

管 用 大 型 鋼 塊 の 製 造*

玉本 茂**・植村卓郎**・梨和 甫**

Manufacturing of Large Ingot for Pipe

Shigeru TAMAMOTO, Takuro UEMURA, and Hajime NASHIWA

1. 緒 言

最近の鋼管の需要分野は従来からの油井用、油送用、一般配管用などに加え、石油化学プラント用、火力、原子力発電用などにも拡大しており、多岐にわたっている。さらに、その使用条件も極低温下での強度、靱性を要求されるもの、高温下での強度が要求されるもの、耐腐食性が要求されるものなど、ますます厳しくなっているのが現状である。

また、上記の用途、使用条件に応じて製管方法もそれぞれ変わってくるが、ここではそれらのうちで、圧延鋼材を使用して製管される鋼管について、その素材となる鋼塊の製造上の諸問題について述べる。

2. 各種鋼管の製管法と用途

Table 1 に代表的な製管方式により製造される鋼管の種類と用途および特記点を示す。この中で、丸鋼片から直接、鋼管に圧延される継目無鋼管と一般には厚板を成形溶接して製管する大径のサブマージドアーク溶接鋼管には、その用途と要求される特性値とを満足させるためキルド鋼が主として使用されている。

また、鍛接鋼管には、加工性、製管性の観点より、リムド鋼が主として適用される。

一方、電気抵抗溶接鋼管の場合には、要求される強度用途などとの関連で、リムド鋼、セミキルド鋼、キルド鋼が適宜選択されて使用される。

しかし、いずれの場合においても、鋼管に適用される鋼塊という意味で特別な配慮がなされなければならない、以下にその主な特徴点を述べる。

3. 継目無鋼管用鋼塊の製造

継目無鋼管は Table 1 に示すように、分塊工程で製造されたピレットがそのまま製管素材として使用されるため、鋼塊段階における表面および軸心部がともに成品の表面となる特徴を有している。

また、継目無鋼管の製管法はその代表例としてマンネ

スマン方式で示されるように、苛酷な加工をうけるので表面性状および内質の健全性、均一性が特に要求される。さらに、加工性の悪いステンレス鋼などの場合には、用途上、高品質を要求されるため、鋼塊重量を 4 t 前後に制約しているが、普通鋼などの場合には、約 6~11 t までの鋼塊単重のものが一般的に用いられ、設備条件、生産性などを考慮して、極力大型に移行しつつあるのが現状である。

3.1 偏析

継目無鋼管は上述したように、鋼塊軸心部が穿孔によつて成品の内表面となるため、疵発生の防止、強度の均一性確保の観点から、鋼塊は偏析の少ないものが要求され、キルド鋼が使用されている。

一方、鋼塊の製造上の容易さ、生産性の問題からは鋼塊は一般に大単重の正錐（下広）のものが望ましいわけであるが、この場合にはセカンダリーキャビティの発生とそれに伴う鋼塊軸心部の濃厚偏析の防止が重要な課題となり、鋼塊形状および鑄込方法の改善などに考慮が払われている。Photo. 1 にはその一例として、11 t クラスの正錐鋼塊の断面図を示した。セカンダリーキャビティの発生はほとんどなく、偏析状況についても Fig. 1 から明らかなように、鋼塊底部および頭部とも偏析の少ない均一な鋼塊であることがわかる。鋼塊頭部の偏析軽減については、最近開発された特殊な保温板と断熱スリーブの組み合わせにより、押湯効果を高めるとともに効果のばらつきを減少させている (Fig. 2)。Fig. 1 より本体鋼塊内の最大偏析位置はその頭部軸心部に認められ、Fig. 2 より本体鋼塊頭部の偏析率は低位に安定し、その健全性が確保されているのがわかる。また、鋼塊全体にわたる偏析率軽減対策の一方法として、鋼塊形状の改善が考えられ、断面積と高さ、テーパなどが重要な因子となつている。

3.2 清浄度

3.2.1 温度の影響

継目無鋼管は鋼塊軸心部が内表面となるため、偏析の減少と同様、介在物の減少とが形態転換による無害化の

* 昭和51年3月30日受付 (Received March 30, 1976) (依頼技術資料)

** 住友金属工業(株)和歌山製鉄所 (Wakayama Works, Sumitomo Metal Industries Ltd., 1850 Minato Wakayama 640)

(* CV : converter EF : electric furnace BL : blooming CC : continuous casting)

Table 1. Table of various pipes.

Kind	Size	Usage	Process*	Kind of steel	Required characteristics	Points for manufacturing
Seamless pipe	Outer diameter 38.1~381 mm ϕ Thickness 2.9~39.0 mm (Mannesman plug mill)	Casing pipe Tubing Drill pipe Line pipe High temp. high press pipe Boiler pipe Heat exchanger pipe Structure pipe	<pre> EF +---+ Ingot BL Billet Pipe +---+ CV </pre>	Killed steel	<ul style="list-style-type: none"> Surface quality Cleanness Crack free Internal quality Inclusion Segregation Hydrogen Tortion 	<ul style="list-style-type: none"> Control of ladle temp. Control of Sol. Al Sealed bottom teeming Degassing Mould design
Submerged arc welded pipe	Outer diameter 475.4~1625 mm ϕ Thickness 6.35~25.4 mm	Line pipe Structure pipe	<pre> CV +---+ Ingot BL Rolling (Heavy plate) mill Pipe +---+ </pre>	Killed steel	<ul style="list-style-type: none"> Surface quality Cleanness Internal quality Inclusion Hydrogen Lamination 	<ul style="list-style-type: none"> Control of ladle temp. Control of Sol. Al Sealed bottom teeming Degassing Desulfurization
Electric resistance welded pipe	Outer diameter 19~508 mm ϕ Thickness 1.2~14.3 mm	Line pipe Casing pipe Boiler tube Structure pipe	<pre> CV +---+ Ingot BL Rolling (Hot strip) mill Pipe +---+ </pre>	<ul style="list-style-type: none"> Rimmed steel Semikilled steel Killed steel 	<ul style="list-style-type: none"> Surface quality Cleanness Internal quality Large inclusion Lamination 	<ul style="list-style-type: none"> Control of ladle temp. Desulfurization Decrease in segregation Sealed bottom teeming Control of Sol. Al
Continuous butt welded pipe	Outer diameter 21.7~114.3 mm ϕ Thickness 2.6~5.6 mm	Gas pipe Conduit pipe Structure pipe	<pre> CV +---+ Ingot BL Rolling (Hot strip) mill Pipe +---+ </pre>	Rimmed steel (Killed steel)	<ul style="list-style-type: none"> Internal quality Large inclusion Segregation 	<ul style="list-style-type: none"> Control of rimming action Decrease in segregation Desulfurization



Photo. 1. Macrostructure of 11 t ingot. (x3/4)

重要な課題である。

まず、介在物の浮上除去に対しては適正な溶鋼温度の確保が必須条件である。Fig. 3には継目無鋼管の内表面疵(以下中疵と呼ぶ)におよぼす取鍋内溶鋼温度の影響を

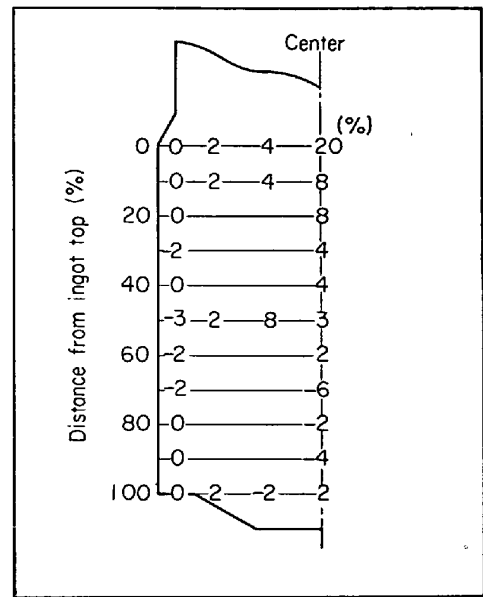


Fig. 1. Carbon segregation ratio of 11t ingot.

