

なうこともある。

純鉄中の酸素量を下げ、脱酸剤元素の歩留をなるべく低くしたいという場合には Ca および Mg は次の理由により好ましい脱酸剤と考えられる。

1. 酸素との affinity が大である。
2. 鉄に対する溶解度が著しく小である。
3. 沸騰点がいずれも鉄の融点より低く蒸発しやすい。

Ca および Mg は純金属で添加すると大気中では大気中の酸素と反応しやすく、また蒸発しやすいため普通の表面添加では十分反応しないことが知られている。そこで真空中で Ca, Mg を添加してその脱酸効果を調べた。

2. 実験方法, 実験結果および考察

純鉄には第 I 報³⁾ で述べたように各種のものがあるがその中から転炉により製造された純鉄を用いた。その化学組成を Table 1 に示す。

Table 1. Chemical composition of pure iron (%).

C	Si	Mn	P	S
0.015	0.006	0.02	0.008	0.013

Table 2. Chemical composition of Ca and Mg.

element	%	Remarks
Calcium	>99.9	electrolytic calcium
Magnesium	>99.9	metallic magnesium

脱酸剤として用いた Ca および Mg を Table 2 に示す。

純鉄の溶解量は 15kg とし、脱酸剤の添加量は Ca, Mg いずれの場合もそれぞれ 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0 % とした。溶解は溶解量 30kg, 到達真空度 1×10^{-3} mmHg の真空高周波電気炉によりマグネシアるつぼ中で行なった。溶浴後 $5 \sim 20 \times 10^{-3}$ mmHg 下で 10min 真空処理を行なった後、脱酸剤を炉内で添加し、添加後 2min 保持してから前報⁴⁾ で述べたような定盤の上に純鉄の板を敷いた鑄型に注入した。真空処理, 脱酸剤添加, 注入時の温度はいずれも $1590 \sim 1610^\circ\text{C}$ とした。

2.1 脱酸剤添加

2.1.1 Ca の場合

真空炉内において Ca を溶湯表面に添加すると、2~5sec 後にはげしく吹上げるので、添加する Ca の大きさを整え、分割添加をして一度に多量添加しないよう注意しなくてはならない。Ca の大きさは 5mm ϕ 程度が適当であり、10mm ϕ 程度になると一端が溶けているのみで未反応のまま炉外に飛散するものが生ずる。一方細かするごと小規模な吹上げによつても炉外に飛散し、また添加時に飛散して一部は溶湯表面に達しない。

Ca 添加による炉内真空度変化の一例を Fig. 1 に示す。Ca 添加により紫色の蒸気を生じ、炉内真空度は 1×10^{-1} mmHg 程度となるが炭素を添加した場合に比して真空度の回復ははやく 3~5sec でほぼもとにもどる。

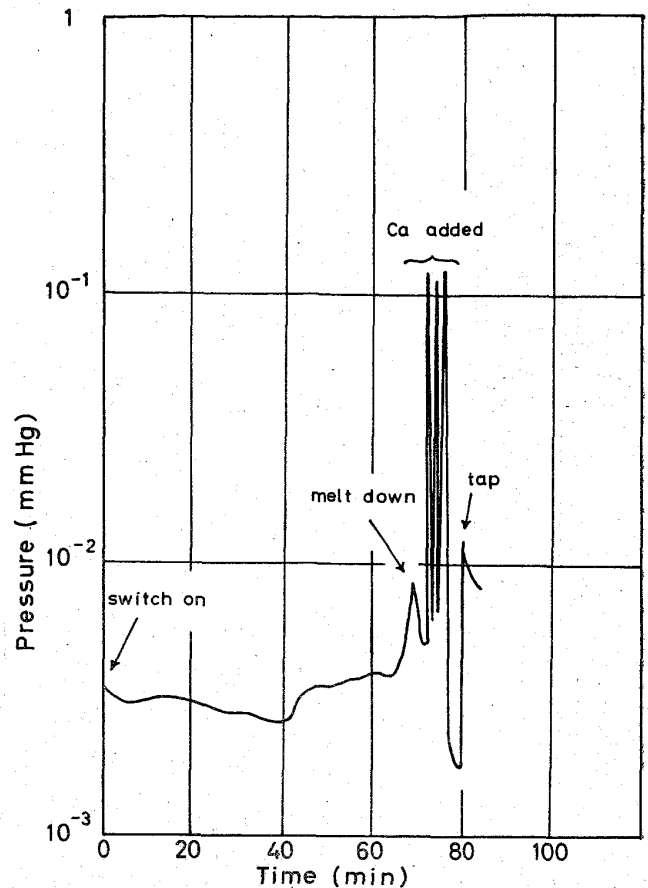


Fig. 1. Effect of calcium on the pressure of furnace chamber.

