

資料

連続製造鋼材の品質特性

当社の粗鋼生産量のうち連铸材の占める割合は、54年度に60%を越え、現在も増加の一途にある。連铸比率のこのような増大傾向は、省エネルギー、省資源、省力といった目的に対して、連続製造法が造塊法より適していること、また製品の品質においても連铸材が造塊法より優れている分野が多いことなどに由来するものである。

当初は、必ずしも多くの分野で連铸材が歓迎されたわけではなかったが、今日では周辺技術も含めた連铸技術の改善により、高級鋼においても需要家の品質要求を満足する連铸材が供給されている。その結果、圧延用鋼材の大部分について連铸が可能となり、連铸材がその内質の均一性と優れた表面性状により、造塊材に置き換ってきた。

当社は早くから連铸対象品種の増加を積極的に推進し、長年にわたる技術の蓄積と改善をもとに、現在では次の表1、2に示す品種の連铸を行っている。この中の数品種について、その素材や製品の品質特性を以下に紹介する。

表1 スラブ連铸の対象規格、品種

製品・用途分類		規格・品種	
厚鋼板	造船用高張力鋼板	各船級協会の40.50kg/mm ² SS34~55, SM41~58 HTP55, River Ace 60, River H360	
	ボイラー用圧力容器用低温用	A515-55~70, BS1501 151 SPV24~50, A285, A516 55~70 SLA24~37, River Ace 60L, SL9N60	
	ラインパイプ用耐候、耐食性	API5LX X42~X70 SMA41, 50, River Ten-50	
	一般構造用自動車構造用高張力鋼板	SPHC, D, E SS34~55, SM41A, B, 50A SAPH32~45, KFR41E, 45E HTP50~60, 70E, 80E デュアルフェイズ鋼, APFH50~60	
熱延鋼帯・鋼板	鋼管用ラインパイプ用油井管用圧力容器用耐候、耐食性用深絞り用ほうろう用	SPHT1~4 API5LX X42~X70 API5AJ-55, API5A N80 SG26~37 River Ten R, River Ten 41, 50 KFN-1, 2 KHN, KHN-T	
	一般用超深絞り用高張力鋼板ほうろう用	SPCC, D, E, EN KTU X CHLY40~60, CHR38~45 APFC45~55, KTH38~50 KTM	
	表面処理鋼帯・鋼板	カラー鋼板 亜鉛めっき鋼板 すずめっき鋼板 テインフリー鋼板	SCG SPG, SECC, D, E SPTE KEC
	特殊鋼帯・鋼板	ステンレス鋼板 高炭素鋼 合金鋼	SUS304, SUS410~430 SK-4, 5, SAE1050~60 SCM435, SAE5046, SNCM220 9%Ni鋼

表2 プルーム連铸の対象規格、品種

製品・用途分類		規格・品種
H形鋼	造船用耐候性	各船級協会の40kg/mm ² SS41~55, SM41A, B, SM50A, B, SM50YA, YB, SM53B SMA50A, River Ten-41, 50 ASTM-A588A, A690, MARINER
	一般(耐候性)用耐食性	SY30, 40 ASTM-A690, MARINER
鋼欠板	配管用	STPG, STS, STPT, STPA, STPI
	熱伝達用構造用ラインパイプ用油井管用	STB, STBA, STBL STK, STKM, STKS API5LB, API5LX X42~X70 API5A N80, API5AC-C 95, API5AX-P-110, P-105, S 135 SCM415~440, SAE4130
	低合金鋼	
	棒鋼	構みがき棒鋼用硫黄快削鋼コールドヘンダー用合金鋼
線材	軟鋼線材	SWRM
	硬鋼線材	SWRH
	ビアノ線材	SWRS
	細引用軟鋼線材 溶接棒用 タイヤコード用 高張力ボルト用	KFR SWRY, ER KTC-70 KF10T

(文責：内藤雅夫、千葉製鉄所・管理部・厚板管理課・主査)

1. 耐ラメラータ厚鋼板

溶接構造物、とくに海底油田用のプラットフォームの脚（レグ）における節（ノード）部のように厚肉鋼管が1箇所に集合する部分では、板厚方向の応力により、溶接部近傍から鋼板表面に平行な割れ（ラメラータ）が発生しやすい。

当社では溶鋼の脱硫、RH脱ガスと垂直曲げ型連铸を組合せて、優れた耐ラメラータ鋼を製造しているが、その一例として、ノード材の化学成分の例を表3に示す。

鋼中の非金属系在物、とくに硫化物系在物が耐ラメラータ性を劣化させることは一般に知られている¹⁾。これに関連して50kgf/mm²級鋼のRA_Z（板厚方向引張試験における絞り）に対するSの影響を図1に示す。30%以上のRA_Zを安定して

確保するためにはSを0.008%以下に管理する必要がある。ノード材のように、ときには北海のような厳しい自然環境下で、強い応力を受ける材料については、製造工程上とくに注意を払い、前述の脱ガス・脱硫のほか、タンディッシュ形状やノズルの形状・材質の改善、注入流の酸化防止などによる介在物低減と、制御圧延や焼きならしによる細粒化とに留意し、RA_Zや低温靱性などに関して十分な品質保証を行っている。

ノード材として製造した板厚50~100mmのBS4360・50Dの機械的性質を図2に、また脆性破壊発生指標である限界COD値を図3²⁾に示す。各特性について連铸材のほうがばらつきが小さく、安定して良い値を示している。COD値は、連铸材、造塊材とも本質的な差はない。