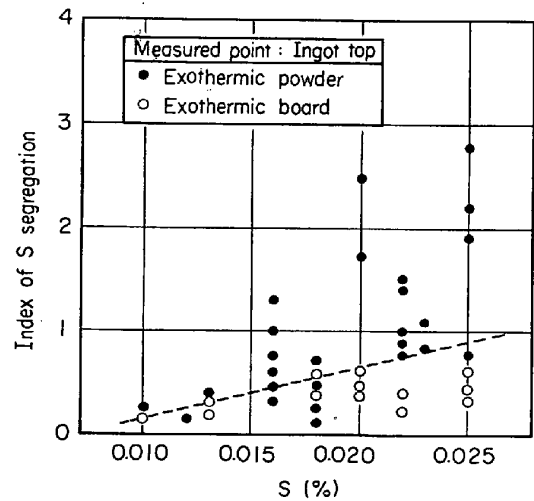


Fig. 2. Effect of exothermic material on the index of S segregation.

調べた結果を示すが、溶鋼温度の上昇に伴い、中疵が減少する傾向が明らかである。これは温度の上昇に伴い、アルミナクラスターなどの大型介在物が浮上するためと考えられる(Fig. 4)。

実際の製造にあたっては、この溶鋼温度を管理するため、種々の方法がとられているが、最近では Fig. 5 に示すように、取鍋を昇熱することによって溶鋼温度のばらつきを減らし、かつ取鍋の保温能を高めて鑄込の初期から末期に至るまでの温度差を少なくする方法を採用している。

さらに、鑄込にあたっては、下注法を採用し、鑄型内で被覆剤を用いて溶鋼の保温をはかると同時に、介在物の吸着を促進しかつ再酸化を防止して清浄性の向上に役立っている。

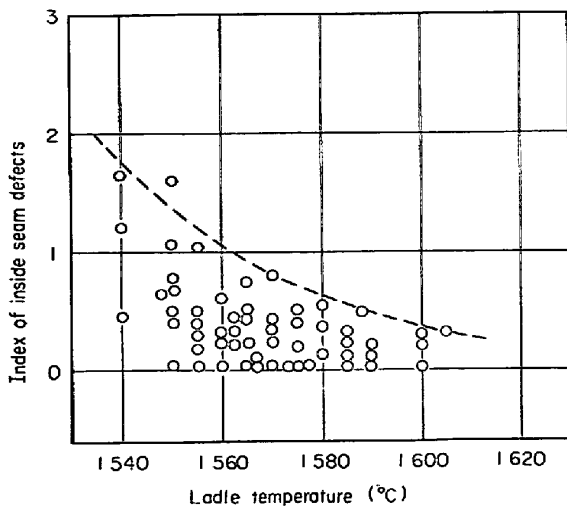


Fig. 3. Effect of ladle temperature on the inside seam defects of seamless pipe.

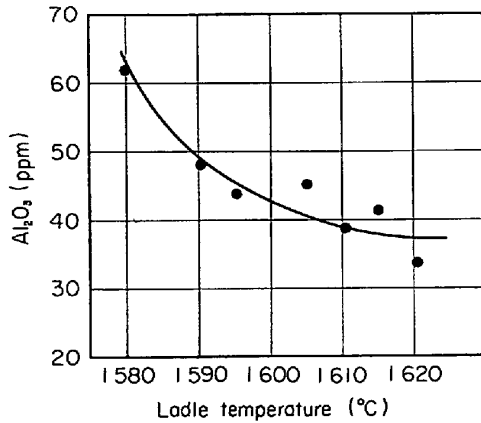


Fig. 4. Relation between Al_2O_3 content and ladle temperature.

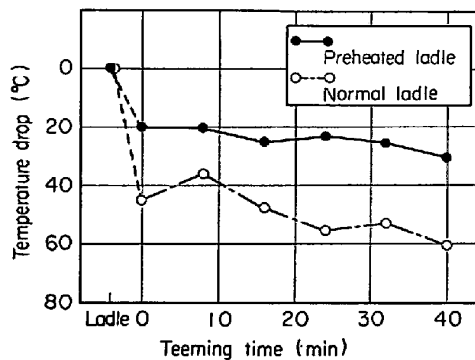


Fig. 5. Temperature drop during teeming.

3-2-2 鑄込方法の影響

介在物の減少をはかるためには、鑄込方法も重要な要因となっており、溶鋼の鑄込中の二次酸化を防止するため、注入流霧囲気をアルゴン、窒素などで調整する無酸化鑄込方法が有効である。その効果を Table 2 に示すが、大型介在物、主としてアルミナ系介在物の減少が顕

Table 2. Effect of Ar sealed teeming.

		Sealed teeming	Open teeming
Gas analysis (ppm)	N	30	38
	O	16	27
Sand analysis (ppm)	SiO_2	7	1
	Al_2O_3	45	68
Cleanness $\times 10^{-3}(\%)$	A type	25	67
	B type	4	33
	C type	8	17
	Total	37	117
Al_2O_3 cluster ($3cm^2$)	Number of above 200μ inclusion	5	13
	Max. length (μ)	300	1300

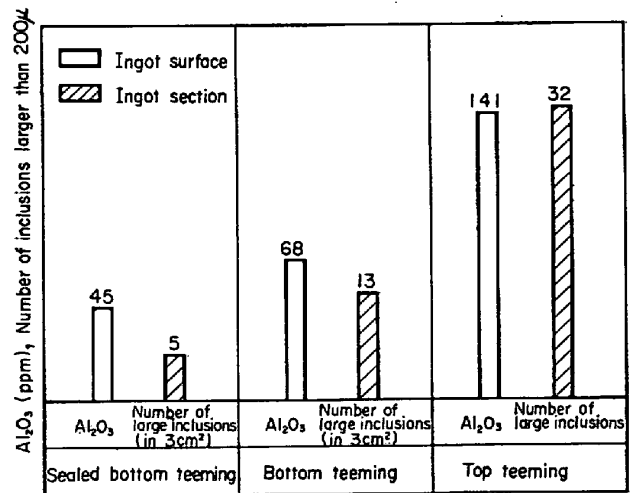


Fig. 6. Effect of Ar sealed teeming on the Al_2O_3 content and number of large inclusions in ingot.