図に示したように吹上げを防ぐため分割添加を行なった。5mm ϕ 程度にして分割添加をすれば吹上げても湯面上を飛びまわる程度で炉外にでるほどではなかつた。Ca の添加量の多い Ca 0.5, 1.0% 添加の場合は Fig. 1 に示したように添加後の真空度が添加前の真空度よりもかなり上つている。この現象は Mg については見られなかつた。また C, Al, Si, Mn, V, Ti, Zn などの脱酸剤では Ca 脱酸より酸素量が下つていた場合でも添加後真空度が著しく上ることはなかつた²⁾。この原因は不明であるが Ca にはガスを吸着する性質があるのではないかと考えられる。

2.1.2 Mg の場合

Mg 添加による吹上げは Ca の場合よりもさらにはげしく、Mg の形状、添加量にはいつその注意を必要とした。すなわち Mg を添加すると 2~3sec 後に吹上げがおこり溶湯面ははげしく動揺し、吹きこぼれる。添加する金属 Mg は Ca の場合と同様 5mm ϕ 程度としたが Ca の場合より大きさを揃え、また分割添加の回数を増して少量ずつ添加するようにした。しかし吹上げがはげしいので完全に吹きこぼれを防止することは困難で添加方法を変えなければ Mg の添加は真空中においても損失が大きく、反応が不十分である。Fig. 2 に Mg 添加による炉内真空度変化の一例を示す。Mg を添加すると 5×10^{-1} mmHg 程度にまで真空度が下る。添加後の真空度は Ca の場合のように上らず添加前の真空度よりやや

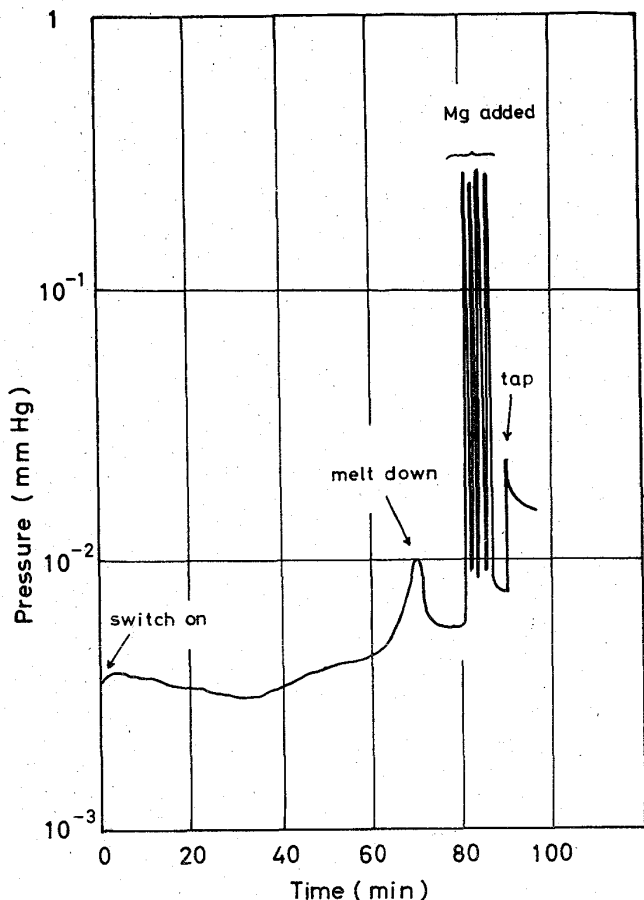


Fig. 2. Effect of magnesium on the pressure of furnace chamber.

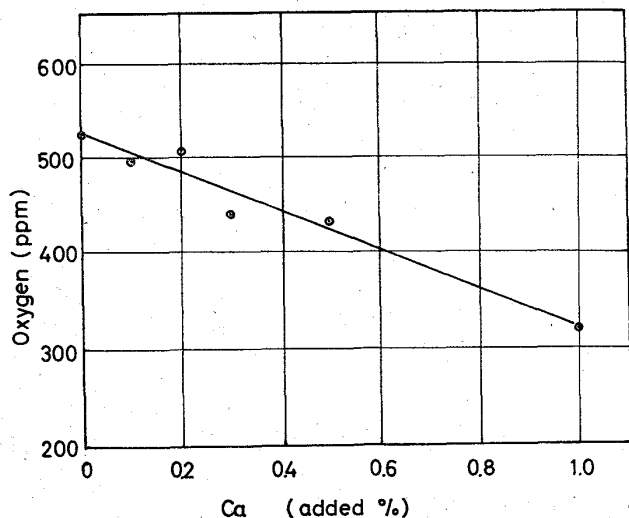


Fig. 3. Relation between calcium and oxygen in vacuum melted pure iron.

