

Table 1. Comparison of sand mark between DH treated and non-treated casehardening steel.

	Number of heat	Number of specimen (sampled from each size of billet)	Billet size (mm)	Mean sand mark		
				I step	II step	III step
DH treated	7	13	44~100 φ	1.1-1.4-(1.5)	1.3-1.3-(1)	1.7-1.7-(1)
Non-treated	9	20	34~100 φ	1.4-1.9-(1.7)	2.8-5.2-(2.5)	3.0-5.0-(1.7)

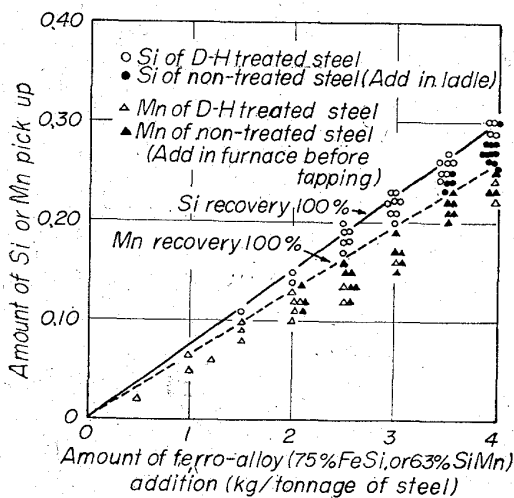
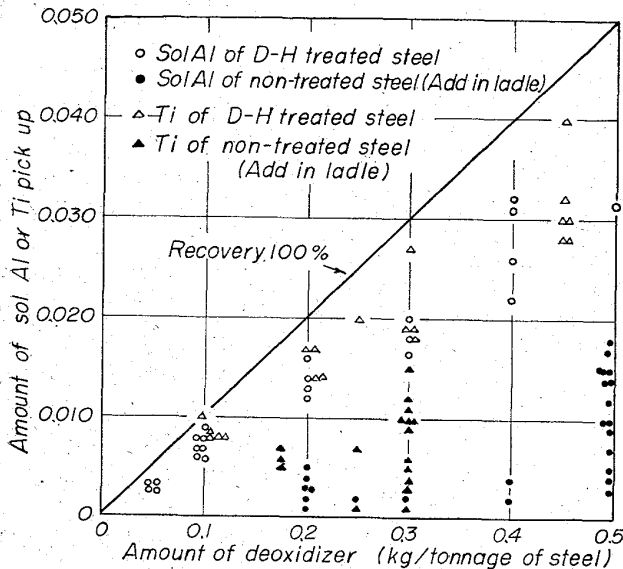


Fig. 4. Comparison of adding alloy recovery between D-H treated and non-treated steel.

Mn 1.0~1.5% の場合は 0.06~0.08% 減少することが認められた。

Al, Ti の添加歩留りは通常の場合 10~40% に対し, DH 処理をすることにより 60~80% に向上する。

このように合金添加歩留りが向上し, しかもそのばらつきが少なくなることによつてきわめて狭い範囲に成分を調整することができる。すなわち, C は $\pm 0.02\%$, Si は $\pm 0.04\%$, Mn は $\pm 0.05\%$ の範囲に適中させることができ, Sol Al の調整も容易になつた。

4.3 成品品質

4.3.1 非金属介在物

DH 処理鋼は酸素の減少および脱酸剤添加歩留りの向上により酸化介在物の含有量を減少させることができる。

一例として Cr-Mo 肌焼鋼の JIS 3 段削り法による地疵成績を Table 1 に示す。表から明らかのように DH 処理により地疵成績が著しく向上することが認められた。

4.3.2 超音波試験成績

10 t ~ 50 t 鋼塊から造つた大型クランク軸, 船舶軸類および鍛鋼ロールなどの超音波試験の結果は良好な成績であつた。

5. 結 言

当所における DH 設備, 操業方法の概要および DH 脱ガス処理による効果について述べた。

DH 脱ガス処理による効果を要約すれば次のとおりである。

(1) DH 脱ガス法は脱水素に効果があり, DH 処理鋼の熱取扱いはポフマー法と同様に簡略化することができる。

(2) DH 脱ガス法は脱酸素に著しい効果がありポフマー法より優れている。そのため酸化介在物は減少し, 成品の地疵成績を向上させることができる。

(3) 脱ガス中に成分の微量調整ができることおよび合金添加歩留りが安定することにより, 狭い成分範囲に適中させることができる。

(88) DH 真空脱ガス法における脱ガス反応におよぼす処理条件の影響

住友金属工業, 製鋼所 工博牛 島 清 人
住友金属工業, 中央技術研究所

○池田 隆 果

Effect of Vacuum Treating Conditions of DH Process on Degassing Reaction.

