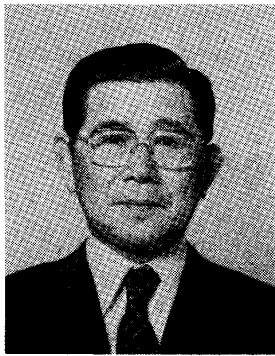


© 1984 ISIJ



大型高品質鋼の開発と素形材の新しい使命



館野万吉*

Developments of Large Size High Quality Steels and Their Future Aspects as "Near Net Shape" Material

Mankichi TATENO

本日は計らずも栄えある渡辺義介賞をいただき、まことに身に余る光栄と感激感謝致しております。この機会に、会長から何か話をするように仰せつかりましたので、長い間先輩や同僚とともにやつて参りました、大型鋳鍛鋼や極厚鋼板の進歩の過程を回顧し、あわせて素形材としての将来の展望にも触れてみたいと存じます。

1. はしがき

昭和30年代に本格化した、わが国産業の再建と経済の高度成長を支えた要因の一つとして、産業全般における設備の巨大化による、製品と流通のコストの著しい低下を挙げることができる。

設備の巨大化に促されて、鍛鋼品、鋳鋼品、あるいは極厚ボイラ鋼板などの大型鋼製品は、まず戦前からの技術的、経済的な遅れを取戻した後、わが国鉄鋼業全体の躍進の中で、よりいつそうの大型化と高性能化とをもつばら自力開発で達成した。

以下、この分野に従事するものの一人として、この間の大型高品質鋼の進歩の要点を顧み、また素形材の中での将来像を考えてみたい。

2. 鉄鋼材料と素形材

2.1 鉄鋼素形材と大型高品質鋼

機械装置類の完成部材に近い形状まで、一つの連続体として冶金的に加工された金属材料は、今日、金属合金加工の新しい観点から、いわゆる素形材 (near net shape) として位置づけられ、認識されている。

わが国の全粗鋼生産量と比較して、鉄鋼素形材の主体をなす鋳造品と鍛造品の生産量を取り上げてみると、図1に示すごとくである。すなわち、近年、素形材の全生産量は約7~800万t/年で、この内鋳鉄系鋳物が約500万t、小型の型鍛造品(鍛工品)が約150万t、残る120~150万tを鋳鋼品と鍛鋼品とで分け合っているという需要構造である。

この鋳鋼品、鍛鋼品、および一部の極厚鋼板を“大型

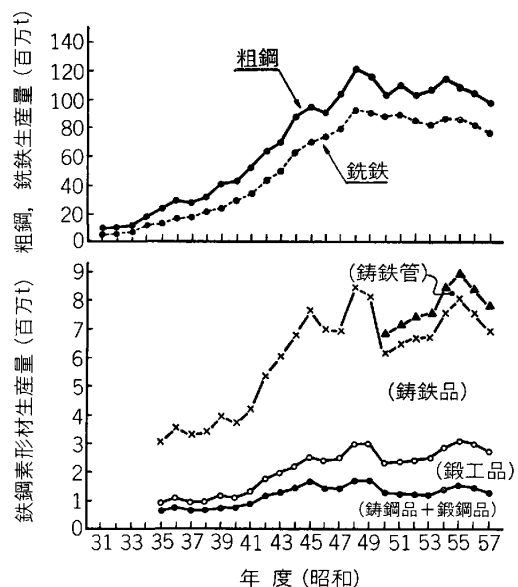


図1 わが国の粗鋼と鉄鋼素形材(プレス成形品を除く)の生産量推移

出所: 鉄鋼統計要覧(昭和58年), 日本鉄鋼連盟: 鋳物年鑑(昭和58年度版), 総合鋳物センター

高品質鋼”の範疇にとらえて、以下の記述をすすめる。

2.2 鉄鋼素形材と機械工業からのニーズ

わが国は、世界で最も産業構造の高度化した国の一つであるが、とくに機械工業は製造業生産の約40%を占め、またその輸出は総輸出額の60%以上を占めている。

機械工業の発展において鉄鋼材料の果たした役割は顕著であるが、他方、ユーザからのニーズが、製品と技術の開発を促進し、これが大きな柱の一つであった。大型高品質鋼の発展においても同様であつて、ユーザの大量生産、コスト安の指向に対応して、製品の品質を高度化し、単体サイズを大型化して、電力(水力、火力、さらには原子力)、鉄鋼、造船、化学工業、各種産業機械、車輛、土木機械など、多くの産業設備に素形材が提供されてきたのである。

昭和59年4月1日 本会講演大会における渡辺義介賞受賞記念特別講演 昭和59年5月24日受付 (Received May 24, 1984)

* (株)日本製鋼所 代表取締役社長 工博 (The Japan Steel Works, Ltd., 1-1-2 Yuraku-cho Chiyoda-ku 100)

3. 最近の代表的な大型高品質鋼製品

最近の代表的な大型高品質鋼製品の数例を紹介する。

3.1 ロータ軸材

大型ロータ軸材は、超大径の軸心部まで優れた品質を求められ、いわば鍛鋼品の粋である。図2は、最近30年間のタービン発電機用ロータ軸材について、単機容量と使用する最大型鋼塊開発の経過を示す。昭和42年に250tに達した鋼塊は、その後昭和44年の400t、47年の500t、55年の570tと、それぞれの時点で世界最大型を達成しつつ、今日に至っている。図3はこれら軸材の代表的な主要仕様を示す。発電機軸材の247t（西独での次期原子力発電所、1800MWe級に充当予定のもの）と、低圧タービン軸材の重量292t、直径2620mmは、世界の最大級製品であるが、これらは、現在、世界でわが国のみが製造可能である。