著に現われている。したがって、鑄込中の大気巻込みを減らし、かつ無酸化鑄込¹⁾や被覆剤鑄込が容易にできる下注鑄込が上注鑄込に比較して品質が優れていることは Fig. 6 からみても明らかである。

3-2-3 真空処理の効果

介在物低減対策として、溶鋼の真空処理も挙げられる。取鍋内溶鋼は真空処理によって脱ガスが進行すると同時に、攪拌され、大型介在物の浮上除去の機会が増加して清浄性が向上する。その状況を Fig. 7 に示す。

3-2-4 介在物の形態変化

介在物の形態変化については、一般にアルミニウム添加による方法が採用される。Fig. 8 にその状況を示すが鋼中の溶解アルミニウムの上昇によつて、鋼管の中疵が減少していく傾向が明らかである。これは Fig. 9 に示すように鋼中の介在物が溶解アルミニウムの上昇に伴いマンガンシリケート系のA系介在物からアルミナ系のB

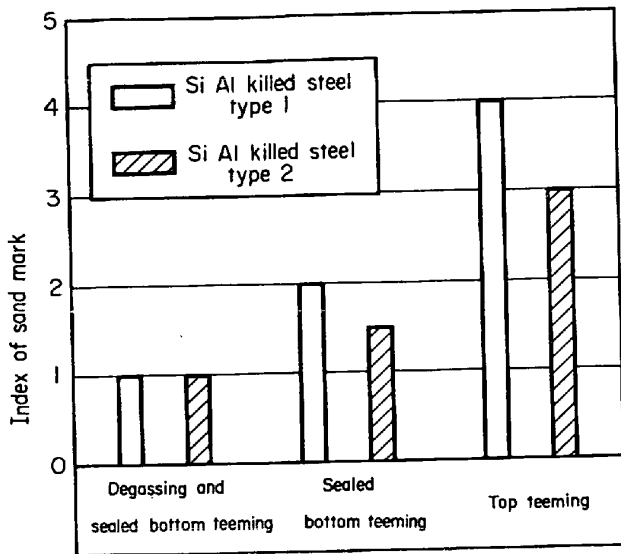


Fig. 7. Effects of teeming method on the index of sand mark of billet.

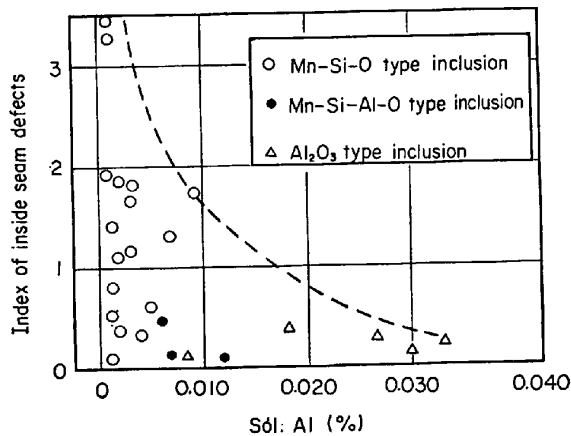


Fig. 8. Effect of sol. Al in steel on the index of inside seam defects of seamless pipe.

系在物へ転換するためと考えられる²⁾。

しかし、ボイラー材などの場合には、クリープ強度を満足させなければならないため、過剰のアルミニウムを使用することができないので、原料面の選択から前述の介在物減少対策を総合して清浄な鋼をつくるように配慮している。

3.3 表面性状

3.3.1 鑄込方法の影響

継目無鋼管に限らず、鋼塊の表面は即製品の表面に対応するので、表面性状は常に健全にしておく必要がある。鋼塊の表面性状の健全性を得るためには、鑄型表面を清浄にし、かつ溶鋼と大気との反応を防止すると同時に、溶鋼中の介在物の吸着を促進する“パウダーキャストイング”が必須の条件である。Fig. 10 に鋼塊表面の点状欠陥（ピンホール）の発生個数におよぼす被覆剤性状の影響を示す。鋼塊ピンホール発生には被覆剤の粘性および融点の影響していることがわかっており、実際の鑄込

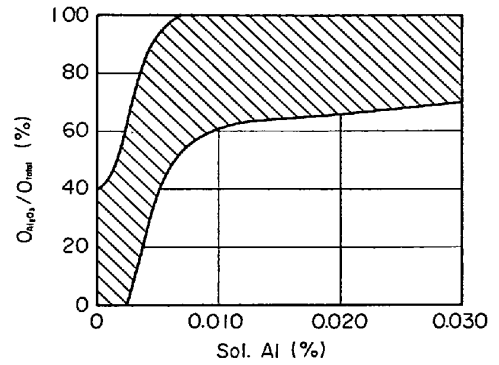


Fig. 9. Relation between sol. Al in steel and ratio of Al₂O₃ content to the total oxygen content.

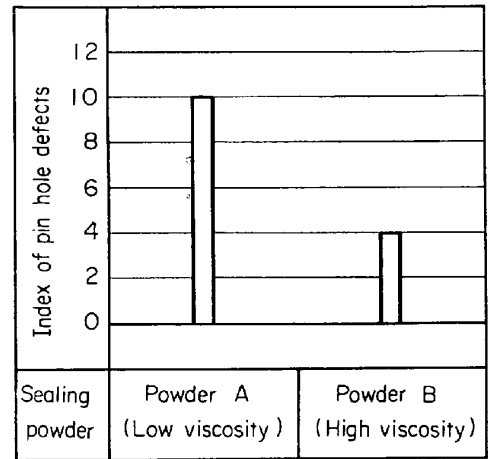


Fig. 10. Effect of sealing powder on the index of pin hole defects of ingot surface.

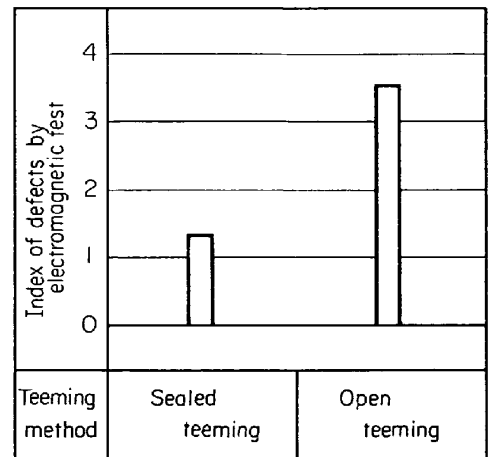


Fig. 11. Effect of sealed teeming on the index of defects by electromagnetic test for billet.

にはこうした物性を最適に調整して使用している。また鋼塊の表面性状に対しては鑄込方法の効果も大きく、Fig. 11 および Table 3 に示すように、表皮直下の介在物が減少する下注無酸化鑄込の優位性が顕著である。

Table 3. Effects of teeming method on the quality for billet and pipe.