Dr. Kiyoto USHIJIMA and Takami IKEDA.

1. 緒 言

DH 処理の主要な目的は溶鋼の脱ガスであり, 未脱酸の溶鋼を真空処理することにより, 主として酸素, 水素などの鋼中に含有されているガスを除去した後, 合金添加を行なつて所要成分の溶鋼を得ようとするものである。

実際操業においてはできるだけ短時間に有効な脱ガス処理を行なう必要があり, このためには脱ガス反応と処理条件の関係を明らかにしなければならない。

本報では主として中、高炭素鋼の処理時の脱ガス反応におよぼす真空槽昇降時のストローク、昇降速度、停止時間などの処理条件の影響および脱ガス過程と処理条件との関係について試験した結果を報告する。

2. 試験方法

溶解は 80 t 塩基性電気炉により行なつた。精錬法は目的により single slag 精錬または double slag 精錬を行なつた。

取鍋は 80 t および 40 t 容量の 2 種類を使用した。

DH 処理の操業条件については、一部のものについてストローク、昇降速度、上下限の停止時間を脱ガス処理中に変化させておのおのの影響を試験したが、大部分は同一取鍋についてはほぼ一定の条件で処理した。

脱ガス反応におよぼす処理条件の影響を試験するために、処理時の真空槽の位置、真空槽への溶鋼吸上量および真空槽の真空度の各変化をおのおの記録させた。

3. 脱ガス反応におよぼす処理条件の影響

効果的な脱ガスを行なうための最も重要な処理条件は真空槽昇降に際してのストローク、昇降速度、上下限での停止時間などであると考え、これらの 3 つの因子の影響について試験を行なつた。いずれも中炭素鋼または低合金鋼の 80 t 取鍋処理の場合である。

3.1 ストロークの影響

昇降速度および停止時間を一定に保ち、脱ガス中にストロークの下限を短縮した場合の真空度の変化を Fig. 1 に示す。吸上時溶鋼量の減少により圧力は低くなり、1 回当りの脱ガス量が少なくなつた。

同様にストロークの上限を短縮して排出時の溶鋼量を増加させた場合にも、Fig. 2 に示すごとく脱ガス量は少なくなつた。

これらの結果から、有効な脱ガスを行なうためにはス

トロークはできるかぎり大きくとり、吸上時と排出時の溶鋼量の差 (1 回当りの処理鋼量) を大きくすべきであることがわかつた。

3.2 昇降速度の影響

ストロークおよび停止時間を一定に保ち、脱ガス中に昇降速度を変化させた場合の真空度の変化を Fig. 3 に示す。昇降速度の減少により 1 回当りの脱ガス量は低下することがわかる。すなわち昇降速度が速いほど脱ガス効果は良好である。この理由は真空槽内の溶鋼の攪拌効果が脱ガス反応に影響しているためと考えられる。

