

に關係するなり。次に鐵の窒素に飽和するは之に含む不純物たる硅素、滿脛、磷、硫黃及炭素の影響を蒙る爲にして、瑞典産鐵には假令微量なりと雖是等を含むるを以てなり。此關係は六〇〇度若くは其以上に於て、瑞典産鐵の窒素を吸收すること所謂化學上の純鐵より多き事實に一致せり。然れとも窒素の吸收に對する不純物現出の影響に關しては、未だ直接に研究したるものにあらずれば之を斷言すること能はず。翻て第四圖に示す曲線に就き更に之を検するときは次の現象を認め、換言すれば水素に還元したる純鐵の飽和に關する表中窒素含有量と溫度との關係曲線著しく下降したるは、四五〇度以上の溫度に於けるアンモニアの熱分解に相當することを知るべし。(未完)

●鑄鋼塊に出来る管(Pipes)の析出(Segregation)を加減する事

(The Iron Trade Review. April 27, 1916)

(コロンビヤ大學教授 Dr. Henry M. Howe 氏)

鑄鋼塊が凝固する時には外部よりも内部が一層急速に收縮する爲め軸のあたりに空虛が出来る。外部と内部との收縮の割合が此の全現象を支配して居り、收縮の割合は殆んど冷却の割合に相當するものであるから冷却の割合を研究すれば本問題を最もよく了解する事が出来るのである。溶鋼が冷き鐵型に注ぎ込まれると周圍の型に熱が傳はる爲め外部は急に冷却するけれども内部は外部が温である爲めに中々冷へないから外部が既に固つて一つの甲殻を形成して居ても内部の洞穴は溶鋼を以て充されて居る。凝固の初期に於ては内部よりも外部の冷却が速であるから出来る洞穴の廣さは含蓄されて居る。溶鋼の容積よりも小で丁度熱せるタイヤが車を締め付ける時の様な働きをするが洞穴の中の溶鋼はタイヤの中の車と同じく壓縮不可能のものであるから車がタイヤに抗すると同じ様に内側から之に反抗し甲殻の内方收縮を許さない。

然し外部の冷却がいつ迄も内部の冷却よりも急速であることは出来ない。兩者共約千五百度(攝氏)位から同じ常温迄で冷却するのであるから一度は同じ温度の割合を通過し、内部が一〇〇度位に冷却した頃には外部は夫れよりいくらか冷くない。外部の冷却は内部よりも初期に於て速であるから後期に於ては遅くならなければならない。今冷却の割合が内外同じである時期を平均の時期と名け、其前後を平均前及び平均後と命名せよ。平均前に於ては外部の収縮は内部よりも一層速であるから内部の抵抗に依り其間に壓力を生じて居るが、此の壓力は冷却が進むに従つて次第に減じ平均の時期に至つて皆無となる。此の時期迄は溶鋼自身の容積で甲殻の内壓力に抗して來たのである。から洞穴の廣さと溶鋼の容積とは全然一致し其間に些細の間隙も無いが此の期を經過し内部の収縮が外皮よりも過度となつて來ると其過度に相當する丈けの空虛が出来る。此の空虛は如何なる位置に出来るかと云ふに其の頂點は平均時期に於ける溶鋼の頂點に相當して居る。第三圖を以て各方向に一樣に傳熱す可き鐵型に於ける溶鋼の立方體を、表はさしむれば同心正方形 F 、 F^1 、 F^2 等は等温線で、其内吾等に甚だ必要なる一つの特種の等温線即ち凝固點便宜上凝固の熱範圍を點と見做す)を含むものを形成温度線と名くれば平均前の時期では形成温度線は洞穴の頂部、底部、側部及び溶鋼の夫等と全く一致す可きものである。

第三圖の立方體は F^3 形成温度線を表はして居るのだから平均時期に於ける洞穴の外線を示して居る。平均時期後に於ては内部収縮が外部収縮よりも甚しく言ひ換ゆれば洞穴よりも溶鋼の容積が不足になるから溶鋼の頂部が洞穴の頂部と全く合一する事不可能になり數分の後には立方體 F^2 の頂部の下に示した様な薄い平坦な空虛が出来る。此の空虛こそ空虛孔の初まりで凝固點以後冷却してしまふ迄に線収縮の爲め幾分か狭くはなるが先づ大差ないものである。圖には空虛の厚さを著しく厚くして示したが夫の最初の起首は平均時期の瞬間に起り其瞬間に於ては起首の幅即ち其頂部