〔文責：池田 浩、水島製鉄所・管理部・厚板管理課・掛長〕

参考文献

- 1) 小指：第24・26回西山記念技術講座、(1974)、〔日本鉄鋼協会〕
- 2) 田中ら：鉄と鋼、66(1980)2、討19

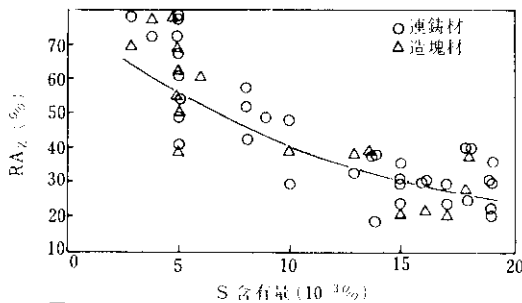


図1

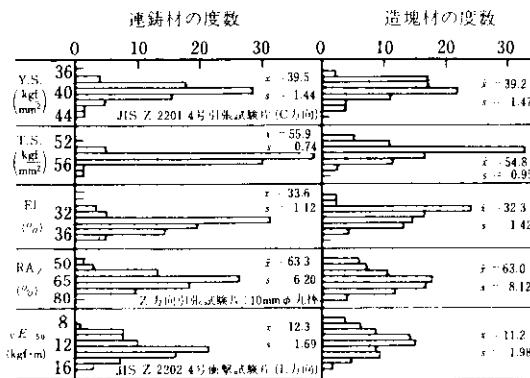


図2

表3

素材	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Nb	Al	C _{eq}
連 铸 材	0.13	0.40	1.46	0.017	0.004	0.15	0.08	0.032	0.049	0.39
造 塊 材	0.13	0.42	1.41	0.017	0.005	0.14	0.09	0.031	0.038	0.38

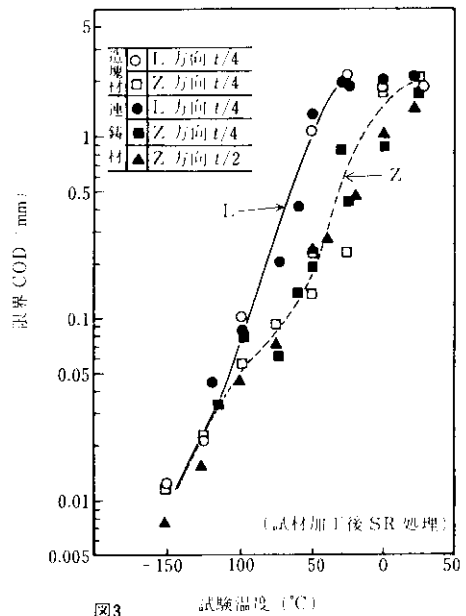


図3

2. 9%Ni 厚鋼板

液化ガスの運搬・貯蔵に使用される極低温用鋼材として、加工性、経済性の面から9%Ni鋼が多用されている。当社では、転炉・連続プロセスにより、材質のみならず、内質・表面性状ともに転炉・造塊材に優るとも劣らぬ品質を確保している。

図4に最近製造した連続材の取鍋分析値の実績範囲を、また焼入れ焼もどし後の機械的諸特性に及ぼすCの影響を図5に、同じく -196°C におけるCharpy衝撃特性に及ぼすSの影響を図6に示す。連続材と造塊材は同じ傾向を示し両者の差はないといえる。適正な強度、十分な延性および靱

性を得るためにはC含有量を0.05~0.06%近傍の狭い範囲に適中させることが望ましい。造塊材はクロス圧延を行っており、連続材は鋳造方向の圧延を行っているが、それでも両者の吸収エネルギーは同一レベルである。これは、衝撃特性に影響の強い非金属介在物が、連続材のほうが少ないか、またはその圧延後の形態が加工履歴の違いにもかかわらず造塊材と大差ないことを暗示している。

図7には連続材の鋳造方向(1ヒートの全長)、および造塊材の鋼塊高さ方向における吸収エネルギーの変動を平均値からの偏差で示す。連続材のヒート内偏差は造塊材の鋼塊内偏差より小さく、均一性が良好である。

[文責：篠原忠広、千葉製鉄所・管理部・厚板管理課・掛長]

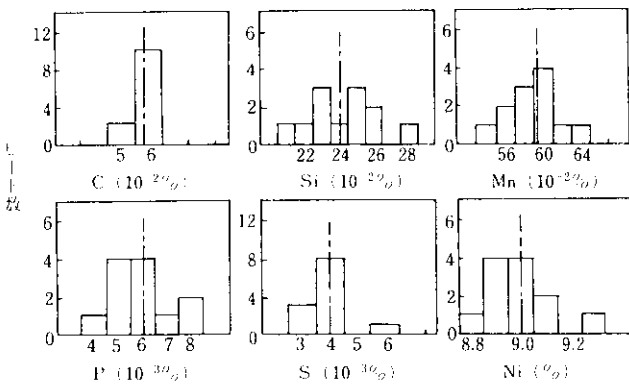


図4

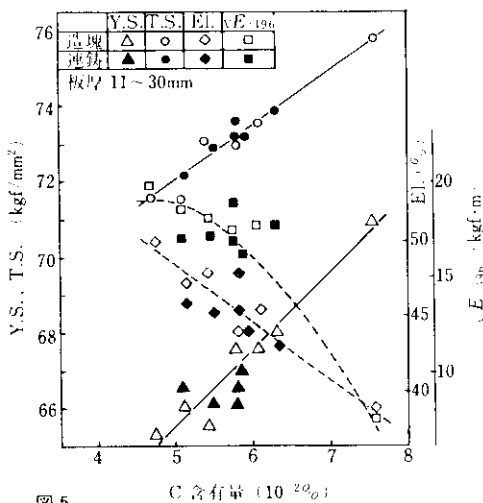


図5

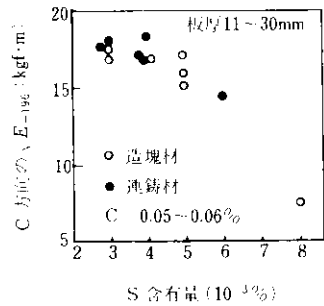


図6

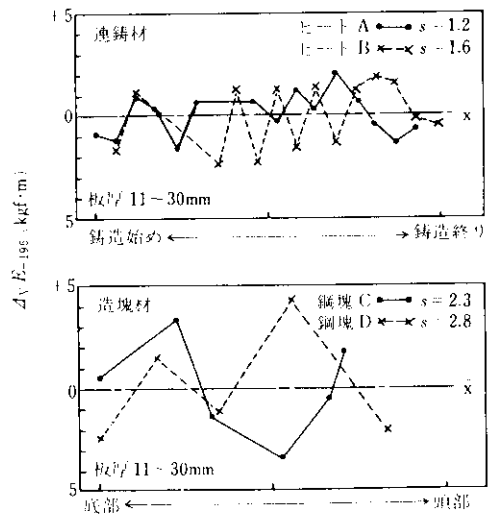


図7 -196°C におけるCharpy吸収エネルギーのばらつき(平均値基準、sは標準偏差)