写真1は原子力、火力発電用一体鍛造型低圧タービン

軸材で、ディスク焼嵌め部の応力腐食割れを除くという設計上の要請に基づくものであり、昭和52年に開発された。容量10000t程度のプレスで、直径3000mm級

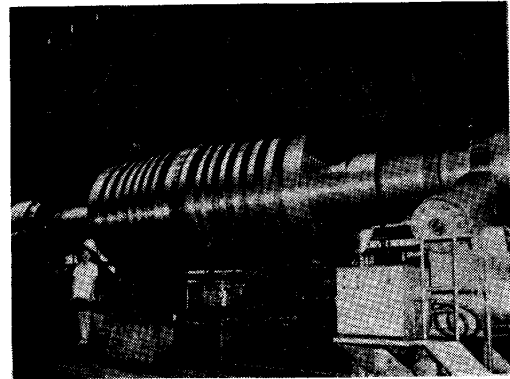


写真1 原子力、火力発電用、一体鍛造型低圧タービン軸材

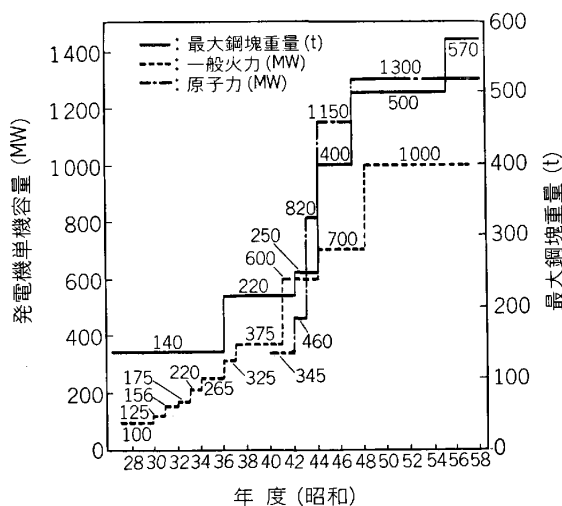


図2 タービン発電機の最大単機容量と最大鋼塊重量の変遷（日本製鋼所）



写真2 発電機軸材の噴水焼入れ、235t級

超大型ロータ軸材の形状 (ドラム径, mm)	出力 (MWe)	回転速度 (rpm)	材質	鋼塊重量 (t)	ドラム重量/ 納入重量 (t)
(1072)	500	3600	35NiCrMoV	140	65/58
(1551)	500	1800	同上	250	108/97
(1828)	1300	1500	28NiCrMoV	400	212/196
(1828)	(2350MVA)	1500	同上	500	255/247
(1982)	250	3600	35NiCrMoV	180	84/50
(2950)	150	1000	28NiCrMoV	400	207/157
(2363)	700	1800	35NiCrMoV	500	170/89
(2640)	870	1800	同上	400	137/95
(2620)	1100	1500	28NiCrMoV 35NiCrMoV	570	292/163

図3 タービン発電機用超大型ロータ軸材の代表例

の軸材を鍛造することが要点である。写真2は 235 t 級 発電機軸材の噴水焼入れの状況を示す。

写真3は、米国 NASA の超音速極低温風洞(Langley Research Center, Norfolk, Virginia) のファン軸で、全長 17.4 m、重量約 40 t である。9%Ni 改良鋼鍛造品で、180 t 鋼塊から製造した画期的な製品である。

3.2 原子炉圧力容器用鋼材

この鋼材では、原子炉に求められる高い安全性に由来して、靱性、内部欠陥、超大型部材の採用による溶接線の減少など、プラント・メーカーからの要求品質は常に最高水準のものである。筆者らは、わが国で稼働中の原子力発電所のほとんどすべてに主要構造用鋼を納入したほか、欧米諸国にも輸出をしてすでに十数年を経験している。

写真4は、西独 KWU 社、1300 MWe の標準型原子炉圧力容器のベッセル・フランジで、Biblis-B 発電所向けとして初めて製造したものである。これ以前には、4 個の鍛造材を ESW 法で溶接していたが、筆者らは 400 t 鋼塊からの一体鍛造に成功し、以来数多くの後続プラ

ントに同様製品を納入した。これらの鍛造材によつて製作される原子炉圧力容器を図4に示すが、同図(d)に見られるような外径 8 m 以上のリング鍛造材(最大のものは、外径 8440 mm、重量 238 t、570 t 鋼塊から製造)、あるいは弦径 6.8 m のヘッド(成形前のブランク径は約 8 m、厚さ 600 mm)などの実績は、現在わが国で開発中の改良型軽水炉(A-BWR および A-PWR)の製造に対して十分な余裕があり、また近く着工される高速増殖炉「もんじゅ」に必要なとされると聞く外径 9 m 以上のステンレス鋼フランジ材にも、直ちに適応可能である。