の幅は平均時期に於ける形成温度線の頂部の幅であり同時に又溶鋼の夫である。

管が出来初める頃即ち凝固の比較的初期に於て、壁の内部が外部よりも一層急速に収縮すると云ふ事は或は不可解の様であるかも知れぬ。之を了解するに最も簡單なる方法は、一の熱線圖を考へ凝固の初めに於ては非常に峻しく、冷却が終る頃には殆んど水平になるとし且つ其峻しさが凝固の初期から冷却の終り迄で連続的に減少すると推定するが宜しい。蓋し熱線圖が水平に近くと云ふ事は外部の冷却が内部よりも一層緩慢である事を意味するからである。

尙ほ一層面倒に考へると、既に凝固して一の周壁を形成して居る種々の同心層が冷却の割合異なる爲め互に相力争して居る事で、各異なる方向に進むが結局其合成力は次第に硬化する外部が冷却の度速かなる内部の爲めに内方に牽かれる事を妨げる様に働くのである。其結果實際内壁の内方移動が夫等の壁に分子を絶へず移動せしめて生じた溶鋼の収縮に丁度等しくなつた時に平均時期なるものを出現する。

鐵は冷却の途中で變態温度に來ると著しく膨脹するから洞穴の容積が溶鋼の夫よりも大になり其の爲めに管が出来ると思ふて居る人も有ろうが此の膨脹は外皮から中心に向ふ一つの波狀で論據とするには足らない。且つ冷却の途中で斯かる變態が起らぬ物體にも管と云ふものは出来勝ちなものである。

管と夫に相當する溶鋼との幅。各の高さに管の幅は其高さの時の溶鋼の頂部の幅に等しい。中性時期に於ては管の頂部と底部とは實際に一致して居るが冷却が進むに従ひ外部と内部との収縮の差が管の容積を益大ならしめる。其頂部は初めの時の儘で底部は各瞬間に於ける溶鋼の表面である。此の底部の位置を正確に辿る事は甚だ面倒であるが、管の容積増加の割合が壁の厚さと略其歩を一つにして居ると想像すれば凝固の途中に於て洞穴の壁と底とは立方形 F^3 の夫等となり溶鋼の頂部

は降下して F^3 の頂部と合一し、立方體 F^4 が實現される。各の高さに於ける管の幅は溶鋼の表面が其の高さであつた時の其瞬間に於ける洞穴の幅であるから、吾等目下の假定では F^3 と F^4 との時間に於て立方形 F^3 と F^4 との幅が一致する。故に凝固が完結すると管の形は全體の重心に其頂點を有し、形成温度線の頂部が平均時期に於ける形成温度線の頂部を其底とする倒圓錐 $b e d e b^1 e^1 d^1 e^1$ で表される。

種々の等温線を有する管。右の假定が正確でないとしても管の位置は等温線の各連續せる位置に關する事は明である、而して形成温度線は其内唯一つしかないのだから等温線を上げれば同時に管が上ると推論する事が出来る。殊に凝固の終りに於て形成温度線の位置を上げれば管の底が上り従つて管を除くに要する切り棄ての量を減ずることになるけれども等温線を上げるなどは唯學術的の文句で、實際は下部に比し頂部の冷却を出来る丈け緩漫にし管を冷却最も緩漫な所に作らせるのである。

管が冷却最も緩漫な所に出来る證として第一第二圖を示す。AとBとは垂直の位置にあつて同じ鍋から同時に鑄造したものでAの方が自然Bよりも先に一杯になつたと云ふ事の外は殆んど同じ條件の下にあるのである。此等二の角錐の廣き方即ち底部が頂部よりも冷却緩漫なのは容積が違ふからばかりでなく、底部は互に温め合ふて居るのに頂部は冷たい鐵型の壁に接觸し殊に頂部程鐵型の壁が厚いからで頂部よりも底部の冷却が遅い爲めに管がAでは重心の上方に、Bでは下方に底面に近くに出來て居る。