3. Ti 添加ほうろう用熱延鋼板 KHN

ほうろう用鋼板としては、冷延鋼板が通常使われている。これは非金属 inclusion や炭化物の周囲に冷間圧延により微細な空隙が多く発生し、そこに水素が捕そくされて、ほうろうのつまとび欠陥が防止されるためである。一方、熱延鋼板は一般に耐つまとび性は良好でなく、少なくとも両面ほうろう処理は難しかった。当社が開発したほうろう用熱延鋼板 KHN は、この問題を解決した製品である。

表 4 に KHN の造塊材と連铸材、および比較材として SPHE の代表的な化学成分を示す。

ほうろう用熱延鋼板に Ti を含有させると、鋼中非金属 inclusion 形態制御効果により、鋼板の曲げ加工性、伸び率およびフランジ加工性が向上し、また鋼中の C 固定効果により、ほうろう処理時の焼成ひずみや焼成中の発泡がほとんどなくなり、ほうろう用冷延脱炭鋼板 (KTSM) と比較してもそん色がない。しかも、微細に分散した多量の TiC により水素が捕そくされるためと考えられるが、片面ほうろう処理はもちろん、両面処理を行ってもつまとびは発生しない。

このように、Ti 添加が品質上好ましいことは確

表 5

		位置	Y.S. (kgf/mm ²)	T.S. (kgf/mm ²)	El. (%)
KHN	造塊材	LE	30.0	43.9	31
		TE	23.7	38.1	36
	連铸材	LE	28.6	38.2	31
		TE	30.0	40.8	32
SPHE	連铸材	TE	24.3	36.8	36

表 4

		位置*	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	O	N
KHN	造塊材	LE	0.023	0.035	0.27	0.014	0.006	0.021	0.19	0.0034	0.0041
		TE	0.021	0.047	0.29	0.014	0.006	0.019	0.20	0.0029	0.0039
	連铸材	LE	0.021	0.028	0.23	0.013	0.005	0.033	0.21	0.0033	0.0045
		TE	0.023	0.031	0.23	0.014	0.005	0.033	0.22	0.0029	0.0041
SPHE	連铸材	TE	0.047	0.028	0.30	0.014	0.016	0.047	—	0.0042	0.0049

*LE: コイル先端部、TE: コイル後端部

認できたが、一方、0.05% 以上の Ti 添加は、連続鑄造スラブの表面割れや、Ti 酸化物系のノロカミなどの表面欠陥を生じやすいという問題があった。これは、注入流シールの強化、二次冷却パターンやモールドパウダーの組成・物性の調節により解決され、KHN の連铸技術が確立した。

以下に、KHN の連铸材と造塊材、および SPHE のほうろう特性を比較する。まず、板厚 1.6mm の熱延鋼板の機械的性質を表 5 に示す。ほうろう処理は、表 6 に示す 3 種類の前処理条件で、860°C の両面ほうろう焼成を施した。焼成後、160°C の恒温槽で 15 時間保持して水素の拡散を促進させ、つまとび発生の有無を調べた。その結果を表 6 に示す。KHN は連铸材、造塊材ともつまとび発生が皆無であった。

連铸材を用いた製品例として、ほうろうがけしたガスレンジ架台を写真 1 に示す。このほかにほうろうサイロ用に強度を上げた KHN-T も製造しており、品質は安定している。

(文責: 有賀 勇, 千葉製鉄所・管理部・熱延管理課)

表 6

		位置	前処理条件**		
			A	B	C
KHN	造塊材	LE	◎	◎	◎
		TE	◎	◎	◎
	連铸材	LE	◎	◎	◎
		TE	◎	◎	◎
SPHE	連铸材	TE	×	×	×

* ◎ つまとびなし、× つまとび大

** A: ショットブラストのみ

B: A + ピックリング (10% H₂SO₄, 75°C 5min)

C: A + B + Ni フラッシュ (2% NiSO₄ · 6H₂O, 70°C 5min)

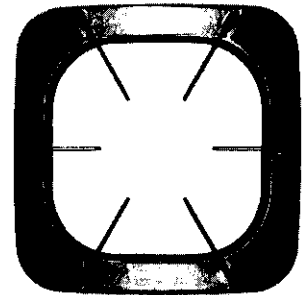


写真 1

4. 熱延高炭素鋼帯・鋼板

薄板用高炭素鋼の工程の連続は、昭和53年に開始したが、現在ではC1.0%以下の鋼種の80~90%が連続工程で生産されている。連続時には低融点モールドフラックスを用い、溶鋼過熱度を管理することにより、非常に安定した、良好な表面性状が得られる。たとえば、スラブ表面の手入減率は、造塊材に比べ0.6~1.0%減少している。

製品特性について、まず写真2にSK5熱延板の断面をピクラルル・エッチした組織を示す。造塊材トップ部の偏析状態に比べ、連続材は中心偏析層が著しく薄く、しかも鑄込全長にわたって一様である。

偏析の有害性の例としては、焼入時の断面割れ

(焼割れ)が挙げられる。焼入れ時には偏析部とその周辺部の変態開始時期の差により曲げモーメントが発生し、塑性変形しにくい偏析部で破断するものと考えられている。図8、9にその模式図と、板厚8mm ($h = 4\text{mm}$)の断面について試算した、偏析層の厚みと曲げモーメントの関係を示した。曲げモーメントは図の縦軸に比例する。連続材は偏析層が薄く M の値が小さいので、焼割れを生じにくい。事実、数多くの焼割れ試験によっても焼割れは全く生じていない。

