

8. その他

8. その他

8.1 品質管理

8.1.1 概要

およそ「製品」と名のつく限り、その製品に要求される品質が一定の水準を具備し、所定の使用目的に耐え、初期の設計寿命を全うすることが、基本的に「製品」ということになる。

このような観点に立って「製品」を作るには、知識、経験、技能を基盤とした品質を作るための研究、技術、製造、検査等の管理部門の人達がそれぞれの製品の具備すべき条件をよく知って積極的に役割を消化していく活動を展開していかなければならない。

いうまでもなく、これら活動の具体的展開は、

- (1) 最善の製造計画の策定 (PLAN)
- (2) 計画にしたがった製造の遂行 (DO)
- (3) 製造途中における出来栄のチェック (CHECK)
- (4) 出来栄結果の次の製造計画への反映 (ACTION)

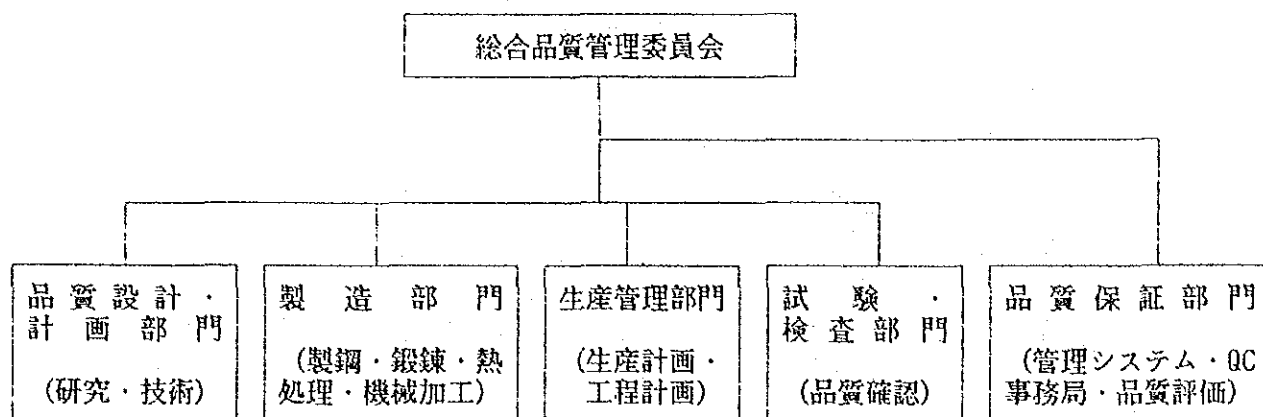
の4項目であり、これを強力に推進し管理することである。

これらの4項目を着実に実施する行為が、品質管理活動そのものであり、結果として良い品を安く、早く作り、顧客がよろこんで使ってくれることを約束するものである。

これらの活動は特に目新しいことではなく、日常行われていることであるが、組織的に実施することが大切である。

8.1.2 品質管理組織

品質管理活動を積極的かつ組織的に進めるためには、第一に各部門の管理者および担当者の、その担当する範囲において品質に対する責任と権限を明確にしなければならない。基本的には各部門が何を行うか、どんな機能を持たせるか、職務の役割を明確に、かつ具体的にしてそれぞれの部門がその与えられた役割を責任を持って遂行することである。一例をあげれば次のような組織づくりが必要であろう。



(品質保証部門の中に試験・検査部門を統合しても良いが、生産ライン(LINE)から品質保証部門を独立させることが大切である。)

この他に教育・訓練部門が必要である。この部門は品質の重要性をすべての各部門の管理者および従事者に普及徹底させ、実務に則した教育・訓練を計画的に実施しなければならない。

8.1.3 各部門の基本的機能

(1) 品質設計・計画部門

この部門の機能は、顧客の要求する品質特性、安全性、使用条件および製品の具備すべき特性を詳細に調査・検討し、製造要領を立案・決定して、品質保証の基盤を確立することにある。具体的には研究開発部門、試験・検査部門および品質保証部門の協力のもとに「製造要領書」「試験・検査要領書」および「品質保証計画書」を作成する。これら要領書・計画書通りに製造作業を行う必要から、各製造工程毎に「製造作業指示書」を作成し、製造部門へ指示する。

(2) 製造部門

この部門は「製造作業指示書」および「図面」にしたがい、製造工程において指示された品質を作り込むため、標準作業を行い、作業記録・品質記録を取り、指示された作業が遂行されたことを証明できる責任を持つことである。

(3) 生産管理部門

この部門は「製造要領書」に示された品質を十分保証できる生産計画および工程(日程)計画をたて、これを円滑に推進するための調整機能も持つ。

(4) 試験・検査部門

この部門は関連部門と協議して示された試験・検査指示書に従って、顧客の立場に立って厳正な試験・検査を実施する。もし顧客の要求する品質および品質評価基準に不適合な事項があれば、所定の文書で品質評価担当部署に提出する機能を有し、かつ不適合品を次工程に進めない処置をとる機能を持つ。

(5) 品質保証部門

この部門は、品質保証、品質管理活動の中心的機能を果たす部門として、品質管理技術（品質データ（DATA）の統計的解析）、不適合、不具合品の処理（発生原因の究明、対応策の実施）および再発防止対策の実施、その他品質向上に必要な品質データ解析結果を計画部門へフィードバック（FEED BACK）、製造作業の標準化および品質保証プログラム（PROGRAM）、マニュアル（MANUAL）の確立、維持向上に努める役割を持つ。

8.1.4 品質管理活動

製造計画通り作業が行われても、一般に品質（測定値）データは程度の差はあるが、ばらつくのが普通である。これらばらつきを小さくするのが、品質管理の大きな目的の一つであり、基本的には品質に影響する特性値を管理図等により統計的に解析し、ばらつきの原因を究明、適切な管理限界内に入れる活動が必要である。例えば、顧客の要求する品質に合致しない超音波欠陥が発見された場合、製造記録、品質記録等異常の有無を綿密に調査し、欠陥が何かを徹底的に顕微鏡試験等により調べ、発生原因究明と再発予防のための技術標準、作業標準の改訂を行わなければならない。勿論、この標準類の改訂は新しく製造計画をする時に十分反映されなければならない。つまり一言でいえば、

(PLAN) 計画 → (DO) 実施 → (CHECK) チェック → (ACTION) 改訂計画 → (PLAN) 計画 → (DO) 実施 →

を繰り返し品質の向上をはかる活動を定着させなければならない。

この活動の前提は、

- (1) 従業員の教育・訓練（人）
- (2) 標準書の整備（技術・KNOW-HOW）
- (3) 品質管理マニュアルの整備（手段）

が必要で、これの確立が最優先されるべきであろう。

8.2 試験研究

過去に発生した不具合および品質改善に対し、試験研究の果たす役割は大きい。試験研究は先端の技術開発はもちろんのこと、現有製品の不具合の是正、改良にも大きな力が注がれている。

過去の経験を基に、必要と思われる基本データ (DATA) を製鋼、鍛造、熱処理の三つの専門別に列挙したものを、表 8.2-1 に示す。本表にはその基本データを取得する際の試験項目および内容並びに必要なと思われる試験装置をも参考のために示した。

取得した基本データは、データそのままでは利用価値が少なく、製鋼、鍛造、熱処理毎の技術標準ないしは、製品毎の製造技術標準にして始めて有効なものとなる。

また、製造時に発生する不具合を調べ、原因をつきとめ、対策をたてることが、品質改善の基本であり、それが各種の技術標準となっていくことを付け加えたい。

尚、基本データの取得には時間と金がかかるため、すべてを取る必要がなく、重要度および緊急度の高いと思われるものから取ればよいであろう。

表8.2-1 適正操業条件設定のための基礎的技術試験事項および必要試験装置

	必要と思われる技術データ (DATA)	試験項目および内容	必要と思われる試験装置
製鋼技術	1. 酸化精錬条件設定のための技術データ	・研究室試験により、酸素吹精条件の温度条件と化学組成の変化量の関係把握	<ul style="list-style-type: none"> ・雰囲気調整可能な試験溶解炉 ・添加ガス調整装置、測温装置 ・分析装置 ・その他付帯装置
	2. 還元精錬条件設定のための技術データ	・還元剤、スラグ (SLAG) 組成、温度条件と化学組成の変化の関係把握	
	3. 脱硫・脱磷・脱ガス (GAS) 条件設定のための技術データ	<ul style="list-style-type: none"> ・雰囲気、添加物、温度等の諸条件の把握 ・炉外精錬、炉外処理条件の把握 	
	4. 鑄型形状、注湯条件設定のための技術データ	・マクロ (MACRO) 組織、諸因子の影響、把握	<ul style="list-style-type: none"> ・試験材料加工装置 ・マクロ (MACRO) 組織試験装置 ・マイクロ (MICRO) 組織試験装置 ・その他関連付帯製造
	5. 鋼塊品質、確性試験	・種々の条件で製造した鋼塊の性状把握	
鍛造技術	1. 鋼塊加熱条件設定のための技術、データ	<ul style="list-style-type: none"> ・研究室試験により、加熱温度・加工温度と鋼材鍛造性の関係把握 ・加熱温度と均質性の関係 ・加熱条件と鋼塊温度分布の関係把握 	<ul style="list-style-type: none"> ・加熱実験炉 ・温度解析用シミュレーションプログラム (SIMULATION PROGRAM) およびシミュレーター (SIMULATOR) ・上記※1に示す装置 ・材料試験装置
	2. 鍛錬条件と鍛錬効果、形状精度	・加工条件と鋼材強度特性、組織特性の関係把握	
	3. 特殊鍛造法と鍛錬効果、形状精度		
熱処理技術	1. 鋼種毎の熱処理条件設定のための技術、データ	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼種毎の CCT, TTT 等の把握 ・鋼種毎の焼入条件、焼戻し条件と機械的性質および組織特性 	<ul style="list-style-type: none"> ・熱膨張試験機 ・上記※1に示す装置および各種材料試験装置 ・熱処理実験炉 ・各種物性試験装置 ・温度解析シミュレーションプログラムおよびシミュレーター ・各種温度測定装置
	2. 被熱処理品、各部位における温度条件データ	<ul style="list-style-type: none"> ・研究室試験による熱特性の把握 ・加熱・冷却条件と被処理品の温度分布把握 	
	3. 熱処理炉、冷却装置の性能特性データ		

※1

第Ⅳ章

工場近代化の為の所要資金 および 実施計画

IV 工場近代化の為の所要資金および実施計画

1. 設備の改善

第Ⅲ章で述べた工場近代化の為の改善提案に基づく、設備の改善（新設・改造）に要する費用は、概略23億円と算定される。

各技術分野に於ける改善項目について、その重要性および緊急性を考慮し、3期に分けた所要資金および実施計画を表1-1に示す。

尚、設備費用の算定に当たり、見積りの条件および範囲は次の通りとした。

- (1) 設備費用は、日本国内市場価格を基とし、FOBベース（BASE）で算定した。
予備品は除外している。
- (2) 設備の設置あるいは改造に伴う設備据付費用並びに建屋改造費用は除外した。
- (3) 設備の新設あるいは改造に伴い、新たに要するユーティリティ（UTILITY）については、現有動力供給設備にて十分賄えるものとし、設備検討から除外した。
- (4) 「耐火物」については、消耗品的色彩が強い為本費用から外し、表1-2に単価表を参考として付した。

表1-1 所要資金および実施計画（設備改善）（1/2）
 （単位：日本円、千円）

項 目	実 施 計 画			備 考
	1 期	2 期	3 期	
1. 製 鋼				
(1)集塵機			130,000	電気炉用 約 1,500 Nm ³ /min
(2)合金鉄、副原料装入機		25,000		
(3)取鋼精錬炉		建設中		
2. 鍛 造				
(1)水圧プレス(PRESS)の 自動化	120,000			厚み制御装置も含む
(2)工具マニプレータ (MANIPULATOR)		40,000		
(3)スカーフィング (SCARFING)器具および 防熱衣	100			
(4)自動ガス(GAS)切断機	70,000			中型、大型
(5)集塵機	70,000			ガス切断機用、 約 650 Nm ³ /min
(6)自動タップ(TAP)金敷 装置	15,000			
(7)サドル(SADDLE)移動 装置		8,000		
(8)上金敷着脱装置		15,000		
(9)起重機ロータリーフック (ROTARY HOOK)		20,000		250t用
(10)電動鋼塊トング(TONG)			160,000	300t用、110t用
(11)遠距離測温用表面温度 計	1,200			0 ~ 200℃、 200 ~ 1,500℃、 1,000 ~ 2,000℃
3. 熱処理				
(1)全自動変態記録測定装 置	17,000			
(2)サブゼロ(SUB-ZERO) 設備		45,000		液体窒素冷却
(3)焼入設備	70,000			

表1-1 所要資金および実施計画（設備改善）（2/2）

（単位：日本円、千円）

項 目	実 施 計 画			備 考
	1 期	2 期	3 期	
(4)予熱用電気炉		65,000		
(5)二重周波誘導焼入装置		390,000		
(6)竪型電気式熱処理炉	200,000			
(7)竪型噴霧冷却装置	90,000			
4. 熱管理				
(1)省エネルギー(ENERGY)計測器	800			
(2)パーソナル・コンピューター (PERSONAL COMPUTER)		1,000		
(3)台車式加熱炉改造				
改造区分1	110,000	110,000	100,000	全17基を対象
改造区分2			30,000	17基中 5基を対象
(4)台車式熱処理炉改造				
改造区分1	120,000	120,000	120,000	全27基を対象
改造区分2		40,000	40,000	27基中10基を対象
合 計	884,100	879,000	580,000	総計 2,343,100

表1-2 耐火物概算単価(1/2)

用 途	品 質	単 価 (円/t)
電 気 炉 炉 蓋	SINTEX-5	250,000
	" -4	250,000
	ADT-60	270,000
炉 壁	SSB-10	280,000
	SINTEX-7	260,000
	MGT-N20AH	350,000
出鋼樋	R8X26A	460,000
炉蓋スタンプ (STAMP)	PA805	270,000
炉床スタンプ	MGSTM-10	270,000
取 鍋	L A	130,000
	ZL-7S	150,000
	ALT-85R	190,000
	MGT-N20AH	350,000
	DIRDOL-HS90P	350,000
	DIRCO-7C	440,000
	" -6C	410,000
	ROA4-B	340,000
	PA-70	270,000
造 塊 ノズル (NOZZLE)	ALT-85	240,000
	Z N 2	330,000
	K N	220,000
ストップ (STOPPER)	HFS-3	220,000
	Z H 1	400,000
スリーブ (SLEEVE)	L P	180,000
	ALT-85	240,000
	Z S 2	250,000
定 盤	R 1 B	190,000
	R S 2	240,000
	MRT-60	280,000
	MRT-65	300,000
スライドバルブ ノズル受	ZL7C	330,000
(SLIDE VALVE)	DRL-90F	560,000
	" -90SC	690,000
インサートノズル	SVR-90A	900,000
(INSERT NOZZLE)		
プレート (PLATE)	SVR-90A1TB	2,100,000
	" -90ACTB	2,200,000
シュートノズル	SVR-55Z1	1,150,000
(SHOOT NOZZLE)		

表1-2 耐火物概算価格 (2/2)

用途	品質	単価(円/set)
スライドバルブ装置	SQT-50E	8,800,000
	" -50LE	9,000,000
	" -70E	9,800,000
	" -70LE	10,000,000
	" -80E	11,000,000

2. 教育訓練

本報告書において、鍛鋼品の品質向上、省エネルギー等を目的として種々の新規設備の導入を提言している。しかし、ただ単に設備を購入するだけでなく、それらの能力を100%発揮させるための運転技術の習得が、同時に行われなければならない。

このためには、設備の納入者に据付指導員・運転指導員の派遣を要請し、現地で行われる据付指導・運転指導を有益な要員の教育訓練の場として利用することが望まれる。

これに係わる所要資金および実施計画を表2-1に示す。

尚、費用の算定に当たり、見積条件および範囲は以下の通りとした。

- (1) 表1-1に挙げた設備に対して派遣される据付指導員・運転指導員の
日当×推定実働日数 より所要金額を算出した。
- (2) 据付指導員・運転指導員の日当は、現時点における国際的な一般水準である
100,000円/日とし、旅費（国内・国外）、宿泊費、食費等は除外している。

表2-1 所要資金および実施計画（教育訓練）

（単位：日本円、千円）




項 目	実 施 計 画			備 考
	1 期	2 期	3 期	
1. 製 鋼	—	1,000	16,000	据付指導員・ 運転指導員の派遣
2. 鍛 造	38,000	6,000	2,000	
3. 熱 処 理	38,000	46,000	—	
4. 熱 管 理	25,000	26,000	24,000	
合 計	101,000	79,000	42,000	総計 222,000

3. 操業技術

以上に述べた工場近代化計画をより速い速度で実施していくためには、高い水準の操業技術、いわゆる技術ノウハウ（KNOW-HOW）を保有する者との技術提携を通じて、書面による技術の開示、技術指導員の派遣、技術者の受入教育などを受けることもひとつの有効な方法である。

但し、本件に係わる所要金額は、技術提携先および技術提携範囲により大きく異なる為、別途検討願うものとし、項目のみを表3-1に列挙した。

表3-1 所要資金および実施計画（操業技術）

項 目	実 施 計 画			備 考
1. 製 鋼 (1)電気炉操業技術 (2)取鍋精錬炉操業技術 (3)造塊技術 (下注ぎ造塊、真空鑄造、耐火物)		— 別 途 —		書面による技術開示、技術指導員の派遣、技術者の受入教育
2. 鍛 造 (1)鍛造技術 (品質及び歩留りの向上、作業能率（生産性）の向上) (2)熱管理		— 別 途 —		書面による技術開示、技術指導員の派遣、技術者の受入教育
3. 熱処理 (1)ロータ（ROTOR）熱処理技術 (2)ロール（ROLL）熱処理技術		— 別 途 —		書面による技術開示、技術指導員の派遣、技術者の受入教育

4. 実施効果

以上に述べた設備改善、教育訓練、操業技術の導入を通じて得られるであろう大きな効果を列挙すると、以下の通りである。

- (1) 高品質の製品が製造可能となる。
- (2) 鍛造歩留りが大幅に向上する。
- (3) 燃料（石炭ガス）消費量が大幅に低減される。
- (4) 30万kW級以上のタービンロータ（TURBINE ROTOR）が大幅に増産可能となる。
- (5) 高硬度・高深度の高品質の連続熱延・冷延ミル（MILL）用ロール（ROLL）が技術提携により製造可能となる。

5. 工程表

設備改善、教育訓練の工程を、図5-1に示す。

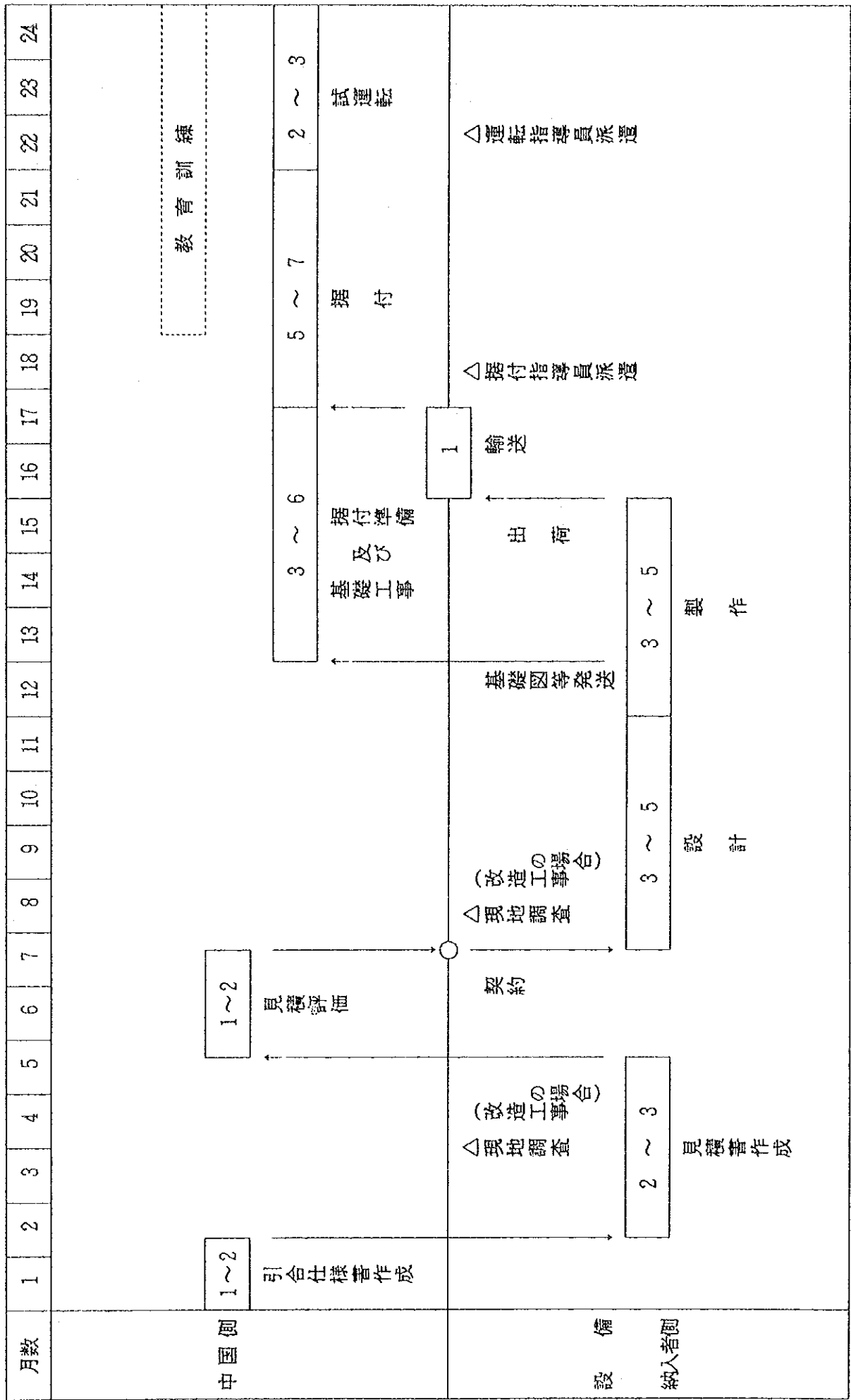


図5-1 工程表

第V章

付属資料

V章 付属資料

- 資料1 JIS G 0703「アーク炉の熱勘定方式」
- 資料2 表面溶削用スカーフィング (SCARFING) 器具並びに防熱衣
- 資料3 自動ガス (GAS) 切断機
- 資料4 超音波厚さ計
- 資料5 水圧プレス用パッキン (PACKINGS)
- 資料6 遠距離測温用表面温度計
- 資料7 大型軸材の加熱、測温例と計算による推定
- 資料8 ASTM A469
STANDARD SPECIFICATION FOR VACUUM-TREATED STEEL FORGINGS FOR
GENERATOR ROTORS
- 資料9 ASTM A470
STANDARD SPECIFICATION FOR VACUUM-TREATED CARBON AND ALLOY STEEL
FORGINGS FOR TURBINE ROTORS AND SHAFTS
- 資料10 省エネルギー計測器
- 資料11 豎型電気式熱処理炉並びに豎型噴霧冷却装置