管が最後の冷却部に出來ると云ふ事は垂直のものゝみならず、第三圖の如く水平にして右方は鐵型に左方は粘土型に鑄造したものに於ても同様である。鐵から熱を受取る事が遅いから等温線は左に偏し同時に管も左に偏する。

圖 二 第

圖 一 第

拔 萃 鑄鋼塊に出来る管(Pipes)と析出(Segregation)とを加減する事

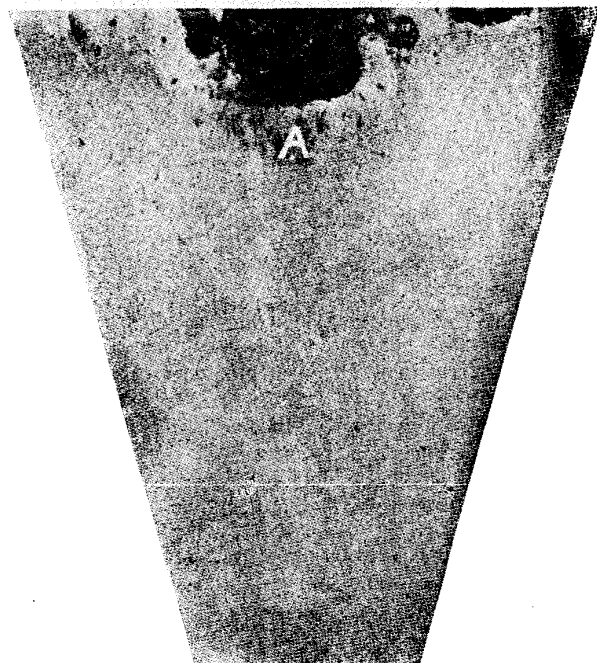
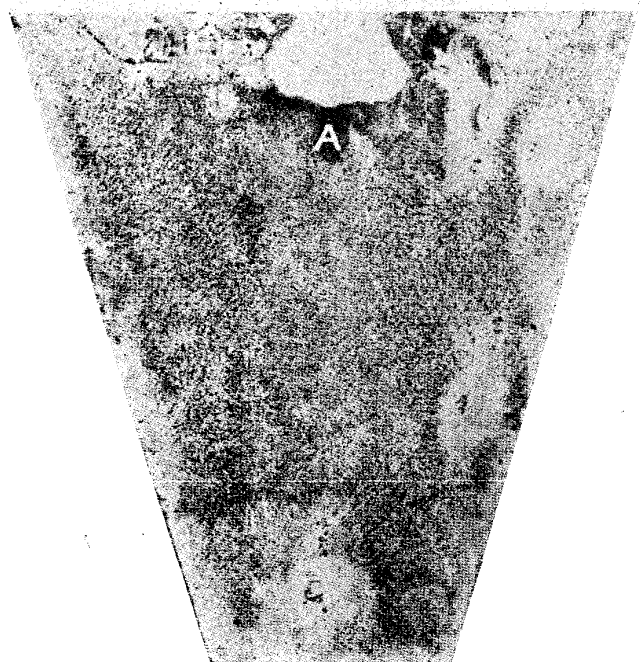
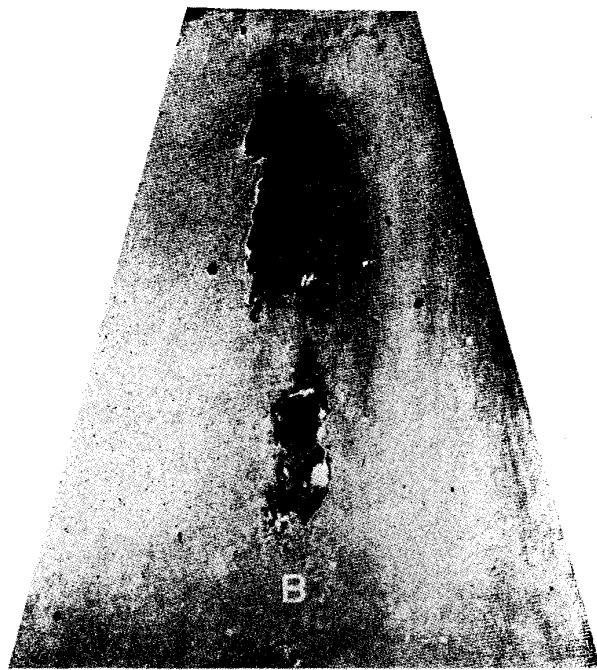
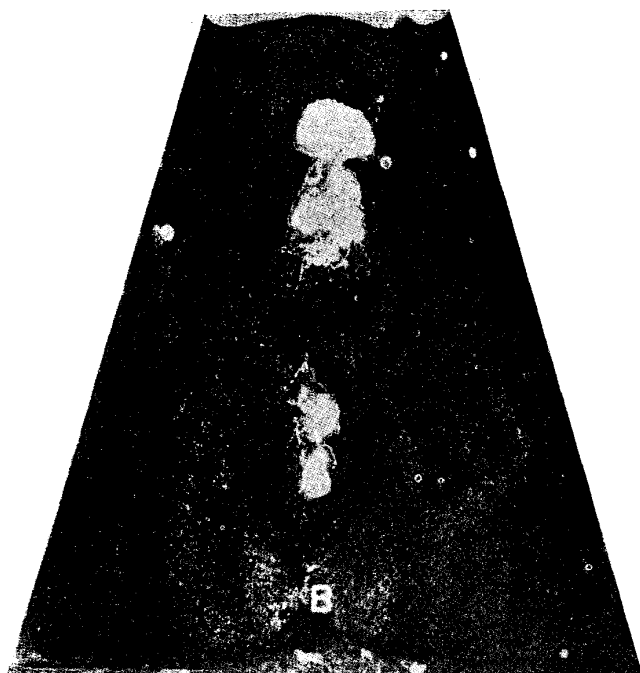