Teeming method	Billet inspection		Pipe inspection		Index of yield
	Conditioning required	Scrap down	Conditioning required	Scrap down	
Open top teeming	35.0%	1.0%	4.3%	0.8%	100%
Sealed bottom teeming	28.0	0.5	1.4	0.1	107

3.3-2 鑄込条件の効果

介在物およびピンホールなどによる表面性状の悪化とは別に、Fig. 12, 13 に示す鑄込条件すなわち取鍋内溶鋼温度および鑄込速度の不適正によつて生ずる鋼塊表面の割れも無視することはできない。したがつて、鋼塊割れが発生しない範囲内で品質を確保するため、高温、低速鑄込を採用している。最近では、さらに鑄込パターンの適正化、機械化を行なう方法として、マイクロ波などを利用して湯上り速度を検知し、鑄込速度を制御する自動鑄込法を採用しつつある。

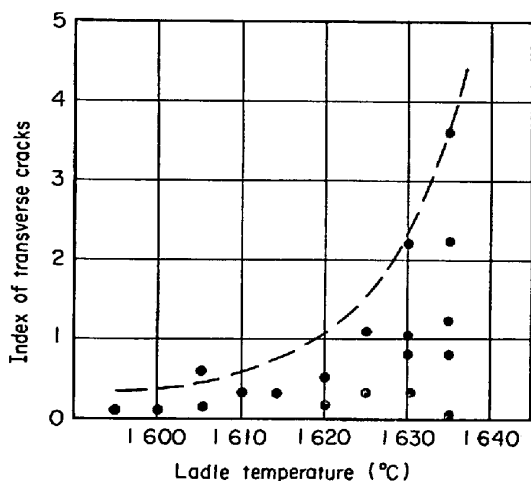


Fig. 12. Relation between index of surface cracks of ingot and ladle temperature.

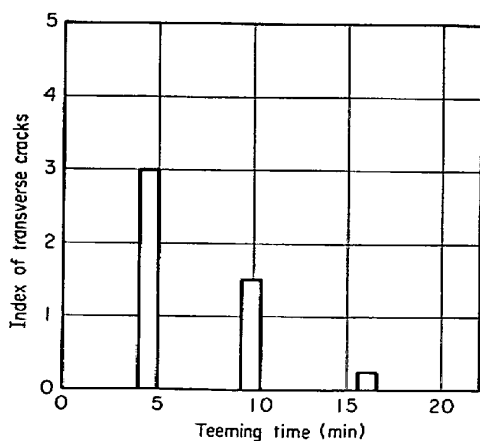


Fig. 13. Relation between index of surface cracks of ingot and teeming time.

3.3-3 成分系の影響

鋼塊の表面割れに対しては、成分系の影響もあり、とくに炭素含有量が約 0.20% 附近に割れ感受性の大きい領域があることを経験的に認めており、鉄-炭素系状態図の包晶反応領域の影響と考えられる。その対策としては適正な鑄込温度と鑄込速度が重要である。

3.4 特殊用途

継目無鋼管の用途にボイラーチューブがある。これは前述したように、用途上高温におけるクリープ強度が要求され、組織的には粗整粒であることが望まれる。このため、成分的には高窒素、低アルミニウム鋼が適用され同時に介在物の少ない清浄鋼である必要がある。ボイラーチューブの場合には、こうした厳しい要求に対処するために最低限度の溶解アルミニウムで十分な脱酸を行わなければならない。そのため、新たに開発されたアルミニウムを弾として投入する方法 (Al シューター)³⁾ および特殊アルミニウム含有合金を使用している。一方、介在物の減少に対しては真空処理の有効活用と前述の下注、無酸化鑄込の全面採用およびさらに厳しい取鍋内溶鋼温度管理を実施して、清浄度の向上に努めている。

また、油井用鋼管の特殊用途として、高強度の極厚耐食性ケーシングおよびサワーガスの輸送用として耐硫化水素用鋼管などが開発されている。その他、高強度で溶接性、靱性に優れた海洋構造物用鋼管も開発されている。

4. サブマージドアーク溶接鋼管 (SAW) 用鋼塊の製造

サブマージドアーク溶接鋼管の用途は Table 1 に示すようにラインパイプが主体である。最近では、パイプラインの大型化、高圧化によつて大径、高張力化が求められる。50~55キロ高張力鋼に相当する API5LX- $\times 60$ ~ $\times 65$ が主力となつている。一方、これらのラインパイプは極寒地の敷設、海底配管などでみられるように使用条件が苛酷であり、現地において高能率の周溶接が採用され、強度、靱性以外に溶接性の良好な材料であることが要求される。すなわち、材料に要求される特性は溶接性を確保するための低炭素当量と靱性を確保するための優れた清浄度である。

一方使用される条件からこれらラインパイプには高度の安全性が要求されるため、溶接部はもちろんのこと、

母材部に対しても超音波探傷テストなどで代表される厳しい非破壊検査が実施されるので、母材の均一性、清浄性がとくに要求される。

このような要求に対処するため、一般にはキルド鋼が適用されるが、その品質を向上させるべく下記に示す諸対策をこうじている。

4.1 偏析

鋼塊段階における偏析は材質のばらつきおよび製品の歩留に直接結びつくので、偏析の少ない鋼塊を製造する必要がある。このため、通常押湯法よりも押湯効果の優れている電弧押湯法を採用している。この方法は高電流のもとで、黒鉛電極と鋳型内溶鋼面との間に発生するアーク熱を押湯保温に利用する方法であり、通常押湯法では得られないような著しい品質改善効果を発揮する。すなわち、鋼塊底部の沈澱品の生成を減少させ、Fig. 14に示すように、鋼塊底部の清浄度を著しく向上させている。この結果、Fig. 15に示すように超音波欠陥発生率は大幅に減少し、鋼塊頭部では通常押湯法に比べ軸心部の成分偏析が大幅に低減し、それ故に、歩留の良好な鋼塊を得ている。

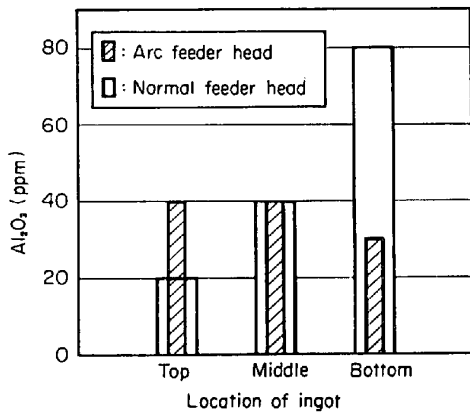


Fig. 14. Effect of arc feeder head on the cleanness of Al₂O₃ inclusion.

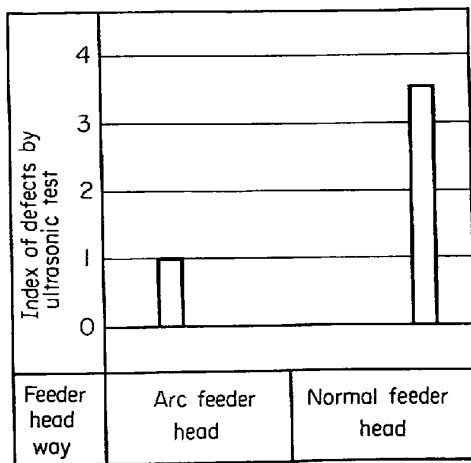


Fig. 15. Effect of arc feeder head on the index of defects by ultrasonic test.

