

第6図 ラヂエーター型インゴットモールド

の鑄鋼製鑄型を製造中である。

VII. 鑄鋼製モールドに適當な條件

如何なる型が、最も鑄鋼製モールドに適當するかという事は、取りも直さず歪に對して強い條件は何かということである。

a. Symmetry なること

角か丸の形が望ましい。

b. あまり大型でないこと

c. 湯が killed 又は Semi-killed なること

これは、リムドとキルドでは、凝固の際の湯の型離れの時間に著しい差異があるからである。

併し、よく考へると、此の同じ條件が鑄鐵製のモル

ドにも適用出来るのであるから、鑄鐵製モールドに挑戦するためには、鑄鋼製モールドの決して割れないという特性を活かすべきである。上の條件とは全く反對のものであるが、扁平鑄型こそ割れるために非常に困つてゐるのであるから、此の分野に於て、鑄鐵製モールドの手助けをなすべきであると思う。

IX. 鑄鐵製か鑄鋼製か？

これは面白い問題であると思う。例へば、平爐で云うならば、鑛石法かスクラップ法か、と云うのと同じ性質のもので、兼ね合ひの問題であると思う。よい銑鐵よい駭炭が、容易に手に入る状態に於ては、鑄鋼製は問題になるまい。それが登場して来るのは、よい銑と炭とが入手し難くなつたときである。何故なら鑄鋼製のは、世間の事情によつて其の性質を左右される。

如何なる因子も含んでゐないのに、鑄鐵製のそれは極めて敏感に左右されるからである。例へば、今假りに鑄鋼製の製造費が、鑄鐵製のその2~3倍掛かるものとすれば、鑄鐵製の壽命が段々悪くなつて、鑄鋼製の壽命の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 以下になる場合には、當然鑄鋼製が存在意義を持つて来る。

日本が良い鑛石と、良い石炭とを容易に入手出来る時が来るまでは、鑄鋼製の鑄型は日本の鐵鋼増産の一役を擔う價值があると深く信じてゐる次第である。

此の報告以後の實績に就ては、第2報を持つこととする。(昭. 23. 10月寄稿)

鑄鋼材の基本的性質に就て(I)

(昭和23年4月本會講演大會講演) 木下禾大*

ON THE FUNDAMENTAL PROPERTIES OF THE CAST STEEL. (I)

Toshihiro Kinoshita

Synopsis:— Steel used for the casting should have special properties compared with the structural steel. These properties are analysed by the following classification:

1. Gas hole, shrinkage cavity
2. Hot tear
3. Weldability
4. Mechanical property
5. Fluidity

* 三菱重工業長崎造船所

To satisfy these properties, at first, compositions of the steel are studied and we acquired following results:

1. To prevent the happening of gas holes, gasses in the steel must satisfy following conditions, $O_2 < 0.01\%$, $(Mn > 0.65\%, Si > 0.35\%) H_2 < 0.0004\%$, $N_2 < 0.005\%$. Shrinkage cavities are lessened when degassing are sufficient.

2. To decrease the defect of the hot tear, the steel must have following compositions; $S < 0.01\%$, $Mn > 0.7\%$, and Al used for deoxidizer is apt to increase the hot tear, so that Al content is preferable under 0.05%.

3. Weldability of the cast steel is not so much influenced by compositions, but following compositions are preferable for welding operation, less than 0.3% of C, and S must be as small as possible.

4. Mechanical properties of the cast steel are not so much influenced by the compositions, too, except C should be determined by the strength demanded.

5. Also, fluidity of the cast steel is not so much influenced by the normal compositions, To obtain good fluidity, the molten steel should have sufficient temperature. By the above mentioned results, necessary compositions of the medium carbon cast steel are summarized as follows. $C < 0.3\%$, $Si > 0.35\%$, $Mn = 0.7 \sim 0.9\%$, $P < 0.05\%$, $S < 0.05\%$, $O_2 < 0.001\%$, $H_2 < 0.0004\%$, $N_2 < 0.05\%$.