圖 四 第

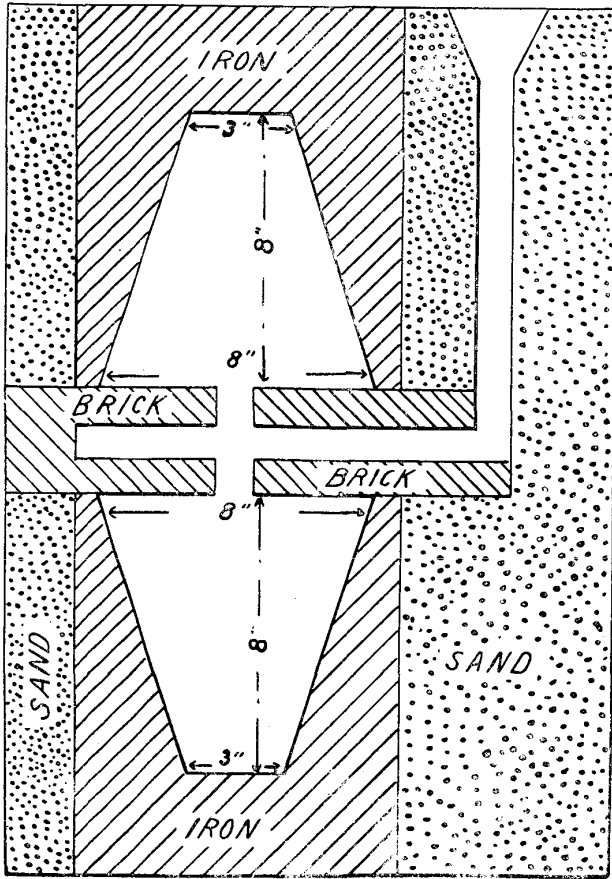
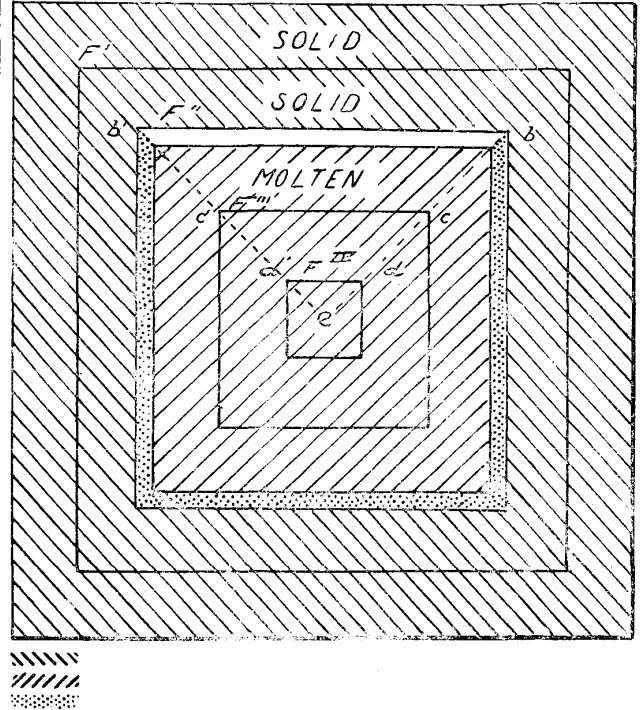