3.3 原子炉用特殊部材

原子炉用機器は多数種の金属材料と異種金属間の溶接部で構成される。前述の圧力容器用鋼材以外の、原子炉用特殊部材の2例を述べる。

写真5は BWR 炉、1 次系配管材で、エルボ(90° 曲り管部)の両端での周溶接線を減らし、また材質を改良して(窒素強化型低炭素 316 ステンレス鋼へ)、これらによつて応力腐食割れの危険を除去したものである。

写真6は米国の核融合試験炉(TFTR, プリンストン

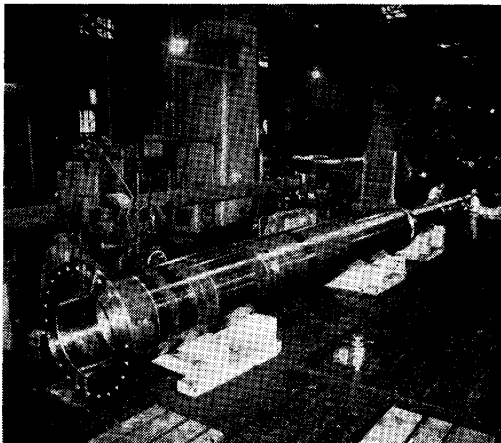


写真3 超音速極低温風洞(米国, NASA)のファン軸。9%Ni 改良鋼, 40 t

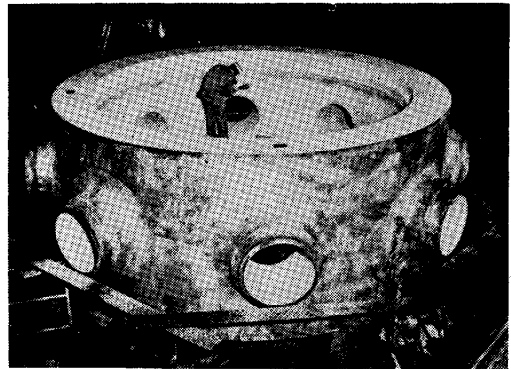


写真4 1300 MWe 級, 原子炉圧力容器(PWR用)のベッセル・フランジ。西独 KWU 社, 165 t

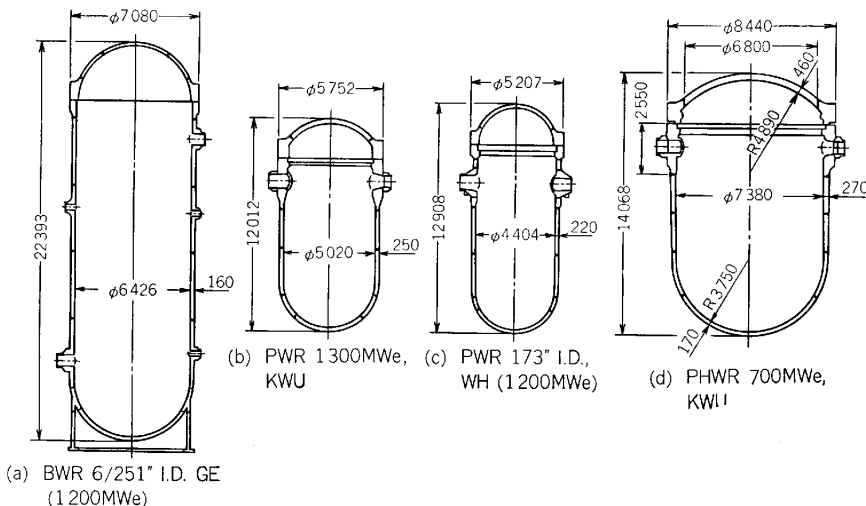


図4 現用最大型原子炉圧力容器の寸法

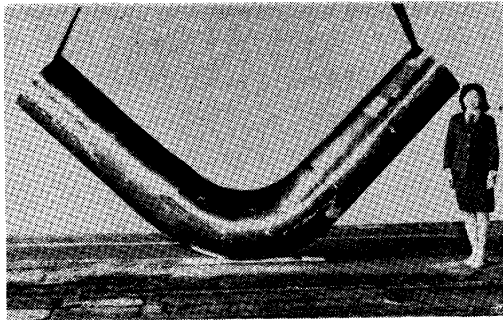


写真 5 BWR, 1 次系配管材. 改良型 316 ステンレス鋼, 直管部つきの型式のもの

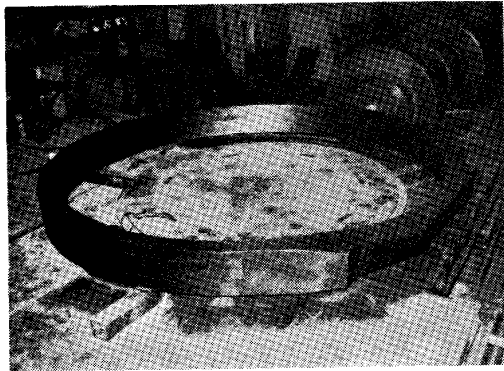


写真 6 核融合試験炉 (米国, プリンストン大, TFTR) の高強度非磁性鋼部材

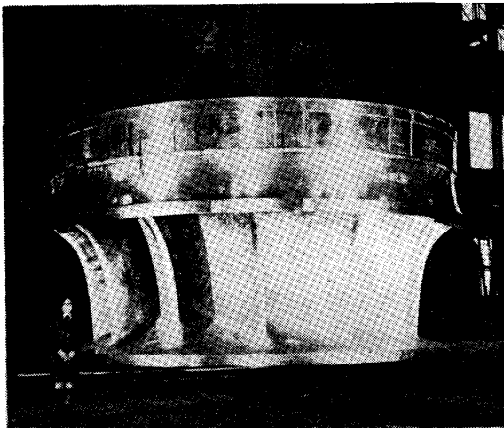


写真 7 大型フランシス水車ランナー. 13Cr-3.8Ni 鋼, 146t

大学) のための高強度非磁性鋼 (15Mn-18Cr-高 N_2 鋼) で, 来年一部が完成される日本原子力研究所の JT-60 装置のトロイダル・コイル・アセンブリーでも, 同様部材の多くを製造している。