緒 論

鑄物には種々の缺陷が必ず伴ふものであるとの常識に洩れず、鋼鑄物にも種々の缺陷を生じて使用者製造者を悩ますことは周知のことであり、製造者も日夜心を痛めて居り乍ら早急にはこれを解消し得ない様な現状である。勿論鑄物は現在の冶金技術者にとつては至難の目標の一つであり、鑄鐵製品でさへも今猶完成したとは言へず諸種の缺陷に悩まされて居り、これよりも遙かに歴史の浅い鑄鋼では缺陷の起るのも已むを得ないとも考へられるが、これは我々製造関係者にとつては如何にも残念な事である。

今鋼鑄物の困難な原因を考へる時、そこには多くの理由が見出されるが、その一つとして鑄鋼用素材とも言ふべきものが確立されて居ず、そのために材料熔製法にも多くの缺陷があることが注目される、特に製鋼法に就て見ても従來の製鋼法が多量に製造される鋼塊を對照とした關係上鋼塊としての要求に對しては慎重であつたが、鑄鋼材として充分であるかは疑はしい點が多い、例へば鋼塊製造の場合最も重要な非金屬介在物の輕減法と、鑄鋼材として必須の條件である鑄巢輕減の手段とは必ずしも兩立し難く、動もすると大量に取扱はれる鋼塊製造法に押されて鑄巢に對する條件を深く検討しなかつた傾があり、このために鑄鋼材とし

ては今猶不充分の點が多く殘されて居る。

鋼鑄物を進歩せしめるためには、従來の様な從屬的な考へから脱却して鑄鋼材製造法とも言ふべきものを確立する必要がある。そのためには先づ鋼鑄物として要求される諸種の條件を十分に理解し、それを満足する様な素材を提供することが先決問題である。

鑄鋼材として要求される必要條件としては數多くのものを採上げねばならないが筆者はこれ迄の鋼鑄物製造の經驗から、實際に起る諸種の缺陷を檢討し、これを防止すべき條件を考究することが最も現實に即したものと考へる。この意味から従來の鋼鑄物製造の實績を檢討して見ると、數多くの缺陷の中、素材に原因があると考へられるもの、中主なものを擧げると周知の通り

1. 巢及び引け巢
2. 割れ
3. 湯廻り不良

である、これ等の缺陷を防ぐに充分な條件と、更に一般的の必要條件とを綜合して鑄鋼材の具備すべき條件としては、

- I. 巢及び引け巢發生の懼れないこと
- II. 高温龜裂に對して安全であること
- III. 機械的性質に關する要求を満足すること
- IV. 熔接補修作業が容易であること

V. 熔鋼として充分な流動性を有すること
 等が主なるものである。此の他にも尙種々の因子も考へられるが先づ上述のものに對して充分な結果を得れば、其他のものは附隨的に解決されると信ずる。

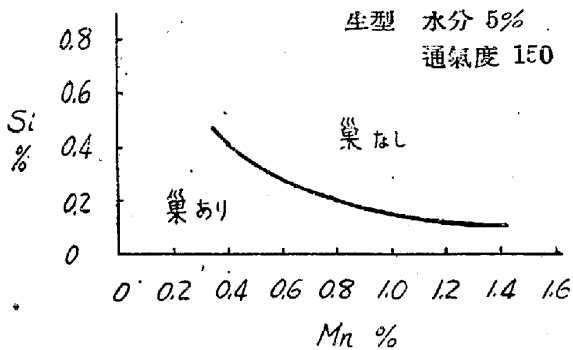
筆者はこれ迄個々の問題に就て二三検討を加へ、その結果も報告したのであるが今回は従來の試験結果及び資料を綜合して鑄鋼材の基本的性質としての概略を報告することにする。尙ここで取扱ふ鋼鑄物は所謂普通鑄鋼であつて特殊の成分範圍のものは一應除外するものである。

II 鋼鑄物の巢及び引け巢に及ぼす熔鋼の性質

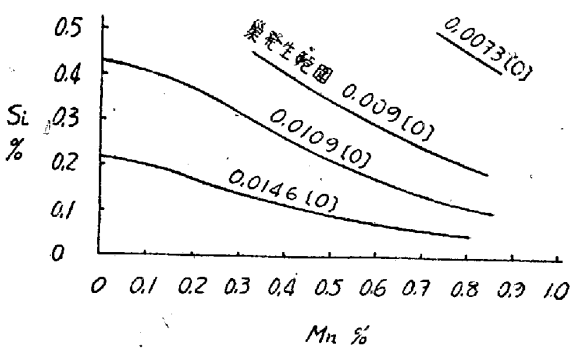
鑄鋼材を考へる時先づ問題になるのは巢であつて、常に關係著の頭を悩まし乍ら今猶未解決のものである。その原因としては前述の様に熔鋼脱瓦斯の限界とも云ふべきものが明らかにされて居ないことにあるが鑄鋼材熔製の立場からは是非共明確にする必要がある。筆者はこれに就ては既に斷片的にその結果を報告したが^{1), 2), 3)} それらを總括して見やう。

