

一方、売上利益率を大きくすることがむずかしく、また固定資産回転率自体が売上利益率を維持向上する大きな要素であることよりみれば、固定資産回転率は総資本利益率を制約する重要なものである。したがって近代化投資の場合でも上述の標準を下まわるものであってはならない。表V-6-2-2は固定資産回転率および前述の生産能力・質的能力の巨視的な現状把握のための調査表の例を示したものである。

2) 設備利用効率

基準稼働時間に対する設備実働時間の割合を設備利用効率とする。すなわち

$$\text{設備利用効率(\%)} = \frac{\text{設備の実働時間}}{\text{基準稼働時間}} \times 100$$

ここで、基準稼働時間：1日稼働時間×1ヵ月基準勤務日数

ただし、1日稼働時間は設備と工場の実状に応じ、1交替、2交替、3交替の時間を採る。

設備の実働時間：生産高×機械サイクル時間/1個

上式の右辺を分解すると、

$$\frac{\text{設備の実働時間}}{\text{基準稼働時間}} \times 100 = \frac{\text{設備の実働時間}}{\text{実際時間}} \times \frac{\text{実際時間}}{\text{基準稼働時間}} \times 100$$

ここで、実際時間：作業者が生産に従事していた時間

いま、

$$\text{設備能率} = \frac{\text{設備の実働時間}}{\text{実際時間}}$$

$$\text{参加率} = \frac{\text{実際時間}}{\text{基準稼働時間}}$$

とおくと、 $\text{設備利用効率} = \text{設備能率} \times \text{参加率}$

したがって、設備利用効率は設備能率および参加率を求め算出できる。設備能率は生産高から逆算した設備の実働時間と作業者が生産に従事していた時間との比であり、作業者が設備を能率的に使用し、設備のサイクルで決まる生産高を上げることができたかどうかの程度を示す。

参加率は稼働すべき時間に対し、生産計画に起因して設備を稼働する必要がなかったり、設備の休止のために設備が稼働できなかったかどうかの程度を示す。

したがって、設備利用効率の悪い原因は、生産量が少ない（あるいは設備休止が多い）、すなわち、設備に余力があるため設備を運転する時間が少ないことにより参加

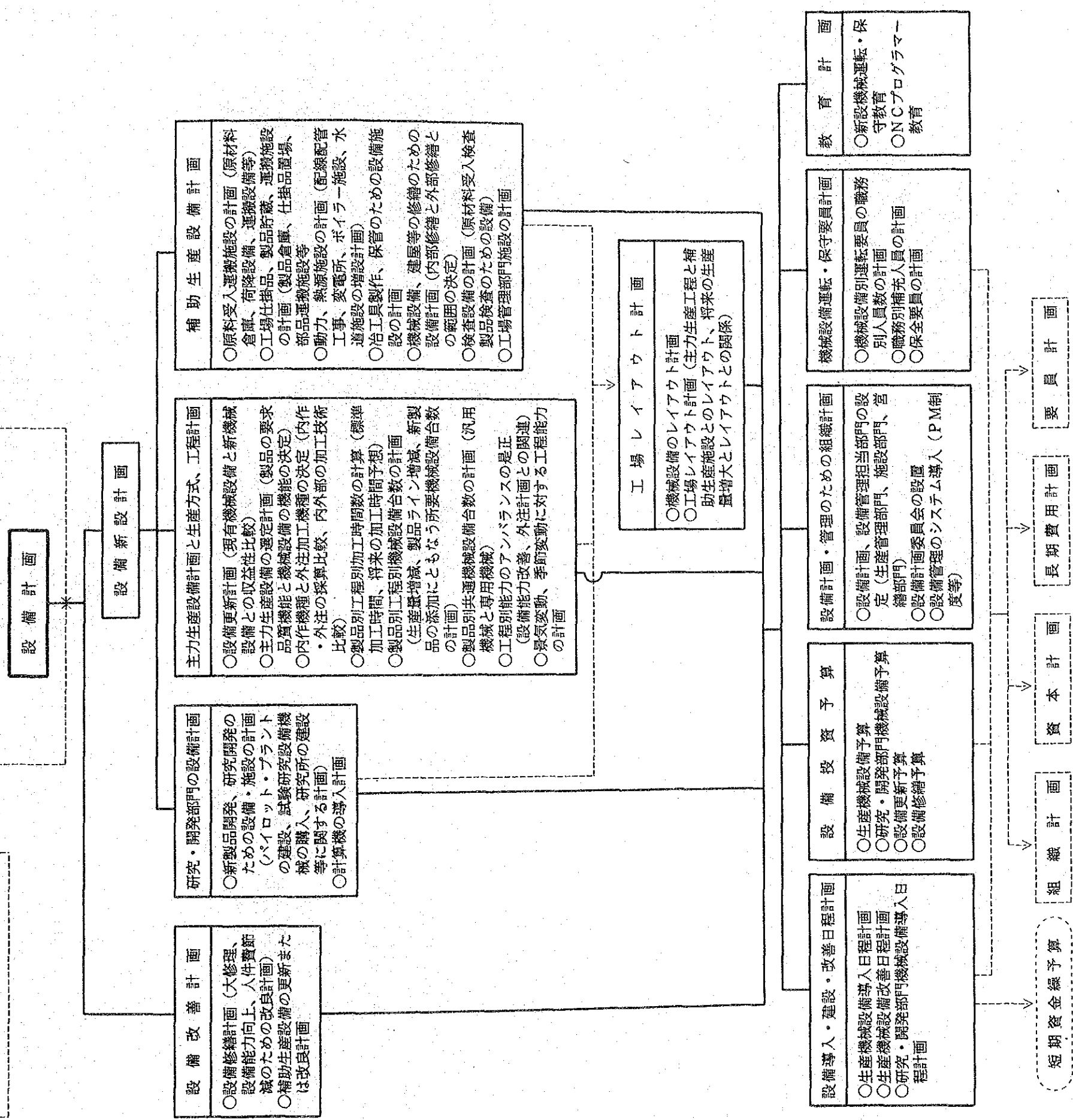
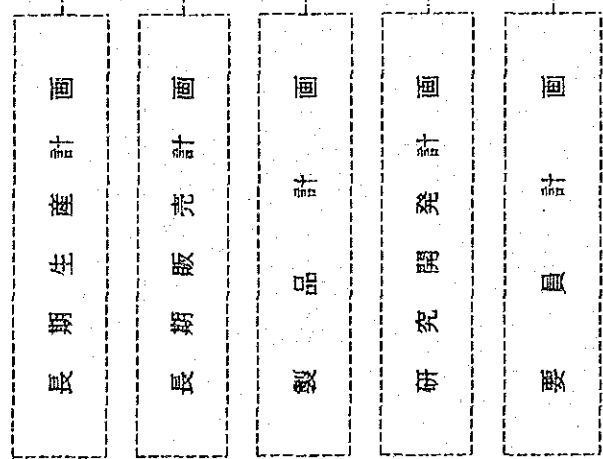
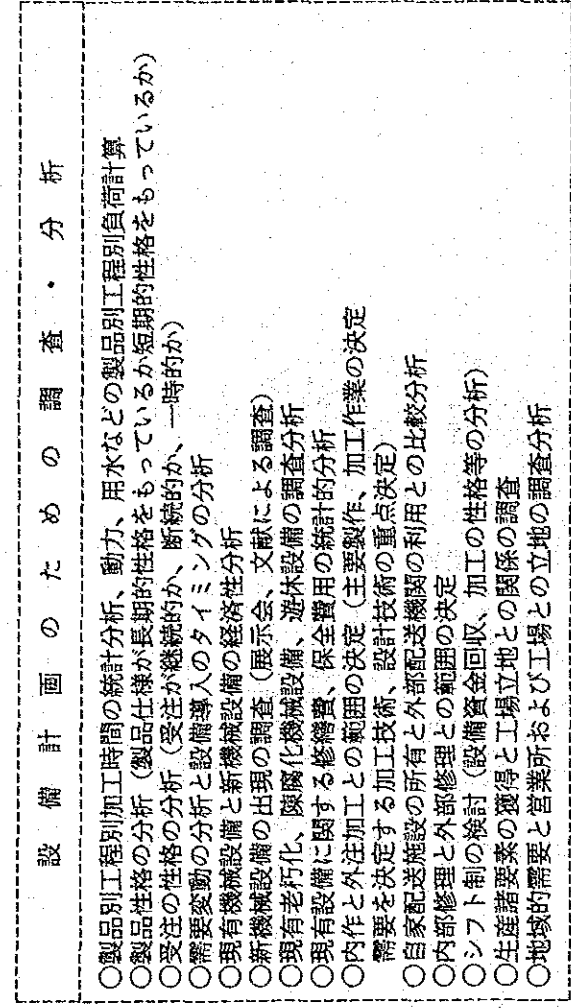
率が悪いとか、または作業者は設備について生産に従事したが空運転や調整などの実際に生産しない時間が多くて設備能率が悪かったためとかを判定することができる。すなわち、参加率により設備の余剰程度がわかり、また、販売、資材、経理等の面における増産対策の努力の必要程度がわかる。設備能率によっては製造担当部門における技術の向上、適切な生産管理、設備の合理化などの必要程度がわかる。またこれが改善実行された場合の余力程度も示す。