JIS

アーク炉の熱測定方式

JIS G 0703-1977

昭和52年8月1日 改正

日本工業標準調査会 審議

(日本規格協会 発行)

アーク炉の熱勘定方式

G 0703-1977

Heat Balance of Arc Furnace

1. 適用範囲 この規格は、アーク炉（他の燃料によって予熱される場合も含む。）の実用的な試験における熱勘定の方式について規定する。
2. 熱勘定基準
 - 2.1 熱勘定は、アーク炉の実用的定常の操業状態における同一鋼種の連続3ヒートの操業結果に基づいて各ヒートごとに計算を行い、その平均値をとる。
 - 2.2 熱勘定は、溶鋼量1tについて行う。
 - 2.3 電力以外の燃料を使用する場合、燃料の発熱量は低発熱量をとる。
 - 2.4 熱勘定の基準温度は、外気温度とする。
 - 2.5 熱勘定は、1炉ごとに行う。
3. 設備概要 設備概要は、次の事項を9.1により記録する。
 - (1) アーク炉の形式、装入方法及び公称容量
 - (2) 溶鋼の表面直径、表面積及び最大の深さ
 - (3) 炉体の概略寸法及び耐火材の種類、厚さ
 - (4) 変圧器の容量、一次電圧、二次電圧及び結線
 - (5) リアクトルの容量
 - (6) 電極の材質及び直径
 - (7) 燃料の種類
 - (8) 燃焼装置の形式、容量及び数
4. 長期操業実績 長期操業実績は、次の事項を9.2により記録する。
 - (1) 全装入量及び1ヒート平均装入量
 - (2) 全出鋼量及び1ヒート平均出鋼量
 - (3) 全通電時間及び1ヒート平均通電時間
 - (4) 全製鋼時間及び1ヒート平均製鋼時間
 - (5) 出鋼トンあたり電力使用量
 - (6) 出鋼トンあたり燃料使用量
5. 測定事項 測定事項及び記録事項は、次のものを9.3及び9.4により記録する。
 - (1) 試験年月日、時刻及び試験担当者
 - (2) 出鋼鋼番及び鋼質
 - (3) 天候、気圧、外気温度、室温、湿度及び風速
 - (4) 炉況条件（天井、側壁及び炉床の使用回数）及び炉体補修状況
 - (5) 製鋼時間
 - (6) 通電時間、電力使用量（変圧器の一次側及び二次側）、無効電力量及び平均電圧
 - (7) 変圧器二次側導体及び電極とホルダとの接触抵抗

引用規格：13ページに示す。

- (8) その他の燃料の種類, 使用量, 性状及び発熱量
- (9) 酸素使用量
- (10) 電極使用量及び通電前後のホルダ中央から天井までの電極露出部の長さ
- (11) 装入材の種類, 量及び組成, 溶銑の温度
- (12) 添加剤の種類, 量及び組成
- (13) 酸化剤の種類, 量及び組成
- (14) 溶鋼の量, 温度及び組成
- (15) スラグの量, 温度及び組成
- (16) 炉内ふん囲気ガスの組成
- (17) 冷却水の量及び温度
- (18) 炉体表面温度
- (19) 物質精算

6. 測定方法

6.1 電力使用量の測定 電力使用量は, 変圧器一次側の三相積算電力計で測定する。測定の許容差は3%以下とする。

6.2 その他の燃料

6.2.1 その他の燃料使用量の測定 気体燃料は, 炉の近くで差圧式流量計を用いて測定し, 圧力, 温度などにより補正する。

液体燃料は, タンク又は流量計で測定し, 比重をもって重量に換算する。

測定の許容差は1%以下とする。

6.2.2 使用燃料の試験, 分析及び発熱量の測定 次のいずれかの規格による。

- JIS K 2205 (重油)
- JIS K 2249 (原油及び石油製品比重試験方法)
- JIS K 2251 (原油及び石油製品試料採取方法)
- JIS K 2263 (石油製品ポンベ式硫黄分試験方法)
- JIS K 2270 [石油製品残留炭素分試験方法(コンラドソン法)]
- JIS K 2272 (原油及び石油製品灰分試験方法)
- JIS K 2273 [石油製品燃焼管式硫黄分試験方法(石英管-酸素法)]
- JIS K 2275 (原油及び石油製品水分試験方法(蒸留法))
- JIS K 2279 (石油製品発熱量試験方法)
- JIS K 2283 (石油製品動粘度及び粘度試験方法)
- JIS K 2301 (燃料ガスのヘンベル式分析方法)
- JIS K 2302 (燃料ガスの特殊成分の分析方法)
- JIS K 2303 (燃料ガスのエンカース式発熱量測定方法)
- JIS K 2304 (燃料ガスの比重測定方法)

6.2.3 燃料の圧力及び温度の測定 燃料の圧力及び温度は, 燃焼装置前で測定する。

6.3 酸素使用量の測定 オリフィス又はピトー管などで測定する。

6.4 電極の使用量の測定 電極使用量ははかりを用いて計量する。やむを得ない場合は使用長さを測定し, 密度をもって重量に換算する。ただし, 折損してかき出した電極は除く。

6.5 装入材, 添加剤及び酸化剤

6.5.1 装入材, 添加剤及び酸化剤の使用量の測定 装入材, 添加剤及び酸化剤の使用量は, はかりを用いて計

量する。酸化剤として酸素を使用した場合は、差圧式流量計で測定し、圧力、温度などにより補正する。

6.5.2 装入材、添加剤及び酸化剤の分析は、6.6.3 に示した日本工業規格による。ただし、添加剤にコークスを使用した場合は、次によって行う。

JIS M 8810 (石炭類及びコークス類についてのサンプリング、分析並びに測定方法の通則)

JIS M 8811 (石炭類及びコークス類のサンプリング方法並びに全水分・湿分測定方法)

JIS M 8812 (石炭類及びコークス類の工業分析方法)

JIS M 8813 (石炭類及びコークス類の元素分析方法)

JIS M 8814 (石炭類及びコークス類の発熱量測定方法)

6.6 溶鋼

6.6.1 溶鋼量の測定 溶鋼量は、良塊、铸くず別にはかりを用いて計量する。

6.6.2 溶鋼温度の測定 溶鋼温度は、溶落、酸化末期及び出鋼前にイメージンパイロメータを用いて測定する。

溶鋼温度は、なるべく平均溶鋼温度を測定するように努める。

6.6.3 溶鋼の分析 試料は、溶落、酸化末期及び出鋼前に採取する。溶鋼成分の分析は、次のいずれかの規格による。

JIS G 1211 (鉄及び鋼中の炭素定量方法)

JIS G 1212 (鉄及び鋼中のけい素定量方法)

JIS G 1213 (鉄及び鋼中のマンガン定量方法)

JIS G 1214 (鉄及び鋼中のりん定量方法)

JIS G 1215 (鉄及び鋼中の硫黄定量方法)

JIS G 1216 (鉄及び鋼中のニッケル定量方法)

JIS G 1217 (鉄及び鋼中のクロム定量方法)

JIS G 1218 (鉄及び鋼中のモリブデン定量方法)

JIS G 1219 (鉄及び鋼中の銅定量方法)

JIS G 1220 (鉄及び鋼中のタングステン定量方法)

JIS G 1221 (鉄及び鋼中のバナジウム定量方法)

JIS G 1222 (鉄及び鋼中のコバルト定量方法)

JIS G 1223 (鉄及び鋼中のチタン定量方法)

JIS G 1224 (鉄及び鋼中のアルミニウム定量方法)

JIS G 1225 (鉄及び鋼中のひ素定量方法)

JIS G 1226 (鉄及び鋼中のすず定量方法)

JIS G 1227 (鉄及び鋼中のほう素定量方法)

JIS G 1228 (鉄及び鋼中の窒素定量方法)

JIS G 1229 (鋼中の鉛定量方法)

JIS G 1231 (鋼中のニオブ及びタンタル定量方法)

6.7 スラグ

6.7.1 スラグ量の測定 スラグ量は、各除さいごとに、はかりを用いて計量する。

6.7.2 スラグ温度の測定 スラグ温度は、除さいのつどイメージンパイロメータを用いて測定する。

6.8 炉内ふん囲気ガスの分析 溶解期、酸化期及び還元期ごとに測定する。

試料採取位置は、側壁の上部で空気吸い込みのない場所とする。

試料採取は、JIS K 2301 の 2. による。

ガス成分の分析は、JIS K 2301 の 4. による。分析は原則としてオルザット分析器又はヘンベル分析器を用いる。分析はなるべく平均試料について行うよう努力する。

6.9 冷却水

6.9.1 冷却水量の測定 冷却水量は、入口又は出口で測定する。

6.9.2 冷却水温度の測定 冷却水の温度は、炉の入口又は出口で測定する。

6.10 二次導体損失

6.10.1 二次導体抵抗及び電極とホルダとの接触抵抗の測定 変圧器二次導体抵抗及び電極とホルダとの接触抵抗は、変圧器二次側導体の一端と電極のホルダ接触部に近い部分との間に直流抵抗を各相ごとにケルビンダブルブリッジを用いて通電直前に測定し、三相分を加える。

6.10.2 電極の露出部の平均長さの測定 電極の平均長さは、通電前後の電極のホルダ中央から天井までの露出部の長さを測定し、その平均値をとる。

6.10.3 通電時間の測定 通電時間は、変圧器に通電した時間を変圧器の各タップ別に測定する。

6.10.4 無効電力量の測定 無効電力量は、変圧器一次側において無効積算電力計で測定する。

6.10.5 変圧器二次側の電圧の測定 変圧器二次側の電圧は、電圧計で測定する。測定の許容差は、1.5%以下とする。

6.11 変圧器損失の測定 変圧器損失は、変圧器一次側及び二次側の電力量をそれぞれに三相積算電力計をそう入して測定する。測定の許容差は、1.5%以下とする。

6.12 炉体各部表面温度 炉体表面温度は、表面温度計で測定する。

6.13 測定間隔 以上の各測定のうち記録式計器を用いる場合以外は、一定時間ごとに行う。その間隔は、操業又は各測定量の変動により決めるべきであるが、一般的に変動の少ない場合は30分、多い場合は15分とする。

7. 試験前の準備

7.1 時期の計画 炉の新設、改造、修理直後をさげ、定常状態になってから試験を行う。

7.2 炉体の状態検査 炉体各部を検査し、その測定がどんな炉体状態で行われたかを記録する。

7.3 設備類の整備 電極昇降装置、炉体傾動装置、その他の設備類をあらかじめ検査し、測定中に故障の起こらないよう注意する。

7.4 測定器具の整備 必要な測定器具はあらかじめ検査し、補正を正確にして所定の位置に配置する。

7.5 測定員の配置 測定員はあらかじめ部署を定めて配置し、できれば試験前に予備試験を行い、定時刻から直ちに正確に測定できるように準備する。

8. 計算式

8.1 入熱 入熱の計算は、すべて溶鋼量1tあたりとする。

8.1.1 電力の熱量 電力の熱量は、次のとおりとする。

$$\text{電力の熱量 (kcal/t 溶鋼)} = \text{溶鋼トンあたり電力使用量 (kWh/t)} \times 860 \text{ (kcal/kWh)}$$

$$\text{電力の熱量 [kJ/t 溶鋼]} = \text{電力の熱量 (kcal/t 溶鋼)} \times 4.186$$

備考 1. この規格の中で、{ } を付けて示してある単位は、国際単位系(SI)及びこれと併用してよいものによるものであって、参考として併記したものである。

2. 電力の熱量 [kJ/t 溶鋼] の式は、参考として併記したものである。

8.1.2 溶鉄の保有熱

$$\text{溶鋼トンあたり溶鉄使用量 (kg/t)} \times \text{溶鉄の含熱量 (kcal[kJ]/kg)} \text{ kcal[kJ]/t 溶鋼}$$

8.1.3 その他の燃料の発熱量 その他の燃料の発熱量は、次のとおりとする。

$$\text{溶鋼トンあたり燃料使用量 (m}^3\text{/t, kg/t)} \times \text{燃料の低発熱量 [kcal[kJ]/m}^3\text{, kcal[kJ]/kg)} \text{ kcal[kJ]/t 溶鋼}$$

8.1.4 その他の燃料の顕熱 その他の燃料の顕熱は、次のとおりとする。

溶鋼トンあたり燃料使用量 (m³/t, kg/t) × 燃料の平均比熱 [kcal{kJ}/m³°C, kcal{kJ}/kg° C]
 × [燃料の温度 (°C) - 外気温度 (°C)] kcal{kJ}/t 溶鋼

8.1.5 電極の酸化熱 電極の酸化熱は、次のとおりとする。

$$\text{溶鋼トンあたり電極使用量 (kg/t)} \times \left[\frac{(\text{CO}_2)}{(\text{CO}_2) + (\text{CO})} \times \text{CO}_2 \text{ 生成時の C の酸化熱 (kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{C})} \right. \\ \left. + \frac{(\text{CO})}{(\text{CO}_2) + (\text{CO})} \times \text{CO 生成時の C の酸化熱 (kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{C})} \right] \text{kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

ただし、(CO₂)、(CO)は、炉内ふん囲気ガス中の炭酸ガス分、一酸化炭素分の各容積%とする。

8.1.6 酸化熱 酸化熱は、物質精質から次によって求める。

(1) Cの酸化熱 Cの酸化熱は、溶解、酸化及び還元期ごとに次式によって求める。

$$\Sigma \left[\text{溶鋼トンあたりの C の各酸化量 (kg/t)} \times \left\{ \frac{(\text{CO}_2)}{(\text{CO}_2) + (\text{CO})} \right. \right. \\ \times \text{CO}_2 \text{ 生成時の C の酸化熱 (kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{C})} + \frac{(\text{CO})}{(\text{CO}_2) + (\text{CO})} \\ \left. \left. \times \text{CO 生成時の C の酸化熱 (kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{C})} \right\} \right] \text{kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

ただし、(CO₂)、(CO)は、炉内ふん囲気ガス中の炭酸ガス分、一酸化炭素分の各容積%とする。

(2) Siの酸化熱 Siの酸化熱は、次のとおりとする。

$$\text{溶鋼トンあたり Si の酸化量 (kg/t)} \times \text{Si の酸化熱 [kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{Si}] kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

(3) Mnの酸化熱 Mnの酸化熱は、次のとおりとする。

$$\text{溶鋼トンあたり Mn の酸化量 (kg/t)} \times \text{Mn の酸化熱 [kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{Mn}] kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

(4) Pの酸化熱 Pの酸化熱は、次のとおりとする。

$$\text{溶鋼トンあたり P の酸化量 (kg/t)} \times \text{P の酸化熱 [kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{P}] kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

(5) Crの酸化熱 Crの酸化熱は、次のとおりとする。

$$\text{溶鋼トンあたり Cr の酸化量 (kg/t)} \times \text{Cr の酸化熱 [kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{Cr}] kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

(6) Feの酸化熱 Feの酸化熱は、除さいごとに次式によって求める。

$$\Sigma \left[\text{溶鋼トンあたり各スラグ量 (kg/t)} \times \left\{ \frac{(\text{FeO})}{100} \times \frac{55.85}{71.85} \right. \right. \\ \times \text{FeO 生成時の Fe の酸化熱 (kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{Fe})} + \frac{(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{100} \times \frac{111.70}{159.70} \\ \left. \left. \times \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ 生成時の Fe の酸化熱 (kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{Fe})} \right\} \right] \text{kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

ただし、(FeO)、(Fe₂O₃)は、スラグ中の酸化第一鉄、酸化第二鉄の各重量%とする。

8.1.7 スラグ生成熱 スラグ生成熱は、次のとおりとする。

$$\text{溶鋼トンあたりスラグ量 (kg/t)} \times \left[\frac{(\text{SiO}_2)}{100} \times \text{Ca}_2\text{SiO}_4 \text{ 生成時の SiO}_2 \text{ の反応熱 (kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{SiO}_2)} \right. \\ \left. + \frac{(\text{P}_2\text{O}_5)}{100} \times \text{Ca}_3\text{P}_2\text{O}_7 \text{ 生成時の P}_2\text{O}_5 \text{ の反応熱 (kcal{kJ}/\text{kg} \cdot \text{P}_2\text{O}_5)} \right] \text{kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

ただし、(SiO₂)、(P₂O₅)は、スラグ中のけい酸、五酸化りん各重量%とする。

8.2 出熱 出熱の計算は、すべて溶鋼量1tあたりとする。

8.2.1 溶鋼の保有熱 溶鋼の保有熱は、次のとおりとする。

$$1000 \text{ (kg/t)} \times \text{溶鋼の保有熱 [kcal{kJ}/\text{kg}] kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

8.2.2 スラグの保有熱 スラグの保有熱は、除さいごとに次式によって求める。

$$\Sigma [\text{溶鋼トンあたり各スラグ量 (kg/t)} \times \text{各スラグの含熱量 (kcal{kJ}/\text{kg})] \text{kcal{kJ}/t 溶鋼}$$

8.2.3 分解反応熱 分解反応熱は、次のとおりとする。

(1) 鉄鉱石の分解反応熱 鉄鉱石の分解反応熱は、次のとおりとする。

$$\text{溶鋼トンあたり鉄鉱石使用量 (kg/t)} \times \left[\frac{(\text{FeO})}{100} \times \text{FeO の分解熱 (kcal[kJ]/kg} \cdot \text{FeO)} \right. \\ \left. + \frac{(\text{Fe}_2\text{O}_3)}{100} \times \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ の分解熱 (kcal[kJ]/kg} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3) \right] \text{kcal[kJ]/t 溶鋼}$$

ただし、(FeO)、(Fe₂O₃) は、鉄鉱石中の酸化第一鉄、酸化第二鉄の各重量%とする。

(2) 石灰石の分解反応熱 石灰石の分解反応熱は、次のとおりとする。

$$\text{溶鋼トンあたり石灰石使用量 (kg/t)} \times \frac{(\text{CaO})}{100} \times \text{CaCO}_3 \text{ の分解熱 (kcal[kJ]/kg} \cdot \text{CaO)} \text{kcal[kJ]/t 溶鋼}$$

ただし、(CaO) は、石灰石中の酸化カルシウムの重量%とする。

8.2.4 二次導体及び電極損失熱 二次導体及び電極の損失熱は、次のとおりとする。

$$\text{損失熱 (kcal/t 溶鋼)} = \text{二次導体及び電極の合成抵抗} (\Omega) \times [\text{平均電流 (A)}]^2$$

$$\text{通電時間 (h)} \times 10^{-3} \times 860 \text{ (kcal/kWh)} \div \text{出鋼重量 (t)}$$

$$\text{損失熱 (kJ/t 溶鋼)} = \text{損失熱 (kcal/t 溶鋼)} \times 4.186$$

二次導体及び電極の合成抵抗 (R_0) は、次の式によって求める。

$$R_0 = R + \rho \frac{l_1 + l_2 + l_3}{S} \Omega$$

ただし、 R は、二次導体抵抗及び電極とホルダとの接触抵抗の合成抵抗 (Ω)、 ρ は電極の固有抵抗 ($\Omega \cdot \text{cm}$)、 S は電極の断面積 (cm^2)、 l_1 、 l_2 及び l_3 は各相電極の天井から露出している部分の平均長さ (cm) とする。

平均電流 (I_0) は、次の式によって求める。

$$I_0 = \frac{W_0 \times 10000}{\sqrt{3} \times V_0 \times \cos \phi} \text{ A}$$

$$\text{ここに 平均電力: } W_0 = W_1 / T \text{ kW}$$

$$\text{平均電圧: } V_0 = \frac{\sum VT}{T} \text{ V}$$

$$\text{平均力率: } \cos \phi = \frac{W_1}{\sqrt{W_1^2 + W_2^2}}$$

ただし W_1 は使用電力量 (kWh)、 W_2 は無効電力量 (kvar)、 V は変圧器タップの二次側電圧 (V)、 T は変圧器各タップの通電時間 (h)、 T は通電時間 (h) とする。

備考 損失熱 (kJ/t 溶鋼) の式は、参考として併記したものである。

8.2.5 変圧器損失熱 変圧器損失熱は、次による。

$$\text{変圧器損失熱 (kcal/t 溶鋼)} = [\text{変圧器一次側電力量 (kWh)} \\ - \text{変圧器二次側電力量 (kWh)}] 860 \text{ (kcal/kWh)} \div \text{出鋼重量 (t)}$$

$$\text{変圧器損失熱 (kJ/t 溶鋼)} = \text{変圧器損失熱 (kcal/t 溶鋼)} \times 4.186$$

備考 変圧器損失熱 (kJ/t 溶鋼) の式は、参考として併記したものである。

8.2.6 冷却水のもち去る熱 冷却水のもち去る熱は、次のとおりとする。

$$\text{冷却熱 (kcal/t 溶鋼)} = \text{溶鋼トンあたり冷却水量 (kg/t)} \times 1 \text{ (kcal/kg} \cdot \text{°C)} \\ \times [\text{冷却水の出口の温度 (°C)} - \text{入口の温度 (°C)}]$$

$$\text{冷却熱 (kJ/t 溶鋼)} = \text{冷却熱 (kcal/t 溶鋼)} \times 4.186$$

ただし、冷却水のもち去る熱のうち、リード線及びホルダから冷却水がもち去る熱は、二次側導体損失に含まれるので冷却水のもち去る熱から除外する。

備考 冷却熱 (kJ/t 溶鋼) の式は、参考として併記したものである。

8.2.7 その他の損失熱 放射、伝導その他による損失熱は、以上の出熱の合計と入熱の合計との差とする。

9. 試験結果の表示

9.1 設備概要 設備概要は、次により表示する。

工場名		
所在地		
アーク炉製造業者名		
形式	炉の形式	
	装入方法	
式	公称容量	t
浴	表面の直径	mm
	表面積	m ²
	最大の深さ	mm
鋼	表面から天井までの高さ	mm
天	厚さ	mm
	曲面半径	mm
井	電極装入孔の直径	mm
	電極中心円半径	mm
側	内径	mm
	厚さ	mm
	高さ	mm
	炉底から天井までの高さ	mm
炉	直径	mm
	厚さ	mm
床	どての高さ	mm
装入口	幅	mm
	高さ	mm
出鋼口	幅	mm
	高さ	mm
変	容量	kVA
	一次電圧	V
	二次電圧	V
	接続	
リアクトルの容量		kVA
電極	材質	
	直径	mm
燃料の種類		
燃焼装置	形式	
	容量	kg/h, m ³ /h
	個数	