圖 三 第



鐵 與 鋼 第 貳 年 第 六 號

圖 五 第



六 三 四

第三圖の理想の場合に於ては管は鑄鋼塊の重心から生長する。Aの管がBよりも底部即ち大きな方に偏して居る事も同じ現象である。凝固の各時期に於て洞穴の内壁は殆んど半流動性であるのだから自分の重さで徐々に降下し其結果管は少し宛上方に浮き上る。内壁が降下し管の下端が上れば切り棄ての部を小にする事が出来る。頂部冷却の遲滯は明に此の降下を容易ならしめる。或は鋼塊の量を増大し、又は粘土、乾燥砂其他傳熱率悪しきもので型を作り凝固を遲滯せしめる事も此の粘性鋼の移動に有效である。

世人が知れる如く凝固すると上部に炭素が多くなるから其處の凝固點が降下し其結果形成温度線が嚴密な等温線とならずして鑄鋼塊の下部よりも上部の低温に相應する様になる。此は溶鋼の輪廓なる形成温度線の下部が第三圖に於て立方形F³(上部が立方形F²の頂點と一致して居る所)の下部と一致した時の其瞬間に於けると同様である。溶鋼の上部の含有炭素量は下部より大であるから上部の凝固は下部の凝固よりも低温で初まり、鑄鋼塊の外側に近く頂點に近き等温線に沿ふて居る。半凝固時期に内壁が降下し管が浮上する事及び形成温度線と等温線とに差異ある事は頂部狭き鑄鋼塊にも尙ほ普通の廣頂のものと同じく管が高さの半分以下に出來ずして以上の所に出來る理由を説明して居る。頂部を廣くすると既にA Bにて説明した如く管を上方に上げる働きがあるが頂部を狭くしても頂點を鐵型に接觸して冷剛させる様の事なく且つ底部を下の熱せる物體で温めて置けば甚しい不都合はないのである。或は重力から考へても又は其頂部を冷壁の代りに温き空氣に曝すと云ふ點から考へても頂部が狭い鑄鋼塊は廣いものに比すれば管が重心よりも著しく下部に出來ると豫測されるかも知れぬ。然し狭頂に於ては重力の上昇力の唯一部を以て管を容易に下から重心迄で運搬し其残りの力を以て管を重心以上に上げるから廣頂のものよりも孔が非常に高くなる。

廣頂の鑄鋼塊の頂部の大なる事は明に降下を容易にし管を上げるに好都合である。頂部加熱に依つて頂部の冷却を遲滯せしめ等温線を上昇せしめんとするには骸炭瓦斯又は電力を用ひ或は溶融せる鐵滓を其上に注いて行ふ事が出来る。燃料が鋼の上部を炭化せしめぬ様に *Helm* 氏は鐵滓を其間に挿入したが溶鋼の頂部を黒鉛にて覆へば鋼が炭化され凝固點を降下し液狀である時期が長くなり流下して管を充す事が出来る。