以上のように設備利用効率は増設あるいは合理化計画の基礎資料として用いられる。

3) 稼働分析

設備利用効率調査は生産数量と理論的設備能力とから間接的に設備の稼働状況を調べるものであるが、この稼働分析は直接に設備の状況を観測し統計的に稼働状況を調べるものである。したがって、稼働率を求めるとともに、不稼働の原因も詳細に求めることができ、その改善の手掛りを得ることができる。

稼働分析の種類としては、一般に連続観測法とワークサンプリング法の2種類があり、調査目的・分析精度・調査範囲などの諸条件によりいずれかを用いる。また、稼働分析においては、設備の状況を適切な基準によって分類し、項目を決めておくことが大切である。表V-6-2-3はこの分類項目の一例を示す。



図V-6-1-1 設備導入時、考慮すべき事項

表V-6-2-1 シリンダブロック製造設備余力分析表

(注) 平均一ヵ月当り稼働日数……22.75日
平均一日当り稼働時間……8 時間

機械名	a 現有 機械 台数 (台)	b 月 操業 時間 (hr)	c 機械 稼働 率 (%)	d = b × c 機械一台 当り有効 稼働時間 (hr)	e = a × d 機械 能力 (hr)	f 製品 1,000 台当り 工数 (hr)	g = f × 30 月産 30,000 台当り 工数 (hr)	h 歩留 (%)	i = g × h 歩留を考 慮した一 ヵ月当り 必要工数 (hr)	j 30,000 台当り 段取 時間 (hr)	k = i + j 段取を合 む一ヵ月 当り必要 工数 (hr)	l = k/d 理論必 要台数 (台)	m = a-l 理論過 不足台 数 (台)	n 適正必 要台数 (台)	o 過不足 台数 (台)	備考
L A	2	182	75	136.5	273.0	2.5	75	98	77	4	81	0.59	1.41	1	+1	
L T	4	182	70	127.0	508.0	15.5	465	95	489	17	506	3.99	0.01	4	0	
D B	2	182	85	154.5	309.0	2.3	69	94	73	2	75	0.49	1.51	1	+1	
M H	1	182	80	145.5	145.5	7.5	225	95	237	11	248	1.71	0.71	2	-1	
H I	3	182	75	136.5	409.5	11.5	345	97	356	13	369	2.34	0.66	3	0	

表V-6-2-2 製造基礎調査表

製造機種別	部門別	① 総生産額	② 付加価値	③ 雇用数	④ 固定資産	⑤ 坪数	付加価値 生産性	労働 装備率	資本 生産性	固定資産 回転率	労働 坪数率	備考
				()	⑥()	()	$\frac{②}{③}$	$\frac{④}{③}$	$\frac{②}{④}$	$\frac{① \times 12}{⑥}$	$\frac{⑤}{③}$	外注 比率

- (注) 1. ④固定資産の項中⑥()内は土地建屋を含んだ金額を記入。
 2. ③雇用数、付加価値生産性、労働装備率、⑤坪数の項中()内は製造部門計を記入。
 3. ①総生産額、②付加価値、③雇用数は半期月平均とする。
 4. ④固定資産、⑤坪数は 年 月末現在とする。

表V-6-2-3 工作機械稼働分析分類項目

項 目		内 容
加 工 中	切削中に必要に応じて切削中の作業者の作業内容を分類する	切粉を出している状態、取付けられた加工物をヤスリ等で仕上げている状態も含め、またプレーナ、シェーパの切削中の往復運動も切削中と見なす。
	切削具の送り 工作物の送り	切削中を除き、切削する直前のバイト、ドリル、カッタの送り、加工物の送り（テーブル移動）等のハンドル操作、目盛合せをいう。
停 止	取付・取外	加工物を機械、治具へ取付ける、または外す。
	部品補給	加工物を準備する（運搬も含む）。
	ゲージング	加工物の寸法検査。
	注油	ある頻度をもって行うもの。
	段取後始末	型・治工具の運搬、取付、調整、取外、試験的な加工、ロットごとの作業始めと終りに行う材料、製品、スクラップの運搬・整理。
	工具交換	工具の取替。
	治工具扱い	治工具の手入れ、治工具の研究、工具室への連絡、その他。
	機械の点検・整備	調整、注油、機械のならし運転、その他。
	機械修理	機械の故障修理。
	図面・仕事票の読取り	図面・仕事票をみる。
中	切粉除去	機械テーブル上の切粉払い、治工具の切粉払い。
	製品整理	品物の員数点検、よりわけ、その他整理。
	用談	作業上の指示を受ける、検査員と話す。
	身仕度	就業中の身仕度（手袋はめなど）。
	管理待ち	材料、部品待ち、その他管理上からくる手持ち。
	伝票扱い	仕事票、日報などの記入。
	職場清掃	職場でいっせいに言う清掃（終業直前など）。
	集合・伝達	朝礼、回覧をみるなど。
	用達	用便、汗をふく、水を飲むなど。
	喫煙	タバコ吸い。
雑談		
不在	理髪、診療所など長時間にわたる不在。	
その他		

VI 結論と勧告

VI 結論と勧告

四川空気分離設備廠は1975年に生産を開始し、今日まで空気分離設備、天然ガス液化分離設備の機器、搭槽類を主生産品目として14年間の操業実績と製造技術の蓄積を図ってきた。

工場の歴史としてはまだ日も浅く、ようやく生産体制が整い、これから一段と飛躍発展すべき段階に至っている状態と思える。この時期にあたり、工場の近代化計画をとりあげ、生産体制の確立並びに技術力をしっかりと身につけ一步進んだ企業に発展しようとする考えは、まさに当を得た発想である。

この近代化計画について、日本国国際協力事業団は中国国家計画委員会の提案に基づき、四川空気分離設備廠の現地調査を実施し、工場近代化について工場側がかかえている問題点を調べ、その解決策を骨子とした、工場近代化計画のための、製造設備、製造技術、生産管理についての改良、改善の要点を指摘し提言した。以下に報告の締めくくりとして、四川空気分離設備廠の将来方向を描きながら、工場はいかにあるべきかを述べ、工場近代化計画の一助とする。

1 製造設備について

四川空気分離設備廠は杭州酸素製造機廠より多くの人達が移住して新しい工場を建設して今日に至っている。ゆえに生産形態は兄弟企業ともいべき杭州酸素製造機廠での経験を多く踏襲している。移転当時はすべての部品を自作する事から始まったと聞かすが、この習慣が14年後の今日でも、まだ続いている感がある。工場の立地条件、地域の周辺企業の未発達な状態が、やむなくすべての部品を自作するという状態にしていると思うが、この近代化計画を起点として、生産部品の自作、外注調達を明確に定め、その方向に合った設備の廃却、更新、改良等の抜本的方針をたてるべきである。

工場建設当時、多くの設備も移設したものと思え老朽化が目立つ。これらの設備を近代設備に交換しても生産性の各段の飛躍が望めるものでなく、むしろこの設備を改良して、従業員が十分に使いこなす技量を身につける時期に来ているといえる。もちろん新技術吸収のために若干の新鋭機械の導入は必要であるが、この新鋭機械を能率よく使用するには、秀れた作業者が沢山いないと計画どおりには進行しないものである。中堅技術員の養成も

兼ねて、まずは設備の改良改善を自らの手で行い、生産性の向上、品質の向上を目指し、余裕ある人材をあらたな生産に振り向ける方策を建てるべきである。機械修理工場でフライス盤をNC付きに改良して試験切削中であつたが、これなどまさしく技術習得の良い例である。他の多くの機械設備も、これに準じた改良改善を行えば、製品品質の向上、生産性の向上、当事者の技術力の向上、並びに後進の指導教育、育成に大いに貢献するものとする。こうした設備の改良設計、改良工事を自らの手で行うことにより、この方面の技術力を身につけることにより、近隣工場の技術改良に努めれば、将来衛星企業群を形成し分業体制を確立することも夢ではなく、その指導的役割をもって、あらたな生産機種、製造工事を生み出す基礎ができるものと確信する。まずは内外作区分を明確にし、その目的に合致した現有設備の改良改善を実施し、なお足らざる設備として若干の新鋭設備の導入を計画されるよう推奨する。

2 製造技術について

低温工学の製造技術に必要なアミル材、ステンレス鋼材などの一般鋼材と違った材質の加工処理技術を四川空気分離設備廠は持っている。この事は他企業からみれば、特異な得がたい専門技術であり、大いに活用したい分野でもある。工場としてもこうした特別な技術力を練磨し向上させ、この分野で指導的役割をはたし、ひいてはこの特殊分野の工事を大いに伸ばすことを考えるべきである。