- 備考 1. 炉の縦断面及び横断面の簡単な線図(炉の主要寸法、耐火物の種類)を添付する。
2. 炉の形式の項にはスターラの有無を記入のこと。

9.2 長期操業実績 長期操業実績は、次により熱勘定前後の同一鋼種各5ヒートの操業実績を記入する。

出 鋼 回 数			10 回
全 装 入 原 料 量	鋼 く ず	kg	
	銑 鉄	kg	
	溶 鉄	kg	
	合 金	kg	
	総 計	kg	
	1ヒート平均装入量	kg	
全 出 鋼 量	良 塊	kg	
	銑 く ず	kg	
	総 計	kg	
	1ヒート平均出鋼量	kg	
通 電 時 間	総 計	h	
	1ヒート平均通電時間	h	
製 鋼 時 間	総 計	h	
	1ヒート平均製鋼時間	h	
出 鋼 トン あ たり 電 力 使 用 量	トンあたり電力量	kWh/t	
	トンあたり熱量	10^3kcal/t $[4.186 \times 10^3\text{kJ/t}]$	
出 鋼 トン あ たり 燃 料 使 用 量	トンあたり燃料使用量	$\text{m}^3/\text{t}, \text{kg/t}$	
	トンあたり使用発熱量	10^3kcal/t $[4.186 \times 10^3\text{kJ/t}]$	

9.3 測定結果 測定結果は、次により各ヒート別に表示する。

試 験 実 施 年 月 日 ・ 時 刻			
測 定 者			
出 鋼 鋼 番			
鋼 質			
気 象 状 況	天 候		
	気 圧	mm Hg {bar}	
	外 気 温 度	°C	
	室 温	°C	
	湿 度	%	
	風 速	m/s	
炉 況 条 件	天 井 使 用 回 数	回	
	側 壁 使 用 回 数	回	
	炉 床 使 用 回 数	回	
	炉 体 の 補 修 状 況		
製 鋼 時 間	溶 解 期	h	
	脱 磷 精 錬 期	h	
	還 元 精 錬 期	h	
	計	h	
通 電 時 間	h		

電 力 使 用 量	変 圧 器 一 次 側	kWh				
	変 圧 器 二 次 側	kWh				
	無 効 電 力 量	kvar				
	平 均 電 圧	V				
	二次回路抵抗及び電極とホル マとの接点抵抗の合成抵抗	Ω				
そ の 他 の 燃 料	種 類					
	使 用 温 度	$^{\circ}\text{C}$				
	使 用 圧 力	kgf/cm ² , mmAq (bar)				
	組 成	%				
	低 発 熱 量	kcal [kJ]/kg, kcal [kJ]/m ³				
	使 用 量	総 量	kg, m ³			
溶鋼トンあたり		kg/t, m ³ /t				
酸 素 使 用 量	総 量	m ³				
	溶鋼トンあたり	m ³ /t				
電 極 使 用 量	総 量	kg				
	溶鋼トンあたり	kg/t				
ホ ル マ の 電 極 輸 出 部 の 長 さ	通 電 前	1	cm			
		2	cm			
		3	cm			
	通 電 後	1	cm			
		2	cm			
		3	cm			
装 入 材	(種類)	使 用 量	kg			
		溶鋼トンあたり使用量	kg/t			
		組 成	%			
	(種類)	使 用 量	kg			
		溶鋼トンあたり使用量	kg/t			
		組 成	%			
		溶 統 温 度	$^{\circ}\text{C}$			
	添 加 剤	(種類)	使 用 量	kg		
			溶鋼トンあたり使用量	kg/t		
			組 成	%		
		(種類)	使 用 量	kg		
			溶鋼トンあたり使用量	kg/t		
組 成			%			
酸 化 剤	(種類)	使 用 量	kg			
		溶鋼トンあたり使用量	kg/t			
		組 成	%			
	(種類)	使 用 量	kg			
		溶鋼トンあたり使用量	kg/t			
		組 成	%			

器	出列重量	良塊	kg				
		碎くず	kg				
		計	kg				
	類	出	箱歩留	%			
			温	溶落	°C		
				酸化末期	°C		
		出鋼前		°C			
		組成	溶落	%			
			酸化末期	%			
出鋼前			%				
ス		スラグ量	第1回	kg			
			第2回	kg			
	出鋼		kg				
	溶鋼トンあたり量	第1回	kg/t				
		第2回	kg/t				
		出鋼	kg/t				
	度	第1回	°C				
		第2回	°C				
		出鋼	°C				
組成	第1回	%					
	第2回	%					
	出鋼	%					
炉内ガス組成	溶角期	%					
	酸化精煉期	%					
	還元精煉期	%					
	全期間平均	%					
冷却水	使用量	kg					
	溶鋼トンあたり使用量	kg/t					
	入口温度	°C					
	出口温度	°C					
炉体表面温度	天井	表面積	m ²				
		表面温度	°C				
	側壁	表面積	m ²				
		表面温度	°C				
	炉床	表面積	m ²				
		表面温度	°C				

- 備考 1. この表に記入する燃料、装入材、添加剤、酸化剤、炉内ふん囲気ガスの分析値、気象状況、燃料、冷却水及び炉体表面温度などの数値は、各測定値の平均値とする。
2. 炉体表面温度の測定値は、炉体略図に記入のこと。
3. この規格で用いる重量とは、質量の意味である。

9.4 物質精算 下記の項目により各ヒート別に表示する。

材 料 名		重 量 kg	成 分 重 量 kg				
			C	Si	Mn	P	Cr
装 入 材							
	小 計						
添 加 劑							
	小 計						
合 計							
溶 鋼	溶 溶 地 金						
	酸 化 末 期 溶 鋼						
	出 鋼 前 溶 鋼						
酸 化 量		溶 解 期					
		酸 化 期					
		還 元 期					

9.5 熱勘定表

入	熱	10^4kcal/t 溶鋼 ($4.186 \times 10^4 \text{kJ/t 溶鋼}$)	%	出	熱	10^4kcal/t 溶鋼 ($4.186 \times 10^4 \text{kJ/t 溶鋼}$)	%
(1)	電力の熱量			(8)	溶鋼の保有熱		
(2)	溶統の保有熱			(9)	スラッグの保有熱		
(3)	その他の燃料の発熱量			(10)	分解反応熱		
(4)	その他の燃料の顕熱			(11)	二次導体及び電極損失熱		
(5)	電極の酸化熱			(12)	変圧器損失熱		
(6)	酸化熱			(13)	冷却水の持ち去る熱		
(7)	スラッグ生成熱			(14)	放射, 伝導, その他による損失熱		
合計 (1)+(2)+(3) +(4)+(5)+(6)+(7)			100.0	合計 (8)+(9)+(10) +(11)+(12)+(13)+(14)			100.0

備考 1. 熱量の記載は、 10^4kcal/t ($4.186 \times 10^4 \text{kJ/t}$) を単位とし、小数点以下1けたに丸める。

2. 百分率は%を単位とし、小数点以下1けたに丸める。

9.6 効率 効率は、次のとおりとする。

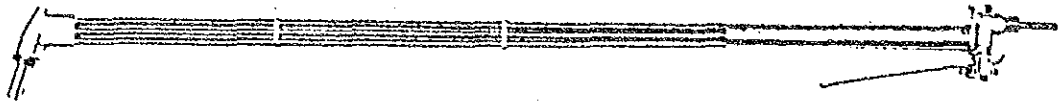
$$\text{効 率} = \frac{(8)+(9)+(10)-(2)}{(1)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)} \times 100 (\%)$$

- 引用規格: JIS G 1211 鉄及び鋼中の炭素定量方法
 JIS G 1212 鉄及び鋼中のけい素定量方法
 JIS G 1213 鉄及び鋼中のマンガン定量方法
 JIS G 1214 鉄及び鋼中のりん定量方法
 JIS G 1215 鉄及び鋼中の硫黄定量方法
 JIS G 1216 鉄及び鋼中のニッケル定量方法
 JIS G 1217 鉄及び鋼中のクロム定量方法
 JIS G 1218 鉄及び鋼中のモリブデン定量方法
 JIS G 1219 鉄及び鋼中の銅定量方法
 JIS G 1220 鉄及び鋼中のタングステン定量方法
 JIS G 1221 鉄及び鋼中のバナジウム定量方法
 JIS G 1222 鉄及び鋼中のコバルト定量方法
 JIS G 1223 鉄及び鋼中のチタン定量方法
 JIS G 1224 鉄及び鋼中のアルミニウム定量方法
 JIS G 1225 鉄及び鋼中のひ素定量方法
 JIS G 1226 鉄及び鋼中のすず定量方法
 JIS G 1227 鉄及び鋼中のほう素定量方法
 JIS G 1228 鉄及び鋼中の窒素定量方法
 JIS G 1229 鋼中の鉛定量方法
 JIS G 1231 鋼中のニオブ及びタンタル定量方法
 JIS K 2205 重油
 JIS K 2249 原油及び石油製品比重試験方法
 JIS K 2251 原油及び石油製品試料採取方法
 JIS K 2263 石油製品ボンベ式硫黄分試験方法
 JIS K 2270 石油製品残留炭素分試験方法(コンラドソン法)
 JIS K 2272 原油及び石油製品灰分試験方法
 JIS K 2273 石油製品燃焼管式硫黄分試験方法(石英管-酸素法)
 JIS K 2275 原油及び石油製品水分試験方法(蒸留法)
 JIS K 2279 石油製品発熱量試験方法
 JIS K 2283 石油製品動粘度及び粘度試験方法
 JIS K 2301 燃料ガスのヘンベル式分析方法
 JIS K 2302 燃料ガスの特殊成分の分析方法
 JIS K 2303 燃料ガスのエンカース式発熱量測定方法
 JIS K 2304 燃料ガスの比重測定方法
 JIS M 8810 石炭類及びコークス類についてのサンプリング、分析並びに測定方法の通則
 JIS M 8811 石炭類及びコークス類のサンプリング方法並びに全水分・湿分測定方法
 JIS M 8812 石炭類及びコークス類の工業分析方法
 JIS M 8813 石炭類及びコークス類の元素分析方法
 JIS M 8814 石炭類及びコークス類の発熱量測定方法

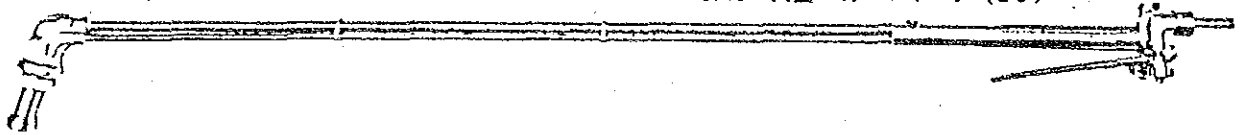
資料 2

表面溶剤用スカーフィング (SCARFING) 器具
並びに防熱衣

No. 29 中型スカーフィング (ST)



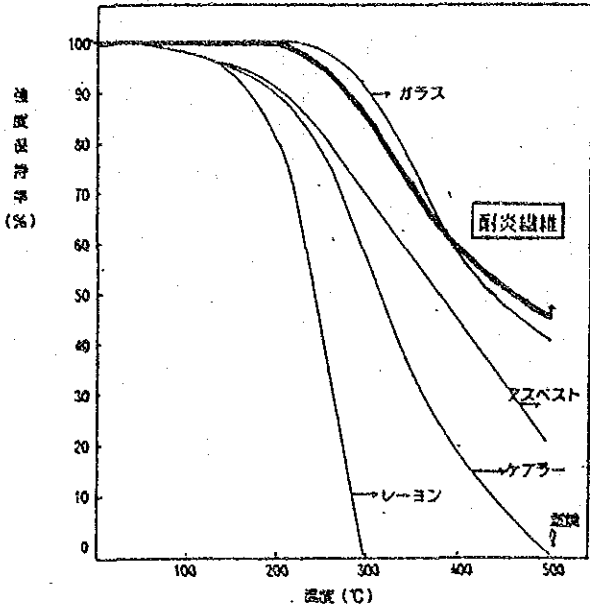
No. 30 大型スカーフィング (G3)



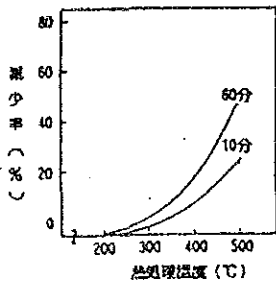
□ 中型 (ST), 大型 (G3) スカーフィング吹管・能力表

No.	器 種	酸素圧力 kg/cm ²	ガス圧力 kg/cm ²	全 長 mm	重 量 kg	ホース口
29	ST 中型スカーフィング	8~10	0.5	1,160	1.8	O X ガス 3/8×3/8
30	G3 大型スカーフィング	10~15	0.8	1,320	2.4	O X ガス 1/2×3/8

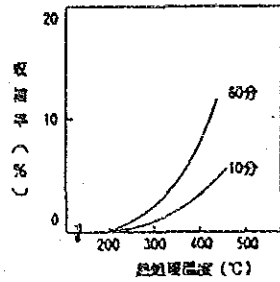
各種繊維からの破断の高温熱処理（10分間）後の強度変化



空気中、熱処理による物性変化
重量変化率



収縮率の変化



耐炎繊維の特徴

- ・ 織物は溶融鉄 (1300°C) を注いでも3分以上穴が開かず
溶接のスパッタ (SPATTER) はもちろん溶断鉄 (1000°C~1300°C) の落下にも穴は開かない。
- ・ 不活性ガス (GAS) 中や窒素ガス中で高温にした場合は約3000°Cにまで耐え炭素繊維に変わる。
- ・ 長時間の使用については300°Cまでは強度、重量や寸法に殆ど変化がない。

LPG

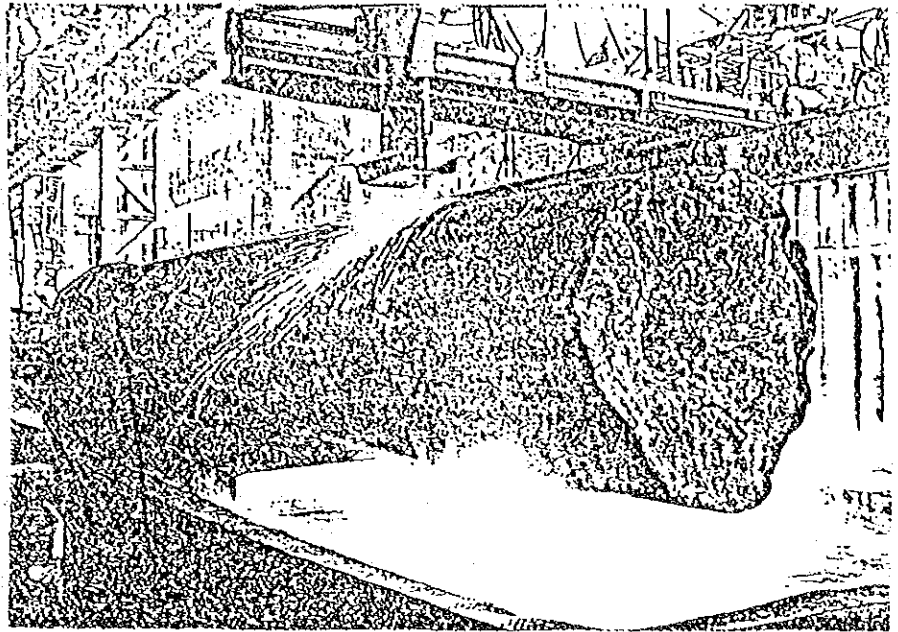
使用量 : 最大 300N^m/h

圧力 : 5kg/cm²

圧縮空気

使用量 : 最大 40N^m/h

圧力 : 5kg/cm²



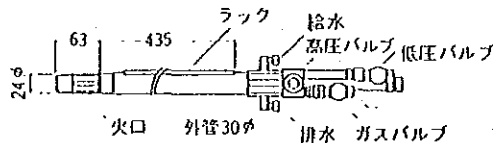
PC-HST 種厚切断専用機仕様例

型 式	PC-200HST	PC-400HST
レールスパン	2,000mm	2,000mm
レール長(2kg/m)	2,400mm×2	2,400mm×3
有効切断巾	2,000mm	4,000mm
有効切断長	レール長-2,300mm	レール長-2,300mm
有効トレース幅	2,000×2,000mm	2,000×2,000mm
トーチホルダー	1組(電動式)	2組(手動式)
吹管(トーチ)	ハレ3号	ハレ1号
切断能力(最大)	2,500mm	500mm(同時7本切断可能)
防 熱 板	水冷式風機製	

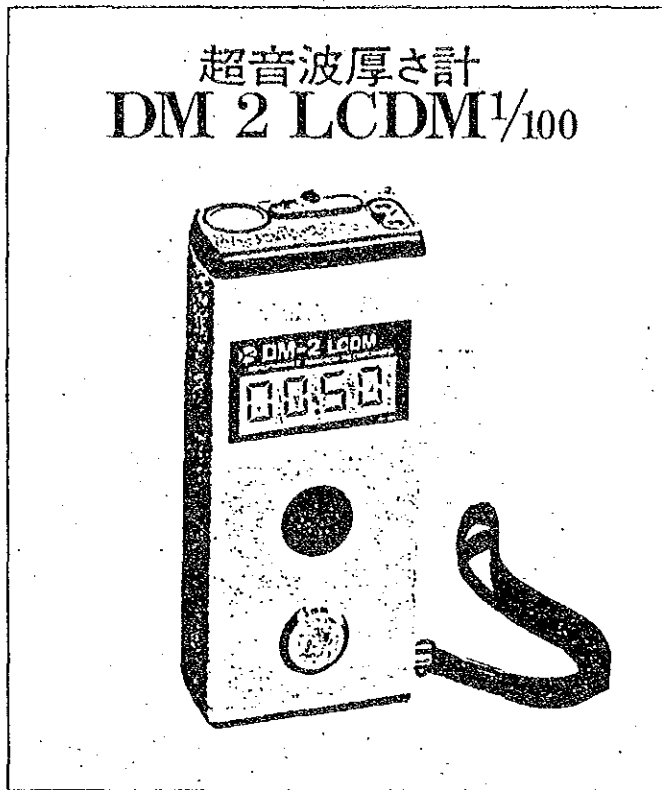
口トレーサー

型 式	HST-1000 (コ・オーディネイト方式)
トレース方式	ライン・エッジトレース切入方式
駆動方式	タコフィメーター-目盛送りモーターによるラックピニオン駆動
トレース線	ライン……0.4~1.2mm 円形、目または線インク エッジ……3.1mm以上の厚さまたは白銀シールド製紙
切巾補正量	±12.5mm(各1)
走行スピード	低速……0~1,260mm/min 高速……0~6,350mm/min
最小コーナー	760mm/min以下……Rなし 760~3,000mm/min……3R~10R以上 3,000~6,350mm/min……10R~32R以上(仕様書に開示あり)
強い精度	半径20mm以上の曲線で±0.2mm
電 源	AC 100V 50/60Hz 1KVA

ハレ1号 吹管



吹管機種名	火口	切断板厚 mm	火口 距離 mm	融 接		プロパンガス		切 断 深 度 mm/min	切 断 巾		
				圧 力 kg/cm ²	流 量 m ³ /hr	圧 力 kg/cm ²	流 量 m ³ /hr		前 方 mm	後 方 mm	
ハ レ 1 号	200 % ↓ 500 %	No.2	200	20	3.5	45	0.7	6	170	8	12
			300	20	5	60	1.0	8	140	8	12
			400	30	7	80	1.2	9	120	9	13
			500	30	10	110	1.5	10	100	10	14



型DM 2 LCDM仕様

表示：4桁液晶デジタル方式(DM 2 LCDM)

測定範囲：探触子DA 201あるいはDA 211使用:1.2~200mm(鋼中)

探触子DA 203使用:5~300mm(鋼中)

探触子DA 205使用:4~60mm(鋼中、板材)、6~30mm(鋼中、管材50mm以上)

探触子DA 212使用:0.6~25mm(鋼中)

*測定範囲の限界は、測定材の音速及び音の減衰によって異なる

測定精度：±0.1mm

測定材：音速100~9,990m/sの材料(但し音の減衰はあまり大きくないものとする)

測定材径：最小肉厚2mmで20mm以上(探触子DA 201あるいはDA 211使用)

最小肉厚0.9mmで曲率半径10mm以上、最小肉厚1mmで曲率半径6mm以上(探触子DA 212使用)

カップリングチェック：表示部は液晶表示による

バッテリーチェック：表示部は液晶表示の点滅による

電源：NiCd電池DA 241、あるいは単3アルカリ・マンガン電池5本

動作時間(20℃)：NiCd電池使用:約5時間(連続)、約8時間(断続)

アルカリ・マンガン電池使用:約10時間(連続)、約16時間(断続)

寸法：65×153×37mm(W×H×D)

質量：約400g(電池含む)



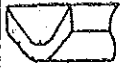





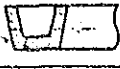


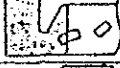
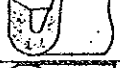

資料 5

水圧プレス用パッキン (PACKINGS)