4.2 清浄度

清浄度向上対策としては、継目無鋼管用素材の場合と同様に、取鍋内溶鋼温度の適正化および下注無酸化鋳込を実施している。さらに、DH真空脱ガス処理によつて水素および大型介在物の低減をはかつており、前述の電弧押湯法の採用効果と相まって、超音波欠陥発生率の減少に役立つている (Fig. 16)。

一方、溶解アルミニウムが異常に高くなると、溶接金属の靱性が劣化することが知られており、このため、溶解アルミニウムを適正值にコントロールする必要がある。Fig. 17に示すように、Alシューターの採用が効果を発揮している。

4.3 衝撃値

大径ラインパイプではその使用条件および環境条件の厳しさから、管周方向に対しても極めて高度の低温靱性が要求される。通常、低温靱性の向上策としては厚板製造の際の加熱温度の適正化およびコントロールドローリングによつて結晶組織を微細化する方法が採用される。このような場合には、コントロールドローリングを前提として成分系の設定が実施される。

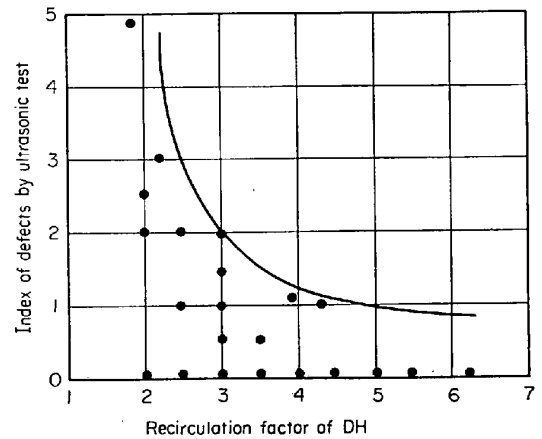


Fig. 16. Effect of recirculation factor of DH degassing on the index of defects by ultrasonic test.

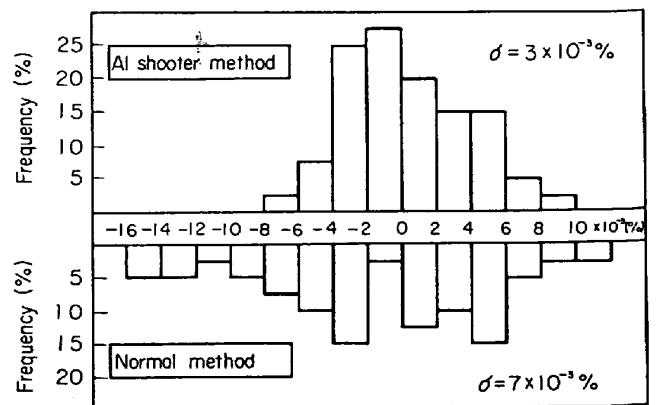


Fig. 17. Effect of Al shooter on the control of soi. Al content.

4.3.1 吸収エネルギー

低温靱性に最も影響のある元素は硫黄であり, Fig. 18からも明らかなように, 極低硫化によつて大幅な吸収エネルギーの向上が可能となる. また, 同図に示すように炭素含有量の影響も大きく, 低温靱性の要求される大型ラインパイプの製造にあつては低炭素-低硫黄の成分系が基本となつている⁴⁾. Fig. 19からも明らかなよう

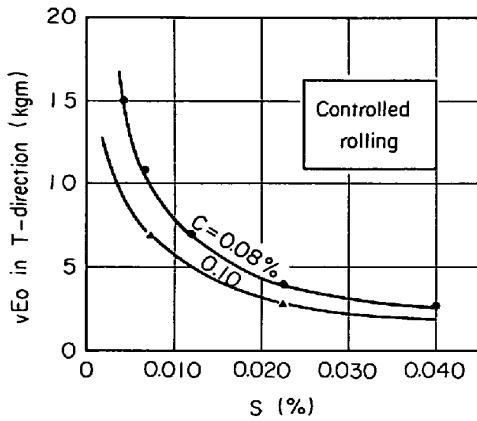


Fig. 18. Effect of ladle sulfur on the νE_0 in T-direction.

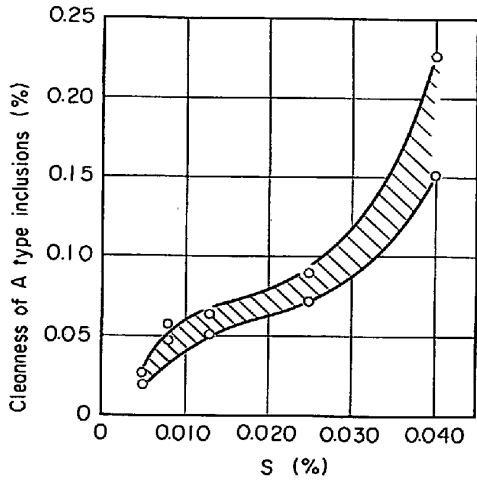


Fig. 19. Relation between cleanness of A type inclusions and sulfur in steel.

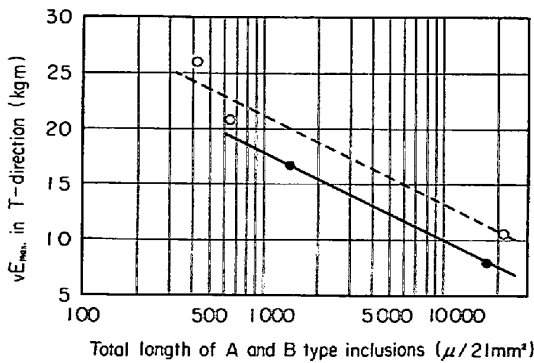


Fig. 20. Effect of total length of A and B type inclusions on the νE_{max} in T-direction.

に, 極低硫化の効果は結局有害なA系介在物の減少を意味しているが, Fig. 20に示すようにアルミナも含めて方向性のある介在物の総長さの低下によつて管周方向の吸収エネルギーが向上していることがわかる (Fig. 21).

このように, 圧延鋼材中の介在物総長さを減少させるためにはA系介在物およびB系介在物を無害なC系介在物に転換する形態変化も重要な要因となる. 介在物の無害化転換に関しては, 最近開発した Al シューターを利用してカルシウム合金を弾状にして投入する特別な技術 (SCAT法)⁵⁾により, その効果が明らかにされ, Fig. 22に示すように管周方向の吸収エネルギーが大幅に向上し機械的性質としての異方性が減少することが判明した.

この理由は溶鋼中への Ca 添加により, 硫化物および Al_2O_3 クラスターがC系のそれぞれ独立した複合介在物に転換し, この介在物が高融点, 高硬度の物性を有するため, 鋼材の圧延によつても展伸せず球状のまま, 維持されるため鋼材の異方性が減少すると考えられる⁶⁾.

(Photo. 2, Fig. 23)

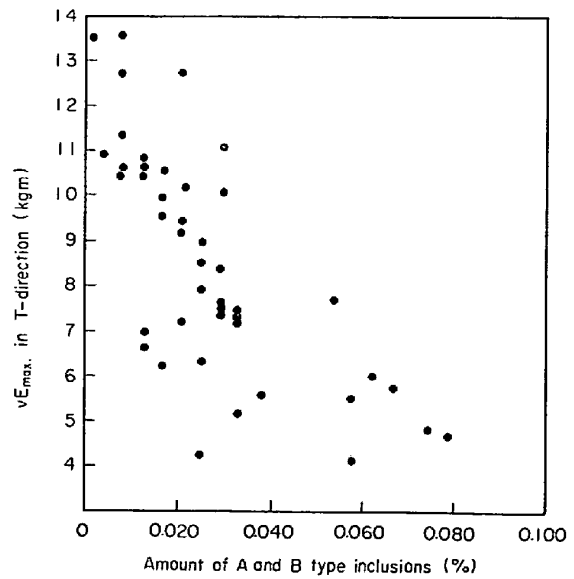


Fig. 21. Effect of cleanness on the νE_{max} in T-direction.