3.3 停止時間の影響

ストローク、昇降速度を一定に保ち、脱ガス中に真空

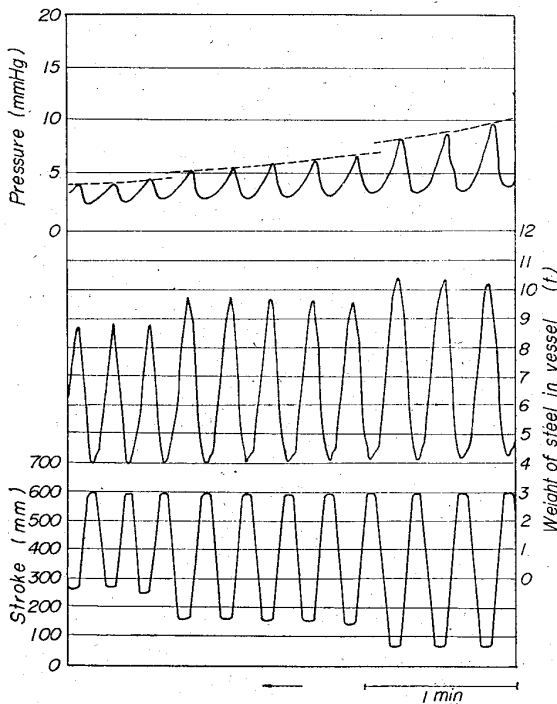


Fig. 1. Effect of changing lower limit of stroke on degassing reaction.

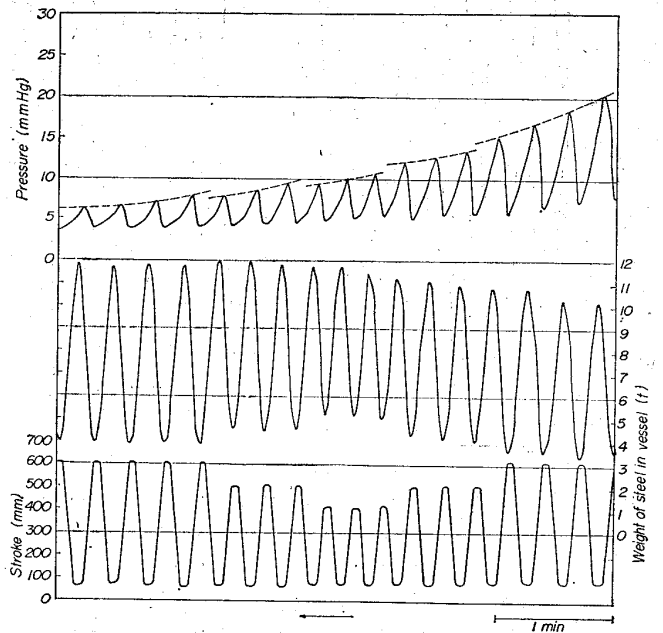


Fig. 2. Effect of changing upper limit of stroke on degassing reaction.

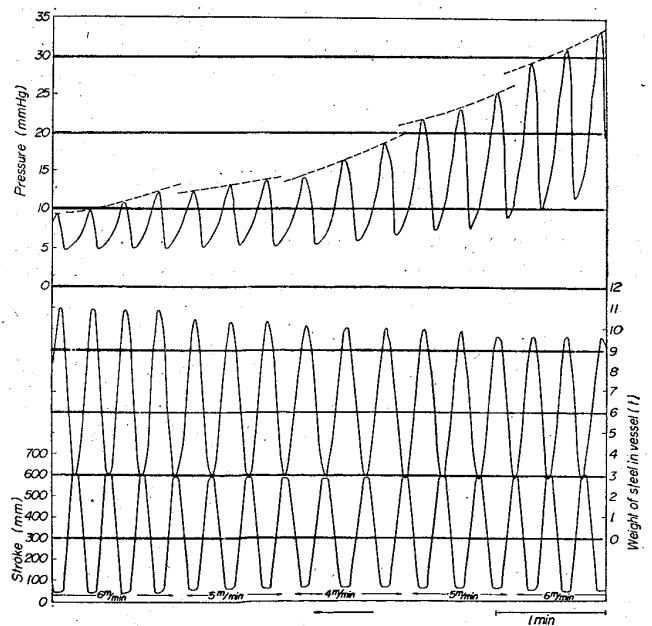


Fig. 3. Effect of changing speed of vessel on degassing reaction.