流体の種類	標準使用状態		名 称	略 号	備 考	バルカー No.
	圧 力 kgf/cm ² [MPa]	温度 ℃				
蒸 気	63 [6.08]	520	グラファイト・金属・ 石棉組合せパッキン	1GP	石棉、黒鉛を主材とし、 これらを混合成形した ものを中心とし、この 外圍を金属線で補強さ れた石棉糸 (JIS R 3450 〔石棉糸〕のAAA級) で編組し、耐熱処理し たものとを適当に組合 せたもの。	1271
	40 [3.92]	450				1345
	30 [2.94]	400				1273
	20 [1.96]	350	グラファイトブレーデ ット石棉パッキン	3GP	JIS R 3450のAAA級 石棉糸を耐熱潤滑油と 黒鉛で処理し、断面角 形に編組したもの。	125 135 1290
	16 [1.57]	220	グラファイトブレーデ ット石棉パッキン	6GP*	JIS R 3450のAA級石 綿糸を耐熱潤滑油と黒 鉛で処理し、断面角形 に編組したもの。	132 134 1290
排ガス	5 [0.49]	500	グラファイト付石棉パ ッキン	4GP	JIS R 3450のAAA級 石棉糸を断面角形に編 組し、表面を黒鉛塗装 したもの。	125 135 1271
給 水 ボイラ水 吹出し	80 [7.85]	250	グラファイト・金属・ 石棉組合せパッキンま たはグラファイト付石 綿パッキン	2GP または 4GP	2GPは1GPと同じ。 ただし、石棉糸はJIS R 3450のAAA級4GP はJIS R 3450のAAA 級石棉糸を断面角形に 編組し、表面を黒鉛塗 装したもの。	1271 1345 1273
	45 [4.41]	200				
	30 [2.94]	200	グラファイトブレーデ ット石棉パッキン	6GP*	JIS R 3450のAA級石 綿糸を耐熱潤滑油と黒 鉛で処理し、断面角形 に編組したもの。	132 134 1290
	20 [1.96]	150				
空 気	30 [2.94]	—				
空 気 済 水 復 水 海 水 バラスト ビルジ	16 [1.57]	100				
	10 [0.98]	60	ゴム綿布加工パッキン	9GP*	帆布とゴムを交互に積 層し、この交互面が粘 りに接するよう断面角形 のスパイラル状に成形 したもの。	677

* (b) 弁棒用耐熱、耐油パッキン10GPRを使用してもよい。

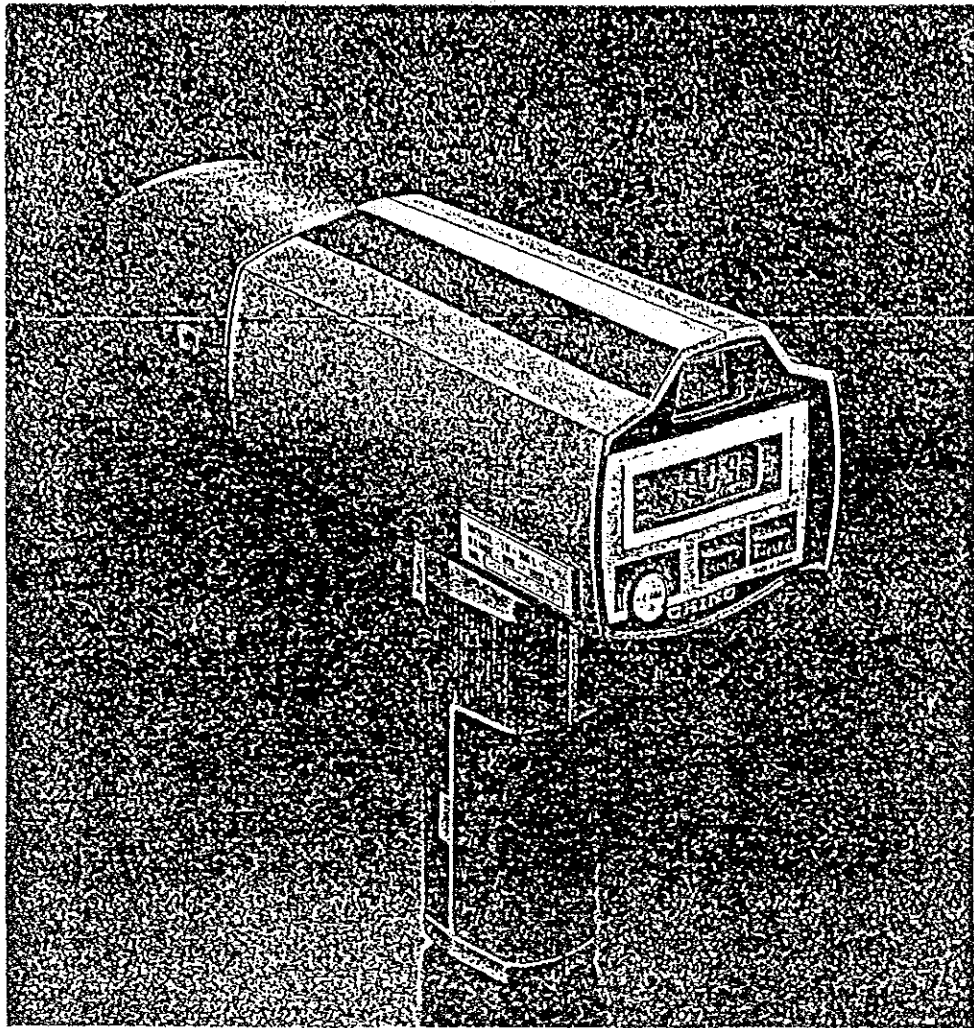
バルカー No.	製品名	内 容	最高使 用温度 ℃	寸 法	関連規格
139	耐熱油格子織石棉 コイルパッキン	石棉糸を格子織し、特殊バイン グとマイカで仕上げたもの。	350	太さ：3.2~25.4mm 1巻の重量：2.5.5kg	—
229	バルブパッキン	石棉ジョイントシートを固く積 層加工したもの。	200	打合せによる	—
240	石棉スパイラルパ ッキン	石棉布に耐熱コンパウンドを塗 布し、中心の方向に巻き込み角 形に成形して黒鉛仕上げし、ス パイラル状にしたもの。	300	太さ：3.2~25.4mm 長さ：3.65m	—
662	ハイドロリックコ イルパッキン	特殊ゴムコンパウンドで処理し た帆布を積層して成形加硫した 板をたて方向に、所定寸法に切 断し、コイル状にしたもの。	120	太さ：6.4~25.4mm 長さ：3.65m	—
677	アマゾンパッキン	厚織綿布にゴム引きして積層し、 上下にゴム板をあてて所定寸法 に切断した後、潤滑剤を施して スパイラル状に仕上げたもの。	120	同 上	—
877	八編鉛毛コイルパ ッキン	潤滑剤で処理した鉛毛を八編し、 黒鉛仕上げたもの。	200	同 上	—
1110	アルミ箔スパイラ ルパッキン	潤滑剤で処理したアルミニウム リボンをスパイラル状にラッピ ングしたもの。	450	太さ：3.2~25.4mm 長さ：3.65m	—
1120	石棉芯入りアルミ 箔スパイラルパッ キン	Na1110の芯に潤滑処理した石棉 糸を入れ、とくに潤滑性を持た せたもの。	450	同 上	—
1130	鉛箔スパイラルパ ッキン	潤滑剤で処理した鉛箔リボン をスパイラル状にラッピングし たもの。	200	同 上	—
1134	八編石棉コイルパ ッキン	耐熱潤滑油で処理した石棉糸を 八編したもの（グラフィイトフ リー）。	200	太さ：3.2~25.4mm 1巻の重量：2.5.5kg	—
1140	石棉芯入り鉛箔ス パイラルパッキン	Na1130の芯に潤滑処理した石棉 糸を入れ、とくに潤滑性を持た せたもの。	200	太さ：3.2~25.4mm 長さ：3.65m	—
1190	高温用綿状パッキ ン	石棉繊維、潤滑剤および黒鉛を 混合して綿状としたもの。	450	打合せによる。	—
1225	スチムタイト	石棉繊維、黒鉛および特殊潤滑 剤の混合物をリング成形したも の。	300	打合せによる。	—
1240	高温用綿状コイル パッキン	石棉繊維、黒鉛の混合物を角形 に成形し、その上を熱処理であ らく袋織し、コイル状にしたもの。 黒鉛のかわりにマイカを使用し たもの(Na1240-M)もある。	450	太さ：3.2~25.4mm 長さ：3.65m	—
1255	銅線入り石棉糸被 覆メタルコイルパ ッキン	銅線入り石棉糸に黒鉛を塗布 し、これを芯として外側を銅線 入り石棉糸で袋織し、表面を 黒鉛で仕上げたもの。	400	同 上	—

製品名	用途	材質	形状	バルカーNo
V パッキン	各種シリンダのロッドシールおよびピストンシール、 プランジャポンプのグラ ンドシール、 プレスのラムシール、 バルブのステムシール、 その他の往復動軸のシール	布入りゴム		2330 2630 4630
		ゴム		2631 4631 5060
		バルフロン		7631
		石綿布入り バルフロン		7330
U パッキン	油圧シリンダのロッドシール、ピストンシール、その他	ウレタン (エラスト ラン)		E9625UH, UN, ML
	空気圧シリンダのロッドシール、ピストンシール、その他	ゴム		2060UP, MP
	各種シリンダのロッドシールおよびピストンシール、 プレスのラムシール、 その他の往復動軸のシール、 低速回転軸のシールなど	布入りゴム		2625
		ゴム		2060UH, ML 4060UH, ML 5060
		バルフロン		7160
L パッキン (筒形)	各種シリンダのピストンシール、その他往復動軸でのパッキン、外径しゅう動部のシール	布入りゴム、 ゴム、 バルフロン		2625 2060 4060 5060 9625 7160
J パッキン (帽子形)	各種シリンダのロッドシール、その他パッキン内径しゅう動部のシール	布入りゴム、 ゴム、 バルフロン		2625 2060 4060 5060 9625 7160
ハイドロリック リップパッキン	プレスのラムシール、その他往復動軸でのパッキン内径しゅう動部のシール (外径シールの設計のものもある)	布入りゴム		710 2710
オートバック リングパッキン	プランジャポンプのグラ ンドシール、その他往復動軸での パッキン内径しゅう動部のシール	布入りゴム		2620
コンバインド リップリング パッキン	プランジャポンプのグラ ンドシール、オレオ装置の シール、その他パッキン 内径しゅう動部のシール	ゴム		2800

バルカーNo (製品名)	ゴムコンパウ ンドの種類	用 途			
		使用機器	流体の種類	流体の温度	流体の圧力
710 (ハイドロリ ックリップパ ッキン)	天然ゴム	水圧機のプラン ジャおよびラム	水、温水	100℃まで	300kgf/cm ² まで
2710 (合成ゴムハ イドロリック リップパッキ ン)	ニトリルゴム	水圧機または油 圧機のプランジ ャおよびラム	水、温水、 石油系作動油	120℃まで	300kgf/cm ² まで

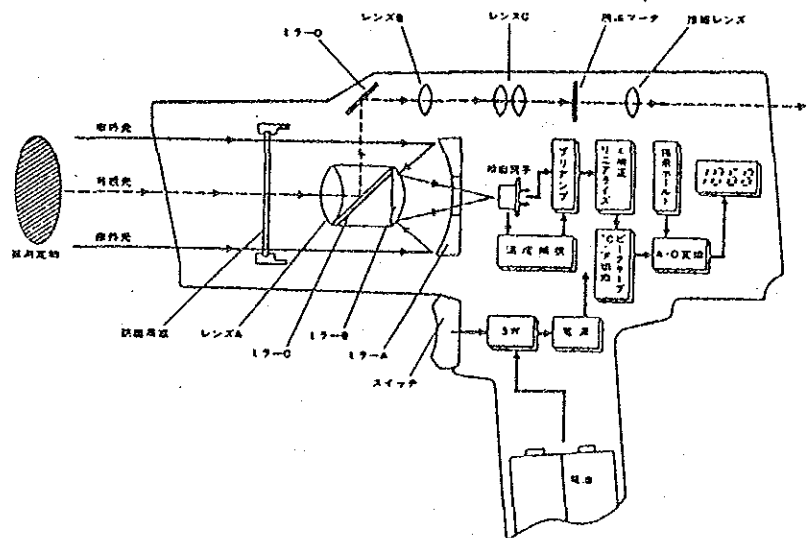
バルカー No	製品名	内 容	最高使 用温度 ℃	寸 法	関連規格
18	フェルトリング	羊毛のフェルトを所定寸法に 打ち抜いたもの。	80	打合せによる。	—
④ 640 ⑤	Oリング	合成ゴムを断面O形のリング 状に成形したもの。	材質に よる	JIS B 2401 AN6227-6230 MS28775 AS568 ISO/R1077-1078	JASO F404 MIL-P-5315-5510 5516-25732 MIL-R-7362 AMS 7270-7271- 7272-7274
641	Xリング	合成ゴムを断面X形のリング 状に成形したもの。	同上	弊社標準寸法	—
710	ハイドロリックリ ップパッキン	天然ゴム引き絨布を折りたた み、しゃう動面に減摩合金を 埋め込み、成形したもの。	100	弊社標準寸法	—
800	革パッキン	なめし革を所定形状に成形し たもので、形状によりNo800- J、No800-L、No800-U形があ る。	80	打合せによる。	—

資料 6
遠距離測温用表面温度計



測定原理

被測定物から放射される赤外光はミラーA、Bにて集光され検出素子に導かれます。検出素子に入射した赤外光は、そのエネルギー量に比例した電気信号に変換されます。この電気信号は、プリアンプで増巾され、放射率補正、リニアライズされた後A/D変換されLCDデジタル表示されます。一方、可視光はレンズAで焦点され、ミラーC、D、レンズB、Cを通して照準マークに導かれます。照準マーク上の像は接眼レンズを通して観測されます。



測定方式：シリコンセル形—光起電力方式狭波長帯域放射温度計
 サーマバイル形—熱起電力方式広波長帯域放射温度計
 検出素子：サーモバイルまたはSi
 測定波長：サーモバイル — 0.6~14 μ mまたは0.6~12 μ m
 Si — 0.9 μ m
 測定範囲：0°Cから2000°C 機種一覧参照
 測定精度：最大値の $\pm 1.0\% + 1\text{digit}$
 (但しIR-HP1, IR-HP2は周囲温度25°C $\pm 5^\circ$ Cにて)
 応答時間：約1秒(但し95%指示)、但し溶湯用は約2.5秒
 温度表示：LCD(液晶) デジタル表示
 オーバーレンジ時 under、over 表示
 °C-°F切替表示付
 放射率： $\epsilon = 0.2 \sim 1.0$ 連続可変 任意設定
 ホールド：スイッチOFF後約10秒間指示値保持
 ピークホールド：ピークホールドスイッチ付

測定距離と測定値の関係：機種一覧参照
 測定距離：0- ∞
 光学系：球面鏡によるカセグレンタイプ(固定焦点方式)
 照準：ガンズコープタイプ 直視ファインダ付

周囲温度：5~45°C(保存温度-20°C~60°C)
 自動周囲温度補償付
 周囲湿度：10~80%RH(但し結露しないこと)
 電源：乾電池006P 2個
 運転時間：連続使用にて約20時間

本体材質：ケース、グリップ — ABS樹脂成形
 内部光学系架台 — アルミダイカスト
 重量：約0.9kg
 先端防護フード付
 本体前面防護用窓付

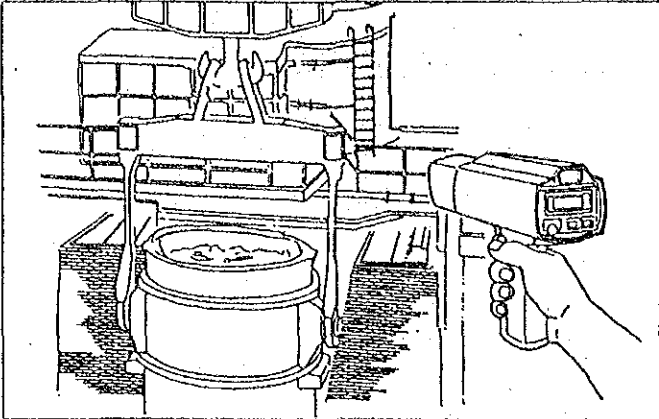
付属品：電源用乾電池006P 2個
 収納用ケース 1個

オプション：防塵シャッター付フード
 塵埃などの多い測定現場で光学系を保護するために
 使用します。

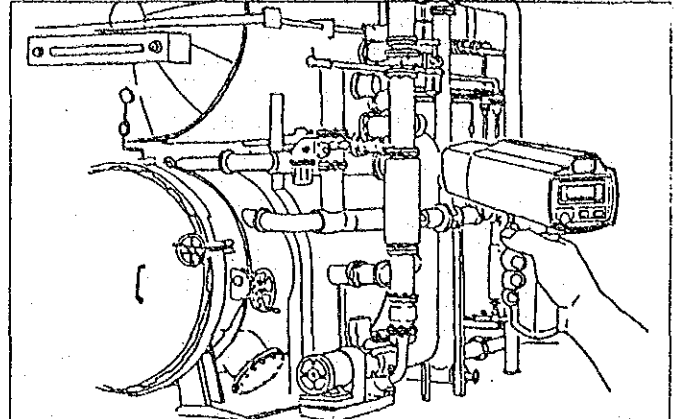
図1-1

形式	検出素子	測定波長	測定温度範囲	測定距離と測定径(単位mm)	主な用途
IR-HP1	サーモバイル	0.6~14 μ m	0~200°C		各種熱ロスチェック 動力、電力の異常チェック ゴム、プラスチック、製紙
IR-HP2	サーモバイル	0.6~14 μ m	50~500°C		各種プラントの保安 セメントキルン鉄皮監視 各種樹脂の成形工程
IR-HP3	サーモバイル	0.6~12 μ m	200~1500°C		金属熱処理 高温炉体保安
IR-HS1	Si	0.9 μ m	600~1600°C		鉄鋼、金属、ガラス セメント、窯業 溶湯チェッカー
IR-HS2	Si	0.9 μ m	1000~2000°C		トンネルキルン タンマン炉

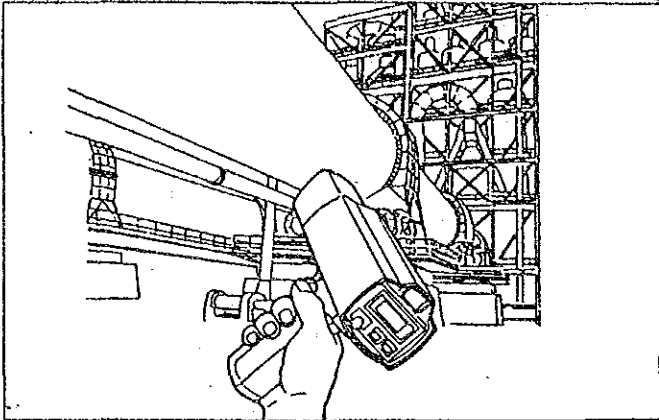
使用例



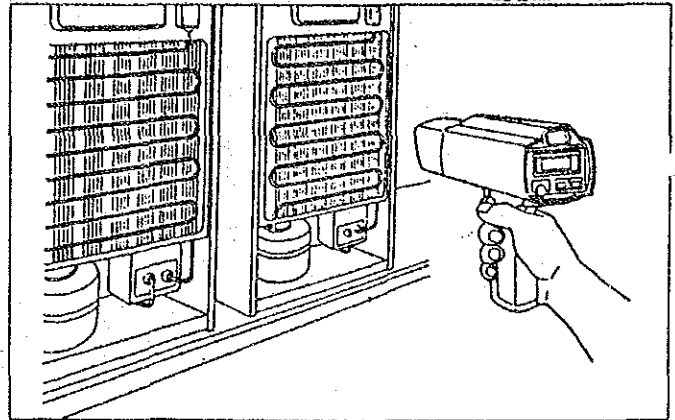
溶湯温度の測定



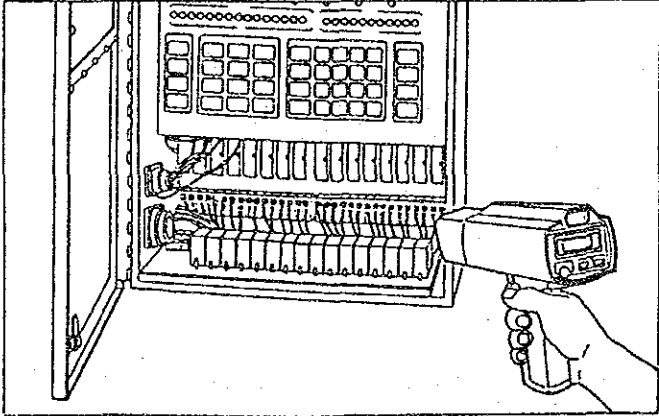
配管熱ロスチェック



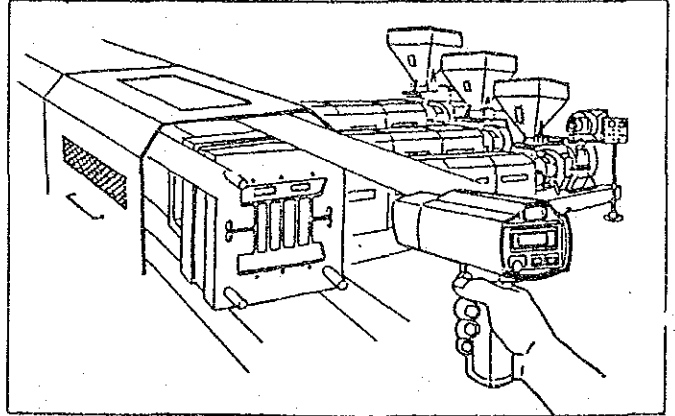
キルン鉄皮温度の測定



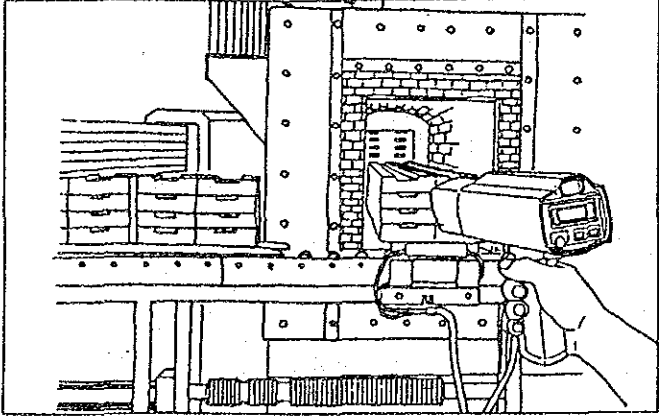
発電製品の検査



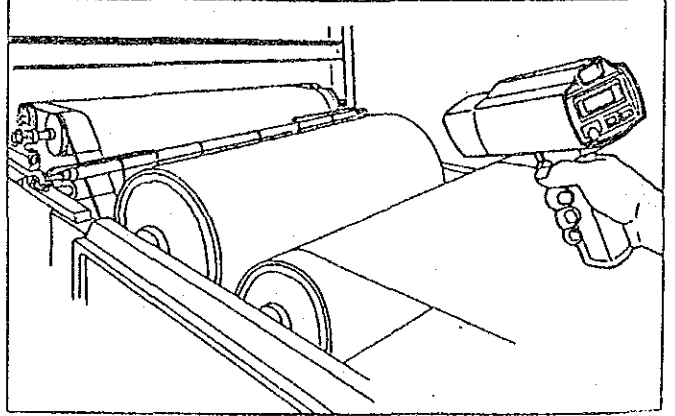
配電盤異常チェック



樹脂温度プラスチック成型温度測定



工業炉の熱処理物温度測定



紙の温度測定

資料 7 大型軸材の加熱測温例と計算による推定

木下 修司*・高田 正良**

Actual Temperature Measurement and Presumption
by Calculation at Heating of Large Forgings

