
転炉・RH 脱ガスの組合せによる高品質鍛造用素材の製造

Producing High Quality Forging Ingots by LD-RH Process

永井 潤(Jun Nagai) 大西 正之(Masayuki Onishi) 山本 武美(Takemi Yamamoto)
難波 明彦(Akihiko Nanba) 橘 林三(Rinso Tachibana) 小島 信司(Shinji Kojima)

要旨：

当社水島製鉄所においては、不純物元素の少ない転炉溶鋼を精錬機能の高い 100t-LRF に供給する、転炉・LRF プロセスにより、高品質の鍛鋼品を製造してきた。一方、最新の製鋼技術、すなわち転炉における 2 回吹錬法による極低磷鋼製造技術、RH 脱ガスの環流量増大による (O)、(H) の低減技術。さらに、偏析の少ない大型中空鋼塊の製造技術等の組合せにより、転炉-RH 脱ガスプロセスでも、最大単重 320t までの高品質鋼塊の製造を可能とした。

Synopsis：

High quality steel forgings have so far been produced at Mizushima Works from hot metal low in impurity contents via LD-LRF process excellent in refining function. Modification of the process is successfully attempted here to further upgrading and sealing up the forgings. The modification consists of converting LRF to RH, and involves better dephosphorization by double tapping blowing in LD, improved removal of oxygen and hydrogen by intensifying melt circulation in RH, and decreased solute segregation by teeming thus refined melt into hollow ingots of up to 320t.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

永井 潤* 大西 正之** 山本 武美** 難波 明彦** 橘 林三*** 小島 信司****

Producing High Quality Forging Ingots by LD-RH Process

Jun Nagai, Masayuki Onishi, Takemi Yamamoto, Akihiko Nanba, Rinso Tachibana, Shinji Kojima

要旨

当社水島製鉄所においては、不純物元素の少ない転炉溶鋼を精錬機能の高い100 t-LRFに供給する、転炉-LRFプロセスにより、高品質の鍛鋼品を製造してきた。一方、最新の製鋼技術、すなわち転炉における2回吹錬法による極低磷鋼製造技術、RH脱ガスの環流量増大による〔O〕、〔H〕の低減技術、さらに、偏析の少ない大型中空鋼塊の製造技術等の組合せにより、転炉-RH脱ガスプロセスでも、最大単重320 tまでの高品質鋼塊の製造を可能とした。

Synopsis:

High quality steel forgings have so far been produced at Mizushima Works from hot metal low in impurity contents via LD-LRF process excellent in refining function. Modification of the process is successfully attempted here to further upgrading and sealing up the forgings. The modification consists of converting LRF to RH, and involves better dephosphorization by double tapping blowing in LD, improved removal of oxygen and hydrogen by intensifying melt circulation in RH, and decreased solute segregation by teeming thus refined melt into hollow ingots of up to 320 t.

1. 緒 言

品質のすぐれた鍛鋼品を製造するためには、鑄込まれる溶鋼が清浄であり、かつ鋼塊が健全であることが必要である。当社水島製鉄所においては、不純物元素の著しく少ない転炉溶鋼を、低周波誘導攪拌による脱ガス機能と、電弧加熱機能を持った100 t、取鍋精錬炉(ASEA-SKF製 LRF: Ladle Refining Furnace)に供給する転炉-LRFプロセスにより高品質の鍛鋼品を製造してきた¹⁻³⁾。しかし、近年の絶え間ない技術革新にともない、鍛鋼品に対してもより高度の品質、より大型の製品単重が要請されてきた。当所では、最新の転炉精錬技術、RH環流式脱ガス処理技術⁴⁻⁵⁾、および中空鋼塊の製造技術⁶⁻¹³⁾を含む大型鋼塊の製造技術を組合せて、転炉-RH脱ガスプロセスによる清浄性の高い、単重320 tまでの鋼塊の量産体制を確立した。

2. 高品質鍛造用鋼塊の製造プロセス

当所における高品質鍛造用鋼塊の製造プロセスのフローをFig. 1に示す。

高炉からの溶鉄を0.003%以下まで脱硫した後転炉に装入し、1次吹錬を行う。この目的は、脱磷に有利な低温吹錬を行って、次の2次吹錬におけるいっそうの脱磷を容易にし、かつ出鋼後の復磷を最少限に抑えるためである。この1次吹錬により、溶鉄磷は、約0.020%に低減される。

転炉2次吹錬は、脱炭、脱磷、昇温を目的として行う。吹錬終了後、取鍋に出鋼する際に成分調整を行うが、最終調整は、真空脱ガス処理時に行う。これらのプロセスを経て、溶鋼中の磷は0.003~0.005%になる。

LRFとRH脱ガスの選択は、鋼塊重量および合金添加量によって決定する。極低硫鋼([S]≤0.001%)が要求される場合は、フラックスインジェクション処理を行う。精錬した溶鋼は