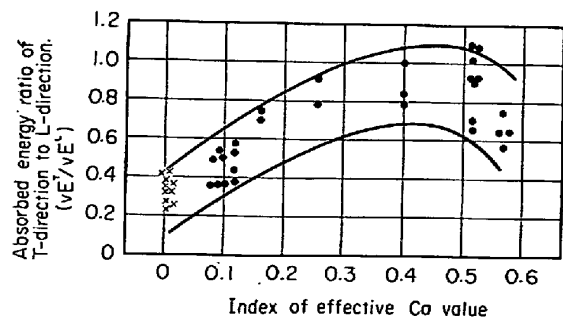


Fig. 22. Relation between absorbed energy ratio of T-direction to L-direction and index of effective calcium value.

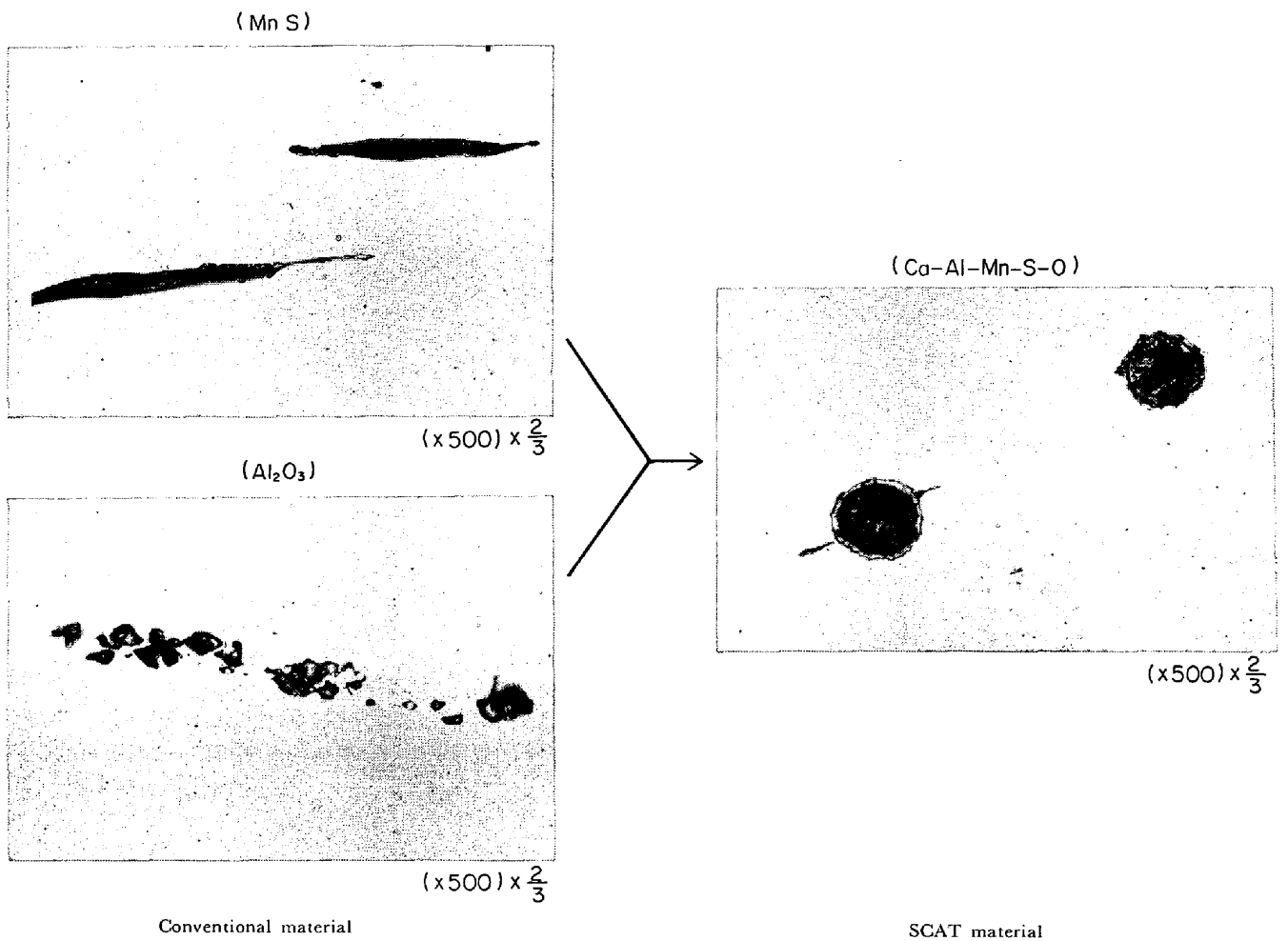


Photo. 2. Shape and distribution of inclusion in SCAT material and other materials after rolling.

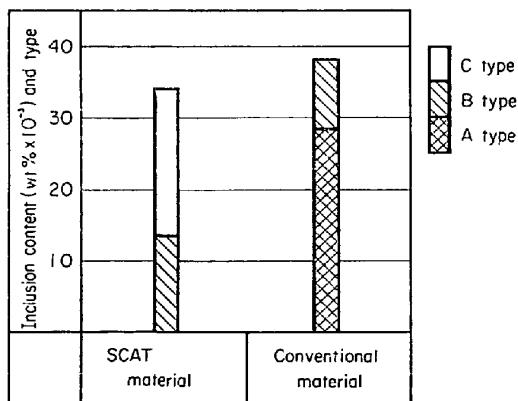


Fig. 23. Favorable improvement of purity in SCAT material.

4.3.2 遷移温度

遷移温度の低下についてもコントロールローリングの採用によつて大幅に改善されることが判明したが、さらに低温靱性を要求される材料に対してはニッケル添加などによる鋼材組織の改善を採用している。

4.4 水素

母材に含有される水素はその量が一定値を越えると鋼材の割れを誘起し、超音波探傷などの非破壊検査によつ

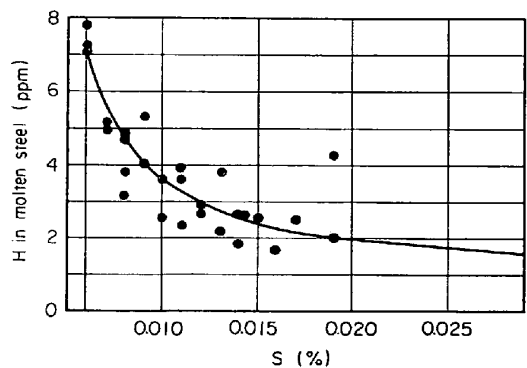


Fig. 24. Effect of ladle sulfur on the hydrogen content in the molten steel.