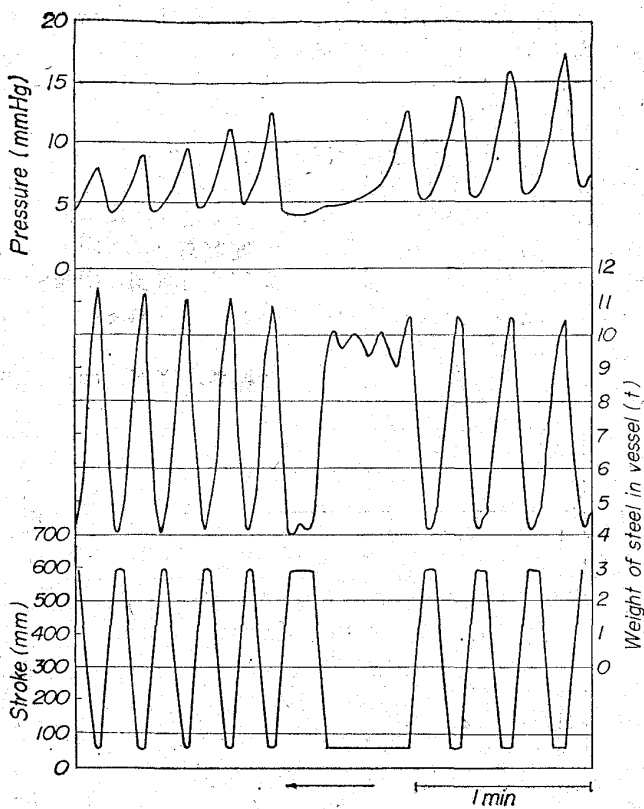


Fig. 4. Effect of keeping time of vessel on degassing reaction.

槽を下限で停止させて溶鋼を吸上げた状態で保持した結果、Fig. 4 に示すごとく脱ガスには効果がないことがわかった。また溶鋼を排出した状態で保持しても脱ガスに効果のないことは明らかである。

これらの結果から、停止時間は真空槽の運動と溶鋼の動きの時間的遅れを補なうに十分な必要最小限にすべきであることがわかる。

以上のことから有効な脱ガス処理を行なうための条件としては、真空槽、吸上管、取鍋などの諸元によつて制約される範囲内において、ストロークおよび昇降速度はできるだけ大きくし、停止時間は必要最小限にすべきであるといえる。

4. 脱ガス過程と処理条件との関係

処理中の脱ガス反応の進行状況は真空度の変化によつて推測できるものであり、真空度を目安として脱ガス処理および合金添加を行ない得れば操業が容易になると考えた。次に脱ガス反応の進行過程と処理条件との関係について考察した結果を述べる。

脱ガス速度はスチームエゼクターの排気性能により真空度から知ることができる。そこで処理条件が真空度変化の特性におよぼす影響を試験し、その結果により処理中の脱ガス過程を考察した。真空槽の昇降速度はすべて一定に保つた。

4.1 スチームエゼクターの排気性能

スチームエゼクターの排気性能曲線は 1~20mmHg の範囲について

$$[\text{抽気量 (kg-dry air)}] = 50 [\text{真空度 (mmHg)}] \dots\dots\dots (1)$$

で表わされる一次式で近似でき、これにより脱ガス中の真空度は脱ガス量にほぼ比例するとみなしてよいこととする。

4.2 真空度曲線の変化特性

脱ガス中の真空度曲線の山を結ぶ曲線が指数関数に類似していることは経験的に知ることができる。一方平衡論的に考えると、処理中の真空度を一定とし、吸上管内の溶鋼を無視し、取鍋内の溶鋼の混合が完全に行なわれると仮定した場合

$$[\text{O}\%]_n - [\text{O}\%]_e = ([\text{O}\%]_0 - [\text{O}\%]_e)(1-w)^n \dots\dots\dots (2)$$

なる関係で取鍋内溶鋼の酸素が稀釈されるべきであることが知られている。ここで $[\text{O}\%]_0$, $[\text{O}\%]_n$ はおのおの処理前、 n サイクル後の酸素量、 $[\text{O}\%]_e$ は真空槽内での平衡酸素量、 w は 1 回当り処理鋼量の全溶鋼量に対する割合である。(2) 式より脱ガス反応には w の値が重要な影響をおよぼすことがわかる。