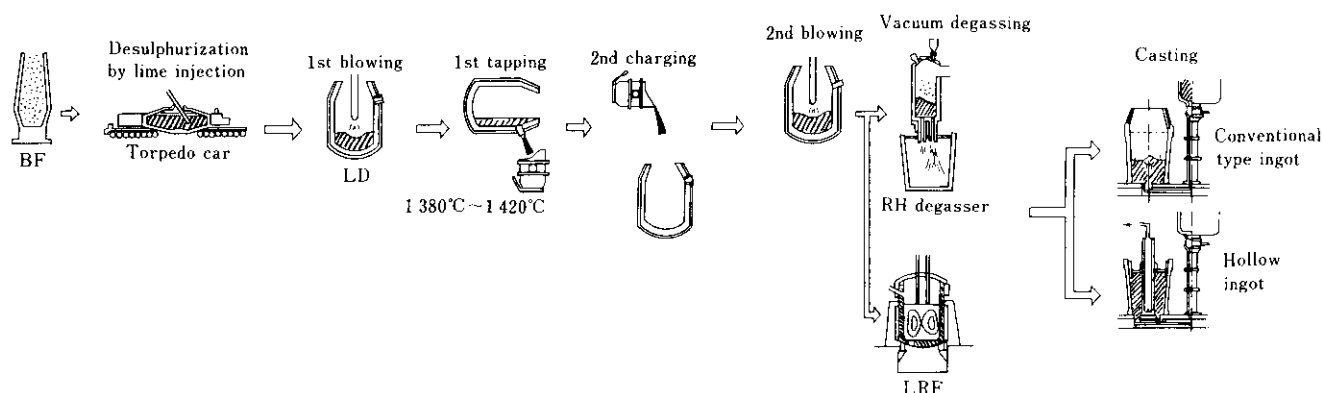


Fig. 1 Manufacturing process of high quality forging ingots

* 水島製鉄所製鋼部部長

*** 水島製鉄所製鋼部第1製鋼課掛長

(昭和58年2月14日原稿受付)

** 水島製鉄所製鋼部製鋼技術室主査(課長)

**** 水島製鉄所企画部設計室主査(課長)

用途に応じて菊型鍛造用鋼塊、または中空鋼塊に無酸化下注造塊法で鍛造する。

上述の製造プロセスの特徴を要約すれば次のとおりである。

- (1) 精錬用主原料は、高炉溶銑のみであるため、スクラップを使用する電気炉鋼に比較してCu, Co, As, Sb, Sn等の不純物元素が少ない。
- (2) 転炉は炉内冶金反応制御システムによる全自動吹錬法¹⁴⁻¹⁶⁾により操作するため、成分、温度の制御精度が著しく高く、品質が安定する。
- (3) LRF, RHともに真空処理により、溶鋼中の酸素、水素は十分低い値まで除かれる。
- (4) 無酸化下注造塊法により、非金属介在物が少なく、かつ表面の美麗な鋼塊が得られる。
- (5) 中空鋼塊の場合は、凝固完了時間が短いので偏析、ザクの少ない内質の健全な鋼塊が得られる。

3. 高炉溶銑使用による優位性

原子力压力容器用鋼材等の高級鋼の製造には、不純物元素の混入を防止するため、スクラップを全く使用せず、溶銑のみを原料とする転炉操作を行う。

Fig. 2に示すように、当所の溶銑は不純物元素含有量がきわめて少ない。この溶銑のみで精錬した製品中の不純物元素は、Table 1に示すように、電気炉鋼に比べて、いずれも低い値になっている。したがって、各種の機械的性質や中性子照射損傷に対して、転炉鋼は、電気炉鋼に較べ非常に有利である。

4. 極低磷鋼の製造技術

転炉・RH脱ガスプロセスにおいては、転炉出鋼後は溶鋼の加熱機能が無いため転炉出鋼時の溶鋼温度を1700℃程度に上げておく必要があり、高合金鋼であれば、さらに合金鉄添加量の増加に見合う出鋼温度の上昇をはからなければならない。すなわち、脱磷に不利な高温での出鋼をよきなくされている。

通常の1回吹錬法における溶鋼中の磷濃度[P]の吹止時の値[P]_fを推定すると次のようになる。

まず、スラグ中の磷濃度、(P)_sは、次式で表わされる。

$$(\%P) = \frac{\frac{[P]_i}{100} \times 1000 - \frac{[P]_f}{100} \times 1000}{W_{slag}} \times 100 \quad \text{.....(1)}$$

[P]_i: 初期P濃度 (%)

[P]_f: 吹上P濃度 (%)

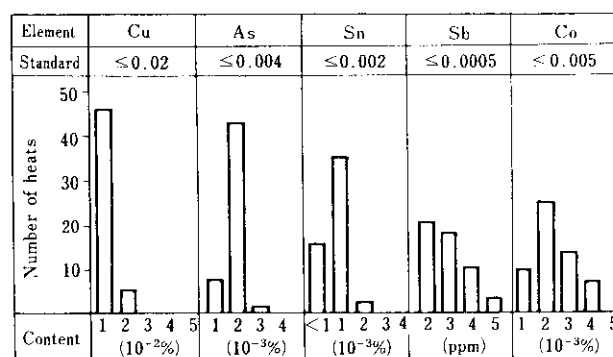


Fig. 2 Tramp element contents in pig iron at Mizushima Works

W_{slag} : スラグ重量 (kg/t)

したがって、

$$\frac{(\%P)}{(\%P)} = \frac{1000([P]_i - [P]_f)}{[P]_f \cdot W_{slag}} \quad \text{.....(2)}$$

となり、磷の分配比を表わす Healy の式¹⁷⁾

$$\log \frac{(\%P)}{(\%P)} = \frac{22350}{T} - 16.0 + 2.5 \log (\%T.FeO) + 0.08 (\%CaO) \quad \text{.....(3)}$$

に(2)式を代入して、 W_{slag} , ($\%CaO$), ($\%T.FeO$)を設定すれば、Fig. 3を得る。

すなわち、現状の溶銑[P]0.100~0.130%では、1700℃以上の吹止温度では[P]_fを0.005%以下にすることは困難である。したがって、何らかの溶銑予備処理が必要となり、極低磷鋼を溶製する方法として、2回吹錬法を試み、次の結果を得た。

1次吹錬における脱磷率は、Fig. 4に示すように、脱珪以外に

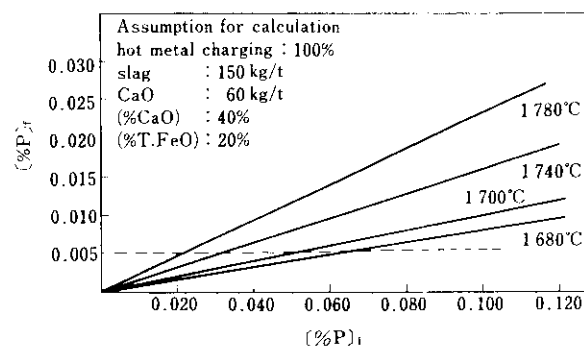


Fig. 3 Calculated influence of blow end temperature on the relationship between [P]_i in hot metal and [P]_f at blow end