(1) 熔鋼の脱酸と巢との關係

鹽基性電氣爐で熔製された普通鑄鋼材 (C=0.2%) を Mn, Si で脱酸する場合の巢 (氣泡のみを指し、引け巢は考へない) の發生と Mn, Si (分析結果) の關係を 50φ×100mm の生型試料 (水分 5%, 通氣度 150)



第1圖 Mn, Si による脱酸と巢との關係



第2圖 Mn-Si-O₂ 平衡關係 1627°C

脚註は第2報に掲出

度, 150) に就て検討した結果第1圖の様な關係を得た。この結果は他の試験結果とも良く一致し、これから普通鑄鋼での脱酸の限界は勿論その他の含有瓦斯、特に水素量に左右されるが、 $H_2=0,0005\sim 0,0004\%$ 程度の一般の場合には $Mn>0.65\%$, $Si>0.25\%$ 程度であることが明らかにされた。(水素量の影響に就ては後述する)

尙 Mn, Si をこの程度加へた場合の酸素量は筆者の鑄鋼中の酸素分析結果、及び河合氏⁴⁾ が平衡論的に計算した結果から $O_2=0.009\%$ 程度であることが明らかにされた。その結果を第2圖に示した。

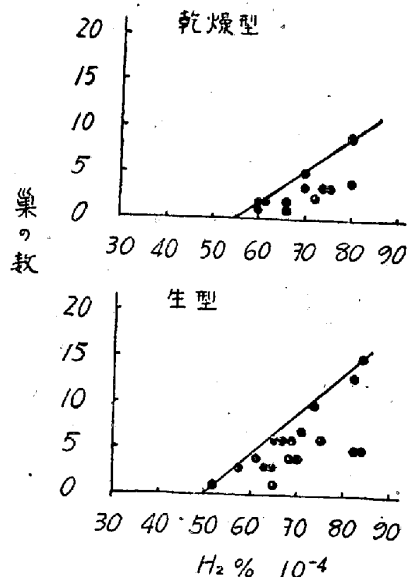
然し實際の場合には熔鋼中の水素は相當に變動し、且つ熔鋼の過酸化と言ふ現象も起り得るので、實際に約6ヶ月に亘り多數の熔鋼に就て行なつた巢の發生率と Si (分析値) との關係から、 $Si>0.35\%$ となると巢の發生率が激減することから脱酸の基準としては $Si>0.35\%$ とすることを勧めるものである。

尙 Al を併用した場合には Al の 0.05% (分析値) の増加に對して、Si も略 0.05% 減少し得ることが認められた。

(2) 熔鋼中の水素が巢に及ぼす影響

Mn, Si を前述の規定通りに加へた熔鋼を小取鍋中に汲取りこれに水分を吸収せしめた石灰を加へて、熔鋼中の水素量を變化させ、水素量と巢との關係を調査した。試験片は 25φ×100mm の乾燥型及び生型とした。この結果を第3圖に示した。水素の分析は學振法によつたものである。

第3圖の結果から生型では $H_2>0.0005\%$ 、金型では $H_2>0.00055\%$ になると巢の發生が著るしくなること



第3圖 巢と水素との關係

が明らかとなつた。尙取鋼中、其他の水素の増加は筆者の作業では大體 $H_2=0,0001\%$ であるので出鋼時熔鋼中の水素量としてはこれを差引いて $H_2<0,0004\%$ であれば鑄巢に對して安全であると云ひ得る譯である。

(3) 熔鋼中の瓦斯と巢との關係

(1), (2) では熔鋼中の酸素、水素の巢に及ぼす影響に就て夫々獨立にその條件を求めたのであるが、實際巢に及ぼす影響はこれらの瓦斯が綜合された結果であることは勿論で他の瓦斯をも考へる必要がある、熔鋼中の瓦斯としては此の他に窒素及び CO, CH_4 等も考へられるが、これ等のものは微量^{5), 6)} であり大勢には影響しないので一應考慮に入れなことをとする。唯窒素は除外することは出来ないが普通鹽基性電氣爐中ではその値は特に變動せず大體 $N_2=0,005\%$ 程度であり、筆者の分析結果の數例も $N_2=0,003-0,008\%$ を示して居り、その作用も他の酸素、水素程には著しくないので一應平均値をとつて $N_2=0,005\%$ と考へることにする。