実際操業の場合にも真空度曲線の変化の仕方と w との間に関係のあることが推測できる。そこで (1) 式の関係を利用して Al などの強脱酸剤添加後の圧力 (ソーク圧力) を基準とした真空度曲線の変化について試験した結果

$$p_{\text{max}_n} = p_{\text{max}_i} e^{-\lambda(n-i)} \dots\dots\dots (3)$$

なる関係が成立つことがわかつた。ここで p_{max_i} , p_{max_n} はおのおの i , n サイクル目の真空度の山 (mmHg)、 λ は減衰の定数である。(2) 式の $(1-w)^n$ なる項の近似値が e^{-wn} であることから考えて λ と w はかなり近い値になることが推測できる。 λ と 10 サイクル目の w との関係調べた結果を Fig. 5 に示す。 w として 10 サイクル目を選んだ理由は脱ガス初期には w が徐々に増加する傾向があるが、10 サイクル目頃からはかなり安定してくるためである。Fig. 5 ではかなりのバラツキはあるが

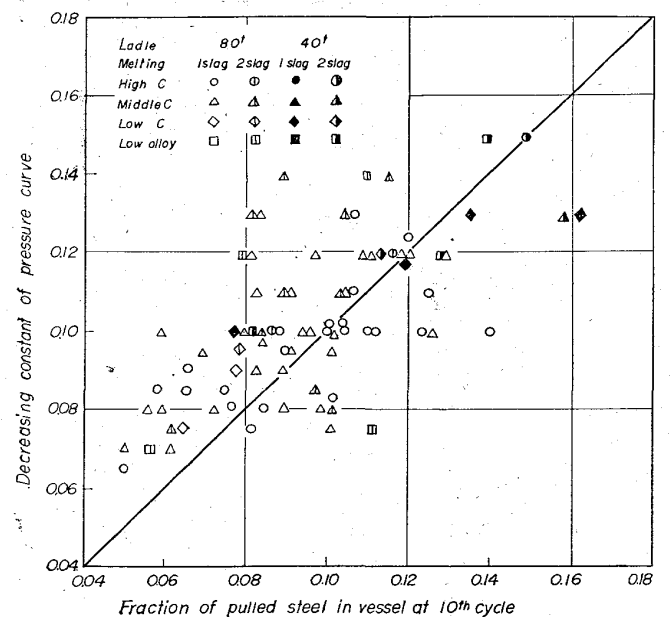


Fig. 5. Relation between fraction of pulled steel in vessel and decreasing constant of pressure curve.

$$\lambda \approx w \dots \dots \dots (4)$$

と近似することにする。またこの関係は取鍋容量、鋼種、精錬法によつて影響されない。(3), (4) 式より (5) 式がもとまる。

$$p_{\max n} = p_{\max i} e^{-w(n-i)} \dots \dots \dots (5)$$

次に 10 サイクル目の真空度曲線の山とそのサイクルにおける平均圧力 (\bar{p}) との関係はいずれもリーク圧力を差引いて求めた結果

$$\bar{p} = 0.55 p_{\max} \dots \dots \dots (6)$$

なる関係で表示できた。この式はサイクル数とは無関係に使用してもよからう。

これらの結果から脱ガスは指数関数的に進行し、1 回当りの吸上量が多いほど、鋼中含有ガスの減少が速やかであることがわかる。

4.3 処理時の脱ガス量と残留酸素量

中炭素鋼処理時の排ガスを分析した結果の 1 例を示すと、容量%で CO 85.5%, H₂ 6.6%, N₂ 6.6%, O₂ 1.3% であつた。H₂, N₂ については後で考慮することとし、ここではとりあえずリークを除いた排ガスの組成を CO 100% と仮定し、また CO と空気はモル数が近い (1) 式の関係は CO についても成立つと考えることとする。

全溶鋼量を $W(t)$ とし、1 サイクルの周期を $T(s)$ とすると、(1), (5) および (6) 式より処理時の脱酸量として次式が得られる。

$$\begin{aligned} [\text{O}\%]_n &= [\text{O}\%]_i - (50/60^2) (16/28) \\ &\quad \times (100/1000W) T \sum_{i+1}^n (0.55 p_{\max i}) \\ &\approx [\text{O}\%]_i - (4.4 \times 10^{-4} / W) T \\ &\quad \times p_{\max i} \int_i^n e^{-w(n-i)} dn \\ &= [\text{O}\%]_i - (4.4 \times 10^{-4} / Ww) T \\ &\quad \times p_{\max i} (1 - e^{-w(n-i)}) \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