Table 1 Comparison of tramp element contents in nuclear pressure vessel material between BOF and EF steels

Refining equip.	Part of vessel	Cu	Co	V	Sn	Sb	As
Basic oxygen furnace	Top head flange	0.01	0.005	0.003	0.001	0.0003	0.002
	Bottom head dome	0.01	0.005	0.005	<0.001	0.0003	0.001
	Shell ring	0.01	0.005	0.003	<0.001	0.0003	0.002
	Shell ring	0.01	0.004	0.003	0.001	0.0004	0.001
Electric furnace	Shell ring	0.03	0.014	0.005	0.001	0.0007	0.003
	Shell ring	0.06	0.009	<0.01	—	—	—
	Shell ring	0.04	0.020	0.01	0.005	0.0026	0.004
	Forging plate	0.07	0.010	0.01	—	—	—
	Forging plate	0.05	0.03	<0.01	0.004	0.0025	0.004
	Forging plate	0.02	—	0.005	<0.003	0.0012	0.003

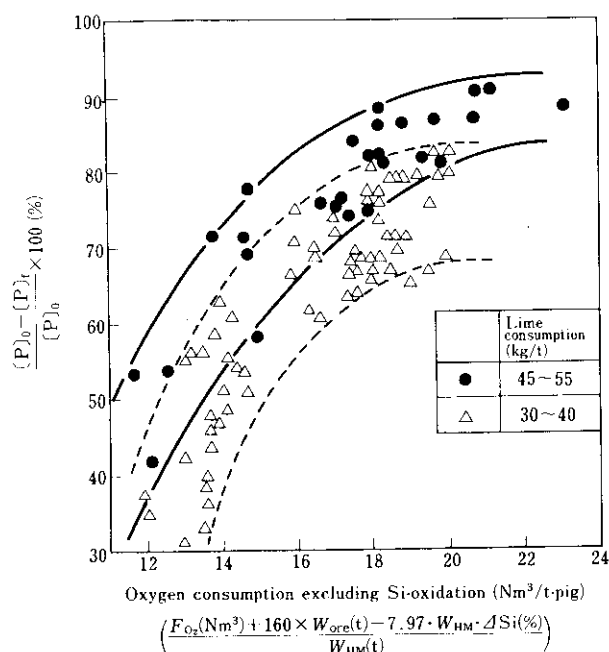


Fig. 4 Relationship between oxygen consumption and dephosphorization ratio at first blow end in double tapping method

使用した酸素原単位（以下脱珪外酸素原単位と呼ぶ）でよく整理される。すなわち、脱珪外酸素原単位が増加すると脱磷率は上昇するが、18 Nm³/t-pigを超えるとその上昇率は鈍る。

C 濃度、[C]、と脱珪外酸素原単位との関係を Fig. 5 に示す。18 Nm³/t-pig の時の最小の[C]、は3.0%となり、この溶銑を装入して得られる2次吹錬の終了温度は転炉-RH脱ガスパロセスに必要な1700℃程度が確保できる。以上より、2回吹錬法における脱珪外酸素原単位は18 Nm³/t-pigと求められた。

1次吹錬仕様の重要因子である吹錬終了温度は、[C]3%の液

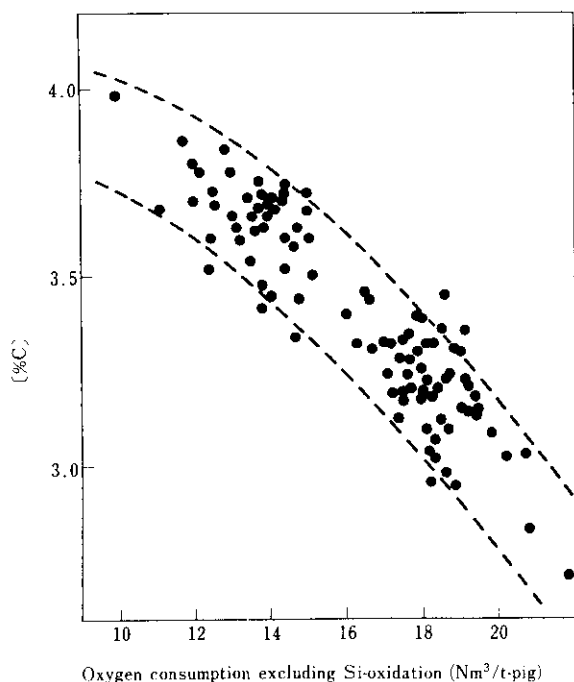


Fig. 5 Relationship between oxygen consumption and carbon content at first blow end

相線温度(1290℃)と、1次吹錬終了から2次吹錬装入までの温度降下量の実績値、および生石灰の溶融スラグ化が十分行われる温度を勘案して、1400±20℃とした。

この1次吹錬における[P]₁を、磷バランスおよび、スラグ塩基度と磷分配比の関係から推定すると、次のようになる。

磷バランスから、まず(4)式を得る。

$$[P]_0 \cdot W_{HM} = [P]_{f1} \cdot W_{M1} + [P]_{f1} \cdot W_{slag-1} \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで、[P]₀：装入溶銑中 [P] (10⁻³%)

[P]₁₁：1次吹錬吹止 [P] (10⁻³%)

[P]₁₁：1次吹錬吹止 [P] (10⁻³%)

W_{HM}：溶銑量 (t)

W_{M1}：1次吹錬出鋼量 (t)

W_{slag-1}：1次吹錬スラグ量 (t)

Fig. 6 の1次吹錬吹止スラグ塩基度、B_{obs-1} = (% CaO) / (% SiO₂)、と磷分配比の関係から直線回帰式を求めると、(5)式を得る。