3.4 鋳鋼品

複雑な最終製品形状に近く加工 (凝固) する鋳造品の特長は, 大型化と高品質化を加えることによつて, 素形材における重要な立場をさらに強くする。最近の例を挙げてみよう。

写真 7 は大出力フランシス型水車のランナー (13Cr-3.8Ni 鋼, 146t) で, エロージョンに強い材料, また写

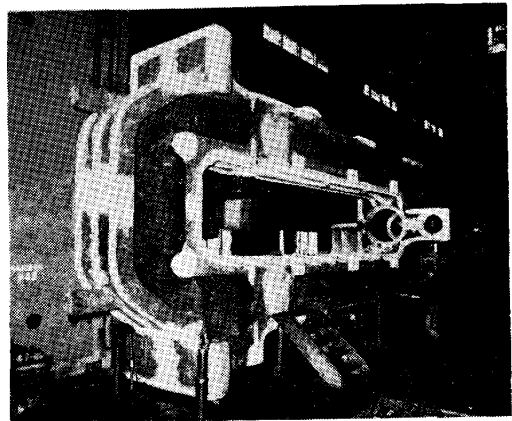


写真 8 大型厚板ミル用ロール・スタンド. 220'' 級圧延機, 約 400t, 炭素鋼

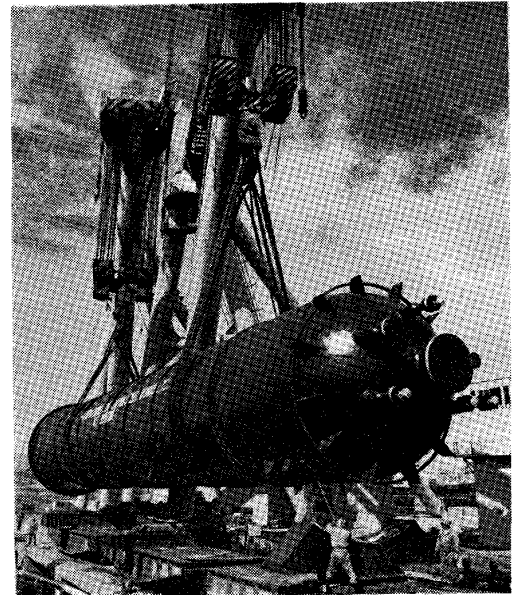


写真 9 わが国最大の圧力容器. 重油脱硫用. 850t

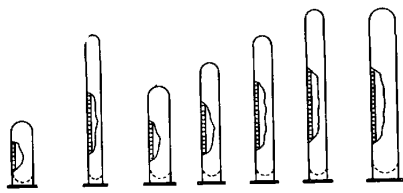
真 8 は 220'' 級厚板ミル用のロール・スタンド (炭素鋼, 約 400t) である。原子力発電用タービンのケーシングも大型化し, また若干の耐エロージョン特性を持つ材質である (13Cr-1Ni 鋼, 98t の例)。

3.5 化学工業用圧力容器

石油精製, 石油化学用のリアクタは, 極厚肉, 大型の圧力容器である。昭和 30 年代の後半から, リアクタの急速な大型化が進み, これに伴つて, かつての 70~80t 級, 一体鍛造品から溶接構造に変化し, 用途の中心も肥料合成から石油関連に移つた。

写真 9 はわが国最大の 850t 級圧力容器 (21/4Cr-1Mo 鋼, 重油直接脱硫用) である。昭和 57 年秋以降に, 筆者らは単基 1200t 級の同様な圧力容器, 9 基を米国の某精油所に納入したが, これは現在世界最大の圧力容器 (工場完成のもの) である。

これらの超大型圧力容器の溶接設計においては, 筆者らは昭和 38 年頃から鍛造リング材の周溶接構造を推奨



年(昭和)	39	43	49	55	57	(60)	(65)
高さ(m)	16	35	23	28	34	40	40
内径(m)	4.3	2.9	4.3	3.8	3.5	3.4	4.9
厚さ(mm)	203	254	260	256	282	318	406
重量(t)	531	815	850	875	1150	1600	2800
用途	H-Oil	H-Oil	HDS	RDS	LCF	SRC-II	—
特記事項	— 現地組立 —		—	—	—	—	実証用 実用機

図 5 大型圧力容器のサイズの増大

して今日に至っているが、この方式は圧力容器の安全性、信頼性、寿命の増加に寄与する面が多く、また前述の原子炉圧力容器にも技術移転されて、供用期間中検査 (ISI) の減少によるメリットを生み出している。