Shushi KINOSHITA and Masayoshi TAKADA

【要 要】

鋼材の熱処理において焼入れ焼戻しの加熱条件を設計する場合、鋼材内部の温度を推定することは、熱処理を成功させる上で重要な要因の一つであり、特に大型軸材ではその推定が必要となる。そこで本稿では直径 ϕ 1313 mm の大型軸材を用いて加熱の測温試験を行い、その結果を用いて加熱時の軸材内部の温度を計算により推定する方法を確立し、種々の軸材直径に対して焼入れ焼戻し時の加熱時間を設定できるように試みたので、その結果について報告する。

1. 緒 言

大型軸材は通常、製鋼、鍛錬、焼なまし、調質の各製造工程を経て製造されるが、加熱作業は鍛錬、焼なまし、調質のいずれの工程においても重要な作業である。すなわち鍛錬工程では、所定の化学成分に溶製した鋼塊を再結晶温度以上に加熱し、鍛錬によって铸造組織を破壊して微細組織を得ると同時に、内部の空隙を圧着することが目的であるので、鋼塊中心部まで十分に加熱されていることが肝要である。また鍛錬後の結晶粒組織は粗大で不均一であるため、焼なまし工程ではオーステナイト化を繰り返すことにより組織を微細化、均一化し、つぎの調質工程では焼入れ、焼戻しにより強度とじん性を付与するが、いずれの場合にも軸材中心部まで所定温度に十分加熱されていないとなければならない。

鍛錬、焼なまし、調質のいずれの場合でも加熱条件を設計する場合には、どのような条件でどれくらいの時間加熱すると、軸材の各部位がどのような温度分布を示しているかをあらかじめできるだけ正確に知ることが、効果的な加熱を行う上での重要な鍵となる。特に大型軸材になると、加熱途中での表面と中心の温度差が大きくなるため、その必要性はますます大きなものになる。

本稿では大型軸材の焼入れ焼戻し加熱時における軸材内部の温度分布を把握することを目的として、大型軸材の加熱測温試験を行い、これをもとに熱定数と熱伝達係数を設定して、コンピュータにより軸材内部の温度が自由に推定できるように試みたので、その結果について報告する。

2. 実験要領

2.1 供 試 材

加熱測温試験に用いた供試材は、3.5 NiCrMoV 鋼の鍛鋼品であり、化学成分を表 1 に示す。なお本鋼種の A_{c1} 変態点は約 680°C、 A_{c2} 変態点は約 770°C である。

供試材の形状は図 1 に示すごとく、最大径 ϕ 1313 mm、全長 4776 mm の段付軸材である。理想的には均一な直径の軸材を用いるべきであるが、製造している軸材の形状、寸法にできるだけ近い方が測温データに具体性があるので、このような段付軸材を用いた。

2.2 測 温 位 置

供試材における測温点は図 1 に示す①～⑤の 6 箇所であり、①は直径 ϕ 443 mm の表面下 30 mm の位置、②③④は直径 ϕ 1313 mm のそれぞれ表面、表面下 30 mm、中間 (0.5 R; R は軸材の半径)、中心の位置、⑤は直径 ϕ 1090 mm の中心の位置である。

* (株)神戸製鋼所高砂事業所, 工博(Takasago Plant, Kobe Steel Ltd., 2-3-1 Shinhamma Arai-cho Takasago 676)

** (株)神戸製鋼所高砂事業所 (Takasago Plant, Kobe Steel Ltd.)

表 1 供試材の化学成分 (wt %)

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V
0.23	0.08	0.38	0.006	0.005	3.59	0.20	0.40	0.08

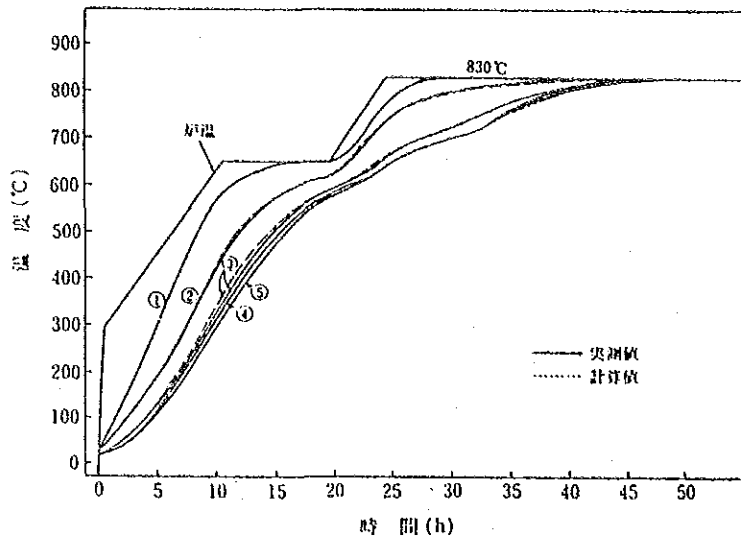


図5 実測加熱曲線と計算加熱曲線

は、まず焼入温度、焼戻し温度を設定すると、つぎに加熱時間を設定しなければならないが、加熱時間を設定するには通常軸材の中心が加熱開始後その設定温度に到達するまでの時間を知ることが必要となる。しかも実用的には、種々の直径の軸材についての時間を知っておくことが有用である。

そこで種々の直径の軸材を想定して、本実験で求めた熱定数、熱伝達係数で加熱曲線をコンピュータにより計算し、加熱開始後軸材中心が設定温度に達するまでの時間をそれぞれの軸材の直径ごとに求めて、その関係を実用的なグラフに表した。

図6は、焼入れ加熱時のこれらの関係を、図7は焼戻し加熱時のこれらの関係を定性的に示したものである。

図6の焼入れ加熱時の炉の加熱曲線は、通常大型軸材の焼入れ加熱に用いている曲線であり、その要領は35~100°C/hの加熱速度で昇温後500~650°Cで保持し、再び35~100°C/hの加熱速度で昇温して、焼入温度 $T^{\circ}\text{C}$ で保持する要領である。

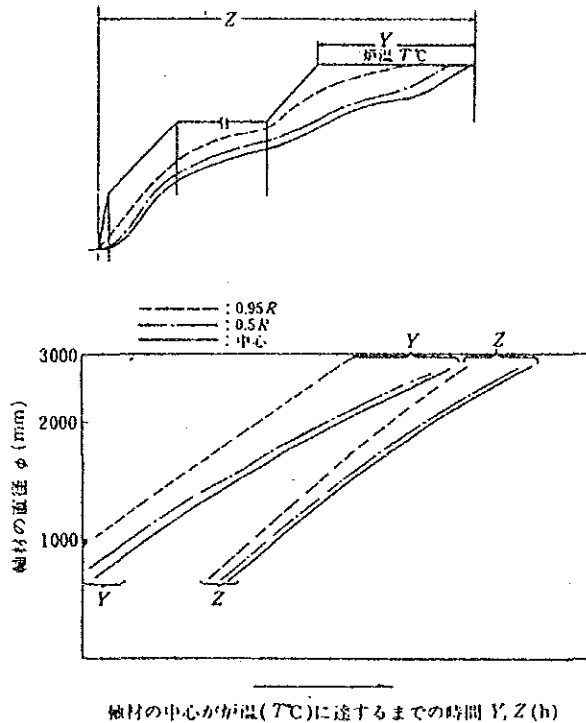
一般に鋼材を加熱する場合、急熱すると表面は圧縮応力を受け⁽⁴⁾、熱ひずみにより加熱割れを起こしやすいため、通常は焼入温度に加熱するまでに材料が弾性をもつ温度範囲で一定時間保持し、軸材の内外部の温度を均一にしてから焼入温度まで昇温される。大型軸材になると加熱割れの傾向はますます大きくなるため、特に注意を払う必要がある、このような炉の加熱曲線が用いられるのが通常である。

図6の結果によると、たとえば直径 $\phi 2000\text{mm}$ の中心が加熱開始後焼入温度に達するまでの時間は、直径 $\phi 1000\text{mm}$ の中心に比べてかなり長く、軸材の直径により加熱時間は大きく異なることがわかる。

このように軸材の焼入れ加熱時間は、図6のようなグラフを計算することにより、簡単に求めることができる。

一方、焼戻し加熱時における軸材の直径と、加熱開始後軸材の中心が焼戻し温度に達するまでの時間との関係を定性的に図7に示す。たとえば直径 $\phi 2000\text{mm}$ の中心が、加熱開始後焼戻し温度に達するまでの時間は、直径 $\phi 1000\text{mm}$ の中心のそれに比較してかなり長く、軸材の直径により加熱時間は大きく異なる。

一般に普通鋼、低合金鋼で焼戻し条件を設計する場合には、それぞれの材料において材料強度、じん性と、式(5)で示されるラーソンミラーのパラメータ： P 値との関係をあらかじめ把握しておき、



軸材の中心が炉温($T^{\circ}\text{C}$)に達するまでの時間 Y, Z (h)

図6 焼入加熱時間の設定

目標とする材料強度、じん性を得るために最適な P 値を設定する。

$$P = (T + 273)(20 + \log t) \quad (5)$$

T : 焼戻し温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t : 焼戻し時間 (h)

その P 値から適切な焼戻し温度 $T(^{\circ}\text{C})$ と焼戻し時間 t (h)を決定するので、結局焼戻し加熱時間は図7で求めることのできる「炉温が焼戻し温度に達した後、中心

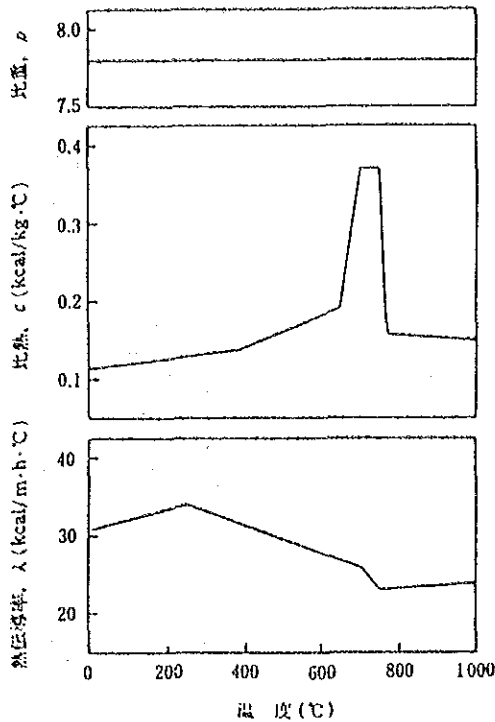


図3 加熱時の熱定数および比重の温度依存性

$$\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right) = -\alpha (T - T_s) \quad (2)$$

$$T_s = T_s \quad (3)$$

ただし、 T : 任意の位置、時間における温度 ($^{\circ}\text{C}$)

T_s : 雰囲気温度 ($^{\circ}\text{C}$)

T_s : 表面温度 ($^{\circ}\text{C}$)

r : 半径方向位置 (m)

λ : 熱伝導度 (kcal/m·h· $^{\circ}\text{C}$)

ρ : 比重

c : 比熱 (kcal/kg· $^{\circ}\text{C}$)

t : 時間 (h)

α : 熱伝達係数 (kcal/m²·h· $^{\circ}\text{C}$)

ここで、熱伝達係数とは、特に物理的な意味をもたず、比例定数的なものであり、加熱面の状態（粗度やスケールの付着状態）や雰囲気温度によって変化する係数と考えてよい。

この方程式を有限要素法によりコンピュータを利用して解析した。加熱曲線の算出にあたって、まず軸材内部の熱伝導問題のみ（式(1)と式(3)）を考慮して、式(1)に使用される熱定数 λ 、 c 、 ρ の数値に最初は書物、文献⁽²⁾より得た適当な値を用い、これによって求めた計算曲線が実測曲線と一致するまで、試行錯誤的に熱定数の修正を行って、最終的な熱定数を求めた。その結果を図3に示す。なお加熱時の変態発熱については、その発熱量を比熱の項で考慮することにした。

つぎにこれらの熱定数を式(1)に代入し、境界条件である式(2)中の熱伝達係数 α を、各加熱条件に応じて軸材の表面温度の関数として変化させて、試行錯誤的に各実測曲線と一致するまで計算を繰り返す、最終的に α を決定した。その結果を図4に示す。軸材表面温度 T_s ($^{\circ}\text{C}$) と熱伝達係数 α の関係式として次式(4)を得た。

$$\log \alpha = 0.001167 T_s + 1.362 \quad (4)$$

Schofield ら⁽³⁾ が求めた熱伝達係数を図4に併記するが、本実験で求めた値とよく合っているのも、実測加熱温度の最高である 830°C よりすこし高温域でも、式(4)が成り立つと推定される。

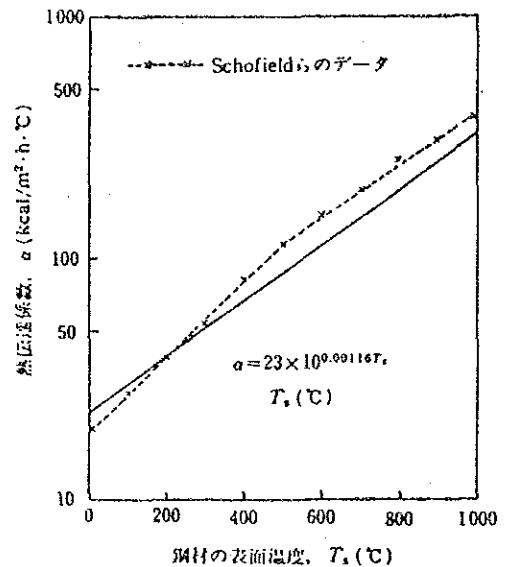


図4 熱伝達係数 α と表面温度との関係

4. 実測加熱曲線と計算加熱曲線の比較

以上のようにして求めた熱定数、熱伝達係数を用い、炉の加熱曲線を与えることにより、軸材各部の加熱曲線をコンピュータを利用して計算し、実測加熱曲線と比較した。計算は本測温実験で用いた4種類の加熱曲線についてそれぞれ行ったが、その一例を図5に示す。すなわち炉の加熱速度 35°C/h で昇温して 650°C に達すると9h保持し、内外部の温度差を小さくしてからさらに 35°C/h の加熱速度で 830°C まで加熱した場合の、実測加熱曲線と計算加熱曲線を示す。両者の温度差は最大約 10°C であり、かなりよく一致している。

他の3種類の加熱曲線においても、実測加熱曲線と計算加熱曲線の差はせいぜい 8°C であり、よく一致していることが確認された。

5. 加熱時間の設定

軸材の焼入れ、焼戻しの加熱条件を設計する場合に

測 温 点	測 温 位 置
⑥	φ1313 mm 表面 (1.0 R)
①	φ443 mm 表面下 30 mm (0.9 R)
②	φ1313 mm 表面下 30 mm (0.95 R)
③	φ1313 mm (0.5 R)
④	φ1313 mm 中心 (OR)
⑤	φ1090 mm 中心 (OR)

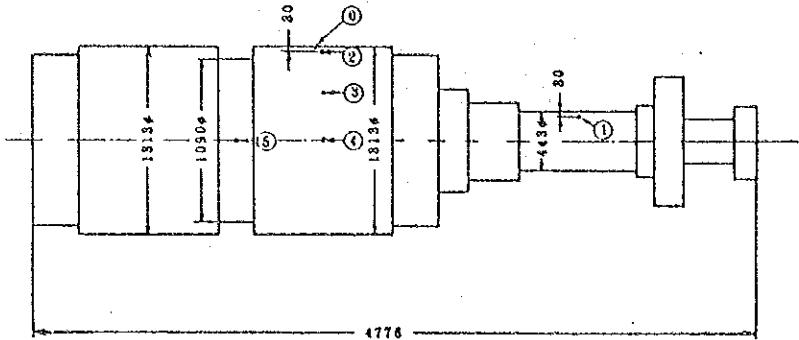


図 1 供試材の形状、寸法および測温位置

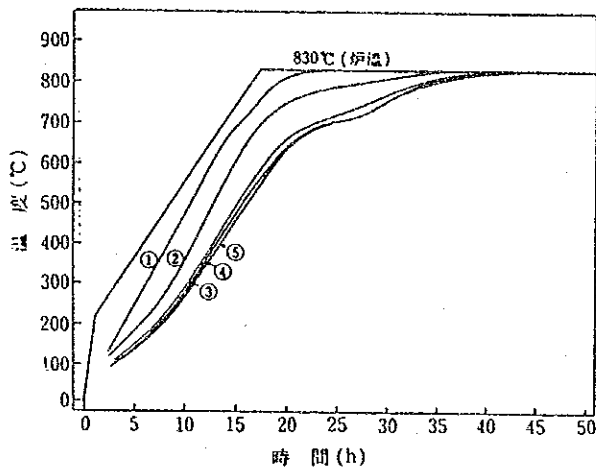


図 2 実測加熱曲線

熱電対は CA 熱電対を用い、熱電対用の穴は供試材の半径方向にドリル加工して、その先端に熱電対を固定した。また本測温試験では、加熱測温後冷却時にも測温するため、熱電対はステンレスパイプの中に納め、直接外気にふれないように取り付けた。ただし、測定点⑥の熱電対だけはそのまま軸材表面に接触させて固定しており、炉温の制御はこの熱電対により行った。

2.3 加 熱

加熱には有効直径 φ3 m、地下 20 m 長さの豎形ガス炉を用い、供試材は図 1 の右端部を吊った状態で加熱した。ガスバーナは、燃焼ガスが豎形炉の円周方向に均一に流出するように、円周の接線方向に向けられ、円周上 180° 二箇所に取り付けられているので、供試材は円周上均一に加熱される。

測温試験は、計 4 種類の加熱曲線にそって行った。

すなわち加熱速度は炉の能力と実用面を考慮して、35°C/h から 100°C/h の範囲で変化させ、加熱温度も焼戻し温度に相当する 650°C から焼入温度に相当する 830°C まで変化させた。また焼入温度 830°C まで加熱する場合は、加熱時の内部応力を軽減するために内外部の温度を均一にするより、650°C で一定時間保持後に 830°C まで加熱する試験も行った。

図 2 の直線部は、これらの炉の加熱曲線の一つを示したもので、加熱速度は 35°C/h、加熱温度は 830°C としたものであり、供試材の中心が 830°C に達するまで測温し続けた。

2.4 測 温 結 果

以上の要領で測温し得られた実測加熱曲線を図 2 に示す。当然のことながら、小径 φ443 mm の表面下 30 mm が最も速く昇温しており、つぎに大径 φ1313 mm の表面下 30 mm、中間部 (0.5 R)、中心の順に昇温している。直径 φ1090 mm の中心が小径にもかかわらず、これより昇温速度が若干遅いのは、直径 φ1090 mm 部の軸方向長さが短いために、大径の φ1313 mm の影響を受けていること、また逆に直径 φ1313 mm の中心部は、その軸方向長さが短いために、端面からの入熱の影響を受けていることによると推定される。いずれにせよ、高温部では両者の温度差は極めて小さくなっており、加熱開始後約 44 時間で 830°C に達して、直径 φ1313 mm の表面下 30 mm よりも約 8 時間遅れている。

3. 熱定数および熱伝達係数の決定

冷却および加熱曲線は、理論的には冷却面または加熱面での熱伝達と固体内の熱伝導問題として取り扱うことができる⁽¹⁾。

一般に無限円柱の非定常熱伝導方程式は式(1)、冷却面または加熱面での熱伝達に関する方程式は式(2)で表される。ここで式(3)を境界条件とする場合は、固体内の熱伝導問題のみとして求めることができる。

無限円柱の熱伝導方程式

$$\lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} \right) + (\lambda/r) \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right) = \rho c \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) \quad (1)$$

境界条件

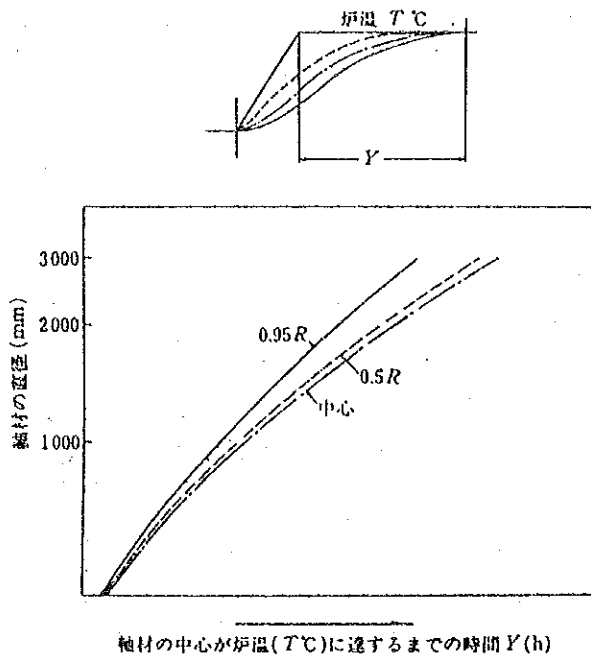


図 7 焼戻し加熱時間の設定

部が焼戻し温度に達するまでの時間」 Y と、焼戻し時間 t を加えた総時間だけ必要となってくる。

しかし大型軸材になるほど、軸材の中心部の温度は焼戻し温度付近で漸近するため、焼戻し温度に達する前でも実際にはその軸材はかなり焼戻されていることになる。したがって実用上は、この時間 Δt を焼戻し時間 t から差し引く必要があり、最終的には焼戻し加熱時間は、

$$\text{焼戻し加熱時間} = Y + t - \Delta t \quad (6)$$

だけ必要となる。

また一方では、大型軸材になるほど軸材の表面と中心の温度差が大きくなり、必然的に焼戻し温度に達するまでの所要時間に大きな差が生じる。したがって軸材の焼戻し条件を設計する場合に、軸材中心部の材料強度、じん性を狙って焼戻し時間を決定すると、当然のことながら軸材表面部はそれより長時間焼戻されることになり、材料強度が低下することになるので、軸材の表面部と中心部の要求材料強度のバランスを考慮に入れて設計する

ことに注意を払わなければならない。

6. 結 言

焼入れ、焼戻し時の加熱曲線を実測し、それに合うように熱定数、熱伝達係数を求め、計算により加熱曲線を推定する方法について述べた。そしてこの計算により推定した加熱曲線が、他の種々の加熱条件においてもよく一致することを確認し、これに基づいて焼入れ、焼戻しの条件を設計する上で必要な、軸材直径の各部が加熱温度に達するまでの所要時間との関係性を求め、実用的なグラフに表す方法を提案した。このグラフは、実際に現場で焼入れ、焼戻しの加熱時間を設定する際に極めて貴重なグラフとなるが、ここでこれを利用する場合に配慮しなければならない点がある。

その一つは、軸材の材質が求めておいたグラフの材質とかなり異なる場合であり、正確には焼入れ、焼戻ししようとする軸材を用いて同様の試験を行い、熱定数、熱伝達係数を求めてから、計算し直す必要のあることである。

また一つは、本実験で求めた熱定数、熱伝達係数はたかだか焼入れ温度までであるため、これを 1200°C 前後の鍛造加熱温度まで適用する場合には、輻射熱を考慮に入れる必要が生じるので、本実験で得た熱定数、熱伝達係数をそのまま延長するだけでは正しく推定することができないであろう。

本稿で述べた大型軸材の加熱測温例と計算による推定方法のプロセス、あるいは本実験で得た結果が少しでも役に立てば甚だ幸いである。

参 考 文 献

- (1) 日本鉄鋼協会編：鋼の熱処理 改訂5版 (1969), 16, 丸善。
- (2) M. Priante and M. Spedaletti : 7th International Forging Conference, Paris (1975), 839.
- (3) P. C. Finlayson and J. S. Schofield : JISI 193 (1959), 238.
- (4) Charles Sykes : Steel Processing (1954), 421.