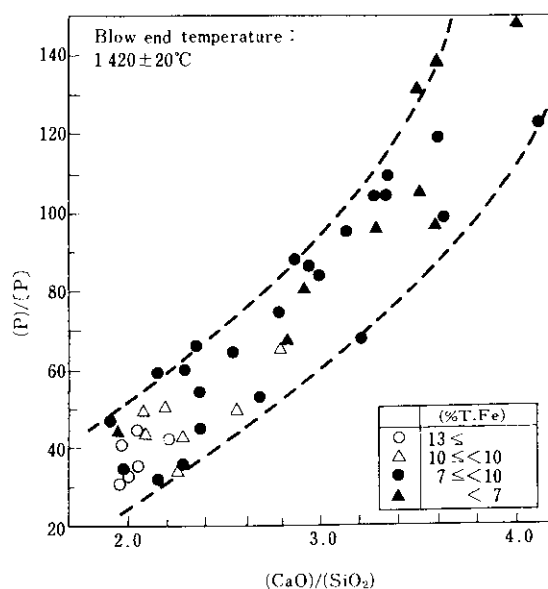


Fig. 6 Relationship between observed basicity and phosphorus distribution ratio at first blow end

$$\frac{[P]_{f1}}{[P]_{f1}} = 50 \cdot B_{obs-1} - 75 \quad \dots\dots\dots(5)$$

(4), (5)式から、

$$[P]_{f1} = \frac{W_{HM} \cdot [P]_0}{(50 \cdot B_{obs-1} - 75) \cdot W_{slag-1} + W_{M1}} \quad \dots\dots\dots(6)$$

1次吹錬の製出鋼歩留を97%とし、Fig. 7 に示す(% CaO) / (% SiO₂) と(% CaO)の関係、およびCaOバランスから求めたスラグ量をそれぞれ次式で表す。

$$W_{M1} = 0.97 W_{HM} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$(\% \text{ CaO}) = 10 \cdot B_{obs-1} + 20 \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$W_{slag-1} = \frac{W_{lime} \times 0.98}{(\% \text{ CaO})} \times 100 \quad \dots\dots\dots(9)$$

W_{lime}：1次吹錬生石灰使用量 (t)

(7)~(9)式を(6)式に代入して

$$[P]_{f1} = \frac{W_{HM} \cdot [P]_0}{(50 \cdot B_{obs-1} - 75) \cdot \frac{W_{lime} \times 0.98}{10 B_{obs-1} + 20} \times 100 + 0.97 W_{HM}} \quad \dots\dots\dots(10)$$

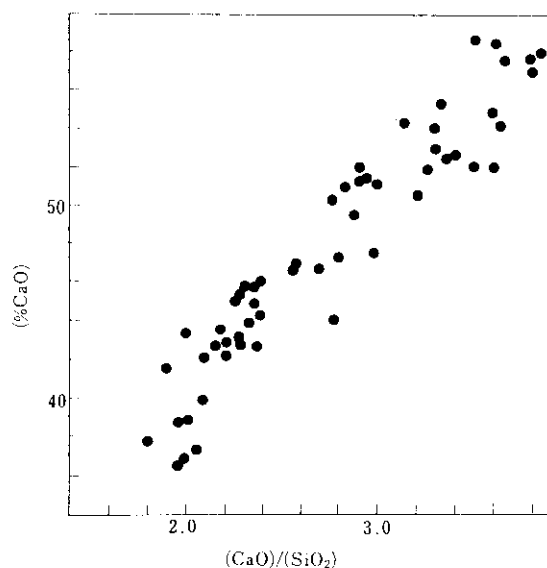


Fig. 7 Relationship between observed basicity and (%CaO) at first blow end

$W_{HM}=200$ (t), $W_{lime}=7$ (t) とし, (10)式から求めた計算値と実績値を比較して, Fig.8 に示す。実績値は計算値に近い領域に分布しており, $[P]_1$ は(10)式によってよく整理できる。

このような1次吹錬により, $[P]_1$ はほぼ0.020%となり, 2次吹錬により Fig. 9 に示す0.002~0.003%の $[P]_2$ が得られる。このような2回吹錬法で製造した2¼Cr-1Mo 压力容器用鋼材の燐含有量は, Fig. 10 に示すとおりで, $[P]_2$ に対し, 取鍋内での復燐, 添加合金鉄中の燐によるピックアップはあるが0.005%以下の値を安定して得ている。

以上のように, 転炉-RH 脱ガスプロセスによっても極低燐鋼の製造が可能となった。現在の水島製鉄所における極低燐鋼製造プロセスは, Fig. 11に示すとおりである。すなわち, $[Cr] \geq 2.5\%$ の高Cr鋼については, 脱燐に有利な低温出鋼の転炉溶鋼を溶鋼加熱機能のあるLRFへ供給する, 転炉-LRFプロセスを選択できる。一方 $[Cr] < 2.5\%$ の合金鋼については, 従来の転炉-LRFプロセスから, 転炉2回吹錬-RH 脱ガスプロセスに切替