このような圧力容器は、石炭液化ではさらに大型化が要請され、SRC-II 計画 (GULF 社) では、1600t あるいは 2800t (最初の予想商用容器) という、巨大な計画がなされた (図 5)。この場合、容器の円筒部の肉厚は 400mm を超え、また運転温度は 500°C に達するので、筆者らは (財) 新エネルギー総合開発機構 (NEDO) の委託を受けて、高温クリープ強さが現在規格材よりも 35~50% 高く、しかも耐水素アタックに優れた新材質を開発した。

4. 大型高品質化における技術開発

前述 3. に示した諸製品の実現の背景として、技術開発と達成した品質での要点を述べる。

4.1 製鋼技術の開発と設備の改変

4.1.1 造塊法の発展

鋼塊あるいは鋳塊のより優れた内部健全性は、大型高品質鋼の製造者にとって永遠の課題であり、まさしく “Everything is to the ingot.” である。

昭和 30 年、A. Tix 博士による真空造塊法の工業化の後、米、独の鍛造工場によつて 350t 級の鋼塊が製造される一方、ESR, MHKW, BEST, ABR など、幾多の革新的な造塊法が試行され、実用に移されてきた。これらは前述のような需要家からのニーズに発しているが、中でも昭和 40 年代初頭に大量に発注された 1000 MWe 級原子力発電所に必要とされる、重量 180~200t

表 1 高品質、超大型鋼用鋼塊の開発

1.	トランプエレメントを極小とする精錬技術
2.	複数の電気炉の意図的使用 — MP 法 (multi-pouring) によるマクロ偏析の低減
3.	真空処理保持炉での取鋼精錬
4.	VCD (vacuum carbon deoxidization) の高度化 — マクロ/ミクロ偏析の低減
5.	低高径比の通常型鋼塊の改良 — ESR などに頼らない通常の方法
6.	中空鋼塊の適用 — 技術的、経済的に有利な場合

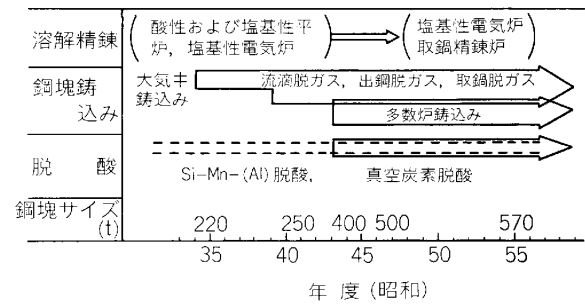


図 6 最近 25 年間における製鋼造塊法と超大型鋼塊の変遷 (日本製鋼所)

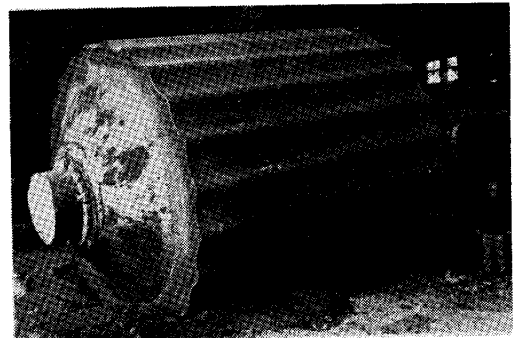


写真 10 570t 鋼塊の外観

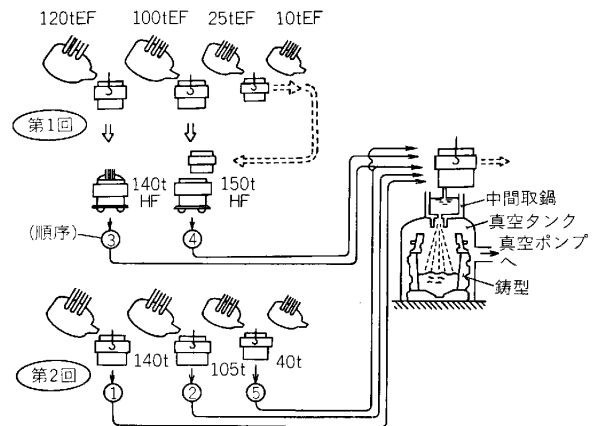


図 7 570t 鋼塊の鋳込みシーケンス

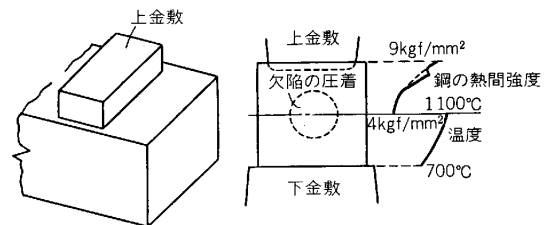


図 8 鋼塊内部欠陥の鍛造による圧着 (JTS 法)

級の発電機軸材の開発は、最大のインセンティブであつた。

筆者らは、先輩各位の指導の下に、この問題に取り組み、表 1 のような方針の下に通常造塊法の改良発展によつて進むことを決定した。図 6 は筆者らの工場における溶解精錬法、造塊法、鋼塊サイズの変遷を示すが、昭和