空気分離設備や大型ガス液化分離設備に使用される。ターボコンプレッサーやプレートフィンタイプ熱交換器の製造が検討されているが、この技術力を応用できる生産機種、部品加工工事などを多く取り入れて、工事量の確保を図る事も大切である。いたずらに特殊部品の加工のために新鋭設備を整えても操業度合が低ければ、企業の経営を圧迫しかつ技術力保存もままならぬ事態に落入らんとも限らない。分離設備の性能上の品質は総合的技術力で評価されるものであって、特定の機器のみが高品質、高性能であっても全体がバランスしていないと適切な品質評価は得られない。ユーザーからみれば過剰投資をしいられたという不満のみが残り、ひいては製品不信を招くおそれもでてくる。全体設備からその重要性を判断して決めるべきであろう。低温工学技術で培った特異な技術力を伸ばすことはもちろんであるが、現状の分離設備だけの工事量ではあまりにも不足する。特異技術を活用できる新分野を見出し、操業量を確保できる施策も合せて考える必要がある。

3 生産管理機能について

四川空気分離設備廠の管理組織は良く整備されている。それぞれの業務規程も整っているようであり、生産の指令も、年度計画大綱、季度計画、月次計画とブレイクダウンされて最終的には生産現場の工場主任に委ねられている。一方、工事量の指示が操業時間を勘案して製造数量で示されているので、最終工程にある工場主任はいつも月末が多忙となる状態を作りだしている。

近代的生産管理手法として、これで良いのか考えてみる必要がある。工場の管理部門の人達の中には、多品種少量生産であるから管理が難かしいという声も聞いたが、生産管理の良否は、業務に従事する人々の考え方、その考え方に基づく行動のあり方に起因するといえる。管理体制は整っていても従事する人々が職分を固く守っていてもセクショナリズムになり課と課の間の仕事が浮き上がってしまう。管理にたずさわる人達が次工程の業務に気くばりをするのが大切な事である。現地調査の短い期間ではあるがこの気くばりがやや欠けているように感じられた。14年の歴史ではあるが、管理監督の地位にある人達の人事異動を行い、皆んながどんな仕事をしているか、どんな問題をかかえているか、改善の道はないのか、よく認識して気くばりを発揮するような動機づけを行うことも必要であろう。

近い将来、事務管理の電算化に取り組む事になるが、その前に管理者が工場全般の業務内容に精通しておく事は重要な事である。指導的立場にある人達の広い視野と豊富な経験を生かし、次世代を荷なう人々のOJT教育の一環として人事交流を推奨する。

生産管理の管理手法については、近代化計画で詳細に述べているが、基本的な考え方は、生産現場が「ムリ」なく「ムダ」なく、「ムラ」なく作業が進められるように、管理部門に従事する人々が適切なる事前段取りを行う事である。しかるのち、その決めた方策を目標とし、対策方針を立案し、その結果を目標と比較し、かけ離れた点を反省し、修正のためのあらたな目標を決定し、設定し、再度挑戦するといったPlan-Do-Check-Actionの絶えざる繰返し実行にある。なかでもCheckの段階では、これまでの経験と勘にたよることなく、事実に基づく数値的な結果をつかむことが、かくれた問題点を見出し、次の改良、改善の要因発掘につながる。ひいては工場全体の体質改善ともなり、四川空気分離設備廠の技術力の増強、生産力の増強にもつながる。近代化計画では多くの参考資料を提供したがよく吟味の上、従業員の物の考え方を転換し、人間の欲望意欲からくる仕事の達成感、充実感をいかにして満足させ、企業発展の原動力としていくかを

見出し、工場独自の活気ある管理体制を構築することが必要である。

4 品質保証体制の確立について

四川空気分離設備廠のごとく国家規格で定められた圧力容器、塔槽類などを主生産品目とする工場においては、ともすれば規格に合格すればよいという安易な考えがもたれがちである。しかしながら生産品目は超低温下において使用される機器、塔槽類であり、一旦事故が発生するとユーザーに多大の損失を与えかねない重要な生産品目である。こうした生産品目の製造にたずさわる企業にとっては、製品の製造責任、品質の保証はユーザーに対して欠かすことのできない重要な管理事項である。特に社会が発展し製造責任を求める世の中となれば、品質管理体制、品質保証体制がいきとどいた企業のみが存続を許される世の中となりつつある。

工場が進歩発展していくには、日常の品質検査をゆるがせにせず、従業員全員が日々その作業工程の中に品質を作り込んでいるという自覚のもとに作業にあたることが重要不可欠である。このことは生産現場のみならず、一般管理部門といえども同じであり、情報を適確に伝達することこそ品質を作り込む考えに一致するものである。「次工程はお客様である、お客様には迷惑をかけない」という考えのもとに日常業務を遂行することが、ユーザーにとっても信頼感を与え、安心して製品の注文をして貰えるというものである。こうした信頼感をユーザーとの間に醸成する努力を積み重ね確立していくことが工場の品質保証体制を確立し、強力なるセールスポイントを作り出すもとである。四川空気分離設備廠においても、こうした意味の品質保証体制を築きあげるにより世界的技術水準に到達しうるものである。

5 四川空気分離設備廠の特徴と他分野への進出

四川空気分離設備廠が世界の同種メーカーに比してどのような特徴と性格をもつのかを検討することによって、長所をのぼし短所を補い、良質の国際製品をつくる能力をのぼすことができると考える。またこれは単に四川空気分離設備廠のみならず中国の他の同種企業（杭州、開封など）にも適用しうることであろう。

5-1 ユーザーとしての酸素ガス製造業が数少ないこと

世界の空気分離器メーカーは主なものをあげると米国UCC、APCI、西独リンデ、

フランスL. Air Liquide、英国BOC、日本 日立製作所、神戸製鋼、日本酸素等であるが、少数の例外を除いて同じ企業体の中にガス供給部門をもち、その方の比重が大きい。すなわち装置製作部門はガス製造部門のもつプラントをすぐれたものにする任務をもった修繕部門である。同じ企業内にプラントを使用し、その性能を批判する部門をもつのであるから、プラントがユーザーに好まれるように造ろうとする動機が常に存在するのである。

中国以外のアジア諸国には、ガス供給企業体は数多くあるが装置メーカーとしては大きい企業はない。これらガス供給企業体は西欧のガス供給企業体の系列か、あるいは独立系で世界中の良い性能のプラントを選んで購入し自分の手で操業している。

中国のように空気分離機メーカーが三社又はそれ以上あって、酸素ガス供給業者が数少ない状況は他国と著しい相違である。これは酸素、窒素の主たるユーザーである鉄鋼、化学工業においては大型プラントを自ら運転しており、他のガス使用者は小型のプラントを自分で所有しガスを生産しようとする傾向をもつ故であろう。これは中国内の輸送事情、国土の広さ、によるものと考えられるが、中国の分離機メーカーの主力製品が100M³/h酸素程度の小型であり、また液製品の流通が少ないことが著しい特徴である。小型製品は大型に比し動力原単位が高く、人手を多く要する。一方、ユーザー個々は小規模であるから、装置メーカーに対する発言力が低い。したがってユーザーの意見が装置メーカーに反映されにくくなっているのが現状のようである。

5-2 機械工業的色彩が強い

前記世界の各メーカーは化学工業に属するか又は総合メーカーとして機械、化学両部門をもっている。したがって化学工業の色彩の強い企業内にある機械工業という性格がある。これに対し中国では化学工業の色彩はうすく、機械工業的色彩が強い。具体的にいえばコンプレッサー、タービンなどの機械製品の高レベルのものをつくらうとする意欲が大きい。

世界のメーカーにおいてターボコンプレッサーを自製するのは日立製作所のみであり、他は総合メーカーなどから購入している。タービンについては重要部品として自社で製作することもあるが、同じくタービン製造の専門企業体より購入することもある。

機械工学、化学工学共にすぐれることは理想ではあるが、実際には一方に片寄りすぎ、本業の化学工学、分離工学への力が少なくなったり、基礎的知識の欠けたエンジニアを生じる。空気分離器に用いるコンプレッサーはコンプレッサー全体からみると多い需要ではな

い。四川空気分離設備廠がタービンを自製するのは正しい方向であり、ターボコンプレッサーを他から購入するのは、良いターボメーカーがあれば、正しいことである。しかし10,000M³ / Hr O₂以上になると酸素ガスターボコンプレッサーが必要となる。これは杭州酸素製造機廠で製作しており、特殊な技術が必要である。中国全体として酸素ターボコンプレッサーの供給源を一企業体に絞るのか、あるいは複数企業体で競争するのか、自家製造か購入かの指針はコンプレッサーに限らず、中国メーカーの重要な課題である。