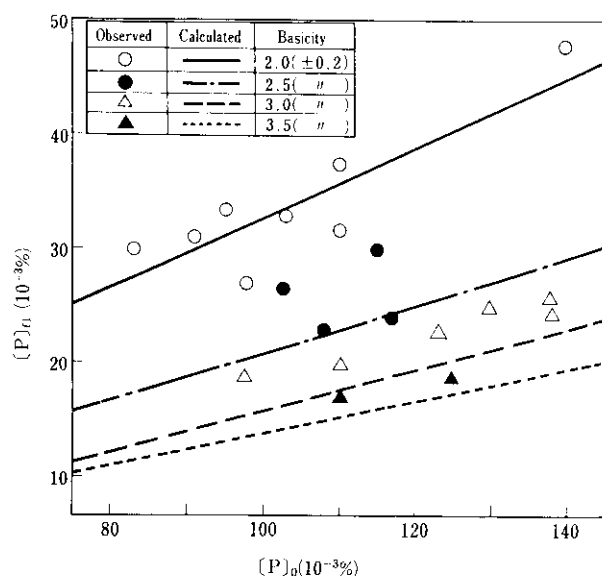


Fig. 8 Comparison of actual vs. calculated phosphorus contents at first blow end

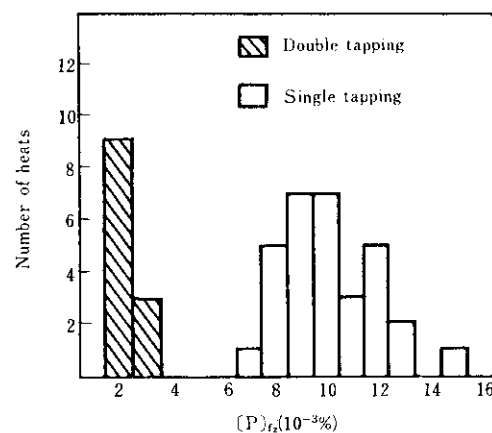


Fig. 9 Comparison of $[P]$ performance at blow end temperature of 1700°C

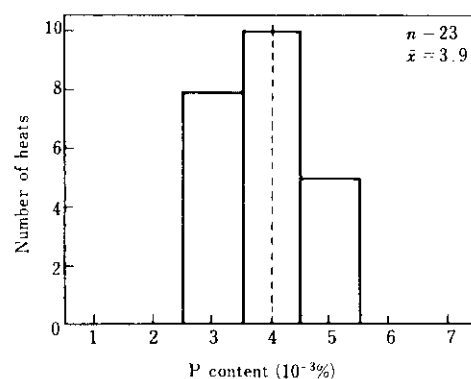


Fig. 10 Phosphorus content in pressure vessel materials

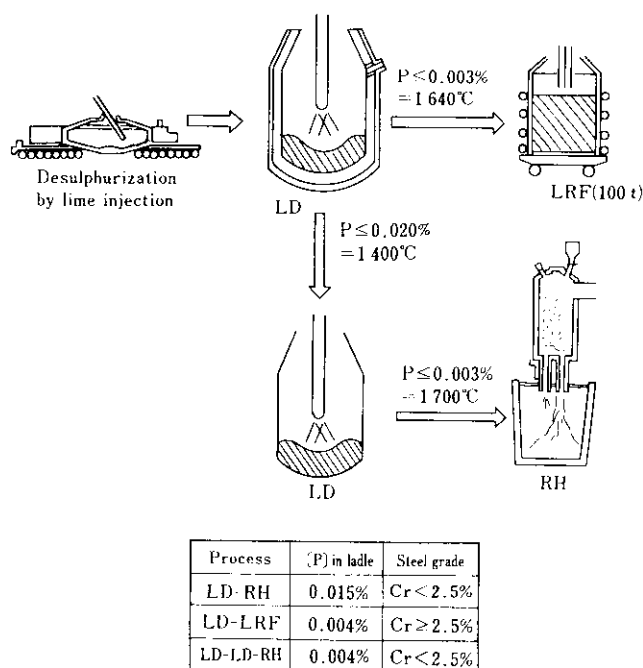


Fig. 11 Manufacturing process of ultra low phosphorus steel

えることができる。この結果より大きなヒートサイズの鋼塊製造が可能となった。

5. 極低硫鋼の製造技術

水島製鉄所における脱硫処理は、混鉄車内での石灰系脱硫剤のインジェクション法によって行う。この脱硫プロセスで得られた、一般圧力容器用鋼の製品硫黄分析値を、Fig. 12 に示す。

これは、Fig. 13 に示すように、RH 脱ガス処理中に、上昇管下部に脱硫フラックスをインジェクションするものである。Fig. 14 に RH 脱硫フラックスインジェクション処理における、処理前後の [S] の変化を示すが、脱硫フラックス 15 kg/t の添加により [S] 10 ppm 以下を得ることができる。

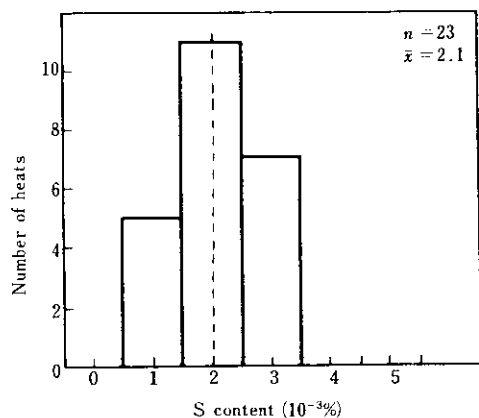


Fig. 12 Sulphur content in pressure vessel materials

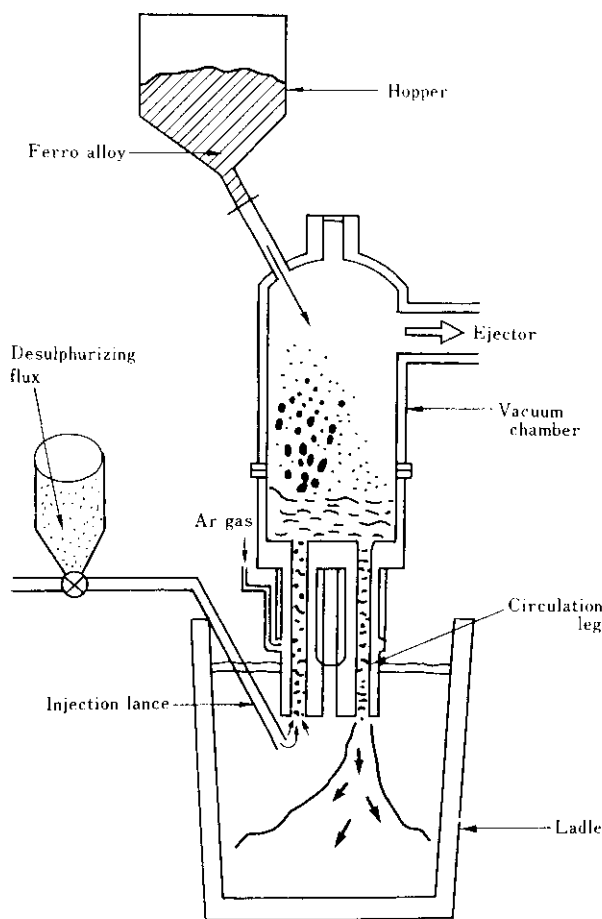


Fig. 13 Schema of desulphurization by flux injection into RH vessel

6. 低酸素、低水素鋼の製造技術

転炉から出鋼した溶鋼は、脱酸、脱水素および溶鋼温度と成分の調整のため脱ガス処理を行う。RH 脱ガス装置においては、環流管径の拡大、環流用 Ar ガスの大量吹込み技術等の開発により、溶鋼の真空槽内環流量を増大させ、脱ガス処理中の脱酸、脱水素能を向上させた⁵⁾。