つぎに、SK5熱延板の清浄度を図10に示す。連続材は造塊材より清浄度が優れている。特に連続材は、造塊材沈澱晶部に発生しやすい大型介在物がないため、きわめて安定した高い品質が得られる。

(文責：和田喜昭，千葉製鉄所・管理部・熱延管理課)

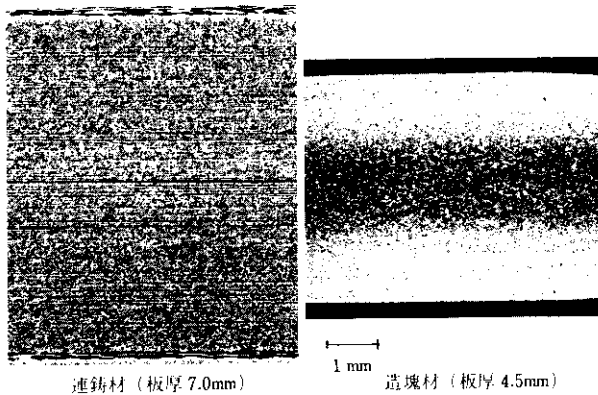


写真2

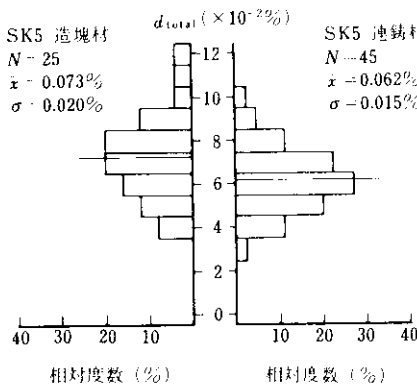


図10

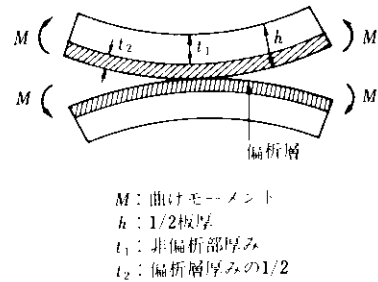


図8

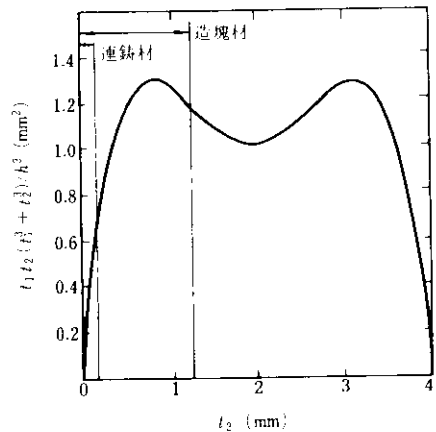


図9

5. 亜鉛めっき用極薄鋼板

亜鉛めっき原板のうちフルハード材は、亜鉛めっきラインで軟化焼鈍されないで形状矯正効果が小さく、原板形状への要求がとくに厳しい。ところが、薄物、とくに板厚 0.2mm 以下のフルハード用極薄鋼板の冷間圧延では、材料の加工硬化による圧延性不良（チャタリング）や形状不良が発生しやすい。また、ロール成形する鋼板では幅および長手方向に均一な材質が要求され、たとえば断面形状に広い平坦部があるサイディングパネルでは、弾性座屈によりオイルキャンと呼ばれる局所的な凹凸が発生しやすいなど、めっき原板に対しては種々の問題・要求が課せられている。これらの用途に連铸材を試験充当した場合の品質について、以下にその概要を説明する。実験に使用した連铸材および造塊材（リムド鋼）の化学成分の代表例を表 7 に示す。

(1) 冷間圧延性および形状

図 11 に、冷間圧延圧下率の、圧延荷重への影響を示す。造塊材の場合、キャップド鋼より C 量が低く軟質なリムド鋼でも、圧下率が 94% 以上になるとチャタリングの発生危険域に達する。一方連铸材でも、素材が硬い場合は 91% 以上の圧下率でチャタリング発生危険域があるが、 A_3 変態点以下で熱間圧延を行った C 量の低い素材は軟質で、総圧延荷重もリムド鋼より 5% 軽減し圧延性が改善される。

つぎに、冷間圧下率 94% で 0.16×762 mm のコイルを製造する場合に鋼帯の側端部に発生する耳伸びを図 12 に示す。ここでは、コイル長さ 1m あたりの耳波高さの総和を耳伸び指数として表示してある。造塊材では、化学成分のコイルごとの差や長手方向の偏差によって圧延変形抵抗が変動し、板形状が安定しない。また、圧延圧力が高いのでロールのたわみと偏平変形が大きく、約 70mm の幅でストリップのエッジにある軟質なりム層部分に小型の耳波が数多く発生する。