頂部からの熱の發散を妨げ等温線を上げんとするには型の材料として粘土其他傳熱率の悪しきものを豫熱して用ひ、頂部保温のみならず頂部加熱をも行はしめるか又は骸炭粘土或は他の被覆物を用ひても宜しい。一般には兩作用を行はしめる。*Guthmann* 氏の鑄型は上部よりも下部が厚く云はゞ頂部保温で頂部は底部よりも熱の放出が少ない。

鑄鋼塊の上面を砂又は他の不良傳熱體で覆ひ或は空中に開放する等孰れの方法も結局頂部保温に外ならない。砂又は空氣は冷き鐵型の壁よりも傳熱率が少ないからである。

鑄鋼塊本來の鑄込みが終る頃新に溶鋼を注入すれば管を充すに直接有效で且つ又頂部加熱にもなる。

管を充填するには徐々に鑄込むのが最も經濟的で且つ有效である。注入が緩漫であれば下部が既に鑄型の圍壁に急速に熱を失いつゝあつても上部は猶加熱されつゝあるのだから等温線は明かに上昇するに違いない。實際著者は此の方法を用ひて管を完全に消失せしめる事が出来た。同理に依つて、底部注入は新らしき熱鋼を後から後からと底部に供給するのだから管の位置を低下せしめ等温線も下る。押湯は頂部再充及び頂部加熱の作用をなし徐々に鑄込むと同じで、管が出来るに従つて自から溶鋼を供給する。平均後の時期に於て外部の收縮が内部よりも緩漫なるを防ぐには種々の機械的壓縮方法がある。*Whitworth* 氏の方法は鑄鋼塊を縦に壓縮するので最大壓力を要し。*Harnet* 氏の法

は勾配が付いて居る穴の中に塞子の様にして鑄鋼塊を導き、S. F. William 法は唯一方の側丈けを壓搾する。其他多くの方法があるが鑄鋼塊が甚しく大形でなければ機械的壓搾方法は非常な強壓を以て熱状態を變へる様に思はれる。鑄鋼塊の既に固結した周壁からの非常な抵抗に打ち勝たねばならぬから壓搾は一般に凝固が初まつた後暫く長く加へられる。

普通鑄鋼の方法は注意して溶鋼の鎮靜を制限し、凝固の後期に於ても瓦斯の放出を可能ならしめる。其結果既に固結した周壁の内部を吹き上げ、外部よりも收縮が緩慢なる爲めに一層管が出来る。云ふ傾向を删除する。此の結果は第五圖に示す如く、氣孔の澤山が管を甚しく小形にした。右方に於ける白色蠕蟲狀の所ばかりでなく灰のもの、大部は氣孔であり其内左方の濃灰色は分凝物で氣孔が出来た後に其處に析出されたものである。氣孔の容積は精密に調和する事は出来ないから管を完全に充すには小さ過ぎる位の程度に制限する。

一般に氣孔を作つて管を防ぐに最廉の方法を用ふるはあまり策の得たものではない。高炭素鋼や特種鋼の場合には氣孔は鍛鍊する事が出来ないから殆んど採用する譯に出来ないし、殊に軌道鋼用の鑄鋼塊等には此の方法を採用せば旅行者の生命を保證し得る事が疑問になる。鋼中の酸素を還元して酸化炭素の生成を妨げ、氣孔を防ぐに用ふ可き種々の還元劑は、鋼を還元すると同時に溶融し易く寧ろ結合し易い鐵滓を作り表面に浮上せしむるに最も有効である様に思はれる。鐵滓の成分は還元劑の種類に依り、除去す可き酸素の量に依りて違ふが實驗の結果に依れば鋼中に存在する酸素の量が普通であれば之等還元劑の結合が有力な自己放逐作用を有する鐵滓を作り得る事が明かに了解される。然し如何なる還元劑を用ひても氣孔や析出を完全に阻止する事は困難であるらしく又夫に關する學術的の報告も聞かない。

管の生成は各層の收縮の割合の差に依るのであるから差が無ければ何物も出来ず、且つ其容積及

び深さは其差が減ずると共に小さくなる事無論である。故に管は細き鑄鋼塊を寒風中で冷却させるよりも大塊を保温孔中で冷却した方が甚だ小さい。急冷すれば氣孔の生成を増加する事第五圖に於て明かなる如く左方即ち冷剛した方が右方の緩冷せる部よりも甚だ多い。