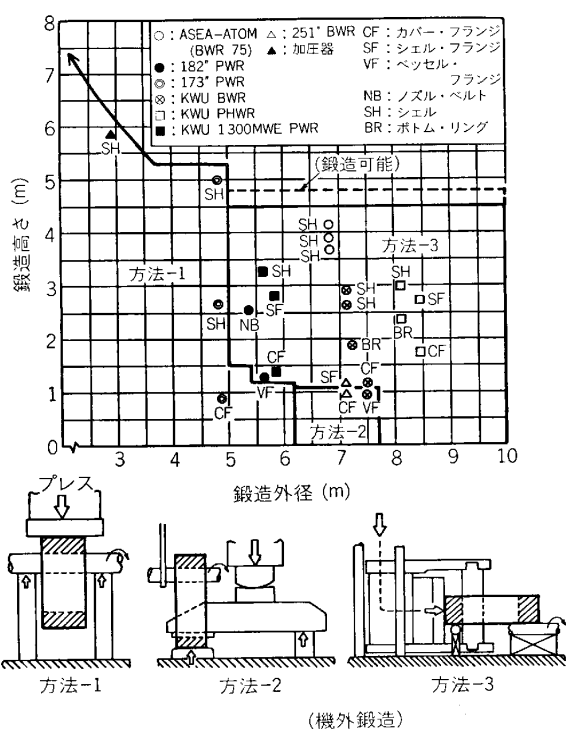


図9 10000t プレスによる各種のリング鍛造方式と製造能力(日本製鋼所)

44年以降、筆者らは400~570t鋼塊約240本によつて、前述のような需要家の要請に応じてきた。写真10は570t鋼塊、また図7はこの570t鋼塊をVCD 鋳込する時のシーケンスを示す。

4.1.2 鋼塊内部欠陥の圧着

鋼塊内部の空隙性欠陥の圧着は、限られた容量のプレスで大型化する鋼塊を処理する場合に、重要な課題である。

筆者らは、25年余以前から、図8のように鍛造中の鋼材内に温度勾配を与える鍛錬法(温間鍛錬法あるいはJTS法と略称する)を考案して、大型鍛鋼品と極厚鋼板に適用してきた。

最近、わが国の各社におかれても、これをさらに綿密に研究されて、新しい観点(FM法など)から活用されているようである。

4.1.3 大型リング材の鍛造

さきに図4に例示したように、大型鍛造リング材への需要家の要望は、過去15年来増大の一途であつた。しかし、このような超大型品の需要数量は当然少ないので、これらを最小限の設備改造で製造することが重要である。筆者らは二つの機外鍛錬法を実用化し、多くの製品を製造してきた。鍛造方式と実例を図9に示す。

4.2 品質に見る変革

多くの特性の中から、次の二つによつて品質の変革を述べる。

4.2.1 偏析の低減

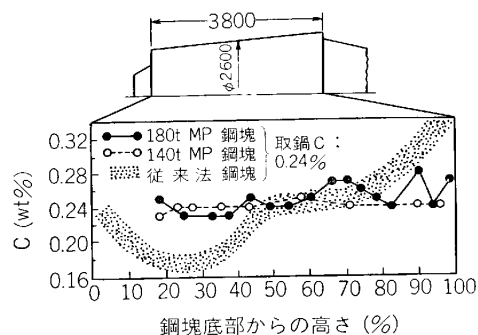


図10 大型鋼塊軸心部の炭素量分布: 従来法とMP法

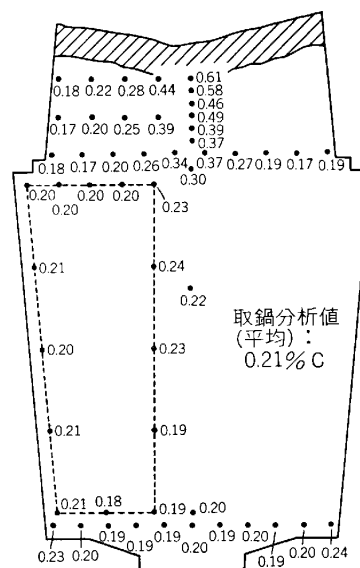


図11 570t, MnNiMo 鋼塊内の炭素量の分布

前述4.1.1のような製鋼造塊法の改善によつて、大型鋼塊内部の偏析は激減した。

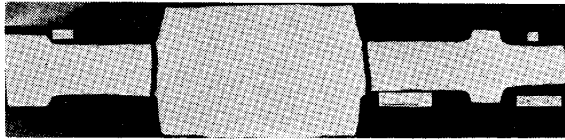
図10は140tおよび180tの鋼塊について、通常鋳込法とMP法とを比較した結果で、鋼塊の底部(負偏析帯)と頭部(最大偏析帯)での偏析が著しく減少していることが知られる。図11は570t鋼塊縦断面での炭素量偏析の例で、押湯部を除けば、偏析は工業的にはほぼ除き得ているといえる。この鋼塊から製造した原子炉圧力容器用フランジ材(Mn-Ni-Mo低合金鋼)についての製品分析でも、偏析は(0.21±0.02)%Cの範囲にとどまっている。

写真11は、昭和27年に酸性平炉溶解、大気鋳造の75t鋼塊から製造した発電機軸材と、昭和50年にVCD処理の140t鋼塊で製造した低圧タービン軸材についてのサルファ・プリントの比較を示す。硫黄含有量は両者とも0.008%であるが、VCD鋼の低圧タービン軸材のサルファ・プリントは、いわば“真白”であるといえる。すなわち、マクロ偏析の低減に加えて、VCD鋼では、よりミクロのスケールでの偏析も著しく改善さ