(1), (2) で使用した生型試験片中、酸素、水素の變動の大きかつたもの (これ等は (2), (3) の試験では除外したものである) に就て酸素 (鹽素法、或は鹽酸法による)、水素と巢の有無との關係を求めたものを第4圖に示した、この結果から大體に於て

$$O_2 > 0,009\%, \quad H_2 > 0,00045\%$$

の範圍で巢が出ることが判る。

即ち熔鋼として巢發生の危險の無い條件としは熔鋼中の瓦斯は

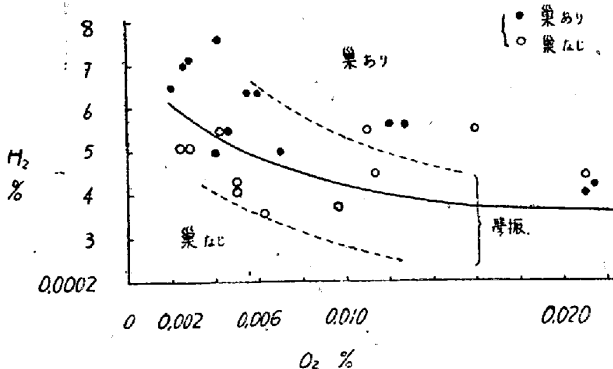
$$O_2 < 0,009\%, \quad H_2 < 0,0005\%, \quad N_2 = 0,05\%$$

であり、この場合、脱酸の條件を規定する Mn, Si の量は、

$$Mn > 0,65\%, \quad Si > 0,25\%, \quad (C=0,2\%)$$

であることが確かめられた。

尙第4圖から知られる様に巢に對して酸素の増加は



第4圖 巢と H_2, O_2 との關係

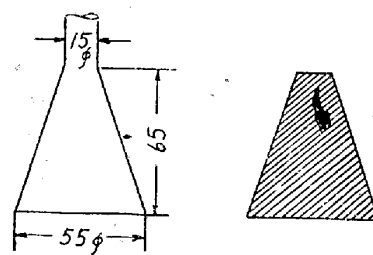
脚註は第2報に掲出

餘り敏感でないこと、酸素の除去 (詳しく言へば酸化物として巢に影響の無い形とすること) は必ずしも困難でないのに反し、水素の除去は困難であり、その量を確認することも六ヶしく、又その増加に對して巢發生が敏感であることを併せ考へて鑄鋼材としては水素を慎重に取扱ふべきことを強調するものである。又第4圖中に學振から報告された熔鋼中の酸素、水素の關係を示したが、第4圖の巢發生の限界は丁度この中間に位置する。學振の値は鋼塊製造の場合の記録が大部分であり、そのために中には鑄鋼材として必ずしも充分でなかつたものもあると思はれるので、丁度この範圍内にある筆者の結果は興味があり、同時にその妥當性を示すものと信じる。

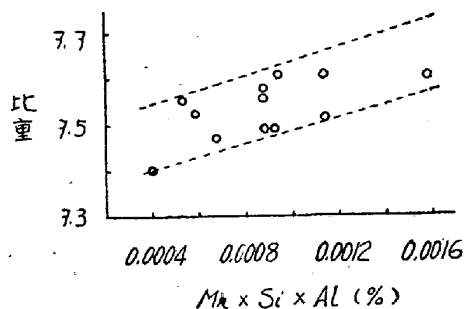
(4) 引け巢に及ぼす熔鋼の性質

從來引け巢は熔鋼自身の物理的性質によるという考えが強調されて居たが、最近含有瓦斯の影響が重視されて來た、筆者も少くとも鑄鋼に關しては含有瓦斯を重視するものであつて特に成分の大體一定して居る普通鑄鋼に就ては此の感が深い。

今引け巢と熔鋼との關係を試験するために第5圖の様な試験片を一定温度の下に鑄込み、見掛けの比重と成分との關係を調べると C, Mn, Si 等に就て單獨では引け巢との關係は認められなかつたが、水素量一定のものに就て酸素量を規定するものとして $Mn \times Si \times Al (\%)$ をとり、これと引け巢との關係を求めると第6圖の様に大體に就て關聯性が認められ、脱酸が強化されると引け巢は小さくなることが推定される。一方水素と引け巢との關聯性は明らかにされなかつた。