て欠陥として表示されるので、その低減がなされなければならない。

4.4.1 真空処理の効果

Fig. 24 に示すように、低硫化に伴い、溶鋼中水素は上昇するので、溶鋼の水素除去としては通常真空処理が実施されるが、その効果は Fig. 17 から明らかである。Fig. 25 に DH の循環係数と取鍋内溶鋼水素との関係を示しているが、この結果からもわかるように、十

分な循環係数を確保して、かつ得られた低水素状態を維持するため、完全な雰囲気調整下で casting が行なわなければならない。雰囲気調整なしの下注 casting では約0.5~1.0 ppmの水素のピックアップが起こり取鍋内の溶鋼水素の低下がさらに必要になるのに比べ、雰囲気調整 casting では casting 内でほとんど水素のピックアップが起こらず、DHの循環係数を過度に大きくする必要がない。

4.4.2 徐冷の効果

溶鋼中の水素を十分低下させた場合にも逆V偏析部などで水素が凝集し、割れを誘起する危険がある。この対策として、スラブ段階において徐冷を実施している。徐冷方法としてはスラブ厚や鋼種によつて最適な条件が選択採用されるが、Fig. 26 に示すように恒温保持時間の長いカバー徐冷および特殊徐冷によつて脱水素を促進している。

4.5 特殊用途

サブマージドアーク溶接鋼管はラインパイプが主力であり、最近はその使用される環境条件がアラスカなどの極寒地や海底敷設への適用など苛酷化の一途をたどり、低温靱性のさらに一層の向上および耐食性が要求されるようになってきた。

一方、継目無鋼管と同様、輸送される石油および天然ガスの含有成分によつては耐硫化水素割れ特性を備えたものを要求されるようになってきている。また、板厚方向の機械的性質の要求も厳しくなつてきており、こうした特殊な要求に対しては最適の成分系および圧延条件の選択の他、前述の“SCAT法”などによる特殊元素の添加技術の開発が決め手となつている (Fig. 27)。

5. 電気抵抗溶接鋼管 (ERW) 用鋼塊の製造

電気抵抗溶接鋼管は Table 1 に示すように、用途上機械構造用鋼管、ラインパイプなど多岐にわたつておりその使用用途によつて、リムド鋼、セミキルド鋼、キルド鋼が適宜選択されている。

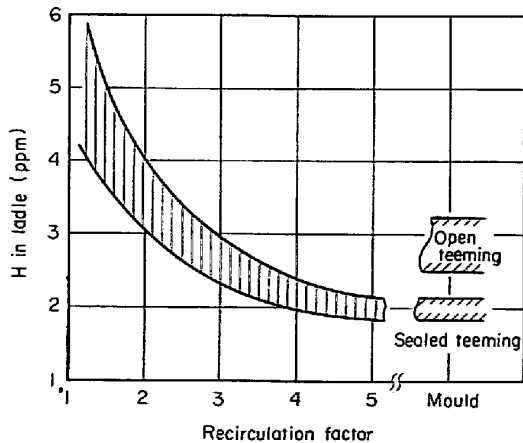


Fig. 25. Relation between recirculation factor of DH degassing and hydrogen content in ladle.

また、電気抵抗溶接鋼管の溶接法が高周波電流を使用して、鋼帯の端部のみを集中的に加熱して圧接する方式であるため、母材の品質が直接溶接部すなわち製品品質に大きな影響をおよぼす。したがつて、電気抵抗溶接鋼管の製造に際し、要求される特性は電縫部溶接の良好性および素材品質の良好性などが挙げられる。

一方、電縫部の検査法は従来、超音波探傷検査が主体であったが、近年、用途の高級化に伴い、リバースベンドテストおよびガイドベンドテストなどの苛酷な曲げテストも実施されるようになり、より一層母材の品質を確保する必要がある。

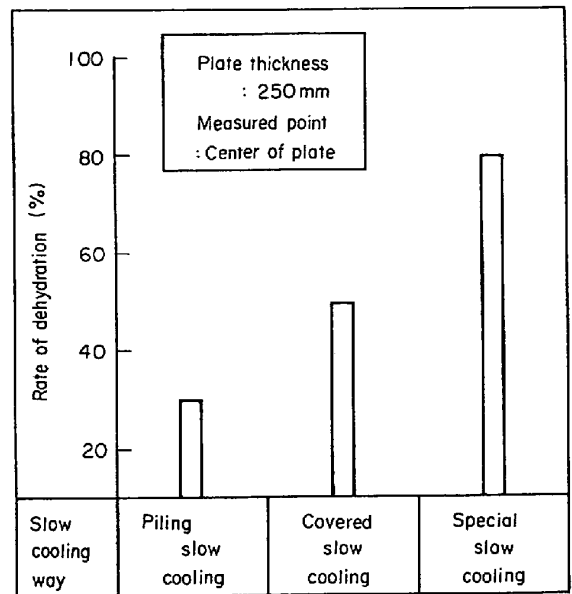


Fig. 26. Effect of slow cooling way on the rate of dehydration.

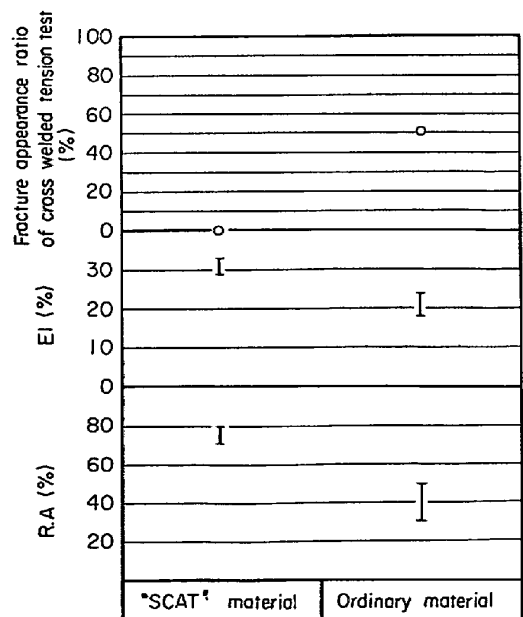


Fig. 27. Effects of calcium addition on the mechanical properties in Z-direction.

5-1 清浄度

電気抵抗溶接鋼管の欠陥はそのほとんどが電縫部に発生し、ミクロ的調査結果によれば、酸化物系および硫化物系の大型介在物に起因した超音波欠陥および曲げ不良であるのでその対策として大型介在物の減少が必要である。

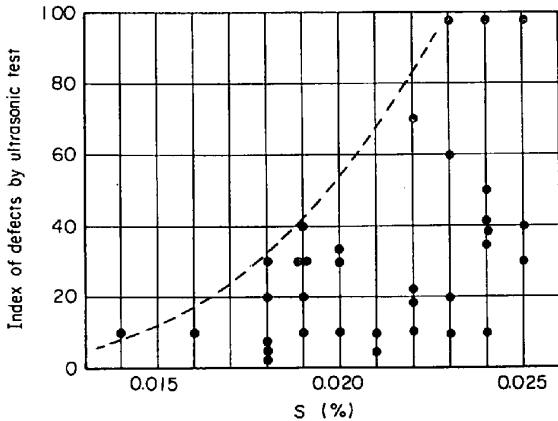


Fig. 28. Effect of ladle sulfur on the index of defects by ultrasonic test for electric resistance welded pipe.