5-3 自家製造が多い

できるだけ多くの部品を自家製造しようとするのは、四川空気分離設備廠のみならず中国全体の傾向である。これは部品供給メーカーの育成が遅れている状況からは止むをえない事情ではある。しかし、ターボコンプレッサー、アルミニウム熱交換器というような重要部品で、かつ多額の投資を要するものについては、設備の稼働率、専門技術者の養成、経験の蓄積などの点で集中生産を行うように中央で管理すべきであると思う。アルミニウムプレートフィン熱交換器についていえば、もっとも多く用いられるのはReverring熱交換器で、ひとつのブロックは大きいものほど経済的にすぐれるが、大きいブロックのものをつくるには多くの経験と投資を必要とする。中国内で複数のメーカーが競争するほど市場は豊富ではない。また、もし、複数のメーカーによって競争させるのであれば、アルミニウム材料の供給面、あるいはアルミニウム熱交換器の空気分離設備以外の製品をつくる目途が十分立ってからにしなければ操業面で大きな誤算を生じるおそれがある。

5-4 四川空気分離設備廠の強み

四川空気分離設備廠は空気分離器メーカーとして、機械工業的色彩が強い。その技術上の長所として、低温技術専門メーカーの共通のものをもっている。それは低温、真空、高圧、溶接技術であり、高度な「もれのない装置」を造りうる能力である。低温技術は、液ヘリウム、液体水素、水素分離に応用でき、真空技術は、中国でこれから発達するであろう半導体をはじめ多くの真空機器類に適し、溶接技術特に有色金属溶接技術は宇宙技術、高エネルギー物理学、化学工学、原子力方面に応用しうる。

空気分離は低温技術の最大の利用ではあるが、そのみに局限しているのは、工場負荷の偏りや需要の不足に常になやまされることになる。また、これから投資する設備が技術

レベルの向上のために必要であっても、稼働率の低下は避けられぬことになり、中国全体の工業投資の非効率をまねく。

四川空気分離設備廠がガスベアリングタービンの製造に成功するならば、それは低温装置にとって、安価な小型タービンであって、中国全土のメーカー、ユーザーが用いるような環境を設けてほしいものである。

四川空気分離設備廠は設立が新しく、所有する測定器の水準は高く、技術者の数も多いと思われる。資材の供給、高級な部品（ターボコンプレッサー、アルミ熱交換器）の不足がボトルネックとなってその活動が制限されている。空気分離器は独力で需要を創出し得ず、鉄鋼、化学、繊維、建設等中国全体の工業レベルの向上に比例し、その副資材としてのガスを供給するのであり、中国市場は工業ガスに関しては発展の途上である。したがって四川空気分離設備廠のもつ能力を空気分離以外の領域に拡げ、その経験を多様化しつつ、独自技術の向上を図ることを期待したい。

5-5 新しい分野への進出

天然ガス分離、空気分離器、共に大きい製品であり、その製作数量は数多いものではなく、工場の操業負荷の変動は大きい。操業負荷の平滑化のために、また技術の向上、経験の蓄積のために他分野の製品をできるだけ工場で作るようにすべきである。このためには四川空気分離設備廠が他の企業にくらべて優れている点を十分発揮できるものであるべきである。どのような技術がそれに該当するかを考えると次のようなものがある。

(1) 液体水素、液体ヘリウム技術

これはいうまでもなく、四川空気分離設備廠の中核技術である。低温技術の応用として空気分離より更に低温である液体水素、液体ヘリウムの製造技術がある。これらは、空気分離よりもさらに難度が高く、工場の技術レベルを向上させるのに最も適している。これは宇宙技術、人工衛星、超伝導などの先端技術と深い関係をもつ。

中国において、これらの先端技術は、別の機関で行われていると思うが、これらの部門の民需への転換が検討されるとすれば、それは空気分離装置への進出であるのかもしれない。すなわち、両者の技術の融合が必要である。これら超低温装置は用いるべき材料は少く、小型であり、労働集約的な製品である。それらは経済上の価値は空気分離装置に比し大きくはないが、工場の低温、真空技術の粋をあつめてはじめて可能なものであるから、工場の技術向上にもっとも有効であり、中国の先端技術の進歩にも貢献でき

るであろう。

低温技術者の数は多いものではなく、造られる装置も少ないので、各処で分散して製作すると、技術者の分散、経験の少なさが問題で、よいものできないと思われる。世界の空気分離装置メーカーのほとんどが、これらの極低温部門を企業内にもっていることは、これは経済的に利益をあげる目的ではなく、自社技術の向上をめざしているのである。

(2) 水素、ヘリウムの分離

また、水素を製造する技術、ヘリウムを分離する技術も、中国では必要なはずである。水素はブタンなどの軽質炭化水素クラッキングガスからP S A装置でもって高純度分離される。P S Aは四川空気分離設備廠が既に酸素分離で手がけている。ヘリウムを天然ガスから分離することは米国で多く実行されており、中国内でも天然ガス分離対象の中にヘリウムがあるはずで、これらも低温技術の応用のひとつといえる。

大型の合成アンモニアプラントの廃ガスから、水素、アルゴンを分離することはすでに四川空気分離設備廠の経験にある。これら装置に水素タービンを用いれば廃ガス圧力利用によって動力なしで有効なガスが得られる。タービン技術の応用である。

(3) 真空技術の応用

1) 真空ポンプ

四川空気分離設備廠は、低温技術、低温真空容器の技術をもち、現在は真空ポンプ類を購入している。真空工業は工業規模の増加、民需の拡大によって、需要が急速にふえると思われる。四川空気分離設備廠の機械工作レベルは真空ポンプ類をつくるには十分と思う。特に高級な機械式ポンプ、すなわちメカニカルブースター、ターボ分子ポンプなどは回転機技術の応用として最適な製品である。これらの技術は中国内では未だ一般化されるまでに至っていないと思われ、この方面の業種を開拓することは、工場の操業を安定化させるに大いに役立つものと思われる。

2) 真空装置

化学業界に対しては真空蒸溜装置、冶金業界に対しては真空溶解、真空冶金装置、電気業界に対しては半導体製造装置など真空技術は多方面に用いられる。四川空気分離設備廠のもつ真空技術は単に低温液化ガスタンクの真空断熱にのみ用いられるのはもったいない技術である。真空技術の拡大は低温技術よりずっと遅れて出現するはずであるから、今から将来構想をたてて研究に取り組み、十分間に合うと思う。

(4) 工場設備の稼働率向上

将来、最新鋭の機械設備が整ったとき、機械の稼働率をあげるため、自動車用ターボチャージャーの製作を引受けるとか、アルミブレイジング技術の応用として車輛用冷凍機の熱交換器類の製作を手がけるとか、更にステンレス製プレートフィン熱交換器に進出して高温熱交換器の小型化をめざすとか、圧縮機プラスもれ防止技術を用いて小型冷凍機に進出するとか、いろいろのことが考えられる。いずれも四川空気分離設備廠が他企業にくらべすぐれている技術の応用である。

工場内において、中国の事情を分析し、新分野への進出を試みるような調査活動をはじめべきと考える。



VII 参 考 文 献

参考文献

- ジェットロ発行 月刊誌「中国経済」No.269 1988年5月号
- 生産管理データブック編纂委員会編 「生産管理データブック」 オーム社
- 市橋英世、北原貞輔 共著 「生産管理システム」 税務経理協会
- 朝香 鐵一 著 「TQCの基本」 日本規格協会
- 石原勝吉 著 「現場のIEテキスト(上)」 日科技連出版社
- 石原勝吉 著 「現場のIEテキスト(下)」 日科技連出版社
- 日本能率協会編 「コストダウンのための改善のポイント」 日本能率協会
- 日本能率協会編 「作業改善の技術(下)」 日本能率協会
- 大久保正夫 著 「機械製図学便覧」 日刊工業新聞社
- 横光俊治 著 「中小企業診断士試験要点の整理と研究」 評言社
- 並木高矣 著 「工程管理の実際」 日刊工業新聞社
- 工程管理便覧編集委員会編 「工程管理便覧」 日刊工業新聞社
- 遠藤健児 著 「工程管理」 丸善株式会社
- 村田晃一 著 「日本経営」 ジェムコ
- 生産管理便覧編集委員会編 「生産管理便覧」
- 柳沢 滋 著 「在庫管理のはなし」 日科技連出版社
- 工藤市兵衛、鈴木達夫ほか 「生産管理教科書」 同友館
- 平野裕之 著 「工場を合理化する事典」 日刊工業新聞社
- 水野幸男 著 「在庫管理入門」 日科技連出版社
- 工場設備管理便覧編集委員会編 「工場設備管理便覧」 丸善株式会社
- 河原祐介 著 「動態経営計画」 中央経済社
- 溶接学会編 「溶接便覧」 丸善株式会社
- 日本非破壊検査協会関西支部 「非破壊検査の自動化、高能率化に関するシンポジウム」
- 溶接シリーズ編集委員会編 「溶接管理のかんどころ」 株式会社 産報
- 溶接シリーズ編集委員会編 「ステンレス鋼、耐熱鋼溶接のかんどころ」
株式会社 産報
- 溶接シリーズ編集委員会編 「低温用鋼溶接のかんどころ」
株式会社 産報