第5圖 引け巢試験片



第6圖 引け巢に及ぼす脱酸の影響

然し、この結果から巢も引け巢も共に脱瓦斯を強化すれば減少し得ることが明らかとなり、製鋼作業上の規準を得ることが出来たのである。

(5) 總括

巢及び引け巢発生を阻止するに足る熔鋼の条件としては(1)~(4)の結果から次のことが明らかとなった。

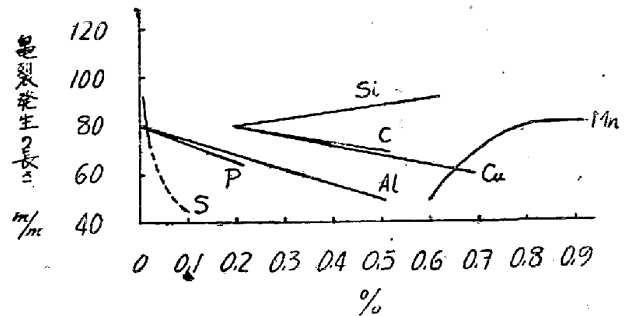
1. 鹽基性電気爐で熔製された普通鑄鋼材で鑄巢発生の危険が無い条件としては、その中の含有瓦斯が $O_2 < 0,01\%$, $H_2 < 0,0005\%$, $N_2 < 0,05\%$ であることが必要である。
2. この場合脱酸の条件としては Mn, Si のみを用いる時の一例として熔鋼成分中, $Mn > 0,65\%$, $Si > 0,025\%$ ($C = 0,2\%$) が必要である。然し實地操業上は熔解作業の不調をも考慮に入れて $Si > 0,35\%$ とすることが望ましい。
3. 鑄巢発生に對しては酸素よりも水素が大きい影響を有する。
4. 水素の量に就ては取鍋中其他での増加を考慮に入れて出鋼時熔鋼中の水素を $H_2 < 0,0004\%$ とすることが望ましい。
5. 引け巢に對しても熔鋼中の瓦斯の影響は大きく特に脱酸を強化することが必要である。又從來考えられた様に脱酸を強化すれば引け巢が却つて大きくなるということは根拠が無いことが明らかにされた。

III. 鑄鋼の高温龜裂に及ぼす材質の影響

(1) 成分元素の影響

製品に発生した龜裂の統計的調査⁷⁾ 或はこれを實證するために行なつた L 型試験片による試験結果は⁷⁾、高温龜裂に對して S が最も大きな影響を示し、更に Mn と S との間に龜裂發生に關して一定の關係があり、普通鑄鋼では龜裂を防止するには $Mn > 0,7\%$, $S < 0,01\%$ の限界を必要とすることが明らかにされたが、更に成分元素の個々に就て龜裂に及ぼす影響を定量的に知るために放射型試験片⁷⁾ による試験を行なつた結果、大體に於て各成分元素の影響を知り得た。この結果を判り易く示したものが第7圖であるが、これによつても S, Mn の影響が明らかであり、尙 Al も多量に使用すると危険であることが知られた。

更に實際に高温で鑄鋼の機械的性質が成分によつて何の様に變化するかを知るために 1000°C で高温引張試験⁸⁾ を行なつた。その結果は抗張力には殆ど變化が見られなかつたが、伸びには相當の變化があり、特

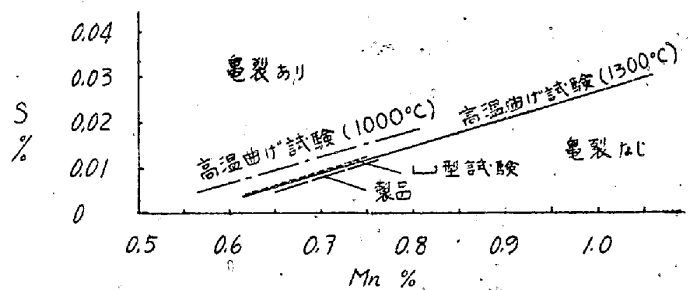


第7圖 高温龜裂に及ぼす成分の影響

に S, Al が多くなると急激に伸びが低下し、前の試験結果と良く一致した。

(2) 高温龜裂の發生溫度

高温龜裂の發生溫度に就ては從來の研究結果から大體 1300°C 附近と言はれて居るが、筆者が高温曲げ試験⁹⁾ を行なつた結果によると、1000°C での試験結果は Mn を一定とした場合、他の試験結果に比して S が高くても龜裂が起らず、試験温度を高くすると、この S の許容量が低くなり、1300°C 附近となると Mn と S との關係が他の試験結果と一致することから、龜裂發生の溫度は矢張 1300°C 附近と推定する。第8圖にその結果を示した。