資料 8

Standard Specification for VACUUM-TREATED STEEL FORGINGS FOR GENERATOR ROTORS¹

This standard is issued under the fixed designation A 469; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last approval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This specification covers vacuum-treated basic electric steel forgings for generator rotors.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

2. Applicable Documents

2.1 ASTM Standards:

A 275 Methods for Magnetic Particle Examination of Steel Forgings²

A 341 Test Method for Direct-Current Magnetic Properties of Materials Using D-C Permeameters and the Ballistic Test Methods³

A 370 Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products⁴

A 418 Method for Ultrasonic Inspection of Turbine and Generator Steel Rotor Forgings²

A 509 Definition of a Steel Forging²

A 773 Test Method for D-C Magnetic Properties of Materials Using Ring and Permeameter Procedures with D-C Electronic Hysteresigraphs³

E 30 Methods for Chemical Analysis of Steel, Cast Iron, Open-Hearth Iron, and Wrought Iron⁵

3. Ordering Information

3.1 *Purchase Order*—The purchaser shall include with the inquiry and order the class of forging desired, test, and purchase options (if any) (see 4.3.2, 4.3.3, 6.1.3, 6.3, 8.2.1, and 16.1).

3.2 *Forging Drawing*—Each forging shall be manufactured in accordance with a purchaser-supplied drawing showing the finished dimensions and the locations of mechanical test specimens.

3.3 *Supplementary Requirements*—Supplementary requirements are provided. These re-

quirements shall apply only when specified in the purchaser's order.

4. Manufacture

4.1 Melting Process:

4.1.1 The steel shall be made by the basic electric-furnace process.

4.1.2 The molten steel shall be vacuum treated prior to or during the pouring of the ingot in order to remove objectionable gases, particularly hydrogen.

4.1.2.1 When the vacuum stream-degassing process⁶ is used, the vacuum system must be of sufficient capacity to effect a blank-off pressure low enough (usually less than 1000 μm), to break up the normal tight, rope-like stream of molten metal into a wide-angled conical stream of relatively small droplets. The capacity of the system must also be sufficiently high to reduce the initial surge pressure at the start of the pour to a low level within 2 min.

4.1.2.2 When the vacuum-life process⁷ is utilized, the molten metal shall be drawn into the evacuated vessel a sufficient number of times

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A-1 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys, and is the direct responsibility of Subcommittee A01.06 on Steel Forgings and Billets.

Current edition approved July 30, 1982. Published September 1982. Originally published as A 469 - 62 T. Last previous edition A 469 - 80.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.05.

³ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.04.

⁴ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 01.04.

⁵ *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.05.

⁶ Details of the vacuum stream degassing process may be found in Stoll, J. H., "Vacuum Pouring of Ingots for Heavy Forgings," *Journal of the Iron and Steel Institute*, JISIA, Vol 191, January 1959.

⁷ Kollmann, W. C., and Presisch, C. D., "The D-H Degassing and Alloying Process," *Electric Furnace Proceedings*, AIME, EFCPA, December 1961.

of assure thorough mixing and degassing of the entire volume of metal. The evacuation system shall be capable of reducing the pressure surges which occur each time a new portion of steel is admitted to the vessel to increasingly lower levels until a blank-off pressure, usually less than 1000 μm , is achieved signifying the end of the degassing treatment.

4.1.2.3 Other methods of degassing may be used if the supplier can demonstrate their adequacy to the satisfaction of the purchaser.

4.1.3 *Discard*—Sufficient discard shall be made from each ingot to secure freedom from piping and excessive segregation.

4.2 *Forging Process*—The forging shall receive its hot mechanical work as described in Definition A 509. It is important to maintain the axial center of the forging in common with the axial center of the ingot.

4.3 *Heat Treatment:*

4.3.1 After forging and before reheating for heat treatment for mechanical properties, the forging shall be allowed to cool in a manner to prevent injury and to accomplish transformation.

4.3.2 The heat treatment for mechanical properties shall consist of quenching and tempering. Normalizing and tempering is permissible with prior approval of the purchaser. If possible, forgings shall be heat treated for properties in the vertical position.

4.3.3 After heat treatment and the subsequent rough machining, the forging shall be stress relieved at a minimum temperature of 1050°F (566°C) unless otherwise specified by the purchaser.

4.4 *Machining:*

4.4.1 *Boring*—The manufacturer may bore the forging at any time prior to stress-relief anneal. (Note Supplementary Requirement S1).

4.4.2 *Machining to Purchaser's Requirements for Shipment*—The forging as shipped shall conform to the finish and dimension requirements on the purchaser's drawing or order.

5. Chemical Requirements

5.1 *Heat Analysis*—Each heat of steel shall be analyzed by the manufacturer to determine the percentage of elements prescribed in Table 1. This analysis shall be made from a test specimen taken during the pouring of each heat. For forgings made from multiple heats,

both individual heat analyses and a weighted average analysis shall be reported. The steel shall conform to the chemical composition requirements prescribed in Table 1; for multiple heats, the weighted average analysis shall govern.

5.1.1 If the test sample is lost or declared inadequate for chemical determinations, the manufacturer may take alternate samples from appropriate locations near the surface of the ingot or forging as necessary to establish the analysis of the heat in question.

5.2 *Product Analysis*—The manufacturer shall make a product analysis from each forging. Samples for product analysis shall be taken from the forging or from a full-size prolongation at any point midway between the center and the outer surface or from radial acceptance test specimens. The chemical composition thus determined shall not vary from the requirements specified in Table 1 more than the amounts prescribed in Table 2.

5.3 *Methods of Analysis*—Methods E 30 shall be used for referee purposes.

6. Mechanical Requirements

6.1 *Tension Test:*

6.1.1 The steel shall conform to the requirements of Table 3.

6.1.2 The number of locations of tension test specimens shall be as specified on the forging drawings furnished by the purchaser.

6.1.3 Tests for acceptance shall be made after heat treatment of the forging for mechanical properties. The purchaser may require check tests after completion of all heating cycles including stress relieving in accordance with 4.3.3.

6.1.4 Testing shall be performed in accordance with the latest issue of Methods A 370. Tension specimens shall be the standard 0.5 in. (13.7 mm) round by 2-in. (50.8-mm) gage length, as shown in Fig. 6 of Methods A 370.

6.1.5 The yield strength prescribed in Table 3 shall be determined by the offset method in the latest issue of Methods A 370.

6.2 *Impact Test:*

6.2.1 The material shall conform to the requirements for notch toughness (both transition temperature and room temperature impact value) prescribed in Table 3.

6.2.2 Impact specimens shall be machined from radial bars taken from the main body of



the forging, as shown on the forging drawing. The notch-toughness specimens shall conform to the Charpy V-notch specimen, of Fig. 11 in the latest issue of Methods A 370. The direction of the notch of the Charpy bars shall be tangential.

7. Magnetic Properties

7.1 Unless otherwise specified, a permeability test shall be performed in accordance with the latest issue of Method A 341 or Method A 773.

8. Nondestructive Test Requirements

8.1 General Requirements:

8.1.1 The forgings shall be free of cracks, seams, laps, shrinkage, and other injurious imperfections.

8.1.2 The purchaser may request such tests and inspection methods inducing ultrasonic, magnetic particle, or etch tests, as are necessary to ensure compliance with this requirement.

8.2 Magnetic Particle Test:

8.2.1 When required by the purchaser, a magnetic particle test shall be made at the forging manufacturer's plant. In making the magnetic particle test, reference shall be made to the latest issue of the Method A 275.

8.2.2 Forgings with indications of cracks and linear imperfections are subject to rejection unless the imperfections can be removed.

8.3 Ultrasonic Inspection:

8.3.1 An ultrasonic inspection shall be made at the forging manufacturer's plant on the machined forgings. In making the ultrasonic inspection, reference shall be made to the latest issue of Method A 418.

8.3.2 Forgings having recordable ultrasonic indications shall be referred to the purchaser and evaluated on the basis of nature, frequency, and locations of indications both traveling and stationary. If the ultrasonic indications are considered objectionable, it shall be determined by conventional or mutually acceptable inspection procedures whether the forging will be rejected.

8.3.3 Forgings shall be ultrasonically tested prior to removal of the mid-body radial tension coupons.

8.4 *Internal Inspection*—Boring, when specified for periscopic inspection, shall be as shown on the drawings furnished by the purchaser. The drawings shall specify the nominal

dimensions of the hole. Magnetic particle examination of the bore surface shall be performed in accordance with the latest issue of Method A 275. In cases where objectionable conditions are revealed, the manufacturer shall advise the purchaser and any further action shall be taken only after mutual agreement.

9. Retests

9.1 If the results of mechanical tests do not conform to the requirements specified, retests are permitted as outlined in Methods A 370 or as follows:

9.1.1 If any test specimen fails because of mechanical reasons such as testing equipment failure or improper specimen preparation, it may be discarded and a specimen from an adjacent location in the forging may be substituted.

9.1.2 If any of the test specimens selected fail to meet the requirements specified, two adjacent test specimens may be selected for retest without reheat treatment, unless failure is due to ruptures, flakes or cracks; both of these must meet the requirements of the specification.

10. Retreatment

10.1 If the results of the mechanical tests of any forging do not conform to the requirements specified, the manufacturer may retreat the forging one or more times, but not more than three additional times without approval of the purchaser, and retests shall be made in accordance with 6.1.2.

10.2 If boring is specified under supplementary requirements, Section S1, the remaining portions of the bore core shall be replaced in the bore during retreatment.

11. Dimensions and Tolerances

11.1 The forging shall conform to the dimensions and tolerances specified on the purchaser's drawing or order.

12. Finish and Appearance

12.1 The forgings shall conform to the finish specified on the purchaser's drawing or shall otherwise have a good workmanlike appearance.



13. Workmanship and Quality Level Requirements

13.1 See requirements in 8.1, 8.2.2, 8.3.2, and 8.4.

14. Marking and Packaging

14.1 Each forging shall be legibly stamped by the manufacturer with the manufacturer's name or trademark, the manufacturer's test identification number, the specification identification number A 469 followed by the appropriate class number.

14.2 The axial bores shall be protected and suitably plugged to prevent corrosion during shipment or storage.

15. Inspection

15.1 The manufacturer shall afford the purchaser's inspector all reasonable facilities necessary to satisfy him that the material is being produced and furnished in accordance with this specification. Mill inspection by the purchaser shall not interfere unnecessarily with the manufacturer's operations. All tests and inspections shall be made at the place of manufacture, unless otherwise agreed to.

16. Certification and Reports

16.1 The manufacturer shall furnish the required (on the purchase order) number of test reports to the purchaser.

16.2 The following items shall be reported:

16.2.1 Heat and product chemical analyses.

16.2.2 Results of acceptance tests for mechanical properties and notch toughness.

16.2.3 Reports of all nondestructive tests, including sketches showing the locations of all recordable indications.

16.2.4 Final austenitizing and tempering temperatures, holding times, and method of cooling.

16.2.5 The results of any required supplementary tests.

17. Rejection

17.1 Any forging having injurious imperfections observed prior to or subsequent to acceptance at the manufacturer's plant shall be subject to rejection.

17.2 Samples tested by the purchaser in accordance with 5.2 that represent rejected material shall be preserved for 60 days from the date of the rejection report. In case of dissatisfaction with the results of the tests, the manufacturer may make claim for rehearing within that time.

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

The following supplementary requirements shall apply only when specified by the purchaser on the order.

S1. Bore Core Tests

S1.1 The purchaser may require physical tests from the bar cored from the longitudinal bore of the forging. These core tests will be for information only.

S1.2 Specimens for bore core tests shall be cored from the forging after heat treatment for mechanical properties.

S2. Method of Forging

S2.1 The purchaser may specify that hot working be performed on a press.

S3. Vertical Heat Treatment

S3.1 Heat treatment for mechanical properties shall be performed with the forging in the vertical position.

TABLE 1 Chemical Requirements

Element	Composition, %					
	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6, 7, 8
Carbon, max	0.45	0.25	0.27	0.27	0.31	0.28
Manganese, max	0.90	0.60	0.60	0.70	0.70	0.60
Phosphorus, max	0.025	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Sulfur, max	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
Silicon ^A	0.15 to 0.35	0.15 to 0.30	0.15 to 0.30	0.15 to 0.30	0.15 to 0.30	0.15 to 0.30
Nickel	...	2.50 min	2.50 min	3.00 min	3.00 min	3.25 to 4.00
Chromium	...	0.50 max	0.50 max	0.50 max	0.50 max	1.25 to 2.00
Molybdenum	...	0.20 to 0.50	0.20 to 0.50	0.20 to 0.60	0.20 to 0.70	0.30 to 0.60
Vanadium	0.03 to 0.12 ^B	0.03 min	0.03 min	0.03 min	0.05 to 0.15	0.05 to 0.15
Antimony ^C

^A Optional: Classes 2 to 8 steel may be vacuum deoxidized, silicon 0.10 max.

^B Vanadium addition optional for Class 1.

^C Information on Classes 6, 7, and 8.

TABLE 2 Permissible Variations in Product Analysis

NOTE—Product cross-sectional area is defined as either:

- | | | |
|--|---|--|
| <p>(a) maximum cross-sectional area of rough machined forging (excluding boring),</p> <p>(b) maximum cross-sectional area of the unmachined forging, or</p> <p>(c) maximum cross-sectional area of the billet, bloom, or slab.</p> | } | Area taken at right angles to the axis of the original ingot or billet |
|--|---|--|

Element	Unit or Maximum Specified Range, %	Permissible Variation Over the Specified Maximum Limit or Under the Specified Minimum Limit, %					
		Up to and including 100 in. ² (645 cm ²)	Over 100 to 200 in. ² (645 to 1290 cm ²), incl	Over 200 to 400 in. ² (1290 to 2580 cm ²), incl	Over 400 to 800 in. ² (2580 to 5160 cm ²), incl	Over 800 to 1600 in. ² (5160 to 10320 cm ²), incl	Over 1600 in. ² (10320 cm ²)
Carbon	up to and including 0.25	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
	0.26 and over	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
Manganese	...	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
Phosphorus	...	0.008	0.008	0.010	0.010	0.015	0.015
Sulfur	...	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006
Silicon	...	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
Nickel	...	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Chromium	up to and including 0.90	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
	0.91 and over	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08
Molybdenum	up to and including 0.20	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
	0.21 to 0.40, incl	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
	0.41 and over	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
Vanadium	up to and including 0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.11 and over	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

TABLE 3 Tensile and Notch Toughness Requirements

	Class							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Tensile strength, min, ksi	75	80	90	100	110	100	110	120
MPa	515	550	620	690	760	690	760	825
Yield strength, ^A min, ksi	35	55	70	80	90	80	90	100
MPa	240	380	485	550	620	550	620	690
Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %	20	20	20	17	15	18	17	16
Reduction of area, min, %	30	50	50	45	40	55	50	45
FATT ₅₀ , max, F	175	100	100	120	175	0	20	40
FATT ₅₀ , max, C	80	38	38	49	80	-18	-7	4
Room temperature impact strength, min, ft-lbf(J)	10 (13)	30 (41)	30 (41)	25 (34)	15 (20)	60 (81)	50 (68)	40 (54)

^A Yield strength at 0.02 % offset. Yield strength may also be specified at 0.2 % offset in which case 5000 psi (35 MPa) shall be added to these values.

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19103.



資料 9

Standard Specification for VACUUM-TREATED CARBON AND ALLOY STEEL FORGINGS FOR TURBINE ROTORS AND SHAFTS¹

This standard is issued under the fixed designation A 470; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This specification covers vacuum-treated carbon and alloy steel forgings for turbine rotors and shafts.

1.2 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard.

2. Applicable Documents

2.1 ASTM Standards:

- A 275 Method for Magnetic Particle Examination of Steel Forgings²
- A 370 Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products³
- A 418 Method for Ultrasonic Inspection of Turbine and Generator Steel Rotor Forgings²
- A 472 Test Method for Heat Stability of Steam Turbine Shafts and Rotor Forgings²
- E 30 Methods for Chemical Analysis of Steel, Cast Iron, Open-Hearth Iron, and Wrought Iron⁴
- E 44 Definitions of Terms Relating to Heat Treatment of Metals⁵
- E 139 Recommended Practice for Conducting Creep, Creep-Rupture, and Stress-Rupture Tests of Metallic Materials⁶
- E 350 Methods for Chemical Analysis of Carbon Steel, Low-Alloy Steel, Silicon Electrical Steel, Ingot Iron, and Wrought Iron⁴

3. Ordering Information

3.1 The purchaser shall specify in his inquiry and order the class of steel, and any tests, supplementary requirements, and purchase options desired.

3.2 *Forging Drawing*—Each forging shall be manufactured in accordance with a drawing furnished by the purchaser showing the dimensions of the forging and bore hole, if any, and

the location of mechanical test specimens.

3.3 *Supplementary Requirements*—Supplementary requirements are provided. These requirements shall apply only when specified in the purchase order.

4. Manufacture

4.1 Melting Process:

4.1.1 The steel shall be made by the basic electric-furnace process.

4.1.2 Provisions for subsequent secondary melting of the steel by the consumable electrode-electroslag or vacuum-arc remelting processes are included in Supplementary Requirement S8.

4.2 *Vacuum Treatment*—The molten steel shall be vacuum treated prior to, or during, the pouring of the ingot to remove objectionable dissolved gases, particularly hydrogen.

4.2.1 When the vacuum stream degassing process⁷ is used, the vacuum system must be of sufficient capacity to effect a blank-off pressure low enough (usually less than 1000 μm), to break up the normal tight, rope-like stream of molten metal into a wide-angled conical stream of relatively small droplets. The capacity of the

¹ This specification is under the jurisdiction of ASTM Committee A-1 on Steel, Stainless Steel and Related Alloys and is the direct responsibility of Subcommittee A01.06 on Steel Forgings and Billets.

Current edition approved July 30, 1982. Published September 1982. Originally published as A 470 - 62 T. Last previous edition A 470 - 81.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.05.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.04.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.05.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.03.

⁶ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁷ Details of the vacuum stream degassing process may be found in Stoll, J. H., "Vacuum Pouring of Ingots for Heavy Forgings," *Journal of the Iron and Steel Institute*, JISIA, Vol. 191, January 1959.



system must also be sufficiently high to reduce the initial surge pressure at the start of the pour to a low level within 2 min.

4.2.2 When the vacuum-lift process⁸ is utilized, the molten metal shall be drawn into the evacuated vessel a sufficient number of times to ensure thorough mixing and degassing of the entire volume of metal. The evacuation system shall be capable of reducing the pressure surges that occur each time a new portion of steel is admitted to the vessel, to increasingly lower levels until a blank-off pressure (usually less than 1000 μm) is achieved, signifying the end of the degassing treatment.

4.2.3 Other methods of vacuum treatment may be used if the supplier can demonstrate adequate degassing and acceptable properties in the finished forging to the satisfaction of the purchaser.

4.3 *Discard*—Sufficient discard shall be taken from each ingot to secure freedom from pipe and harmful segregation in the finished forging.

4.4 *Forging Process*—The forging shall receive its hot mechanical work under a press of ample power to adequately work the metal throughout the maximum section of the forging. It is important to maintain the axial center of the forging in common with the axial center of the ingot.

4.5 Heat Treatment:

4.5.1 After forging and before reheating for heat treatment for mechanical properties, the forging shall be allowed to cool in a manner designed to prevent injury and accomplish transformation.

4.5.2 The heat treatment for mechanical properties shall consist of double-normalizing and tempering for Classes 1, 2, 3, 4, 8, and 9 and normalizing, quenching, and tempering for Classes 5, 6, and 7. In normalizing treatments, the forging may be cooled in still air or in an air blast at the manufacturer's option. Faster cooling rates for Classes 1, 2, 3, 4, 8, and 9 may be used if authorized by the purchaser. These rates are obtained by liquid quenching, or by the addition of water sprays or fog to the air blast.

4.5.2.1 The first normalizing treatment shall be from well above the transformation temperature range. At the manufacturer's option, this operation may be performed as a part of the preliminary treatment of the forging before preliminary machining (see 4.6.1).

4.5.2.2 The second normalizing or quenching treatment shall be from above the transformation range but below the first normalizing temperature described in 4.5.2.1. This treatment shall be performed after preliminary machining (see 4.6.1).