また脱酸剤添加前の真空度を基としてその変化の規則性を延長することにより、キルド鋼の残留酸素量を求めることができる。(7) 式において n が無限大の時、 $[\text{O}\%]_n$ は $[\text{O}\%]_e$ になるべきであるから次式が求まる。

$$[\text{O}\%]_n = (4.4 \times 10^{-4} / Ww) T \times p_{\max n} + [\text{O}\%]_e \dots \dots \dots (8)$$

この関係は低炭素鋼の脱酸度の調整にも利用できるであろう。ただし $[\text{O}\%]_e$ については分析値を基として各鋼種について推定しなければならない。また前述したように排ガス組成による補正についても考慮しなければならないと考えられる。

処理時の脱炭量は (7) 式からも容易に求まるが、 i サイクル目で分析試料をとり、 j サイクル目の 20mmHg 以下の範囲で真空度を測定して n サイクル目までの脱炭量を知るためには次式によるほうが便利であろう。

$$[\text{C}\%]_n = [\text{C}\%]_i - (3.3 \times 10^{-4} / Ww) T \times p_{\max j} (e^{w(j-i)} - e^{-w(n-j)}) \dots \dots (9)$$

この式についても同様に排ガス組成による補正を行なわねばならない。

以上述べたように処理時の真空度の変化によつて処理中の脱ガス量、残留酸素量などを推定する 1 つの方法が

求まつた。今後誤差について検討し、種々の補正を行なつて実際操業への適用を計つて行きたい。

5. 結 言

DH 処理時の脱ガス反応におよぼす処理条件の影響を試験し、次の点を明らかにした。

- (1) 有効な脱ガス処理を行なうためには真空槽昇降時のストローク、昇降速度はできるだけ大きくし、停止時間は必要最小限にすべきである。
- (2) 脱ガスは指数関数的に進行し、1 回当りの吸上量が多いほど鋼中含有ガスの減少は速やかである。
- (3) 真空度曲線の変化から処理時の脱ガス量、残留酸素量および脱酸度を推定する一つの方法が得られた。今後実際操業への適用を計つて行きたい。

(89) 1%C, 1¹/₂%Cr 軸受鋼の DH 真空脱ガス処理について

八幡製鉄, 八幡製造所

○松田 亀松・大場 健二

阿部 春夫・木庭 昌輝

〃 技術研究所 平居 正純

〃 光製鉄所 岡本 一生

Application of DH Vacuum Degassing to the 1%C, 1¹/₂% Cr Bearing Steel at The Yawata Iron and Steel Works.

Kamematsu MATSUDA, Kenji ŌBA,

Haruo ABE, Masateru KOBA,

Masazumi Hirai and Kazuo OKAMOTO.

1. 結 言

軸受鋼の寿命に影響する要因としては、鋼の精錬方法、化学成分、非金属介在物、含有ガス、熱間加工度および熱処理後の顕微鏡組織などが考えられ、寿命値そのものは寿命試験方法によつても異なつた結果が得られるとされているが、これらの要因のうちで非金属介在物の性状がより大きな影響をもつと考えられている。非金属介在物の性状を改善する手段として真空処理が目されるようになり、真空溶解された鋼の長寿命が報告され、最近ではまた大量の溶鋼の処理に適した真空脱ガス法が軸受鋼に適用されるようになって、この面でも多くの研究結果が報告された^{2)~4)}。

八幡製造所ではすでに DH 真空処理による大量生産鋼の諸性質を改善しており、さきに報告⁵⁾したように極厚ボイラープレートなどに DH 処理効果が大きいことを見出している。

DH 処理は脱水素、脱酸などの真空処理効果が大きいことはもちろんであるが、真空処理に伴う温度降下は少なく、造塊工程を乱さないなどの利点のほか真空処理中に合金成分を任意の時期に任意の順序でしかも多量に添加できるので狭い範囲に成分を調整できるばかりでなく、非金属介在物の性状を変化させることも可能である。

DH 処理の軸受鋼におよぼす効果を確かめるため 60 t 塩基性電気炉で精錬した溶鋼に DH 処理を施し、各種の