Fig. 15 に、環流ガス流量、環流管径と環流量の関係を示す。従来の環流量 50 t/min に対し、改善後は 90 t/min まで増大している。この結果、脱酸速度は大きくなり、Fig. 16 に示すように、環流量 90 t/min では 25 分間の脱ガス処理により、20 ppm 以下に到達する。また、水素についても Fig. 17 に示すとおり、環流量増大により、30 分間の処理で 0.6~1.0 ppm が得られる。これらの脱酸、脱水素能は LRF¹⁻³⁾ における値とはほぼ同等であり、どちらの脱ガスプロセスを選んでも、溶鋼の清浄度、水素含有量は、同一レベルの優れた値が得られる。

7. 大型中空鋼塊の製造技術

通常の菊型大型鋼塊の製造方法は、上注造塊法から徐々に下注造塊法に切替え、より清浄な鋼塊を製造する技術として確立して来た¹⁰⁾。一方、円筒状鍛鋼品は、菊型鋼塊を据込み後、中心をプレス穿孔して製作していたが、鍛造歩留りとともに、品質も優れた中空鋼塊の製造技術を確立した⁶⁻¹³⁾。その造塊法の概念を Fig. 18 に示す。鋳型内にあらかじめ中子を設置しておき、

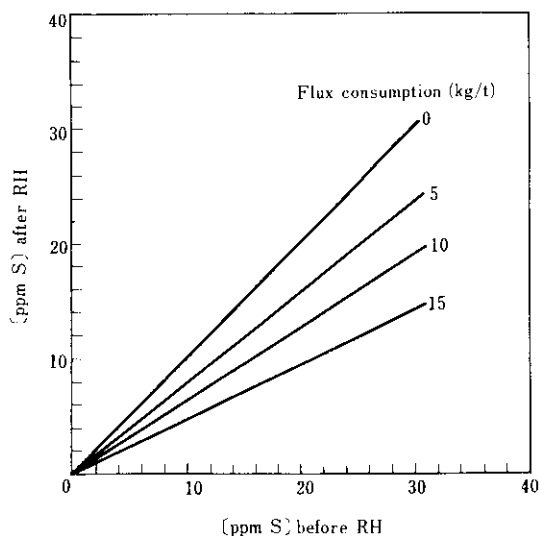


Fig. 14 Change of sulphur content in molten steel by flux injection into RH vessel

これに溶鋼を無酸化下注造塊法で鋳込む。中子はパイプ-耐火物-パイプの 3 重構造となっており、その内側を強制空冷する。通常の鋼塊と異なり、鋼塊の内側からも凝固が進行するので健全な内部性状が得られる。

一般に鋼塊内の偏析は凝固時間が短いほど軽微である。通常菊型鋼塊と中空鋼塊の凝固時間の比較を Table 2 に示すが、中

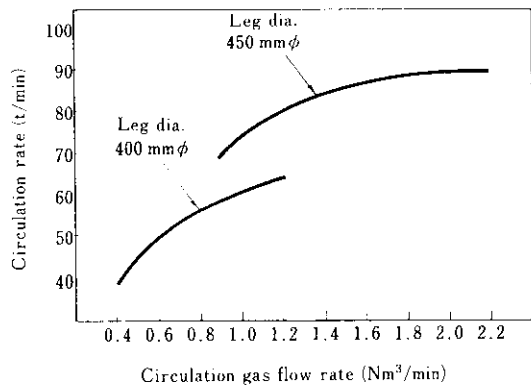


Fig. 15 Influence of gas flow rate and leg diameter on circulation rate of molten steel