4.5.2.3 The final tempering temperature for Classes 1 to 7 and Class 9 shall be not less than 1075°F (580°C) and for Class 8 not less than 1200°F (649°C).

4.5.2.4 After heat treatment and subsequent rough machining and boring (see 4.6.2 and 4.6.3), the forging shall be stress-relieved at a temperature not more than 100°F (55°C) below the final tempering temperature, but not less than 1025°F (552°C).

4.5.2.5 With the prior approval of the purchaser, the stress relief temperature may approach, equal, or slightly exceed the final tempering temperature as a means of adjusting final strength or toughness. If the stress relief temperature is within 25°F (14°C) of the final tempering temperature, or higher, additional tension tests must be obtained (6.1.3).

4.6 Machining:

4.6.1 *Preliminary Rough Machining*—All exterior surfaces of the forging shall be machined prior to heat treatment for mechanical properties.

4.6.2 *Second Rough Machining*—After heat treatment for mechanical properties, all surfaces of the forging shall be rough machined prior to stress relief and the stability test.

4.6.3 Boring:

4.6.3.1 Forgings shall be bored to permissible bore size and tolerance when required by the purchaser's drawing.

4.6.3.2 Forgings may be bored to limits agreed to by the purchaser or indicated on the purchaser's drawing, to remove objectionable center conditions revealed by ultrasonic inspection.

4.6.3.3 Unless otherwise specified by the purchaser, the manufacturer may bore the forging at any time prior to stress relief (see Supplementary Requirement S2.1).

4.6.4 *Machining to Purchaser's Requirements for Shipment*—The forging as shipped shall conform to the finish and dimension requirements specified on the purchaser's drawing or order.

⁸ Kollman, W. C., and Presisch, C. D., "The D-H Degassing and Alloying Process," *Electric Furnace Proceedings*, EFCPA, AIME, December 1961.



5. Chemical Requirements

5.1 The steel shall conform to the requirements for chemical composition prescribed in Table 1.

5.2 Chemical Analysis:

5.2.1 *Heat Analysis*—An analysis of each heat of steel shall be made by the manufacturer to determine the percentages of the elements specified in Table 1. This analysis shall be made from a test specimen preferably taken during the pouring of the heat. For forgings made from more than one heat, both individual heat analyses (when appropriate for the process) and a weighted average analysis shall be reported. In this case, the weighted average analysis of the component heats shall conform to Table 1.

5.2.1.1 If the test specimen taken for the heat analysis is lost or declared inadequate for chemical determinations, the manufacturer may take alternative specimens from appropriate locations near the surface of the ingot or forging as necessary to establish the analysis of the heat in question. Location and depth of the alternative specimens shall be reported to the purchaser along with the chemical analysis.

5.2.2 *Product Analysis*—The manufacturer shall make a product analysis from each forging. Specimens for product analysis shall be taken from the forging, from a point midway between the surface and center of a test prolongation whose diameter is at least as large as the minimum diameter of the forging, or from radial acceptance test specimens. The chemical analysis thus determined shall not vary from the requirements specified in Table 1 more than the amounts prescribed in Table 2.

5.3 *Methods of Analysis*—Methods E 30 shall be used for referee purposes.

6. Mechanical Requirements

6.1 Tension Test:

6.1.1 The steel shall conform to the tensile requirements of Table 3.

6.1.2 The number and location of tension test specimens shall be as specified on the forging drawings furnished by the purchaser.

6.1.3 Final acceptance tests shall be made after heat treatment of the forging for mechanical properties prior to stress relief, unless the stress relief temperature is within 25°F (14°C) of the tempering temperature, or higher, in which case check tests shall be made after the

stress relief treatment and reported to the purchaser. The purchaser may require check tests after completion of all heating cycles, including stress relief and the heat stability tests.

6.1.4 Testing shall be performed in accordance with the latest revision of Methods A 370. Tension specimens shall be the standard 0.5-in. diameter by 2-in. gage length (or 12.5 by 50.0-mm type as shown in Methods A 370).

6.1.5 The yield strength prescribed in Table 3 shall be determined by the offset method of Methods A 370.

6.2 Impact Test:

6.2.1 The steel shall conform to the requirements for notch toughness (both transition temperature and room temperature impact values) prescribed in Table 3.

6.2.2 The notch toughness specimens shall be machined from radial bars taken from the main body of the forging, as shown in the forging drawing. The specimens shall be Charpy V-notch, Type A, as shown in Methods A 370. The notch direction of the Charpy bars shall be tangential.

6.2.3 The notch toughness tests shall be performed in accordance with the section on Charpy impact testing of Methods A 370.

7. Nondestructive Tests

7.1 General Requirements:

7.1.1 The forgings shall be free of cracks, seams, laps, shrinkage, and other injurious imperfections.

7.1.2 The purchaser may request ultrasonic, magnetic particle, dye penetrant, etch, or other accepted nondestructive inspection necessary to evaluate imperfections and ensure compliance with this requirement.

7.2 Magnetic Particle Test:

7.2.1 When required by the purchaser, magnetic particle inspections of the complete exterior and bore surfaces of the machined forging shall be made at the forging manufacturer's plant. The inspections shall be performed in accordance with the latest issue of Methods A 275.

7.2.2 Forgings with indications of cracks of any length or linear defects 1/8 in. (3.2 mm) long or more caused by nonmetallic inclusions are subject to rejection unless the defects can be removed to the purchaser's satisfaction.

7.3 Ultrasonic Inspection:

7.3.1 An ultrasonic inspection shall be made on the machined forging at the manufacturer's



plant. This inspection shall be made in accordance with Methods A 418 to demonstrate freedom from detrimental internal indications.

7.3.2 The ultrasonic inspection shall be made from all available surfaces prior to removal of test specimens that would interfere with complete testing of the forging.

7.3.3 Forgings with recordable ultrasonic indications shall be referred to the purchaser for evaluation based on the nature, frequency, and location of indications, both stationary and traveling. If the ultrasonic indications are considered objectionable, it shall be determined by conventional or mutually acceptable inspection procedures whether the forging will be rejected.

7.4 *Internal Inspection:*

7.4.1 Boring, when specified for internal periscopic inspection, shall be in accordance with the drawings furnished by the purchaser. The drawings shall specify the nominal dimensions of the bore.

7.4.2 If objectionable conditions are encountered during the internal inspection of the bore, the manufacturer shall notify the purchaser of the location and nature of the condition. Further action shall be taken only after mutual agreement between the manufacturer and purchaser.

8. **Stability Test**

8.1 Each forging shall be subjected to a heat stability test at the manufacturer's plant in accordance with the latest issue of Methods A 472 to determine the stability or freedom from tendency to distort during high-temperature operating conditions.

8.2 The stability test shall be conducted after the forging has been stress relieved in accordance with 4.5.2.4.

NOTE 1—If agreed to by the purchaser, the stress relief may be performed as part of the stability test.

8.3 *Stability Test Requirements:*

8.3.1 The purchaser's drawings shall indicate the minimum portion of the forging to be included within the heating chamber during the stability test.

8.3.2 The purchaser's drawings or order shall indicate the minimum stability test temperature.

9. **Retests**

9.1 If the results of mechanical tests do not conform to the requirements specified, retests

are permitted as outlined in Methods A 370 or as permitted in the following paragraphs:

9.1.1 If any test specimen fails to meet the requirements specified for mechanical reasons such as test equipment malfunction or improper specimen preparation, it may be discarded and a specimen from an adjacent location in the forging may be substituted.

9.1.2 If any test specimen fails to meet the requirements specified, two adjacent specimens may be selected for retest without reheat treatment, provided the failure was not caused by rupture, flakes, or cracks in the steel. Both of these specimens must meet the requirements of the specification.

10. **Retreatment**

10.1 If the results of the mechanical tests of any forging do not conform to the requirements specified, the manufacturer may retreat the forging one or more times, but not more than three additional times, without the approval of the purchaser.

10.2 If bore core properties are specified under Supplementary Requirement S2 and retemper is necessary after boring, the remaining portions of the bore core shall be replaced in the bore during retemper.

10.3 If complete retreatment, including normalizing or quenching, is necessary after boring, the feasibility of retreating portions of the bore core in the bore of the forging shall be discussed between manufacturer and purchaser and a procedure agreed upon before retreatment.

11. **Dimensions, Tolerances, and Finish**

11.1 Each forging shall conform to the dimensions and tolerances specified on the purchaser's drawing or order.

11.2 The finish on each forging shall conform to the finish specified on the purchaser's drawing or order.

12. **Workmanship and Quality Level**

12.1 Each forging shall conform to the workmanship and quality requirements of 7.1.1, 7.2.2, 7.3.3, and 7.4.2.

13. **Marking, Packaging, and Loading**

13.1 Each forging shall be legibly stamped by the manufacturer with the manufacturer's name or symbol, the manufacturer's identification number, the specification number A 470,



the appropriate class number, and identification numbers specified by the purchaser on his drawings or order.

13.2 The location of such identification marks may be specified by the purchaser on his drawings or order.

13.3 Test specimens shall be identified with numbers corresponding to the forging identification numbers plus numbers corresponding to test location and type if specified on the purchaser's drawings or order.

13.4 The axial bores of bored forgings shall be protected and suitably plugged to prevent damage or corrosion during shipment or storage.

14. Inspection

14.1 The manufacturer shall afford the purchaser's inspector all reasonable facilities to satisfy him that the material is being produced and furnished in accordance with this specification. Mill inspection by the purchaser shall not interfere unnecessarily with the manufacturer's operation. All tests and inspection shall be made at the place of manufacture prior to shipment, unless otherwise specified or agreed upon.

15. Certification and Reports

15.1 The manufacturer shall furnish to the purchaser the number of properly certified test reports specified on the purchase order.

15.2 The following items shall be reported:

15.2.1 Purchaser order number,

15.2.2 Forging identification number,

15.2.3 Specification number and class,

15.2.4 Heat number (or numbers), heat chemical analysis (or analyses), and product, chemical analysis,

15.2.5 Results of all acceptance tests for mechanical properties and notch toughness.

15.2.6 Results of all nondestructive inspections plus sketches indicating the location and orientation of all recordable indications.

15.2.7 Final heat treatment cycle including austenitizing and tempering temperatures, holding times, and cooling methods, and

15.2.8 Results of any supplementary requirements that have been specified.

16. Rejection and Rehearing

16.1 Any forging showing injurious imperfections prior to, or subsequent to, acceptance at the manufacturer's plant shall be subject to rejection.

16.2 Any rejection based on tests in accordance with 5.2.2 shall be reported to the manufacturer within 60 days.

16.3 Samples tested in accordance with 5.2.2 that represent rejected material shall be preserved for 60 days from the date of the rejection report. If the manufacturer is dissatisfied with the results of these tests, he may make claim for rehearing within that time.

SUPPLEMENTARY REQUIREMENTS

The following supplementary requirements shall apply only when specified by the purchaser in the inquiry, contract, and order. Details of these supplementary requirements shall be agreed upon by the manufacturer and purchaser.

S1. Molybdenum Content

S1.1 If desirable because of operating temperatures, the purchaser may specify a molybdenum content of 0.40% min for Classes 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 9.

S2. Bore Core Properties

S2.1 The purchaser may require the removal of a longitudinal bore core from the forging after heat treatment for mechanical properties and subsequent approval of the usual surface mechanical property tests.

S2.1.1 The diameter of the longitudinal bore core shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

S2.1.2 The purchaser may require mechanical tests on tension or impact specimens from locations in the longitudinal bore core is specified on the forging drawings furnished by the purchaser.

S2.1.3 The acceptable level of mechanical properties obtained from specimens from the longitudinal bore core shall be as agreed upon by manufacturer and purchaser.



S3. Stress-Rupture Properties

S3.1 The purchaser may require that stress-rupture tests be made, by the manufacturer or by himself, on radial specimens taken from locations shown on the forging drawing.

S3.1.1 Stress-rupture tests shall be performed in accordance with Recommended Practice E 139.

S3.1.2 The size and shape of the test specimen and stress-rupture test requirements shall be as mutually agreed.

S4. Special Requirements to Minimize Temper Embrittlement

S4.1 Forgings to Classes 5, 6, and 7 for special application may be specified with restricted chemical composition and the additional notch toughness requirements noted below.

S4.1.1 Heat Analysis:

Element	Composition, %
Carbon	0.28 max
Manganese	0.40 max
Phosphorus	0.012 max
Sulfur	0.015 max
Silicon	0.10 max
Nickel	3.25-4.00
Chromium	1.25-2.00
Molybdenum	0.25-0.45
Vanadium	0.05-0.15
Antimony	^A
Tin	^A

^A To be reported for information.

S4.1.2 A sufficient number of impact test specimens to determine the FATT₅₀ in the step-cooled condition shall be taken from locations specified in 6.2.2. Specimens, before testing, shall be step-cooled as follows:

1100°F (594°C), hold 1 h, furnace cool to 1000°F (538°C), hold 15 h, furnace cool to 975°F (524°C), hold 24 h, furnace cool to 925°F (496°C), hold 48 h, furnace cool to 875°F (468°C), hold 72 h, furnace cool to 600°F (316°C), or lower, air cool to room temperature.

S5. Alternative Heat Treatment Sequence

S5.1 A second tempering operation shall be performed after the tempering operation described in 4.5.2.3 but prior to the operations described in 4.6.2 and in 4.6.3. This second temper will be in place of the stress relief specified in 4.5.2.4 and 4.5.2.5; however, the temperatures applied to the second temper will

meet the temperature limits in 4.5.2.4.

S5.2 The required tests for mechanical properties shall be made after the second tempering operation. Mechanical properties tests after the first temper are optional with the manufacturer.

S6. Vertical Heat Treatment

S6.1 Heat treatment for mechanical properties shall be performed with the forging in the vertical position.

S7. Vacuum Carbon Deoxidation of Class 8 Material

S7.1 Class 8 material shall be vacuum carbon deoxidized during processing, in which case silicon shall be 0.10 % maximum.

S8. Secondary Melting

S8.1 Steel to this specification shall be produced by a secondary consumable electrode remelting process such as electroslag remelting or vacuum-arc remelting, provided the material remelted is made by the basic electric-furnace process and receives vacuum treatment equivalent to that prescribed in 4.2 during subsequent processing.

S8.2 Material for consumable electrode-electroslag remelting shall be vacuum-treated prior to remelting. Material for consumable electrode vacuum-arc remelting may be vacuum-treated prior to remelting or air-poured and vacuum-treated during remelting, at the option of the producer.

S8.2.1 The level of objectionable dissolved gases, particularly hydrogen, in the remelted material shall be comparable to the levels achieved in vacuum treated steels of the same class. This should preferably be attained by appropriate controls during remelting and ingot solidification. Alternatively, this may be accomplished by subsequent thermal treatments to reduce the gas content to the desired level by diffusion.

S8.3 The heat analysis of a consumable electrode remelted ingot shall comply with the heat analysis requirements of the class of material specified.

S8.3.1 When the ingot is produced by remelting electrodes from a common master heat, the heat analysis shall be determined by taking the average of analyses from the zone corresponding to the second and next to last electrodes remelted respectively.

S8.3.2 When the electrodes from different master heats are remelted sequentially to produce the ingot, an analysis shall be made in each zone of the remelted ingot corresponding to each electrode from each master heat represented. Each such analysis shall comply with

the heat analysis requirements of the material class specified. The zone analysis of the portion of the remelt ingot used in a forging shall be reported, and their average shall be the heat analysis of the forging.

TABLE 1 Chemical Requirements

	Composition, %					
	Class 1	Class 2	Classes 3 and 4	Classes 5, 6, and 7	Class 8	Class 9
Carbon	0.45 max	0.25 max	0.28 max	0.28 max	0.25-0.35	0.30 max
Manganese	0.90 max	0.20-0.60	0.20-0.60	0.20-0.60	1.00 max	0.70 max
Phosphorus, max	0.025	0.015	0.015	0.015	0.015	0.025
Sulfur, max	0.025	0.018	0.018	0.018	0.018	0.025
Silicon ^A	0.15-0.35	0.15-0.30	0.15-0.30	0.15-0.30	0.15-0.35	0.15-0.35
Nickel	...	2.50 min	2.50 min	3.25-4.00	0.75 max	2.00 min
Chromium	...	0.75 max	0.75 max	1.25-2.00	0.90-1.50	0.75 max
Molybdenum ^B	...	0.25 min	0.25 min	0.25-0.60	1.00-1.50	0.25 min
Vanadium ^C	0.03 min ^C	0.03 min	0.03 min	0.05-0.15	0.20-0.30	0.03-0.12
Antimony	...	^D	^D	^D	^D	^D

^A Optional: Classes 2 to 7, incl, and 9 may be vacuum-carbon deoxidized, silicon 0.10 max. For Class 8 see Supplementary Requirement S7.

^B Supplementary Requirement, see S1.1.

^C Vanadium addition optional for Class 1.

^D To be reported for information only on Classes 2 through 9, incl.

TABLE 2 Permissible Variations in Product Analysis

NOTE—Product cross-sectional area is defined as either:

- (a) maximum cross-sectional area of rough machined forging (excluding boring),
 (b) maximum cross-sectional area of the unmachined forging, or
 (c) maximum cross-sectional area of the billet, bloom, or slab.
- } Area taken at right angles to the axis of the original ingot or billet

Element	Unit or Maximum Specified Range, %	Permissible Variation Over the Specified Maximum Limit or Under the Specified Minimum Limit, %					
		Up to and including 100 in. ² (645 cm ²)	Over 100 to 200 in. ² (645 to 1290 cm ²), incl	Over 200 to 400 in. ² (1290 to 2580 cm ²), incl	Over 400 to 800 in. ² (2580 to 5160 cm ²), incl	Over 800 to 1600 in. ² (5160 to 10 320 cm ²), incl	Over 1600 in. ² (10 320 cm ²)
Carbon	up to and including 0.25	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
	0.26 and over	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
Manganese	up to and including 0.90	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
	0.91 and over	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09
Phosphorus	...	0.008	0.008	0.010	0.010	0.015	0.015
Sulfur	...	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006
Silicon	...	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
Nickel	up to and including 1.00	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	2.01 and over	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Chromium	up to and including 0.90	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
	0.91 and over	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08
Molybdenum	up to and including 0.40	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
	0.41 to 1.15, incl	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
	1.16 and over	0.05	0.06	0.08	0.10	0.12	0.12
Vanadium	up to and including 0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	0.11 to 0.25, incl	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	0.26 and over	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19103.

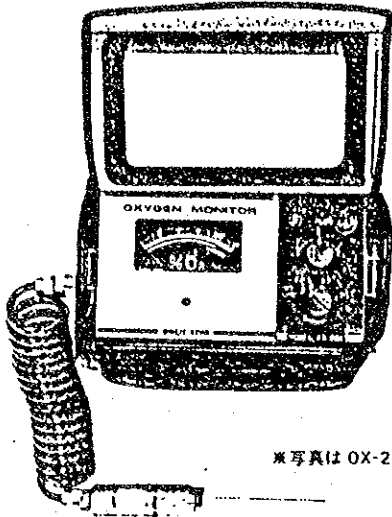
TABLE 3 Tensile and Notch Toughness Requirements

	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9
Tensile strength, min, ksi (MPa)	75 (515)	80 (550)	90 (620)	105 (725)	90 to 110 (620-760)	105 to 125 (725-860)	120 to 135 (825-930)	105 to 125 (725-860)	95 (655)
Yield strength, ^a min, ksi (MPa)	40 (275)	55 (380)	70 (483)	85 (585)	70 (483)	85 (585)	95 (655)	85 (585)	70 (485)
Elongation in 2 in. or 50 mm, min, %:									
Longitudinal prolongation	22	22	20	17	20	18	18	17	20
Radial body Reduction of area, min, %:	20	20	17	16	18	17	17	14	15
Longitudinal prolongation	40	50	48	45	52	52	52	43	40
Radial body	30	50	45	40	50	50	50	38	35
Transition tem- perature FATT _{0.2max} , °F(°C)	175 (80)	100 (38)	110 (43)	140 (60)	10 (-12)	20 (-7)	30 (-1)	250 (121)	175 (80)
Room tempera- ture impact, min. ft.-lb(f)	10 (13.6)	28 (38.0)	25 (34.0)	20 (27.2)	50 (68.0)	45 (61.2)	40 (54.4)	6 (8.2)	12 (16)

^a Yield strength at 0.02 % offset. Yield strength may also be specified at 0.2 % offset in which case 5 ksi (35 MPa) shall be added to the tabular values. Radial tests do not apply to shafts.