低くなる。これは吹上げにより湯面より上のつぼの内壁を加熱する結果、そこからガスが出るのではないかと考えられる。

2.2 脱酸効果

真空中で Ca および Mg により脱酸した純鉄インゴットを上から約 1/4 の処で切断し、その面で外周より約 1/3 中心に入った位置より試料を採取した。これについ

て脱酸剤元素および酸素の分析を行なつて脱酸効果を調べた。

2.2.1 Ca

Ca の添加量と酸素量の関係を Fig. 3 に示す。Ca は真空中で添加しても歩留は非常に低く、いずれも $Ca < 0.01\%$ で定量的に分析できない程度であつた。その理由として次のことが考えられる。

- i) Ca の鉄に対する溶解度が著しく小である。
- ii) Ca の沸騰点は添加時の溶鉄の温度約 $1600^{\circ}C$ よりもはるかに低く、しかも真空中のため蒸発しやすい。
- iii) 表面添加であり添加法に歩留を大にするための特別な配慮がなされていない。

iv) 鑄鉄に添加する場合に比して純鉄では温度が高くしかも添加後 2min 保持しているため蒸発しやすい。

Fig. 3 の酸素量は同一添加量の Al, Si, Mn, Ti¹⁵⁾ などの脱酸の場合に比して高い値となつている。これは Ca と酸素の affinity からみて脱酸力が弱いということではなく溶鉄と十分反応せずに蒸発したためと考えられる。

2.2.2 Mg

Mg の場合も歩留は低く、微量で定量的に分析はできなかった。いずれも $Mg < 0.01\%$ で定量分析はできなかったが Table 3 に分光分析の結果を示す。これは定量的なものではないが数値が大なるほど Mg 量が大なることを示す。歩留の低い原因としては Ca の場合と同様のことが考えられるが沸騰点がさらに低いことと未反応のまま炉外に飛散したものが一部あつたことが Ca の場

Table 3. Spectroscopic analyses for Mg in pure iron (Intensity ratio Fe/Mg)

Mg added %	Intensity ratio Fe/Mg
0.1	0.505
0.2	0.527
0.3	0.597
0.5	0.588
1.0	0.623

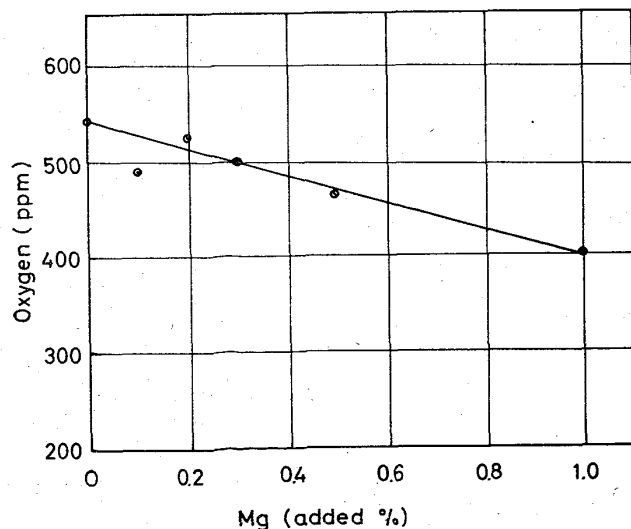
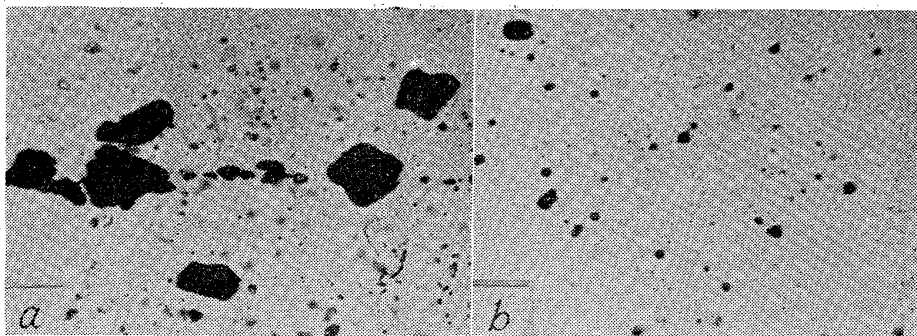


Fig. 4. Relation between magnesium and oxygen in vacuum melted pure iron.