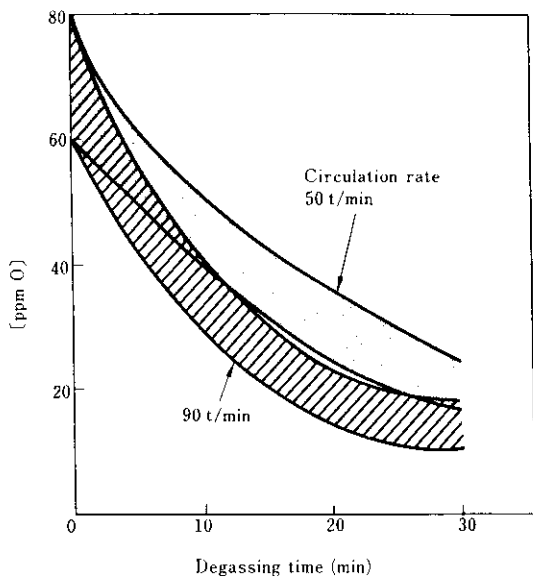


Fig. 16 Change of total oxygen content during RH degassing

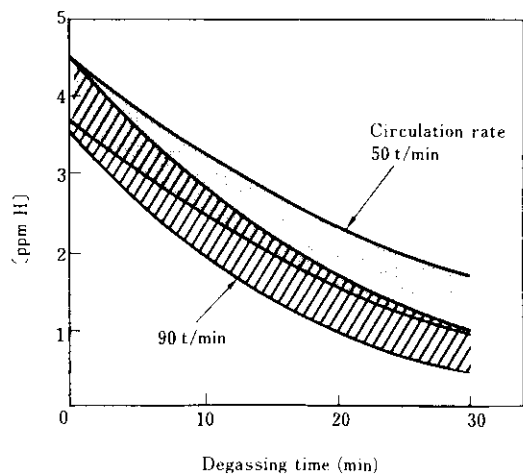


Fig. 17 Change of hydrogen content during RH degassing

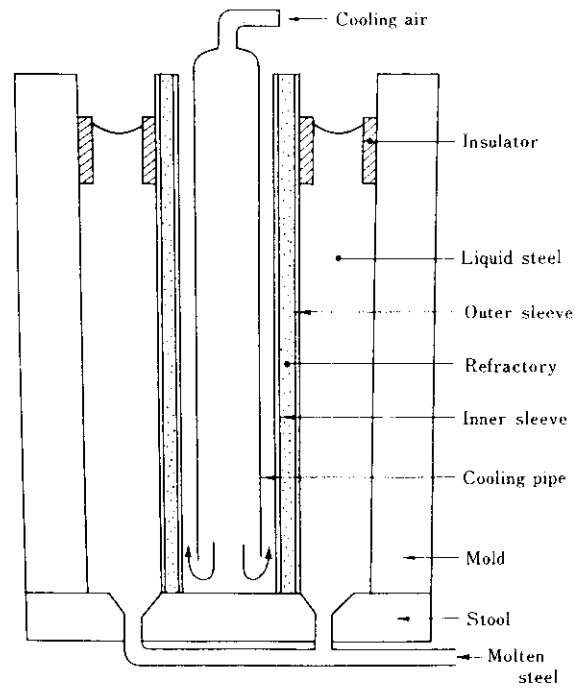


Fig. 18 Schema of hollow ingot casting assembly

Table 2 Comparison of solidification time between conventional ingot and hollow ingot

Ingot weight (t)	Solidification time (h)	
	Conventional	Hollow
15	7	3
35	10	3.5
50	12	6
70	14	8
110	23	10
140	30	17
200	37	23

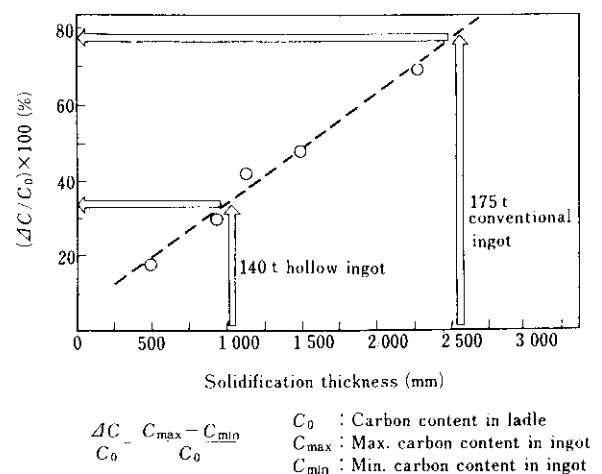


Fig. 19 Relationship between solidification thickness of low alloy steel ingot and carbon segregation ratio

空鋼塊は、内外両側から凝固が進行するので、同一重量の通常菊型鋼塊にくらべて凝固時間が40～60%と短い。したがって中空鋼塊では偏析が著しく少なくなる。Fig. 19は、低合金鋼鋼塊

の凝固部の厚みと炭素偏析率の関係をComonら¹⁸⁾が求めたもので、これによると、例えば175 t通常菊型鋼塊の炭素偏析率78%に対し、同じ大きさの製品の製造に必要なとされる140 t中空鋼塊の炭素偏析率は33%と、著しく低いことがわかる。また、鋼塊内部のザクは偏析部に対応するため、ザクに関しても、中空

鋼塊が通常菊型鋼塊にくらべ有利である。さらに、内面側にも健全な初期凝固層が形成されることは、円筒状製品の内面の健全性を確保する上で、大きな利点となる。Fig. 20に、通常菊型鋼塊と中空鋼塊の偏析線と、リング状製品採取位置の模式図を示す。通常菊型鋼塊の場合は鋼塊中心部を打抜くため、内表面にV偏析、または逆V偏析線が出現し、表面欠陥となりやすい。一方、中空鋼塊の場合は、前述のとおり、内外面とも健全な初期凝固層を形成しており、製品の内外面性状の健全性が保証される。

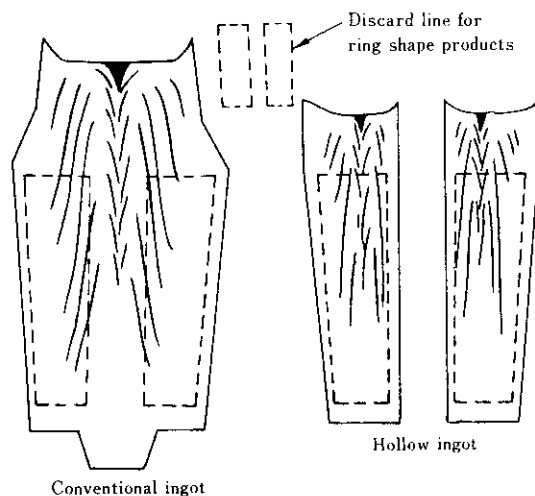


Fig. 20 Schema of segregation lines in ingots and discard lines for ring shape products

8. 転炉-RH脱ガスプロセスによる大型中空鋼塊の品質

前項までに述べた転炉-RH脱ガス-大型中空鋼塊製造プロセスにより、原子力压力容器用鍛鋼品としてP.W.R 1300 MWeクラスR.P.V.のシェルリング（以下Mn-Ni-Mo鋼シェルリングと呼ぶ）、および化工機向け鍛鋼品として2¼Cr-1Mo鋼シェルリング（以下Cr-Mo鋼シェルリングと呼ぶ）を製造し、各種の確性試験を行った¹³⁾。主要成分の製品分析結果をFig. 21とFig. 22に示すが、各部位における偏析はきわめて小さく中空鋼塊の特色がでている。清浄度は若干のA系介在物が観察される程度で、いずれの部位も0.04%以下になっており清浄性が高い。その他の確性試験結果については、既報¹³⁾で詳述しているため、省略するが、総合的に本製造プロセスの優秀性が確認された。