溶接シリーズ編集委員会編 「銅、銅合金、チタンとその合金溶接のかんどころ」

株式会社 産 報

社団法人軽金属溶接構造協会 「アルミニウム及びアルミニウム合金溶接部の気孔発生
のメカニズム」

社団法人軽金属溶接構造協会 「アルミニウム構造物の溶接施工管理」

鈴木春義 著 「最新溶接ハンドブック」 株式会社 山海堂

日本工業標準調査会審議「日本工業規格、アルミニウム溶接部の放射線透過試験方法
及び透過写真の等級分類方法」 財団法人日本規格協会

日本規格協会編 「J I Sハンドブック溶接」 財団法人日本規格協会

VIII 添付資料

V-1-付1 酸素富化送風

藤田幸男 著 日本鋳物協会編

「鋳鉄溶解ハンドブック」より抜粋

1-1 目的

溶解をキュボラで行う場合、生産量を増加させ、あるいは良質の溶湯を得る方法の一つに酸素を利用する操業がある。

キュボラはその炉内に空気を送りこむことによって、装入コークスの炭素分と空気中の酸素とを合理的に反応させ、その発生する熱によって装入地金を溶かす装置である。コークスの燃焼に寄与する酸素は空気中に約21%含まれているが、炉内にさらに多くの酸素を供給し、その濃度を高くして、コークスの燃焼を急速にかつ十分にさせることによって、溶解の効果を促進させる。

その方法には、送風管に別の導管によって酸素を添加し、その濃度を高くした空気を、羽口から炉内に送り込む、いわゆる酸素富化操業と、羽口の内部に導管を導き酸素を炉内に噴射する、もしくは炉体の壁に小孔を開け、その孔に導管を取り付けて酸素を炉内に吹き込む、噴射操業とがある。

この酸素を用いる操業は古くからわずかに行われていたが、採算的にまたは操業上懸念されることがあり、実用化が遅れてきた。しかし適切な操業を行うことによって、次のような多くの利点が期待できる。

- (1) 高温の溶湯を得やすく、出湯温度を上昇させることが容易で、品質の向上に効果がある。
- (2) 溶解速度を速くすることができ、出湯量の増加すなわち溶解能力が大きくなり、作業能率を上げることが可能である。
- (3) 送風開始から出湯までの時間を短くすることができ、操業開始後の無駄を減らすことが可能である。
- (4) 停電や送風が止まなど、異常操業により炉内が悪化した場合、早急に回復することが可能で、品質不良の防止ができる。
- (5) 送風量を減少させることが可能で、動力費の低減を計ることができる。
- (6) 追込コークス量を減らすことが可能で、燃料費を低減することができる。
- (7) 炉内が高温になり吸炭しやすい状態になるため、鋼屑の配合割合を増加させること

が可能で、材質の向上、材料費の低減ができる。

- (8) 溶湯中のけい素やマンガンなどの減耗が少なく、逆に増えることがあるため、合金鉄類の使用量の低減が期待できる。
- (9) 溶湯の硫黄分の増加することが少ないから、接種その他の溶湯処理がしやすくなる。

1. 2 装 置

キューボラで酸素を効率よく使用するためには、炉内に適量の酸素を均等に送り込む装置が必要である。しかしそれはキューボラの大きさ、酸素を富化あるいは噴射する方法、その使用量などによって異なってくるが、設計、取扱いに当っては安全に留意し、さらに次の諸点に考慮する必要がある。

- (1) 酸素の補給を容易にできるようにする。
- (2) 酸素ポンペは高温になると破裂する危険がある。溶解設備の周辺は溶湯や溶滓などによって温度が上りやすいから、酸素を補給する装置とそれに関連する設備は高温にならないように遮断をする。
- (3) 酸素は激しい助燃性ガスであるから、装置に機械油やグリスなどを付着させず、また使用する場所には可燃物を置かないようにする。
- (4) 機器、配管などの接合部、あるいは風箱、蓋、のぞき窓、羽口部などから、送った空気や酸素のもれのないようにする。また定期的に点検を行って保全に万全を期する。
- (5) 酸素ポンペの口金、バルブなどの開閉は急激な操作を避け、事故を未然に防ぐように注意をする。
- (6) 酸素の流量が正確に測定でき、かつその調整が用意にできるようにする。
- (7) 酸素の濃度が常に測定でき、炉内に均等に送り込めるようにする。

キューボラに酸素富化をする装置の概念図を図1. 2. 1に示す。

使用する酸素は一般に空気液化装置によって製造された液化酸素を、いったんタンクに貯蔵するが、小さい溶解設備、あるいは試験的に酸素を使用する場合は、複数の酸素ポンペを準備する。貯蔵された酸素は減圧装置により添加する圧力まで減じ、温度の低下を防ぎ、流量の制御をして、その必要量を送風管に添加し、羽口から炉内に送り込むか、細い導管を用いてノズルから直接炉内に吹き込むようにする。そのあいだに流量計、圧力計、濃度計、停止および逆止弁など計器、装置を設けておく。

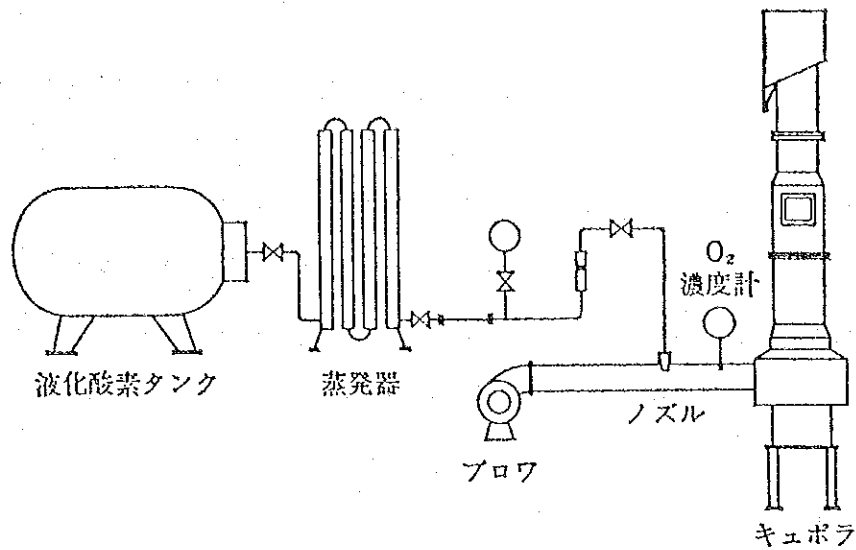


図1. 2. 1 酸素富化操業の装置の概念図

酸素富化装置の概念図を図1. 2. 2に示す。

この方法は、酸素を送風管の途中で別に設けた細い導管によって添加し、その濃度を高くして調整し、均一にして風箱を通して羽口から炉内に送り込む。その場合一般のキューボラ操業と同様に平衡送風をするようにし、また添加した酸素を無駄にしないために、送風のもれのないようにする。

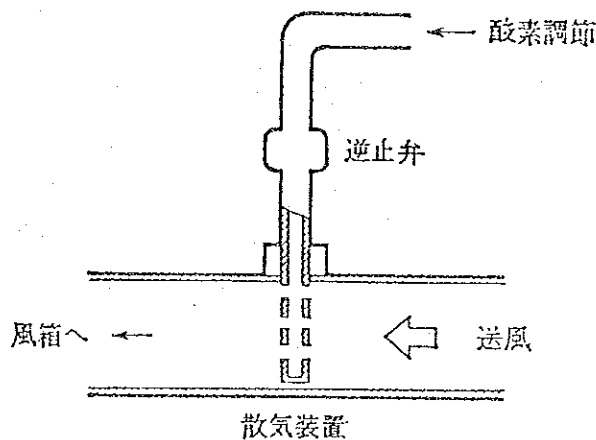


図1. 2. 2 酸素富化装置

1. 3 操業

酸素を送風に添加する操業は、その目的、期待する効果によって異なるが、一般に酸素を断続して間欠的に添加する方法と、操業中連続して添加する方法がある。

酸素を間欠富化する装置は比較的簡単で、操作が容易なうえ、よい炉況を保つことができ、酸素の消費量が少ないにもかかわらず効果が大きく、利用価値のある操業方法である。

間欠富化送風は操業の初期、すなわち送風開始から出湯までの30～45分くらいの短い時間酸素を添加して、迅速に溶湯の温度を上昇させ、初湯から有効に使用できるようにする。あるいは停電、休風その他の事故によって出湯温度が低下した場合、早急に溶解温度を上昇させる目的で、一時的に酸素を添加することはよい結果をもたらす。

また、操業中出湯温度を常に高く保ち、出湯量を確保するために、10～20分くらいの短い時間断続して酸素を添加する方法が行われる。

連続富化は、操業中長時間にわたって送風中に酸素を添加する方法があり、その効果は大きく、出湯量が増加し、出湯温度は上昇するが、酸素の消費が多く、経済性について検討を要する。なお、連続富化はコークスの消耗が速くなるから、ベッドコークスのレベルを低くしないように、常にその高さを維持することに注意を払い、追込コークスの装入量と投入時期に気をつけるようにする。さらに温度低下をきたさないように、また酸化溶解にならないようにする。