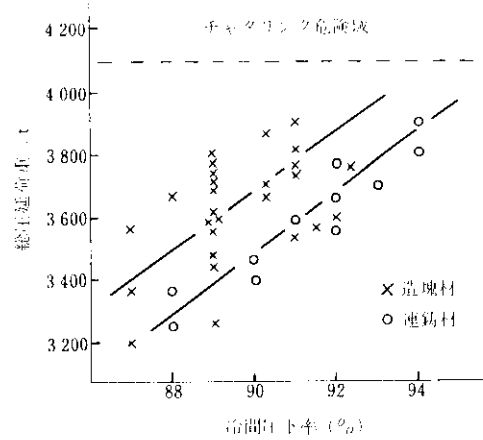


図 11

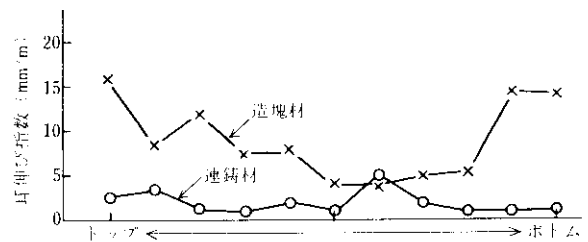


図 12

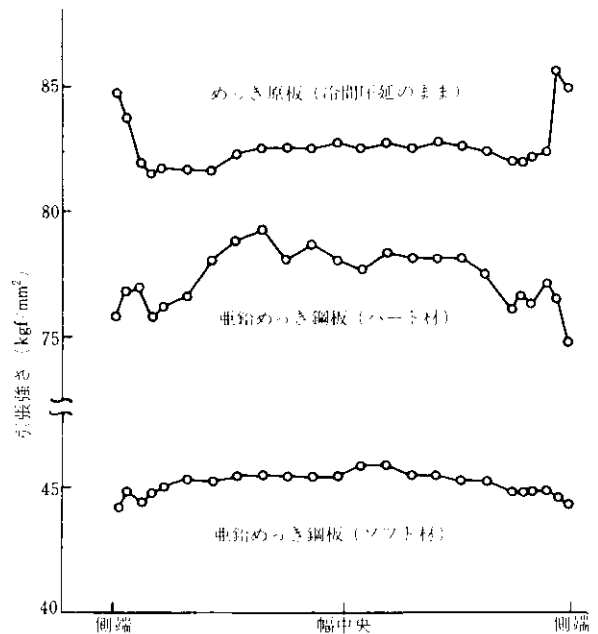


図 13

表7

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Al
連続キルド鋼*	0.02	0.12	0.22	0.012	0.015	0.010
連続キルド鋼**	0.07	0.16	0.31	0.014	0.016	0.011
リムド鋼	0.07	—	0.27	0.016	0.021	—

* 極薄亜鉛めっき原板用
 ** サイディングパネル向けカラー鋼板用

一方連続材では、化学成分の変動が小さいばかりでなく、素材の幅方向の結晶組織も最エッジの放冷部以外は均一な混粒となっており、長手方向の形状変化や耳伸び指数が小さく、また亜鉛めっき後の幅方向の材質変化も少ない(図13参照)。

(2) ロール成形性³⁾

カラー鋼板をサイディングパネルにロール成形する時の、面内圧縮応力による弾性座屈現象であるオイルキャンの程度を、渦電流式変位計で測定し、単位長さあたりの波高さの総和を h_w で表現して図14に示す。各材料に共通の傾向として、微小歪引張試験による比例限度力 σ_L が高くなるほど h_w が小さくなり、 35kgf/mm^2 以上であればオイルキャンは良好である。ここで 30kgf/mm^2 以下のリムド鋼は、いずれもレベラーをかけた材料である。レベラーの影響を図15に示す。連続材ではレベラー処理の有無にかかわらず h_w が小さくてオイルキャンは良好であるが、リムド鋼ではレベラー処理したものが悪い。これは、レベラー処理によるバウシinger効果が連続材より大きく、 σ_L が成形応力より低くなって塑性変形を生じたためと考えられる。

一方、 σ_L が過大になっても h_w は大きくなる傾向が見られ、図14では省略したが、 70kgf/mm^2 の材料では 3.78mm/m であった。これは、ロール成形中の材料の幅方向伸びと長手方向縮み変形は素材形状不良を矯正する効果があるが、 σ_L の大きい材料ではこの効果が薄くなって、成形後まで残ったものと考えられる。

(文責:石崎文武,千葉製鉄所・管理部・冷延管理課・掛長)

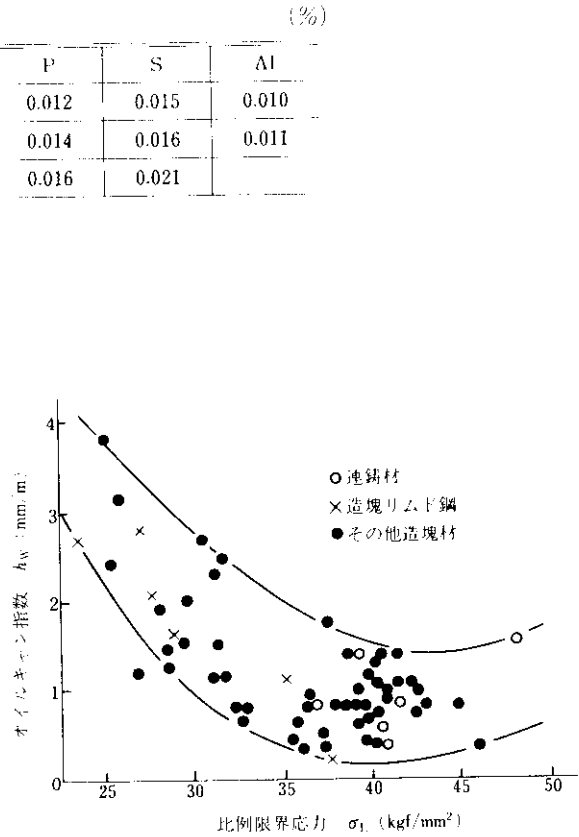


図14

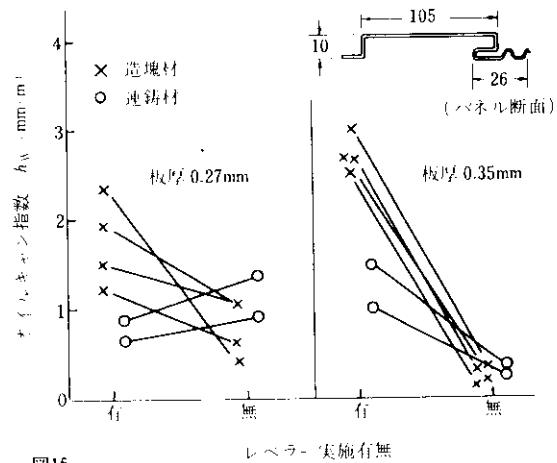


図15

参考文献

3) 比良ら: 塑性と加工, 20 (1979, 10月) 225, 933

6. ぶりきおよびティンフリー鋼板用薄鋼板

ぶりきの用途としては、果实用食缶の占める割合が大きい。果实用食缶材料としてのぶりきには、内容物が弱酸性で腐食を促進するので、高耐食性が要求される。また、はんだのぬれ性の点では、板面粗度の影響が大きいので、とくに薄めつき材や、食品衛生上の要求から純すずはんだが用いられるジュース缶などの場合には、とくに板面粗度の細かいものが必要になる。さらに、ぶりきやティンフリー鋼板の印刷機としては、省エネルギー・能率向上の目的で、多段式が使われはじめ、原板の平坦度への要求が一段と厳しくなってきた。