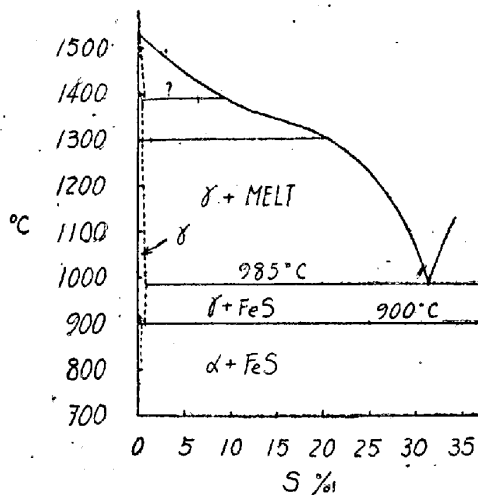


第8圖 高温龜裂と Mn, S との關係

(3) 高温龜裂に對する見解

前述の試験結果から Mn, S が龜裂に對して重要であること、更に龜裂發生部には FeS と思はれる不純物が認められること等から、赤熱脆性に對する見解としての、オーステナイトの粒界に残留する硫化物の影響による、ということと類似性が考えられる。唯赤熱脆性と高温脆性との間には發生溫度に差があり、Fe-S 状態圖を見ると 985°C に共晶があり、これ以上の溫度では S が Fe の固溶限以上になると一部融液が残留することが示されるので高温龜裂發生溫度の 1300°C 附近では、この粒界に残留する液狀の硫化物によつて龜裂の原因が起るものと推定される。

更に Fe-S 状態圖の S の固溶限を見ると未だ明らかにされて居ないが 985°C 以上では溫度と共にこ



第9圖 Fe-S 状態圖

の固溶限は減少することが知られ、これは高温曲げ試験の結果が温度が高くなると S の低い方へ移ることと一致する。

次に Mn の龜裂防止作用に就ては、Mn が増加すれば當然 S は MnS となり除去されるか、或は残留しても MnS となつて、これは FeS とは異なり粒界に析出しないのでそのために S の影響を阻止するものとも考えられるが、普通我々の取扱う様な S の低い場合には Mn の影響が果して効果的か否かは疑問で、今後の研究に残された問題である。

尙高温龜裂に關係するものとして一部の人達によつて酸化物の影響が重視されて居る。筆者も勿論これを

無視するものでは無く、實驗中にもその影響を認めたこともあるが、鑄鋼材の様に強度の脱酸を行う場合の酸化物の量は、これらの人々の取扱つた熔鋼に比して一桁位少く、又實驗製鋼作業中試験片が割れて困る時に Mn を添加すれば龜裂は直ぐに軽くなり、その効果は Si よりも格段の差のあること等から普通鑄鋼材に關しては S が最大の影響を有することを強調するものである。

VI 總 括

鑄鋼の高温龜裂に及ぼす材質の影響を總括すれば次の通りである。

1. 高温龜裂に對して成分上最も嫌うべきものは S であり、微量の増加でも龜裂を大きくするので注意を要する。
2. これを防止するには Mn が最も有効であり、Mn と S との間には一定の關係があり、普通鑄鋼としては $Mn > 0.7\%$ 、 $S < 0.01\%$ とすることが必要である。
3. Al も多量に用いると龜裂を大きくするから注意を要する。
4. 其他の成分元素は實用範囲内では殆ど影響しないと見られる。
5. 龜裂發生温度は 1300°C 附近と推定される。
6. 龜裂發生の原因は上記の温度附近で粒界に残留する FeS 系不純物である。(昭22・10月寄稿)

熱間工具鋼の研究 (IV)

熱間工具鋼 (DC) に於けるバナチウムの影響に就て

(昭和23年4月 日本鐵鋼協會講演大會講演)

小 柴 定 雄*

永 島 祐 雄*

STUDY ON THE TOOL STEEL FOR HOT WORKING (IV)

Saduo Koshiba & Sukeo Nagashima

Synopsis:— The authors carried out the experiment of effect of vanadium on the tool steel for hot work by the same method as the first report. As the results of this investigation, it is ascertained that the moderate quantity of vanadium are about 0.3~0.5% for tool steel for hot work containing C 0.25~0.35, Cr 2.5, W 9~11%.

I 緒 言

前報に述べた理由により C 0.25~0.36%、Cr 2.5%、W 10~12% の熱間工具鋼に及ぼす V 0.25~0.8% の影響を研究し、V の効果を確めた。

* 日立製作所安來工場