酸素の添加量は、間欠あるいは連続富化操業のいずれの場合も、2～4%くらいが一般的で、1%くらいで効果の上がる場合もある。しかし少な過ぎるとその効果はほとんど認められず、多過ぎると炉況の変動が激しくなり、操業の調節が難しく、異常操業を起し

表1.3.1 酸素の添加率と酸素の使用量

キュボラ内径 (mm)	標準送風量 (N ^m ³/min)	酸素使用量 (N ^m ³/min)		
		2%	3%	4%
500	20	0.4	0.6	0.8
600	30	0.6	0.9	1.2
700	40	0.8	1.2	1.6
800	50	1.0	1.5	2.0
1000	80	1.6	2.4	3.2
送風中の酸素濃度 (%)	21.0	22.7	23.3	24.0

やすく、多くの欠陥を生ずるおそれがある。キュボラ操業において多量の酸素を富化することは、経済性に問題があり、また、その成果が明らかでない。

酸素の添加率ならびに標準送風量、そのときの酸素使用量と送風中の酸素濃度との関係を表1.3.1に示す。

1. 4 効 果

いずれのキュボラ操業においても送風に酸素を添加すると、かなりの成果が上がっている。しかし、その設備、装入材料、方法などに相違があるため、得られる結果には相当な開きがあるが、それぞれに溶解能力の増加、出湯温度の上昇、エネルギー消費の低減など、その効果は多くの点でみられる。

溶解能力は、酸素を添加してその濃度を高くした送風空気中の酸素量と、空気中の標準酸素量の約21%とに比例する。その関係を図1. 4. 1に示してあるが、送風空気中の酸素が多くなるにしたがって溶解能力の増加することが明らかにみられる。

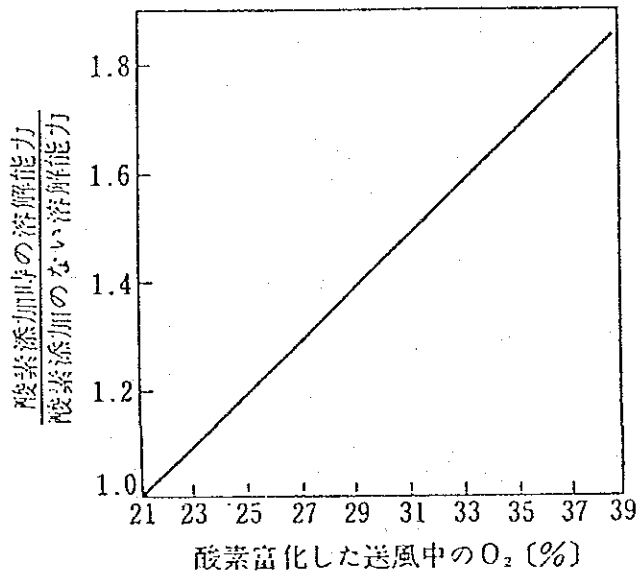


図1. 4. 1 送風中の酸素量と溶解能力
との関係

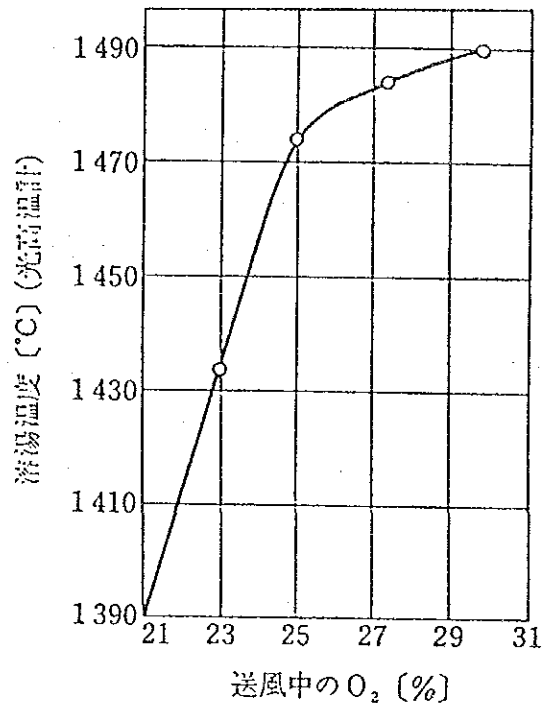


図1. 4. 2 酸素添加量と出湯温度
との関係

空気に酸素を添加して酸素濃度を高くすると、その量に応じて送風量を減らすことは可能であり、送風空気が減少すれば、炉中を通過する窒素の量は少なくなり、熱の損失は低減でき、炉内温度が上昇する。

酸素添加量と出湯温度の間には図1. 4. 2に示すような関係がみられ、溶湯温度の上昇することは明らかである。温度の上昇することについて多くの報告があり、上昇の傾向は類似しているが、必ずしも一致した値ではないが、添加率1%で10℃、2%で30℃、4%で

は約50℃上昇している。

送風の初期に酸素を3%添加した場合、30℃上昇し、また、送風停止後、再開した場合、

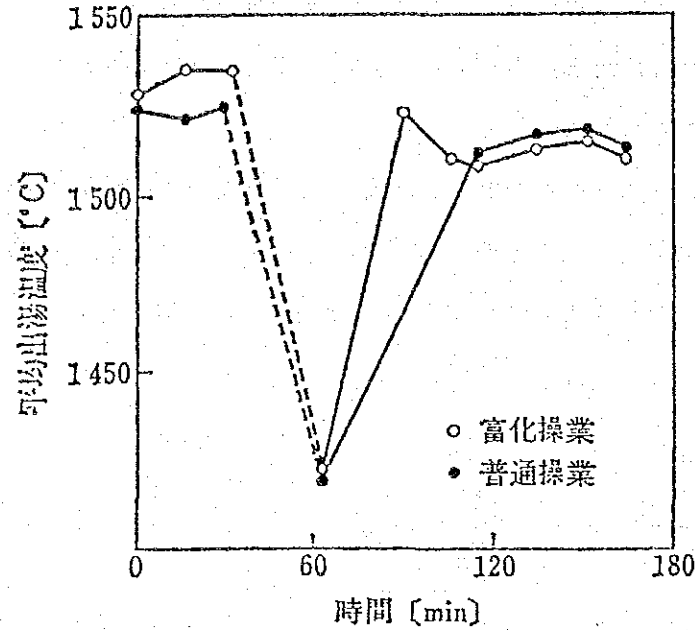


図1.4.3 送風停止後における温度回復への効果

低下した出湯温度は短時間で回復する。図1.4.3に示すように酸素富化をした操業は富化しない操業に比べて、かなり短時間で温度回復の目的を達している。

送風量を一定にして、酸素1%を添加することにより溶解速度は8%、2~4%添加すると20%以上増加する。

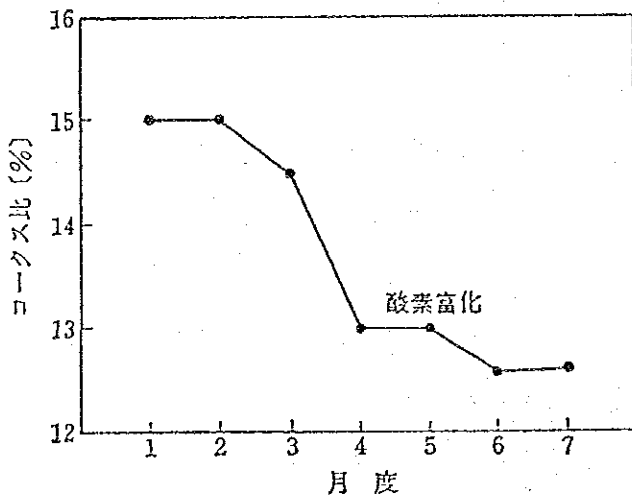


図1.4.4 コークス比軽減の推移

酸素を富化することで、コークスの使用量を減らすことが可能である。図1.4.4にコークス比の軽減の状況を示してあるが、図中3月までは普通の操業、4月以降は酸素富化を行った結果であり、軽減できることは明らかである。エネルギー節減に及ぼす酸素富化の影響を図1.4.5に示してあるが、4%以上の添加は効果が少ない。

熱風送風において酸素を富化することにより送風量を減らすことが可能であり、それによってエネルギーの節減ができる。

熱風送風に酸素を添加した場合、溶解速度の増加に及ぼす送風温度と酸素濃度の影響を図1.4.6に示す。送風温度および酸素濃度の高くなることによって溶解速度は増加しており、熱風操業に酸素富化を併用した場合の効果は、ほぼ両者の和になる。

各種のキュボラで、冷風と分割および熱風送風のおおのこの操業を行い、それに酸素を2~4%富化あるいは噴射をして、それらの溶解速度とコークス比の比較を表1.4.1~1.4.3に示した。これらの表から、溶解速度あるいはコークス比のいずれか、または両者ともに酸素富化の効果がみられる。