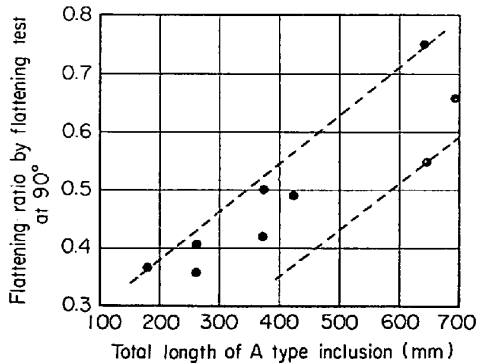


Fig. 29. Effect of A type inclusions on the flattening ratio by flattening test at 90°C.

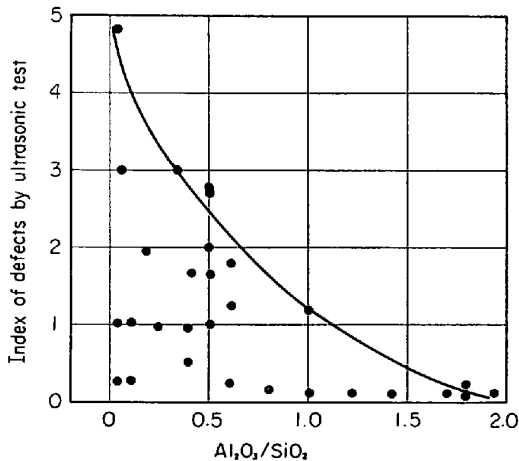


Fig. 30. Effect of Al_2O_3/SiO_2 on the index of defects by ultrasonic test for electric resistance welded pipe.

る。

5.1.1 リムド、セミキルド鋼の適用

リムド鋼、セミキルド鋼の場合、大型介在物減少対策としては、取鍋内溶鋼温度の適正化による介在物の浮上を促進すると同時に、取鍋硫黄の低下が挙げられる。Fig. 28 に示すように、取鍋硫黄の低下により超音波欠陥が減少する。この取鍋硫黄は溶鋼成分中のマンガンなどと結合してマンガンサルファイドなどのA系介在物となり、電縫部のフッククラックを引き起こし、Fig. 29 に示すように扁平テストでの不良となつて現出する。また、シリケート系などのA系介在物を減少させるためには、上述の低硫化と同時に、B系転換も有効な手段であり、この場合にはアルミニウム脱酸が実施される。すなわち、アルミセミキルド鋼の適用およびリムド鋼のアルミニウムによるケミカルキャップド化がそれである。その効果を Fig. 30 に示す。

5.1.2 キルド鋼の適用

キルド鋼を適用する場合には、電縫部のフッククラック対策として低シリコン・アルミニウムキルド鋼を適用している。また、その製造に際しては、継目無鋼管の製造時と同様、取鍋内溶鋼温度の適正化による介在物の浮上と押湯の改善による介在物の減少および二次酸化生成物の防止をはかる下注無酸化鋳込で良好な鋼塊を製造している。

5.2 表面性状および偏析

表面性状および偏析対策については、リムド鋼の場合、低硫化してソリッドスキンの厚みを増加させるとともに最大偏析率の低下をはかっている。さらに、偏析率の減少のために、リミングアクションの時間を短縮し、かつ介在物のB系化をはかるケミカルキャップド鋼として製造している。

一方、キルド鋼の場合には、下注を採用して被覆剤鋳込をすることにより、表皮直下の介在物を減少させ、かつ良好な押湯条件のもとで偏析部の改善をはかっている (Fig. 6)。

6. 鍛接鋼管用鋼塊の製造

鍛接鋼管は Table 1 に示すように、用途が一般配管用小径鋼管であり、その製管特徴は熱間圧延による造管速度の大きいことで挙げられる。その他、鍛接鋼管は加工性およびメッキ性のよいことが要求される。

このような特性を得るための鋼種としては、表面性状がよく、圧接性の良好なリムド鋼が適している。

6.1 偏析

鍛接鋼管の代表的欠陥は圧接部の二枚割れであり、Fig. 31 に示すように、成品硫黄の増加とともに、二枚割れも増加している。これは板厚中心部に発生する硫黄の濃厚偏析に起因する熱間脆化による割れであると考えられる。したがって、二枚割れの発生を防ぐためには、

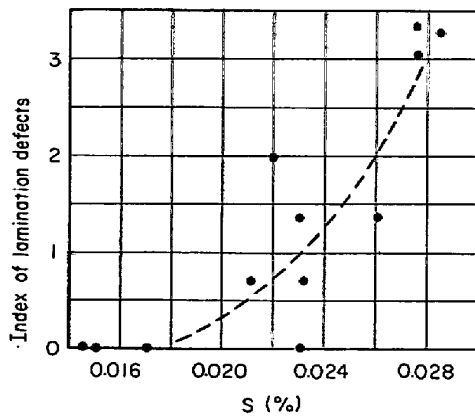


Fig. 31. Effect of ladle sulfur on the index of lamination defects for continuous butt welded pipe.

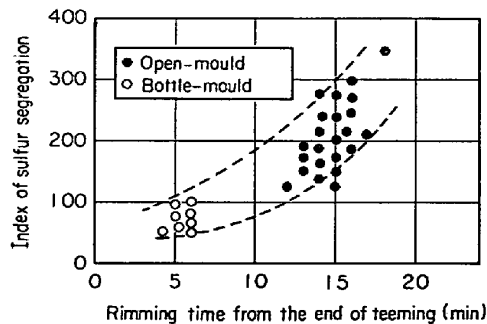


Fig. 32. Effect of capping time on the index of sulfur segregation in the rimmed steel.

溶銑脱硫による成品硫黄の低下をはかるとともに、リムド鋼コア部の硫黄偏析を減少させる必要がある。このた

め、鍛接鋼管用の素材となるリムド鋼塊ではリミングアクション時間を示す蓋打時間の管理が最も重要であり、それを管理することで最大硫黄偏析率を低下させ、偏析の減少をはかっている (Fig. 32)。すなわち、低硫化による絶対値および偏析率の減少をはかるとともにリミングアクションの時間を短縮して硫黄濃厚偏析を減少させる低硫メカニカルキャップド鋼にて品質の良い鍛接鋼管を製造している。

7. 結 言

種々の用途に用いられる各種の鋼管用素材について、その製管方法の特徴を概説してきたが、本文中でも述べたように、その用途、要求される特性はますます多岐にわたり、厳しくなつてきている。

一方、製鉄所における生産性の向上、コスト低減などの要求も日増しに強くなつてきており、連続鑄造法も徐々に適用されつつあるが、今後は各種の品質向上対策を総合してより大きな効果を発揮する技術の開発にとりくむべきである。

文 献

- 1) 玉本, 佐々木, 市川, 鷹野, 浦: 住友金属誌, 26 (1974) 2, p. 145
- 2) 田上: 住友金属誌, 13 (1961) 4, p. 325
- 3) 住友金属, 和歌山: 第 53 回製鋼部会資料
- 4) 福田, 橋本, 北川: 住友金属誌, 27 (1975) 1, p. 55
- 5) 玉本, 植村, 梨和, 森, 永幡, 佐々木: 鉄と鋼, 61 (1975) 12, S 787
- 6) 住友金属, 和歌山: 第 61 回製鋼部会資料