このような状況を考慮して、当社では、この種原板の素材を、従来の造塊材（キャップド鋼）から連铸材（低炭素 Al キルド鋼）へと積極的に切換える方針を打ち出した。ぶりきおよびティンフリー鋼板用連铸材・造塊材の化学成分の代表例を表 8 に示す。

以下に形状と耐食性について、連铸材と造塊材の品質を比較した一例を紹介する。

(1) 形状

ぶりきやティンフリー鋼板用原板の形状は、調質圧延の耳伸び矯正段階ではほぼ決まる。耳伸びに

は、成分偏析などに基づく鋼板幅方向の不均質性が強い影響を及ぼすが、調質圧延機のワークロール粗度もまた、耳伸びとの関係が深い。耳伸びに及ぼすこれらの要因の影響を図 16 に示す。板面粗度の細かいぶりきをつくるために、ワークロール粗度を細かくすると鋼種にかかわらず、耳伸びは大きくなる。成分偏析の大きい造塊材⁹⁾の耳伸びは、板幅端部の硬度より中央部が高くなるにしたがって大きくなる。一方、成分偏析の小さい連铸材では、スラブ位置にかかわらず板幅方向硬度差が小さく、耳伸びも小さい。したがって、ぶりき製造工程でも平坦度がよく、通板作業が安定するので、安定した高い品質を実現できる。

また、詳細は省略したが、連铸材のぶりきは時効劣化が少なく、深絞り加工に適している。

(2) 耐食性

ぶりきの耐食性を支配する因子の一つに、すず層の不連続部分で合金層や素地鋼の露出があり、これらの多いものは耐食性が劣る⁵⁾。その改善法として、めつき工程では、すずめつき後のリフロー処理（すずの加熱溶解）の加熱条件が重要であるが、原板の表面性状の影響も大きい。そこで、表 8 に示す 4 種の原板を用い、耐食性比較のため以下の試験を行った。

商用ラインにおいて、表 8 の焼鈍を行った後、調質圧延を行い、すずめつき供試材を採取した。供試材は実験室にて脱脂、酸洗後、回転陰極セルによりハロゲン法で #75 に相当するすずめつきを行い、直ちにリフロー処理を施し、耐食性試験を行った。耐食性試験成績を原板の化学成分値とともに表 8 に、また各処理条件と耐食性試験法の概要を欄外注に示す。

ATC 値は、連铸材と造塊材の別や焼鈍法によっても大差はないが、ISV とチオシアネート値は、焼鈍法にかかわらず連铸材が優れている。ISV は焼鈍中に鋼板表面の結晶粒界へ富化濃縮した酸化物に大きく支配されること⁶⁾が知られているが、連铸材は酸化物総量が少なく、鋼板表面清浄度も高いこと⁷⁾などが ISV に有利に作用したものと考えられる。

〔文責：泉山植男，千葉製鉄所・管理部・冷延管理課・掛長〕

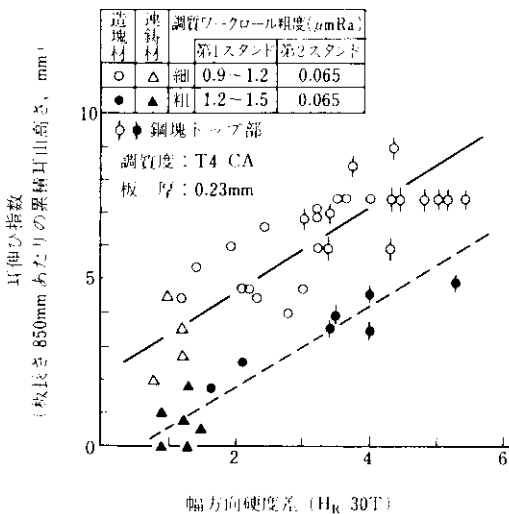


図16 (側端より 200mm 内側) (側端より 10mm 内側)

表 8

素 材	焼きなまし	原板の化学成分(%)						合金錫量 (g/m ²)	耐食性試験成績		
		C	Si	Mn	P	S	Al		ATC ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	ISV ($\mu\text{g}/3\text{in}^2$)	チオシアネート値 (mg/dm ²)
Alキルド 連 鋳 材	連 続	0.065	0.024	0.28	0.015	0.013	0.040	0.73	0.10	1.8	2.05
	ボックス	0.058	0.020	0.29	0.013	0.016	0.058	0.64	0.15	1.6	1.87
キャップド 造 塊 材	連 続	0.078	0.001	0.27	0.012	0.022	<0.001	0.71	0.10	7.1	3.05
	ボックス	0.097	0.002	0.26	0.017	0.019	<0.001	0.64	0.15	8.1	3.20

注 1) 試験内容説明

ATC 試験：

果実ジュースなど酸性食品缶詰の貯蔵寿命を予知できる試験法として開発されたもので、ジュース中で純すず板と合金すず層まで露出させたぶりき板試片を連結し、この間に流れる微弱な電流を測定し、ATC電流として耐食性の評価を行う。