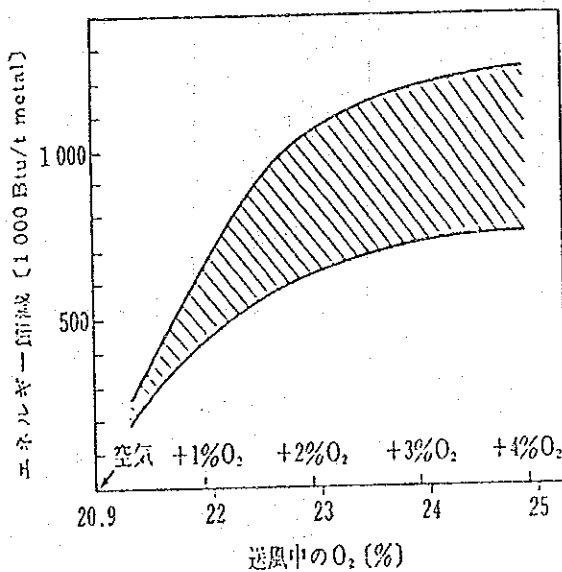


図1.4.5 酸素富化によるキュボラのエネルギー節減

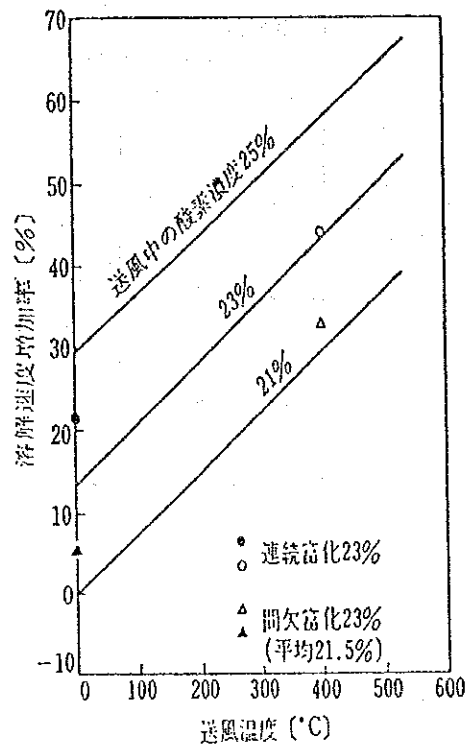


図1.4.6 溶解速度における送風温度および酸素富化の影響

表1.4.1 冷風送風

キュボラ内径	酸素添加法 (酸素添加量(%))	溶解 (l/h)		コークス比 (%)	
		前	後	前	後
40 in (1014 mm)	富化 (2.5%)	6	8	14	12
36 in (912 mm)	富化 (3.0%)	4	5	15	10
46 in (1166 mm)	富化 (4.0%)	10	12	12.5	9.4
48 in (1216 mm)	噴射 (3.0%)	7	7	12.5	9.4
32 in (811 mm)	富化 (2.0%)	2.5	2.5	17	14

表1.4.2 分割送風

キュボラ内径	酸素添加法 (酸素添加量(%))	溶解 (l/h)		コークス比 (%)	
		前	後	前	後
42 in (1064 mm)	富化 (3.0%)	10	10	12.5	10
42 in (1064 mm)	富化 (3.5%)	8	8	11.0	9.6
38 in (963 mm)	富化 (2.5%)	10	10	9.8	8.5
36 in (912 mm)	富化 (3.0%)	5	6	12.4	9.4

表1.4.3 熱風送風

キュボラ内径	酸素添加法 (酸素添加量%)	溶解 (l/h)		コークス比 (%)	
		前	後	前	後
78 in (1976 mm)	噴射 (2.0%)	30	38	17.5	15
42 in (1064 mm)	噴射 (2.0%)	4.5	6.5	11	9.6
38 in (963 mm)	噴射 (3.0%)	6	6	13.5	11
54 in (1368 mm)	噴射 (3.0%)	12	16	13.7	10.4
96 in (2433 mm)	噴射 (3.0%)	32	40	12	10



V-1-付2 耐火物の性質

福井 哲 著 日本鋳物協会編

「鑄鉄溶解ハンドブック」より抜粋

一般に溶解炉の操業条件によって、耐火物に対する要求も異なるもので、炉の寿命を延ばすためには、耐火物の性質を十分知っておくことが必要である。

1 耐火度

耐火物を取り扱うときまず最初に現れる言葉は耐火度ということであろう。一般に耐火度 S K 34 番のものといえば S K 30 番のものよりもすべての性質が優れていると考えられやすい現状である。これは大変な誤りで、耐火度は耐火物の性質を表す一項目にすぎない。耐火物の性質には火に絶える性質の外に、熱の急変に耐えること、熱による体積変化が少ないこと、高温度で機械的強度が大きいこと、炉内の酸化、または還元雰囲気に対して安定なこと、固体、液体などに対して耐摩耗性が強いこと、熱の伝導性がよいか、悪いか、などたくさんのものであることを十分認識すべきである。

2 圧縮強さ、荷重軟化

圧縮強さの意味は、常温における圧縮強さで、よく焼け締まったもの、あるいは低気孔性で充填性のよいものなどはその値が大きい傾向にある。

荷重軟化は、ある温度において荷重を受けた状態での軟化変形を示すもので、圧縮強さが大きいものは必ず荷重軟化性が大きいとはいえない。荷重軟化性は耐火物を構成する材質との関係が大きいものである。一例として石英質のものはなかなか軟化変形しなくて、溶融寸前まで熱間強度を保つ特性があるが、クロマイト質耐火物は耐火度は S K 38 番（溶倒しないで、細くなるので、耐火度測定が正確にはできない）あるが、荷重軟化は 1300～1400℃で、非常に低いものである。

3 熱膨脹、収縮

膨脹、収縮は耐火物を加熱あるいは冷却する場合に起る現象で、これは炉の設計、築炉、操業などにきわめて重要な性質である。この現象には永久的なものとして、残存膨脹、収縮と、一時的な熱間膨脹、収縮との 2 種類が考えられる。前者は耐火物を長期にわたり使

用している間に徐々に膨脹、あるいは収縮を起し、亀裂、剥落などの原因となるもので、これを防止するには、耐火物原料に安定した鉱物組成のものを採用するか、または焼成することによって安定した組織にすることなどが考えられる。

後者は耐火物の熱膨脹・収縮曲線を参考にして炉の操業に加熱あるいは冷却曲線を設定することによって耐火物の損傷を防止することができる。耐火物の加熱膨脹曲線の一例を図1に示す。

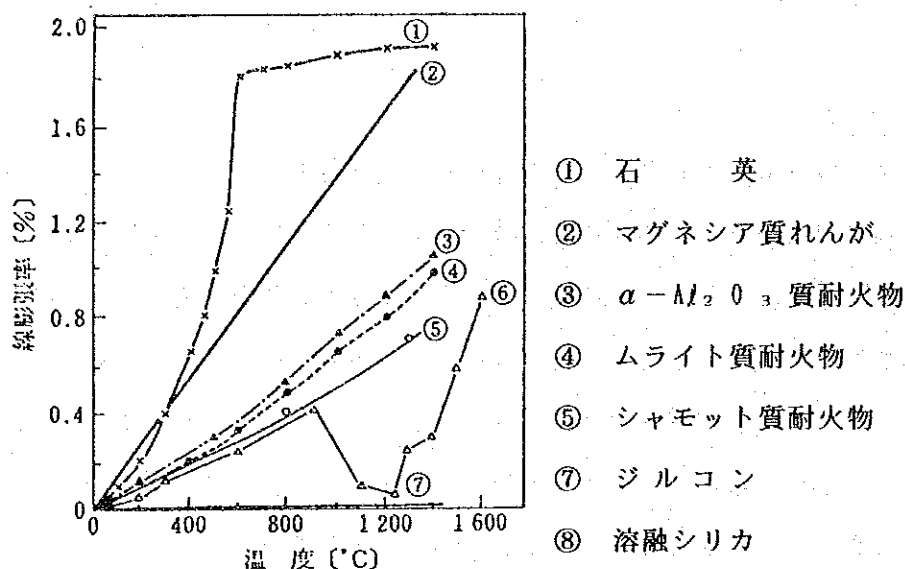


図1 耐火物の加熱膨脹曲線例

4 スポーリング

スポーリング (Spalling) という言葉はあまり聞きなれないものと思われるが、耐火物関係ではよく用いられるもので、この言葉の意味は加熱あるいは冷却による耐火物の変質、亀裂、剥落現象をいうのである。これは溶解炉の損傷現象として大切なことなので少し詳細に述べることにする。

スポーリング現象に熱的、機械的、構造的なものが考えられ、お互いに関係し合っている場合が多い。

(1) 熱的スポーリング

耐火物の表面が急に加熱、あるいは急冷されると耐火物の表面と内部との間に熱膨脹差によってひずみが生じ亀裂、剥落現象が起きることである。例として石英質耐火物を急に加熱すると表面に亀裂が生じる。これは石英の α 型 \rightarrow β 型の転移による573°C付近の急膨脹性によるものである(図1参照)。

