33.8	66.3	13	19.0	179	0.370

(a) Ruptured surfaces of specimens



(b) Sulphur print of Y-specimen



(c) Sulphur print of Z-specimen

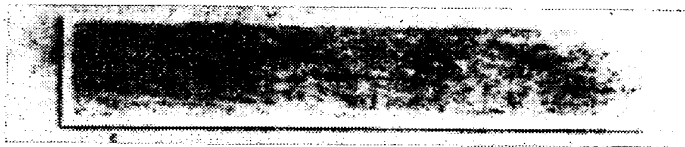


Fig. 5. Condition of specimens.

差異は見られず、全試験値を通じて 0.349~0.375 の範囲内にあるから、抗張力には略々異常はないものと考えられる。併し Y 試験片は伸、絞が異常に低い値を示している。この事実は偏析きずが所謂亀裂ではなくて破断抗力を有し、最高荷重迄はその応力に耐え、収縮開始時若しくは開始直後に早期破断が起つた事を意味するものである。

以上は偏析きずが比較的軽微な場合の機械的性質におよぼす影響の一例を示すものであるが、偏析きずが比較的大きな場合には抗張力が低値を示し、殊に偏析きずが明瞭な亀裂状をなす場合には降伏点に達する前に破断する事もある。即ち偏析きずの中には破断抗力を有するものと、殆んど破断抗力を欠如するものがある。但し偏析きずの大きさが大なる場合には、仮令破断抗力が大であつても、引張の際不可避免的にかかる彎曲応力のために早期に破断し、宛も破断抗力を欠如するかの様に見える場合がある事に留意しなければならない。

(昭和 30 年 3 月寄稿)

析きずの破面を表わすものである。

健全部の成績と偏析部の夫れとを比較すれば、偏析部の強度が高目であるが、抗張力と硬度との比には殆んど