合と異なる。脱酸効果は Fig. 4 に示すが Ca の場合よりさらに低くなっている。脱酸効果の小なる理由としては Ca の場合と同様であるがこれに加うるに一部未反応のまま飛散したことも考えられる。

以上のように Ca および Mg は歩留がきわめて低く、脱酸効果も十分ではなかつた。このような蒸発しやうい脱酸剤で脱酸効果をあげるには普通の表面添加によらず添加法を工夫すべきであろう。また一方このように歩留が低いことを利用すれば酸素量を下げ、脱酸



(×400, forged 1/10) (4/5)

Photo. 1. Typical nonmetallic inclusions in a) vacuum calcium deoxidized pure iron, b) vacuum magnesium deoxidized pure iron.

Table 4. Cleanliness of vacuum Ca, Mg deoxidized pure iron (%) JIS.

element	added %	d A _{400×60}	d B _{400×60}	d C _{400×60}
Ca	0.1	0.017	0.000	0.810
	0.2	0.000	0.000	0.713
	0.3	0.000	0.000	0.675
	0.5	0.000	0.000	0.689
	1.0	0.000	0.000	0.701
Mg	0.1	0.000	0.000	0.804
	0.2	0.000	0.000	0.783
	0.3	0.000	0.000	0.533
	0.5	0.000	0.000	0.600
	1.0	0.000	0.000	0.708

文 献

- 1) 草川, 大谷: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 504
- 2) 草川, 大谷: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1812
- 3) 草川, 大谷: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 555
- 4) 草川, 大谷: 鉄と鋼, 50 (1964), p. 1815
- 5) 草川, 大谷: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1472

(199) 鉄に対するウランの硬化作用

東北大学金属材料研究所

工博 今井勇之進・工博○増本 健
八幡製鉄, 技術開発部 阿 部 興 紀

Hardening Effect of Uranium for Iron.

Dr. Yunoshin IMAI, Dr. Tsuyoshi MASUMOTO
and Kōki ABE.

1. 結 言

U は化学的に活性であるとともに比重が大で、しかも原子半径がきわめて大きいことから、近年鋼に対して清浄化作用、固溶体硬化作用、あるいは化合物の析出硬化作用などを期待してU鋼の研究が進められた。しかし従来の鉄鋼材料におよぼすUの効果に関する多くの研究によると、Uの添加による著しい有益な効果はほとんど認められておらず、とくに期待された炭素鋼や低合金鋼においては余りよい結果は得られていない。著者らが行なつた低炭素鋼、中炭素鋼、低合金鋼の結晶粒度、清浄度、変態点、焼入-焼戻硬さ、組織におよぼすUの効果の研究でも、鋼へのUの添加は結晶粒度をやや微細化する効果を示すが、熱処理特性にはほとんど影響せず、また清浄度ではむしろ悪化するなどの結果をえた¹⁾。

しかしUの特殊な性質から鉄への合金元素の一つとして考えた場合の基礎的機能は学問的に興味深いものがある。すなわち極低炭素鋼の場合には焼入温度を高くすれば、固溶Uの効果およびFe₂U化合物の析出硬化による強さの上昇を期待しえる。そこで本報では試料をとくに極低炭素鋼にのみ限つてU添加による急冷した過飽和固溶体の硬化の程度およびその後の焼戻による析出硬化の程度を調べ、Uのごとき原子半径の大きい元素と他の元素との作用の比較を試みた。

剤元素を鉄中にほとんど残さない脱酸の可能性もあると考えられる。

2.3 非金属介在物

分析試料を採取した残りの試料を 30mm φ に鍛造し(鍛造比約 1/10) JIS 法に基いて非金属介在物の検査を行なつた。その結果を Table 4 に示す。また Ca および Mg 脱酸の代表的介在物の一例を Photo. 1 に示す。Ca, Mg いずれの場合も非金属介在物は添加量を増すことによりやや減少するが Ti 脱酸のような顕著な減少はみられない²⁾。また Photo. 1 に示すように Ca 脱酸による非金属介在物はやや大型であり、Mg の場合は細く分散する傾向がある。

3. 結 言

1. Ca, Mg を真空中で純鉄に添加すると吹上げをおこすので粒度をそろえ、分割添加して一度に多量添加せぬようにしなくてはならない。Mg の場合は吹上げがはげしく普通の表面添加では炉外への飛散を防止することは困難である。

2. Ca, Mg の普通の表面添加による真空中の脱酸で、脱酸効果は小であつたがほとんど純鉄中に脱酸剤元素を残さずに脱酸することができた。同一添加量について比較すると Ca の方が Mg より脱酸効果が大である。

3. Ca を真空中で純鉄に添加すると炉内真空度は添加前に比して著しく上る。

4. Ca, Mg を真空中で純鉄に表面添加しても非金属介在物はほとんど減少しない。