(a) 酸性平炉-大気铸込み, 75 t 鋼塊より, 昭和 27 年製造

化学組成 (wt%)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
	0.34	0.38	0.51	0.021	0.008	3.60	0.19	0.43	0.15



(b) 塩基性電気炉-VCD 铸込み, 140 t 鋼塊より, 昭和 50 年製造

化学組成 (wt%)	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
	0.22	0.02	0.31	0.006	0.008	3.47	1.79	0.41	0.12

写真 11 製鋼造塊法の進歩による偏析の低減: VCD 鋼におけるサルファ・プリントの大きな変化

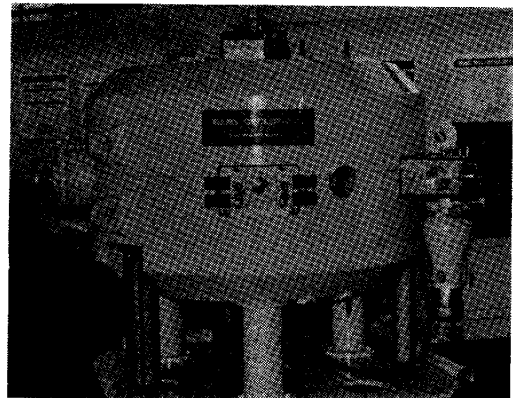


写真 12 医療用, 超小型サイクロトロン

すなわち, 大型高品質鋼素形材の開発は, 広い連繫と深い研鑽によつて達成されたのであつて, ここに改めて官学産界の各位の御指導を思い, 深謝する次第である。

4.3.2 企業における開発

しかし, これらの開発は企業体単位で実施されてきたものであつて, ある国のように, 国家資金による助成は本質的には受けていない。

企業内での新製品開発を最も重視する立場で, 筆者は, 絶えざる自助の努力を奨励し, また自らも多少の直接参加を続けてきた。筆者が平素開発について思うこととしては, 開発のテーマはわれわれの限られた智慧ではなしに現場にあること, テーマに対する事前評価とリーダーに人を得ること, さらにには現在の技術と製品の周辺に向かつて, 手近で迅速な発展を計るべきこと, などである。

ここで, 現有技術あるいは製品から周辺への拡大の例を示すと, 写真 12 は医療用の超小型サイクロトロンで, 加速器用の磁石鋼の製造から発展したものである。米国の Brook Haven National Laboratory を含む内外の顧客に 10 基余の納入をしつつある。

5. 国際的な視点

5.1 輸出の環境

大型高品質鋼のニーズは, 近年, 海外ユーザからも与えられてきた。筆者らは, 50% に近い輸出比率を続ける年月において, 多くの新しい要求を海外顧客から示され, これを新製品開発の糧に加えてきた。

さて, 世界各国の鉄鋼業は構造改善の苦悩のさ中であり, 品質とコストにまさるわが国の大型高品質鋼製品の輸出環境も, 変化しつつある。

その背景の一端を, 項を改めて述べる。

5.2 世界の大型鍛鋼品メーカーとその動向

世界の大型鍛鋼品メーカーを表 2 に示す。各メーカーの能力の評価と比較は簡単ではないが, 世界の標準型である 1200 MWe 級原子力発電所のための主要大型鉄鋼部材 (1 次系, 2 次系とも) を, 最新の仕様を満たして供給で

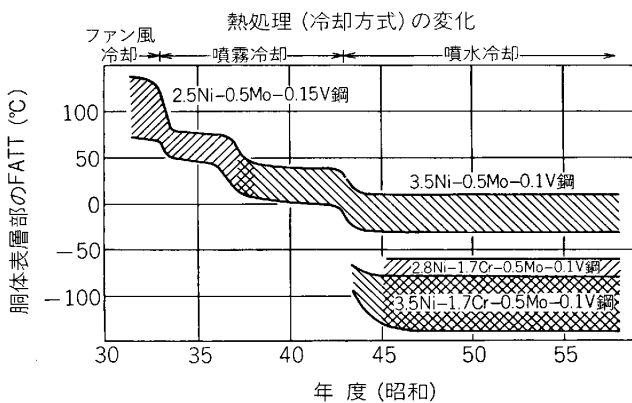


図 12 大型発電機ロータ軸材の FATT の低下: 30 年間の成果

れることが知られる。

4.2.2 靱性の向上

鋼材の合金設計においては, 多くの要因を考慮に入れなければならないが, 機械, 装置の安全性と信頼性の評価の尺度として, 靱性が最も重要である。

図 12 は, 大型発電機軸材の胴体表層部のシャルピ破面遷移温度 (FATT) の, 30 年間の改善の成果を示すが, 2.5Ni-Mo-V 鋼から現在の品質レベルでの 3.5Ni-1.7Cr-Mo-V 鋼へと推移する間に, FATT がいかに低下したかが知られる。

4.3 技術開発の要諦

4.3.1 広い連繫と深い研鑽

以上のように, 大型高品質鋼素形材は, この 1/4 世紀の間に画期的な進歩を遂げ, しかもその多くがわが国でなされたということが出来る。これは本来わが国鉄鋼業全般の躍進の一環としての成果であるが, 他の面では, わが国の機械工業をはじめとする諸産業の革新的な発展が, 鉄鋼材料に対する厳しい要求となつて刺激を与え, また多くの分野で開発された優れた機器の利用によつて製造技術を高度化し, さらにには当協会などを中核とする産学一体の研鑽の恩恵を受けたのである。