鉄溶出試験：

めっき前の原板表面およびめっき層の耐食抵抗を求めるため、缶詰の反応をまねた試験状態で、ぶりき試片から溶解したFeの量ISVを求め、耐食性の評価を行う。

チオシアネート有孔度試験：

すずめっき層の不連続な部分で鋼地金が露出しているところから、腐食液に溶解したFeイオンを、赤色のチオシアン酸鉄の形で比色定量して、耐食性の評価を行う。

注 2) 実験条件

脱脂：浴組成 カセイソーダ 50g/l

グルコン酸ソーダ 3g/l

添加剤 1g/l

温度 80°C 以上

電解条件 C.D. 5A/dm² で陰極処理10s

酸洗：硫酸 25g/l (30°C) に 5 s 浸漬

すずめっき：浴組成 ハロゲン法すずめっき液標準組成

温度 60°C

電解条件 C.D. 30A/dm²

試片回転数 500rpm

リフロー：電圧 4V、時間 3.6 s

参 考 文 献

- 1) 久々湊、鐘田、善本、田中：川崎製鉄技報，5 (1973) 4, 61
- 2) 東洋鋼板㈱：ぶりきとテインフリースチール，(1974)，137 (アグネ)
- 3) 望月、番、原田：鉄と鋼，66 (1980) 4, A 93
- 4) 蛇目、原、松島、高野、神原：鉄と鋼，66 (1980) 4, A 85

7. 耐海水性形鋼

耐海水性鋼用のH形鋼や鋼欠板にはPおよびCuを添加してその特性を保証している(表9参照)。当社では、RH真空脱ガスした転炉溶鋼を連続铸造し、大形、中形工場で圧延している。ブルーム寸法は240×400mm, 300×400mm, 400×560mmの3種であり、このほか、120×400×460mmの連続ビームブランクも使用する。

連铸材は造塊材より偏析が少ないとはいえ、多量に存在する鋼中のPが凝固時に偏析しやすく、結晶粒界にFe₃Pなどの低融点化合物を形成し、この際シェル強度を低下させるSが共存すると内部割れを生ずることが多い。

表9にASTM-A690の規格値を示す。

そこで、図17に示すように十分脱硫し、かつ低温铸造で偏析を抑制することにより、内部割れの発生を完全に防止できた。

一方、表面欠陥に関しては、矩形断面を有するブルームの場合、最終製品に対して有害な欠陥は発生しない。複雑な断面形状のビームブランク铸片ではウェブ部に縦割れ状の欠陥が発生しやすいが、二次冷却パターンを改善しこれを防止している。この結果、素材熱片の無手入直送圧延も可能となった。

つぎに、H形鋼製品の材質特性の例として、C当量(C+ $\frac{1}{3}$ Mn)と降伏点の関係を図18に示す。規格値を十分に満足しており、かつ造塊材よりばらつきが少なく安定した強度を示している。

(文責：橋本隆文、水島製鉄所・管理部・条鋼管理課)

表9

成分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni
規格値	≤0.22	≤0.10	0.60~0.90	0.080~0.150	≤0.050	>0.50	0.40~0.75

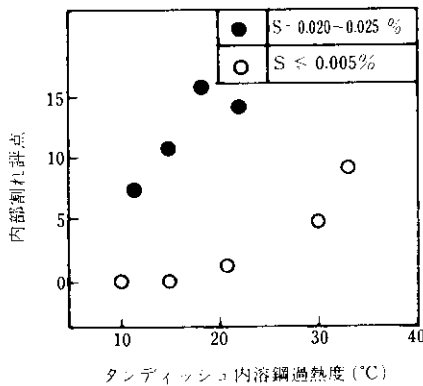


図17

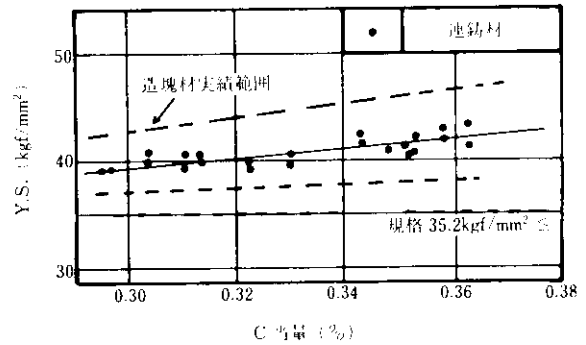


図18

8. 継目無鋼管

連続铸造技術の向上に伴い、継目無鋼管への連続铸造の適用を順次実施してきたが、その結果、铸造開始から終了まで全長にわたる均一性が高く評価され、現在ではラインパイプ用、油井用、および機械構造用を含む継目無鋼管用素材の全生産量の98%以上を連続ブルームから製造している。さらに、低合金高級ボイラーチューブ材についても連続铸造技術を確立した。

以下に、製造プロセスと素材・製品の品質概略を説明する。

RH真空脱ガス処理を施した転炉溶鋼を無酸化低温铸造し、品種により電磁攪拌を実施して内部・表面品質とも良好なブルームが得られる。これを大形圧延機(175~350mmφ)や鋼片圧延機(110, 175mmφ)で圧延した丸ビレットは、ピーリングなどの表面手入れを行う必要がなく、良好な製品表面品質を保証できる。図19に、丸ビレットC断面におけるCの偏析状況を連続材、造塊材について示した。鋼塊トップ相当部のビレットでは中心

部で約1.35倍の濃化が認められるが、連続製ビレットではどの位置においてもほとんど変化がなく極めて均一である。

これらの丸ビレットは、さらにマンネスマン・プラグミル(外径177.8~406.4mm)やマンネスマン・マンドレルミル(外径21.3~168.3mm)により製管される。以下に製品品質の教例を示す。

当社の最大サイズである16インチ鋼管(外径406.4mm, 肉厚21.44mm)のC断面サルファープリントを写真3に示す。管内面側と外面側で差異は認められず極めて均質である。

油井用鋼管の清浄度測定結果を図20に示す。連続製鋼管は造塊製鋼管に比べ清浄性が優れている。図21に連続の铸造位置別に鋼管の段削り地疵試験成績を示す。欠陥が全く検出されないことが多く、時々発見される疵も非常に微小である。

図22にビレットの直径別に自動磁気探傷(アマロクソノスコープ)検査における不良鋼管の発生率を示す。ビレットの圧下比が比較的小さい330~350mmφの管においても造塊材と差はなく良好な成績である。