凝固は一の分化である。鑄型の周壁に最初に形成される凝固鋼中の炭素の量は平均含有炭素量の一部に過ぎない。溶鋼の含有炭素量が一定であれば此の割合も亦一定である。此の含有炭素量が變れば其比も幾分か違つて來るけれども茲に述べる程では無い。磷や硫黄も同様であるから、茲に計算には入れないが炭素に就て眞であるものは彼等にも亦眞である。此現象は甚しく溶融を助長し且つ各瞬間に現はれて來る固形分子の含有炭素量は、もとの溶鋼の炭素量に比例するから各固層の含有炭素量は凝固の初めから終りに至るに従つて順次に増加し外皮に最少で最後に凝固した所に最大で、形式等温線の各位置が殆んど等炭素量の線と一致する。

凝固の様式。上述の條件は凝固する各層が滑かて同心圓であるか、又は少くとも洋葱の層の如し鑄型と等軸であると考へた場合であるが、然し凝固は周邊を圍繞せず壁から生ずる松樹狀の生長に依りても起る。此の場合には松樹の組合へる枝が互に溶鋼を取り圍み凝固は鑄鋼塊の外皮から軸の最後の凝固點に向はずして之等の各々の小袋の表面から順次中心に向ふて生成される。

此の場合に於ても大體に於ては、鑄鋼塊の外部から最後の凝固點に至るに従ひ炭素が凝集するが然し洋葱式ならば軸上の最後の凝固部に著しく集中す可き炭素の大部が之等の小袋の中に別々に閉塞されるのだから全體としての内外の差は甚だ僅少である。吾等は鑄鋼塊の圓柱狀外部が松樹狀に、顆粒狀内部が洋葱狀に凝固したと推量する事が出来る。圓柱範圍の終りに於て松樹式が終り洋葱式が初まると析出の様式が變はり、今迄で溶鋼の各小圓心、各沼澤に地方的に炭素を集中して居たものが鑄鋼塊の軸に於ける最後の凝固點の方に炭素を集中する様になる。斯して炭素は現在凝固しつ

つある所を遠かり最後に凝固す可き場所の方に移動堆積する故に時としては之を負析出と云ふ、之等の比較的初期の凝固層に於ける炭素の缺乏は小さい松樹状態の炭素の地方的蓄積に依りて最早干渉されない、故に鑄鋼塊の下部に於て之を水平に切斷して見れば内部顆粒状の部は外部よりも含有炭素の量甚しく缺乏して居る。

凝固及び析出の圍繞式は各部を同質のものにするに有効で第一に炭素が軸の方向に増加する事を少しし、第二に炭素量の地方的變化を殆んど論ずるに足らぬ程小範圍に限り轉軋機にかけ或は鍛錬で捏ると殆んど散布してしまふ様なものにする。

析出を減少させる事。析出を減少させるに最も有效なる方法は鎮靜である。凝固點を降下すれば松樹狀圍繞式に凝固する事 Kenney 氏の論文 *The Commercial Production of Saund and Homogeneous Steel* 論じてある通りである。瓦斯の一部が上昇し氣孔を残す如きは擾靜を攪亂するもので析出を更に悪しくするものである。多くの場合に於て理論的の處置と云へば溶鋼を完全に鎮靜させて氣孔を防ぎ夫に依りて析出作用を減少せしめ且つ氣孔の缺乏に依りて生ぜんとする空虚孔を防ぐにある。鎮靜の結果は第二圖の鎮靜した鋼、第五圖の攪拌した鋼とを比較すれば一目瞭然で第二圖の各尖塔は第五圖の約三倍大の圖であるけれども前者に於ける析出の容積の方が後者よりも小なる如く思はれる。第二圖の A を熟視すると幹と枝とに圍繞された小さい地方的析出を有する細い角錐樹木狀の組織がわかる。