表 2 世界の大型鍛鋼品メーカーの能力, トピック

国名	メーカー名	製造能力			トピック		
		最大鋼塊 (t)	プレス能力 (t)	1200MWe 原発機器部材製造能力			
製鉄先進国	日	JSW A B C	570 500 400 280	10 000 8 000 8 000 (10 000) 6 000	○ ○ ○ △	特殊リングプレス	
	米	US Steel Bethlehem Steel Ladish Steel	370 350 (購入)	9 000 10 000 —		リングミル: 30' dia. × 10' h	
	英	Sheffield Forge Masters	230	10 000			
	独	Klöckner Werke/Osnabrück Thyssen/Hattingen	250 410	9 000 8 000		電炉→KS 法 Shape welding のリング材	
	仏	Creusot-Loire/Creusot Terni	200 280	11 300 12 000	△	ESRHT 法	
	チェコ	Vitkovice Skoda/Plzen	(購入) 200	12 000 10 000			
	ソ	Izhorsky Zavod	235(300)	12 000			
	製鉄中進国	中国	上海重型機器廠 第1重型機器廠 第2重型機器廠	300(ESR) 200 210(300)	12 000 12 500 12 000		日本から技術供与 日本から技術供与
		ルーマニア	IMGB	120(400)	12 000		同上
		韓	韓国重工	430	10 000		伊, 仏から技術供与

(注) 大型鍛造プレスは除く(米, 英, 仏, ソの 20 000~75 000tのもの)

きるのは日本のメーカーのみで, 1次系に限ってみても, Creusot-Loire(仏)が加わるぐらいである。

これらのメーカーの動向を要約してみると, 以下のごとくで, とくに製鉄中進国における重要基礎鋼材の自国内製造指向が注目される。

1) 先進国の業態

経済的には一縮小, 統合, 国家からの補助救済の方向, など

技術的には一品質改善とコスト低下の努力を続ける

2) 中進国における国家単位の自給体制指向

一先進国からの技術供与

一必然的に, 世界的な供給能力過剰を招く

3) 型鍛造品の拡大, 鋳鋼と鍛鋼の相互代替による用途の創出

一軍事, 宇宙, 航空工業からの水平展開もある

6. 素形材の新しい使命

金属材料の素材あるいは鋳塊から, 機械切削あるいは溶接なしに最終形状に近い形状に成形されるのが素形材である。すなわち素形材は, 鋳造, 鍛造, プレス成形(薄板), 粉末冶金などの方式によつて加工されるものであり, また省資源, 省エネルギーの目的にかなう材料である。

素形材としての大型高品質鋼も, 重厚長大の姿で, 鉄鋼材料の使命を果たしてきた。

しかし, 産業構造の激しい変化はこの分野に対しても強く影響し, より軽薄短小で, より高度の機能を指向し, また複合材料や新素材との代替化をする, などの,

新しい需要面の動きは迅速である。

通産省機械情報産業局では, 昭和58年8月以降, (財)総合鋳物センターに「素形材センター設立準備懇談会」を設置して, 過去数年以上にわたる素形材産業の長期展望の検討結果を具現化するよう指導された。素形材センターは昭和59年度に設立される予定である[†]。

鉄鋼材料メーカーの立場からも, このような国の方針にさらに積極的に協力して, 続々と誕生する新素材との持ち合いを拡大して, わが国産業の各分野の発展に寄与し, 国際的にもわが国益の増進に貢献したい。

7. むすび

以上, 大型高品質鋼の30年間の発展のあとを筆者の限られた経験を通して顧みた。これらの製品とその製造技術, とくに製鋼技術における進歩は, 後世, 製鋼技術史に記録されるべきものを多く含むと信じる。

しかし技術の進歩には止まるところはなく, また大型高品質鋼の分野は, 産業論的にも, 国際協調の面からも, なお解決を要する点が多い。今後も, さらに忍耐強い努力を重ねて, 自らの生存を維持し, また国の内外の諸産業の発展にも寄与したいと念願する。

前世紀のはじめに, 近代製鋼法が英国に開花した頃を想うと, 大型鋼材を主要部材とする鉄鋼加工設備と, この設備によつて作られる大量生産の鋼材とは, 互いに因り果たるの関係を保ちつつ, 鉄鋼産業を発展させた。過去30年間のわが国における大型高品質鋼の発展は,

[†] 霜弘太郎: 総合鋳物, 24(1983)12, p. 1 (注: 本センターは昭和59年7月1日設立された。)

巨大化技術にかかわる諸設備の経済性と信頼性を高め、引いては鉄鋼の大量使用の途を拡大した意味において、近代鉄鋼業黎明期の相似性を思わせるものがある。

筆者は、このような時期に充実した技術開発の日々を過し得たことを、同学同業の諸先輩、同僚諸兄に重ねて

感謝したい。そして次のジェネレーションにおいても、大型鉄鋼素形材が新しい使命の下に新しい役割りを演じていくことを念願する。

拙稿が、この方面に関係する各位に多少なりとも御参考にならんことを願いつつ、擱筆する。