(文責：中川康弘、水島製鉄所・管理部・厚板管理課)

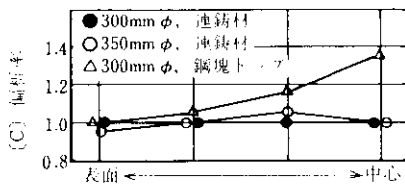


図19

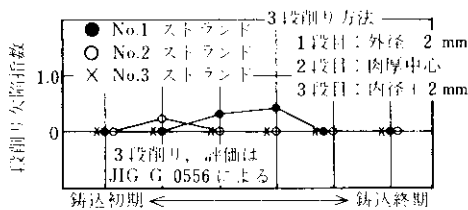


図20

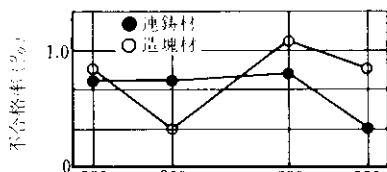


図22

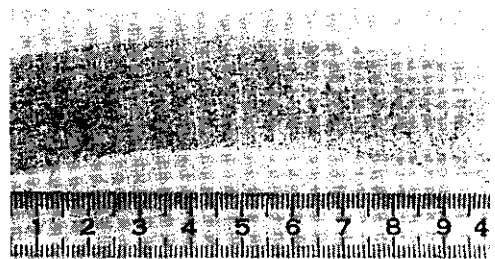


写真3

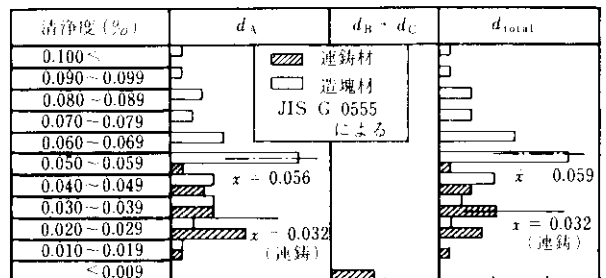


図21

9. 極細引き用軟鋼線 KFR-3

極細引き用軟鋼線材は、従来低炭素リムド鋼を用いていたが、需要家の生産性向上、作業性改善のニーズに応えるため、伸線性のより優れた軟鋼線材を連続製造法で製造する技術の開発に取り組んだ。新製品 KFR-3⁸⁾は C, Si, Al および N を低く規制した転炉鋼を連続製造、圧延して得られる、均質でかつ伸線性に優れた鋼線である。

表 10 に新製品 KFR 3 と従来材の供試材化学成分を示す。リムド鋼に匹敵する機械的性質ならびにより優れた加工性を得るために、成分設計は以下のように行った。

- (1) 材質の硬化を抑制するため、C, Si, Mn, P を低目に規制する。
- (2) 溶鋼の脱酸調整、清浄度向上を意図して適量の Al 添加を行う。
- (3) Al 添加による AlN の析出、加工硬化および時効を抑制するため、N を低く規制する。

つぎに、極細引き伸線中の加工に伴う R.A. と捻回値の変化を図 23 に示す。KFR 3 の R.A. および真歪 $\epsilon = 2.0$ 以下における捻回値は、他の鋼種より大きな値を示している。これらの結果より、C, Si, Al および N を低く規制した KFR 3 の材料特性を整理すると、

- (1) 組織は α 結晶粒径が大きく、パーライト量が少ないため低強度高延性を有している、
- (2) 伸線時の加工硬化および加工脆化が小さく断線が大幅に改善される、

表面処理	スケール	伸線速度 (m/min)
メカニカバラスケール後 ドクタース処理	5.5 13ダイス	0.8
		1 000

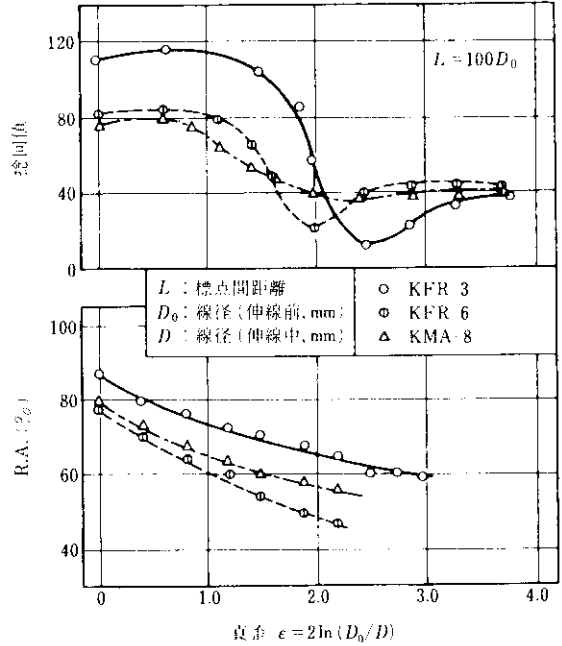


図23

- (3) 伸線後の軟化焼鈍は従来材より低温の熱処理で同等の強度が得られる、等であり、生産性向上、品質安定および省エネルギーに大きく寄与している。

[文責：上杉浩之、水島製鉄所・管理部・厚板管理課・掛長]

参考文献

8) 峰ほか：川崎製鉄技報，11 (1979) 4, 137

表 10

		C	Si	Mn	P	S	Al	N	O
連铸材(新)	KFR 3	0.005 ~0.022	<0.01	0.20 ~0.30	0.009 ~0.010	0.005 ~0.020	0.001 ~0.005	0.0020 ~0.0040	0.0150 ~0.0250
造塊材	KFR 6	0.04 ~0.07	<0.01	0.25 ~0.34	0.008 ~0.010	0.007 ~0.024	<0.001	0.0016 ~0.0027	0.0229 ~0.0264
連铸材(旧)	KMA-8	0.03 ~0.07	0.01 ~0.02	0.25 ~0.35	0.013 ~0.015	0.015 ~0.020	0.005 ~0.020	0.0052 ~0.0060	0.0025 ~0.0035