凝固の各時期に於ける管底部の位置は其時の溶鋼の上面にある事前述の通りだが、此の事は凝固の最終時期で溶鋼が最後の一滴となつても亦眞理である。最後の一滴の凝固に於ては管の底面は其一滴の底面と一致する。然るに其の一滴は連續的増炭法の最後の生成物であるから含有炭素が最大多量なる點である。即ち炭素が最も多い部は管の底部にあると云ふ事になる。恰も第二圖 A のすぐ下

70 に見る通りで、此の推論は管が冷却緩慢なる側に行いて居る所の第三圖析出偏心に依つて實際に證明される。

管底面に關する析出の位置は種々の小さな條件に依つて改修する事が出来る。凝固が完成された後に管の周壁が降下し炭素が最も多い點を充分に覆ふ事が出来る。殊に冷却が緩慢で降下するに充分時の餘裕がある時に然りである。

分凝の位置は管の底面の如く空虚の浮上や内壁の降下や裂け等にあまり影響を受けぬから等温線を制御する事管のよりも甚だ容易である。第二圖Bに於て兩管のすぐ下に析出があるが下方の管の底よりもまだ下の方にも析出の固りがある。析出の部が此の鑄鋼の下端を通過して一の層を成して居る。吾等は之を以て此の鑄鋼の析出に於ける最後の部分だと認定し、上部にあるのは溶鋼を通過して浮上した爲であると推論する事が出来る。析出の位置は析出す可き元素なる炭素、磷及び硫黄等の輕さにも基因すると考へられるが主として等温線の輪廓に依つて支配される事は同時に同じ鋼から鑄造したA Bに於てBでは底面に近くAでは頂點に近く共に管の底のすぐ下にある事でもわかるし、又第五圖の切斷面に於て示せる如く鑄鋼の軸でなくて右側の方に夫がある事でもわかる。然し輕いと云ふ事も幾分か關係する。析出の作用に於て次第に薄い層になつて分離し凝固したものは炭素が少なく、残れる溶鋼に炭素が多くなる事、及び炭素が多い程輕いと云ふ事は洞穴の周壁に全體の溶鋼の平均なるも多量の炭素を含有せしめる事になる。斯くして増炭した地方的層の上昇對流が洞穴の壁に沿ふて登り新に層を作り、輕く炭素多き部は上昇對流が甚だ容易であるが夫に相當する下行對流は夫程容易でない。

溶鋼に於ける瓦斯の發達が此の壁で起る、而して少量の瓦斯の上昇は此の上行對流に助力する。分凝の上部の濃度が第五圖に於て甚だ著しい事も此の理由であるかも知れぬ。第一圖及第二圖には氣

孔は一も無いが第五圖には澤山ある)

周壁の對流は益上方軸線の析出を増加する。洞穴の周壁に沈澱する固形分子の含有炭素量は其母溶鋼の夫と共に増加するから、含炭量に富める壁層を上昇せしむれば續ひて壁の上部に沈澱する分子の含炭量を増加するけれども、洞壁の下部では其溶鋼の含炭量を減じ、從て次に沈澱す可き固形分子の含炭量減ずる事になる。(220)

●腐蝕に對する抗力に關する新研究

鋼材に添加すべき最有利なる銅の分量並に他の諸要素及び冷鋼の添加に依る影響

(The Iron Age, March, 9, 1916. By D. M. Buck and J. O. Handy)

T
K
生

曩に銅〇・二五%を添加せる鋼に就き腐蝕に對する銅の影響を實驗せしか尙進んで次の諸試料に就き試験を行へり即ち

- 一、銅の含有量が〇・〇四%乃至二・〇%の範圍のもの
- 二、磷、硅素、硫黃、アルミニウム及鏽皮(ミルスケール)を添加せるもの
- 三、同一熔鋼より鑄造せるものにて中頃に冷鋼を添加して造れる鋼塊は最初に鑄造せるものに比し、腐蝕に對する抗力を増大すへしとの提言に基き銅を添加すると全く同様に旋削せる冷鋼を添加せるもの是れなり。

尙常用熱度以上の諸熱度に於ける燒鈍の影響に就ても試験せり、而して試験材か爐内に裝填されたる時の位置及び加熱中に生せる酸化膜の状態等は悉く記録し置けり、之れ表面の庇護程度の差異か抗力に影響すへきか確めんか爲めなり。