資料 10 省エネルギー計測器

(1) 酸素計

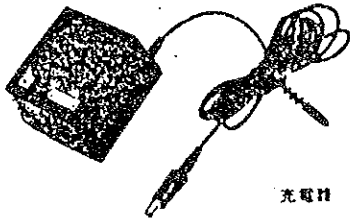


*写真は OX-226 型

標準付属品

- ① 皮ケース、つり皮バンド付……………1セット
- ② ガス採集棒……………1本
- ③ ガス採集チューブ(スパイラル)……………1本
- ④ ダストフィルター……………5ヶ
- ⑤ 乾電池(単3)……………3本
- ⑥ 取扱説明書……………1部
- ⑦ 保証書……………1部
- ⑧ センサーチェックシート……………1部

特別付属品



充電器

- ① 専用充電セット(専用充電器、Ni-Cd電池)
- ② ウォータートラップ
- ③ ガス採集チューブ (3m, 5m, 10m, 20m, 30m)

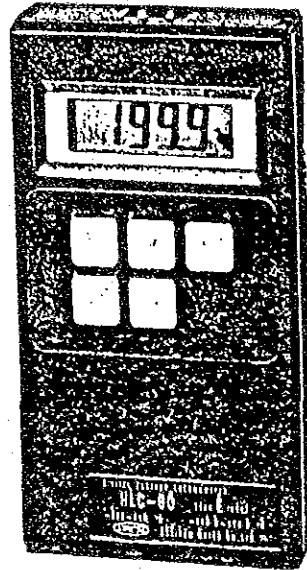
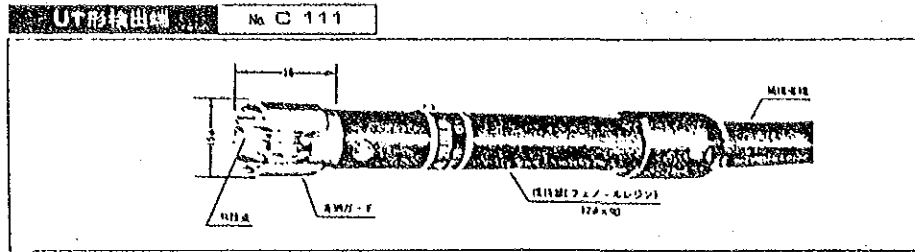
特長

- 本質安全防爆構造(3aG4)です。
- センサー交換は、ワンタッチで交換出来ます。
- 小型、軽量です。
- 乾電池使用が標準ですが、専用充電セットを使用すれば、Ni-Cd電池でも使用できます。

仕様

型 式	OX-226	OX-227
測定ガス	大気中の酸素	
測定範囲	0~25%	OX-227A型(0~5%, 0~25%) OX-227B型(0~10%, 0~25%) OX-227C型(0~25%, 0~50%) OX-227D型(0~25%, 0~100%)
指示精度	酸素目盛で ±0.1VOL%以内 (JIS.T-8201に準拠)	0~5, 10, 25%レンジ: 酸素目盛で±0.1VOL%以内 0~50, 100%レンジ: ±5%(FS)
警報方式	ブザー断続音 赤色LED点滅(自動復帰)	
警報設定点	O ₂ 18%	
警報精度	±0.3Vol%以内	
採気方式	自動吸引式(ポンプ内蔵)	
ポンプ流量	500cc/min以上	
応答時間	90%応答 20秒以内	
使用温度範囲	-10°C ~ +40°C	
電 源	乾電池 単3(3本)又はNi-Cd電池(450mAhタイプ3本)	
連続使用時間	乾電池の場合6時間以上、Ni-Cd電池の場合7時間以上	
充電時間	専用充電器で15時間以内	
寸法・重量	150(W)×140(H)×85(D)mm 約2kg	
防 爆 性	本質安全防爆構造 i3aG4 総称型式 OX-228(D) 労働省第26925号 OX-228(N) 労働省第26926号 (D:乾電池式 N:Ni-Cd電池式) (OX-227(C), OX-227(D)型、及び圧気下では、 本質安全防爆は適用されません。)	
そ の 他	○電池電圧低下警報(OX-226)、ブザー連続音、赤色LED点灯。 ○電池電圧表示…スイッチ切替えて、モニター上に表示。 ○圧気下の使用は+2気圧まで可能。	

(2) 表面温度計



<特長>

- ピークホールド、ホールド機能
ホールドは、スイッチにより表示を停止することができます。
ピークホールドは、急激な温度変化時の最高温度を見る時には不可欠な機能です。
- 分解能選択機能
スイッチにより、0.1℃と1℃の分解能が選択できます。
- 大形液晶表示方式
- 乾電池方式
単三乾電池 (SUM-3) 4本で連続100時間以上測定が可能です。
- リニアライズ、オートゼロ、フルスケール校正機能
本体内部の専用マイクロコンピュータにて補正をしておりますので、高精度な温度測定が可能です。
- バーンアウト機能
- メインテナンススイッチ採用

<用途>

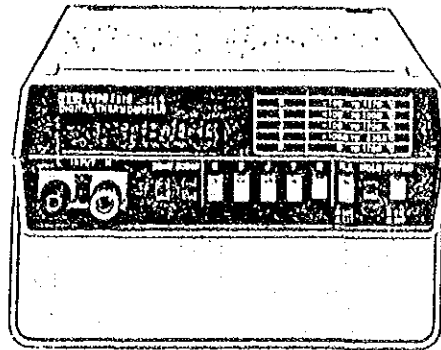
静止表面用、移動・回転表面用、空気温、液温、半固体物内部温度等、温度管理を必要とする所なら、どこでも測定可能です。検出端は200種類以上ありますので、用途によりお選び下さい。

<仕様>

形名	HLC-60			
入力	Type E (CRC) 0~100Ω		Type K (CA) 0~100Ω	
測定範囲	-200~+800℃		-200~+1200℃	
分解能	1℃	0.1℃	1℃	0.1℃
測定範囲 (上記の分解能において)	-200~+800℃	-100.0~+199.9℃	-200~+1200℃	-100.0~+199.9℃
表示許容差 (23±3℃にて)	0~800℃は ±(指示値の0.1%+1℃) -100~-1℃は ±(指示値の0.5%+1℃) -200~-101℃は ±(指示値の1%+2℃)	0~199.9℃は ±(指示値の0.1%+0.3℃) -100.0~-0.1℃は ±0.5℃	0~1200℃は ±(指示値の0.1%+1℃) -100~-1℃は ±(指示値の0.5%+1℃) -200~-101℃は ±(指示値の1%+2℃)	0~199.9℃は ±(指示値の0.1%+0.3℃) -100.0~-0.1℃は ±0.5℃
温度係数	測定範囲の±0.02%/℃			
操作スイッチ	5ファンクション (ON, OFF, HOLD, PEAK HOLD, 計 (分解能選択)) メインテナンススイッチ (タッチセンサー方式)			
表示	7セグメント LCD (液晶表示) 単位(℃), BL(点), 極性(負のみ), 小数点, HOLD, PEAK HOLD表示			
リニアライズ方式	デジタルリニアライザ			
使用時間	連続100時間以上			
電源	単三乾電池 (SUM-3) 4本 電池の電圧が規定値より下がりますと表示窓に (低) 表示致します			
動作条件	0~50℃ 85%RH以下			
外形寸法	80×150×32(mm) 提手付			
重量	約240gr. (電池含む)			
付属品	皮ケース			
本体価格	¥58,000			

※基準接点補償精度は周囲温度25±10℃にて±0.3℃

(3) デジタル温度計



仕様 (2575)

JIS, ANSI(°C)

測定範囲・精度:

	測定レンジ	測定範囲	分解能	精度 (23°C ± 3°C, EXT.R.J.使用にて)		備 考
				測定範囲	精 度	
温 度	K(CA)	-100~1370°C	1°C	-100~0°C	± 5°C	校正は各規格に規定された熱起電力及に相当するmV入力による。
				0~1370°C	± (0.1% of rdg + 2°C)	
	E(CHC)	-100~1000°C	1°C	-100~0°C	± 5°C	
				0~1000°C	± (0.1% of rdg + 2°C)	
	J(IC)	-100~1200°C	1°C	-100~0°C	± 5°C	
				0~1200°C	± (0.1% of rdg + 2°C)	
T(CC)	-100~230°C	0.1°C	-100~0°C	± 0.5°C		
			0~230°C	± (0.1% of rdg + 0.2°C)		
R(白金白金ロジウム)	0~1769°C	1°C	0~900°C	± 5°C		
			600~1769°C	± (0.1% of rdg + 2°C)		
電圧	20mV 200mV	± 20.00mV ± 200.0mV	10μV 100μV	± 20.00mV	± (0.1% of rdg + 1 digit)	規定されたmV入力による。
				± 200.0mV	± (0.1% of rdg + 1 digit)	

(注) JIS C1602-1981に準ずる。基準値補償の精度は含みません。

温 度 係 数: 5~20, 26~40°C

±(0.01% of rdg + 0.005% of F.S.)/°C

基準接点構造: トランジスタ埋込形

補償回路ON-OFFスイッチ付き

(INT.R.J./EXT.R.J.)

精度±0.8°C 周囲温度5~40°Cにて

動作方式: パルス幅変調計数方式による積分形

表示: データ; 液晶表示(LCD)

オーバーレンジ "-----"表示

単 位: °Cのみ表示

極 性: 負のみ表示

レンジ切換: 手動

リニアライザ: デジタル方式

応 答 時 間: 約2s(最終値の0.1%+1digitに入るまでの時間)

アナログ出力: 出力電圧; 1mV/1digit

(負極性のみ-1mVを加算する。)

出力端子: 3.5φネジ

出力抵抗: 約500Ω

精度: ±4mV (23±3°Cにて)

応答時間: 約3s(±4mVに入るまで)

最大負荷電流: 約1mA

温度係数: 5~20, 26~40°C

±0.4mV/°C

サンプルレート: 約1.6回/s(HOLD可能)

ウォームアップ時間: 約30min

入 力 抵 抗: 10MΩ以上

入力バイアス電流: 5nA以下(信号源抵抗1kΩ以下)

許容入力電圧: 入力端子(H-L)間; 50Vrms

ノーマルモード除去比: 60dB以上 50/60Hzにて

コモンモード除去比: 120dB以上

不平衡抵抗1kΩ接続にて

使用温度範囲: 5~40°C

保 存 温 度: -20~40°C

使用湿度範囲: 20~80% R.H.

耐 電 圧: 電源とケース間 1500V AC 1分間

電源とH, L間 1500V AC 1分間

絶 縁 抵 抗: 上記各々500V DCにて50MΩ以上

消 費 電 力: 約3VA (max. 5VA)

電 源: (1)100V AC ± 10% 50または60Hz

他に120, 200, 220, 240V AC要指定

(2)内蔵 배터리

Ni-Cd電池 約7.2V

動作時間 連続約5時間

充電時間約16時間

バッテリーアラーム 表示が消滅

(3)外部直流電源

12V DC ± 1.2V 負荷電流 約0.1A

外 形 寸 法: 約60×166×207 (mm)

重 量: 約1.2kg

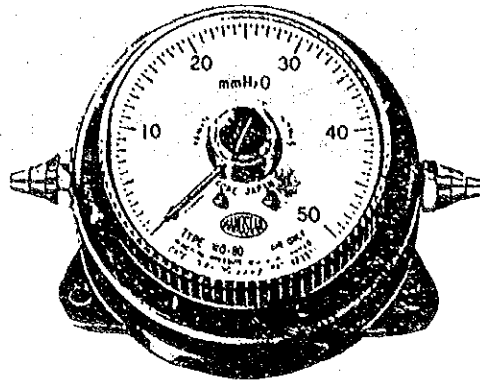
付 属 品: 電源コード 1本

ヒューズ(63mA) 2本

取扱説明書 1部

ソフトケース 1個

(4) マノメータ



形 式	1. FVT形(表面形ビニール管又はゴム管用) 2. FMT形(表面形鋼管又は金網管用) 3. BVT形(埋込形ビニール管又はゴム管用) 4. BMT形(埋込形鋼管又は金網管用)	温 度 誤 差	最大定格値の1%以内(ただし10℃~30℃)
圧力測定方式	型圧計	使用周囲温度	-20℃~+60℃(ダイヤモンド シリコンゴム) 0℃~+60℃(ダイヤモンド NBR)
エレメント方式	隔膜方式(シリコンゴム又はNBR) (定格1,000mmHg以上NBR)	使用周囲湿度	相対湿度90%以内
重 量	約430g	ヒステリシス	最大定格値の1%以内
目盛方式	270°広角指示(目盛長170mm)	計器本体耐圧	2kg/cm ² 以内
目 金 種 類	すべての形式の目金種別は、高圧側赤印、低圧側青印にて表示されている。また、表面形(FVT形、FMT形)のみ、高圧側及び低圧側の目金を入れ替えることにより種別の左右勝手の変更可能	耐 振 動	3G 0~30Hz
		耐 衝 撃	5G
		適 用 ガ ス 体	空気及び非腐食性ガス
		配 管	1. ビニール管又はゴム管 内径φ6 2. 鋼管又は金網管(リングジョイント方式) 外径φ6

標準定格目盛範囲及び特性

定 格 目盛範囲 mmHg	取 付 姿 勢	精 度 フルスケールに対し	ダイヤフラム耐圧		
※ 0-5 ※ 1-0-4	水平取付 または 垂直取付 いずれが指定	±(フルスケールの5%に 0.2mmHgを加算した値)以内	0.1kg/cm ² 以内		
※ 0-10 ※ 2-0-8 ※ 5-0-5					
※ 0-15 ※ 0-20	水平取付 及び 垂直取付	±(フルスケールの2.5%に 0.2mmHgを加算した値)以内	0.4kg/cm ² 以内		
※ 0-30 ※ 0-50 ※ 0-100 ※ 0-150 ※ 0-200 ※ 0-300 ※ 0-500					
※ 5-0-25 ※ 10-0-10 ※ 20-0-20					
※ 30-0-30 ※ 50-0-50 ※ 100-0-100					
※ 0-1000 ※ 0-1500 ※ 0-2000 ※ 0-3000 ※ 0-5000 ※ 0-10000				任意	1.5kg/cm ² 以内

※印は標準品です。納期がかかります。また、ゼロ中目盛の種別は省略してあります。上記仕様ならびに外形寸法は随時変更することがありますので、正確な仕様が必要な場合はその都度ご請求ください。

☆ 標準公差……現在、標準品といわれるものには±0.2mmHg位の公差があります。従って、標準品が正しければWO-80形のそれぞれの機種に対応するフルスケールに対する%精度を保証いたしますが、上記の通り標準品には±0.2mmHgの公差がありますので、精度は上表のようになります。

資料11 豎型電気式熱処理炉並びに豎型噴霧冷却装置

1. 豎型電気式熱処理炉

(1) 寸 法

有効寸法 : 径 1,600 mm × 長 13,000 mm

炉内寸法 : 径 2,200 mm × 長 15,500 mm

ピット(PIT)寸法 : 径 7,500 mm × 長 16,000 mm

(2) 積載重量

処理物 : 65 ton

吊 具 : 15 ton

(3) 温度条件

最高温度 : 1,100 °C

加熱速度 : 20-50°C/hr

温度公差 : ± 5°C (700 — 900 °C)

±10°C (200 — 300 °C)

(4) 加熱方法

電 気 : 950 kW

2. 豎型噴霧冷却装置

(1) 寸 法

有効寸法 : 径 1,600 mm × 長 13,000 mm

塔内寸法 : 径 3,500 mm × 長 14,000 mm

正面開閉部 : 巾 2,500 mm

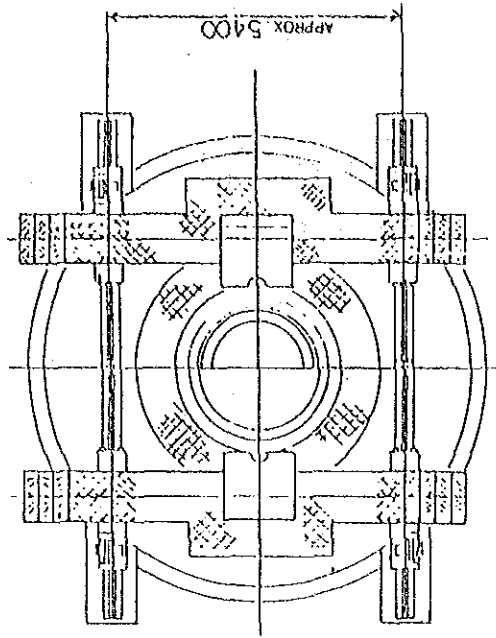
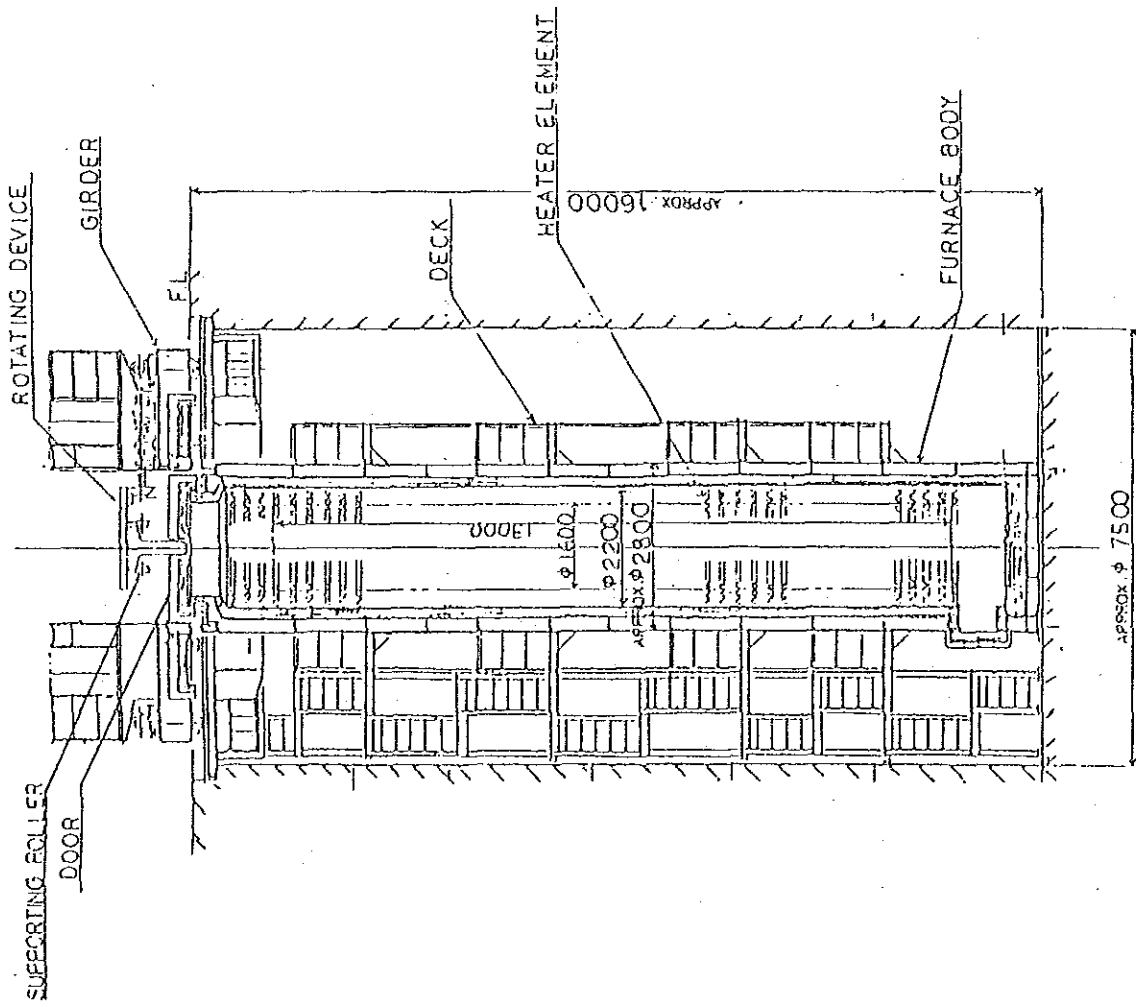
(2) 噴霧媒体

WATER SPRAY : 最大水量 150m³/h (NOZZLE にて 7kg/cnf)

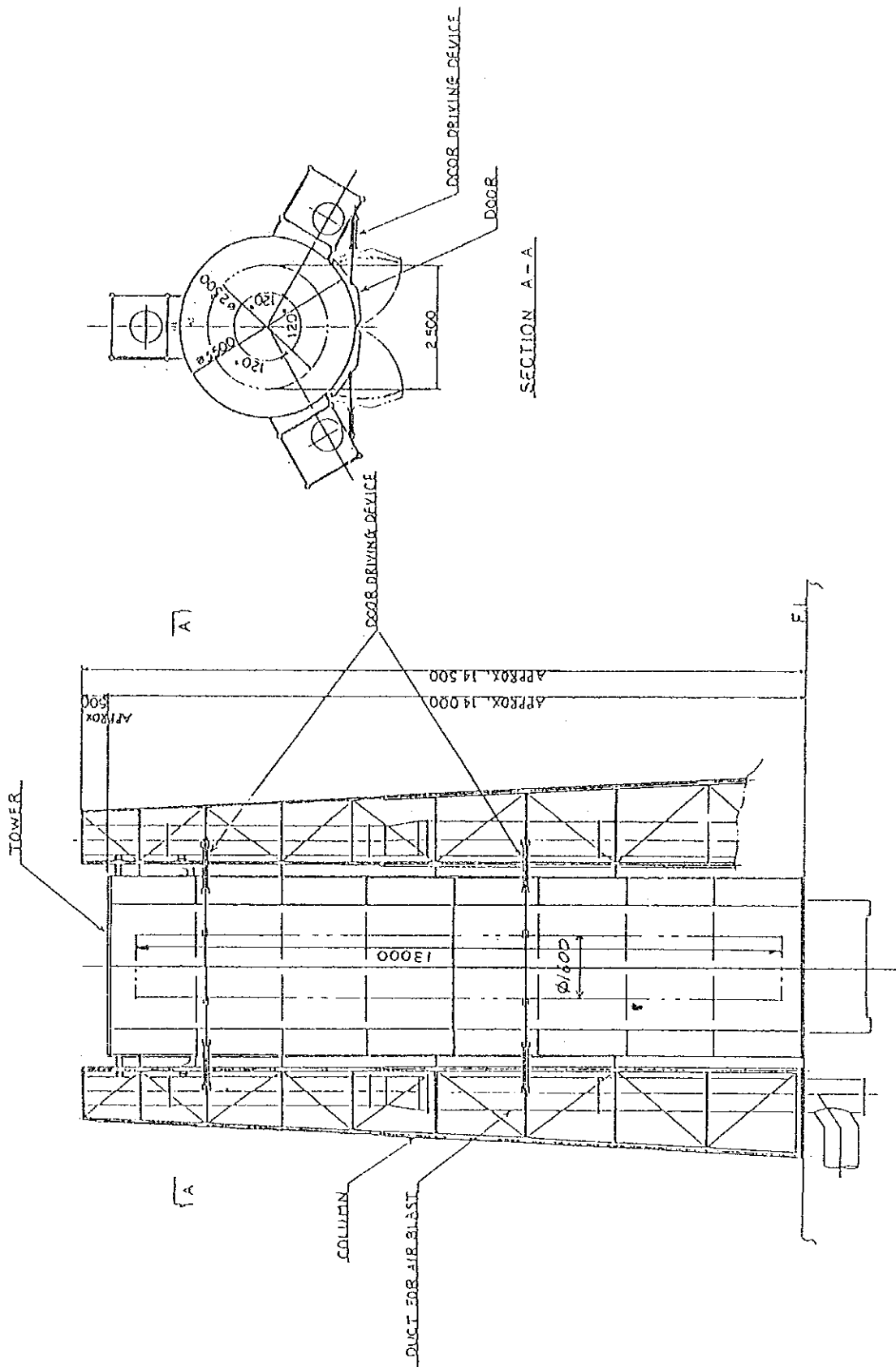
MIST SPRAY : 最大水量 30m³/h (NOZZLE にて 7kg/cnf)

AIR BLAST : 最大空気量 900N m³/min (NOZZLE にて 350mmH₂O)

注) MIST用圧縮空気は不用。AIR BLAST 用には専用のFAN を設ける。



竖型電気式熱処理炉参考図



豎型噴霧冷卻裝置參考圖