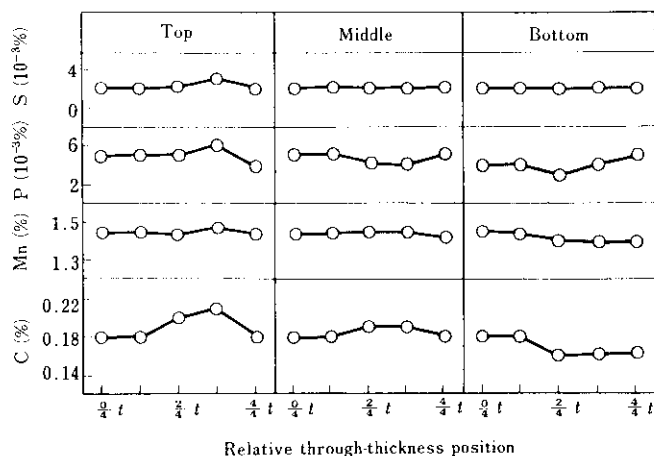


Fig. 21 Distribution of chemical composition in a shell ring of Mn-Ni-Mo steel

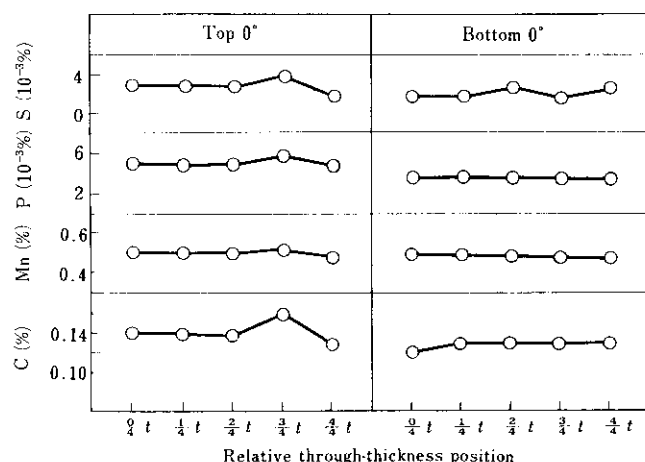


Fig. 22 Distribution of chemical composition in a shell ring of Cr-Mo steel

9. 結 言

最新の転炉精錬技術、RH脱ガス技術および大型鋼塊造塊技術を組合せることにより、従来、転炉-LRFプロセスにより製造されていた高品質鍛造用鋼塊が、転炉-RH脱ガスプロセスによっても製造可能となった。この製造プロセスの適用によりヒートサイズが大幅に拡大され、これに対応した大型中空鋼塊製造設備とリング鍛造用4400tプレスの新設により、原子力压力容器用をはじめとする大型高品質鍛鋼品の大量供給体制が確立した。

参 考 文 献

- 1) 大井浩, 松野淳一: 「鍛造用大型鋼塊の内部性状」, 川崎製鉄技報, 4 (1972) 4, 17
- 2) 江本寛治, 山本武美ら: 「取鋼精錬炉における高級鋼の溶製について」, 鉄と鋼, 63 (1977) 13, 101
- 3) 飯田義治, 守脇広治ら: 「取鋼精錬炉における極低水素鋼の溶製について」, 鉄と鋼, 65 (1979) 4, S188
- 4) 飯田義治, 山本武美ら: 「上吹転炉・RH環流式真空脱ガス組合せによる大型鍛造用鋼塊の製造」, 鉄と鋼, 64 (1978) 11, S679
- 5) 住田則夫, 斎藤健志ら: 「RH脱ガス装置の溶鋼循環流量測定」, 鉄と鋼, 66 (1980) 4, S130
- 6) 飯田義治, 山本武美ら: 「中空鋼塊用中子の構造」, 鉄と鋼, 64 (1978) 11, S679
- 7) 飯田義治, 山本武美ら: 「中空鋼塊の性状」, 鉄と鋼, 64 (1978) 11, S680
- 8) 和田榮堂, 宮田克彦ら: 「中空鋼塊鍛造材の性状」, 鉄と鋼, 64 (1978) 11, S681
- 9) 小沢三千晴, 岡野忍ら: 「中空鋼塊の凝固と偏析」, 鉄と鋼, 64 (1978) 11, S682
- 10) 朝生一夫, 和中宏樹ら: 「LD-RHプロセスにより製造された大型中空鋼塊の性状」, 鉄と鋼, 65 (1979) 4, S137

- 11) 飯田義治, 山本武美ら:「大型鍛造用中空鋼塊の開発」, 鉄と鋼, 66 (1980) 2, 211
- 12) 飯田義治, 山本武美ら:「鍛造用大型鋼塊の製造方法と内部性状」, 川崎製鉄技報, 12 (1980) 1, 27
- 13) 高田政記, 和中宏樹ら:「4 400 t プレスの概要と大径シェルリングの製造」川崎製鉄技報, 14 (1982) 4, 20
- 14) 江本寛治, 難波明彦ら:「サブランスによる転炉吹錬終点制御」, 鉄と鋼, 63 (1977) 11, A83
- 15) 飯田義治, 江本寛治ら:「純酸素上吹転炉における自動吹錬技術の開発」, 鉄と鋼, 65 (1979) 4, S203
- 16) 飯田義治, 江本寛治ら:「ランス振動測定による造滓検知技術」, 鉄と鋼, 65 (1979) 4, S204
- 17) G.W.Healy:「A new look at phosphorus distribution」 J.I. S.I., 208 (1970) 7, 172
- 18) J.Comon, J.Delorme & P.Bastien:「Investigation of the influence of impurities and alloying elements on segregation」 The 6th International Forgemasters Meeting (1972)