(2) 機械的スポーリング

加熱によって耐火物が膨脹し、その膨脹代が足りない場合、また炉の構造上、機械的

な圧力を受ける場合など、耐火物が破損劣化する現象である。これを防止する方策としては、築炉の場合耐火物の膨脹代を考慮すること、あるいは耐火物の大きさ、形状を考慮すること、設計上耐火物に構造上からの圧力がかからないようにすることなどが考えられる。

(3) 構造的スポーリング

耐火物を長時間使用している間に、溶湯、スラグ、ガス雰囲気、添加剤などによって、耐火物の鉱物組成、あるいは組織が劣化する現象である。この現象は一種の溶損現象で、亀裂、剥落が起きやすくなっていくものである。

5 熱伝導率および比熱

最近エネルギーコストが急上昇し、将来ともこのエネルギーコストが低下することは考えられないので、省エネルギーのため参考資料として耐火れんがの熱伝導率について、図2に示す。

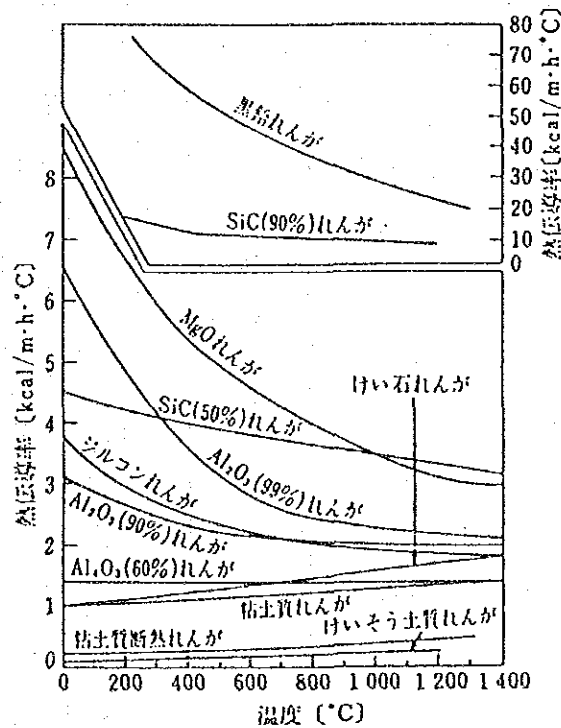


図2 焼成れんがの熱伝導率の例

6 耐火物の化学成分の例と異種耐火物相互の接触反応の概要

各種の耐火物を使用するときに、異種耐火物相互に接触反応が起き事故の原因となることが考えられる。この関係を表4、5に示す。

表4 耐火物の化学組成の例

No.	成分(%) 名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	R ₂ O	ZrO ₂	耐火度 (°C)
1	けい石質	97	0.7	0.8		1.7		0.2		1710
2	ろう石質	73	23	1.0				1.5		1650
3	シャモット質	51	40	3.4	1.2		0.7	0.6		1750
4	高アルミナ質	27	71	0.9	0.9					>1820
5	電融アルミナ質	0.1	98	0.1				0.5		>1900
6	マグネシア質	2.0	1.5	2.2		2.0	91			>1900
7	スピネル質	0.4	70	0.1			28			>1900
8	ジルコン質	34							65	>2000

表5 耐火物相互間の接解反応の概要

No.	名称	名称	けい石質	ろう石質	シャモット質	高アルミナ質	電融アルミナ質	マグネシア質	スピネル質	ジルコン質
1	けい石質			SZ	SZ	KR	UR	VR	UR	KR
				1500°C	1500°C	1500°C	1500°C	1500°C	1500°C	1500°C
2	ろう石質				KR	KR	KR	VR	UR	UR
					1500	1500	1500	1300	1500	1500
3	シャモット質					KR	KR	VR	UR	SZ
						1500	1500	1400	1500	1500
4	高アルミナ質						KR	VR	KR	KR
							1500	1500	1500	1500
5	電融アルミナ質							UR	KR	UR
								1500	1500	1400
6	マグネシア質								KR	VR
									1500	1500
7	スピネル質									UR
										1500
8	ジルコン質									

注) UR: 反応は僅少、 KR: 反応せず、 VR: 完全に反応する、 SZ: 溶融

中・高周波誘導炉用耐火物について

杉野太加夫・鷲尾治七 著

「工業加熱」VOL26 No.2 より抜粋

1 はじめに

誘導炉は各種金属を加熱溶解し、その溶湯の成分調整と保持及び昇温などを行うもので、電源周波数により低周波炉と中・高周波炉に大別され、低周波炉は炉体構造により、るつぼ形と溝形に分類される。

この中でるつぼ形中・高周波炉は、精密鑄造用の100kg程度の小型炉から、鑄鉄溶解用の20TON程度の大型炉までであるが、最近では1TONから5TON程度の高周波炉の需要が増加しており、主に間欠操業が行われている。

るつぼ形中・高周波炉の構造を図1に示す。

中・高周波誘導炉は、鉄心、誘導コイル、コイル保護用耐火物、炉頂及び炉床キャスタブル、出湯口キャスタブル、内張り耐火物などから構成されており、他の溶解炉（アーク炉、キューボラなど）では見られない次のような条件下で内張り耐火物が使用されている。

- (1) 溶湯による電磁攪拌力が強いいため、内張り耐火物は機械的侵食を受けやすい。
- (2) 電気効率を高めるため、炉壁厚みは薄く設計されている。通常、内張り耐火物の厚みは60mmから90mm程度と薄く、内面は直接高温の溶湯に接し、外側は水冷された誘導コイルで冷却されているため、内張り耐火物の温度勾配は極めて大きい。
- (3) 全量出湯操業が多く、更に高電力迅速溶解の増加により、内張り耐火物は急熱急冷による激しい熱サイクルを繰返し受ける場合が多い。

したがって、内張り耐火物の具備すべき特性として、

- (1) 溶湯の電磁攪拌力、溶湯圧などの機械的な摩耗に十分耐え得ること。
- (2) 耐熱衝撃性に優れていること。
- (3) 溶解温度に対して十分な耐熱性を有すること。
- (4) 溶解金属、スラグ、その他溶解時に存在する成分などと化学反応を起こしにくいこと。
- (5) 炉内溶湯に対して冶金的な悪影響を及ぼさないこと。
- (6) 短時間で所定の充填密度が得られ、築炉施工が容易に行えること。
- (7) 耐火物のランニングコストが経済的に十分成り立つこと。

などの諸条件が要求されている。

2 誘導炉用耐火物とその材質選定について

2-1 誘導炉用耐火物の種類について

誘導炉用耐火物は、酸性、中性及び塩基性の3種類に分類され、特殊な条件下では定形耐火物が使用される場合もあるが、通常は不定形耐火物が使用されている。

誘導炉用内張り耐火物として使用される不定形耐火物はラミング材と称され、その施工方法は、粒度調整された乾粉をコイル保護用耐火物と炉内に設置された鉄製のシリンダの間に装入し、振動を加えながらつき固める、いわゆる乾式充填施工が一般的である。

このようなラミング材の材質は、溶解金属の種類、炉容量及び操業条件などによって使い分けられている。

中・高周波誘導炉で使用される耐火物の1例を表1に、耐火物の線膨脹曲線を図2に示す。

2-2 誘導炉用耐火物の材質選定について

2-2-1 鑄鉄溶解用ラミング材について

従来から鑄鉄溶解には低周波誘導炉が非常に多く使用されてきたが、近年では新設される誘導炉のほとんどが中・高周波炉であり、高電力迅速溶解及び大型化傾向にある。このため、内張り耐火物は、耐食性、耐熱衝撃性などに優れ、安定した長寿命の得られるラミング材が必要とされている。

一般に鑄鉄溶解用内張り耐火物としては、けい石あるいはけい砂などを主体とした天然シリカ質や、溶融品を主成分とした溶融シリカ質などの酸性ラミング材が使用されている。

天然シリカ質ラミング材と、溶融シリカ質ラミング材の特徴を表2に示す。

天然シリカ質ラミング材は、仕様中に SiO_2 の結晶転移(α -Quartz \rightarrow β -Quartz)により急激な膨脹が認められるが、冷却時には残存膨脹を示すため、稼働面に発生する亀裂は比較的少ないが溶融シリカ質ラミング材に比較すると、耐熱衝撃性に劣っている。そのため、炉の特性から残湯溶解がほとんどを占め急激な温度変化の少ない低周波誘導炉で主に使用されてきた。

表1 中・高周波誘導炉用耐火物 (1例)

使用箇所	種類	主な化学成分 (wt%)	最高使用温度 (°C)	用途	施工方法	実績
	イ) 酸性ラミング材 天然シリカ質 熔融シリカ質	SiO ₂ >98 SiO ₂ >99	1,650 1,650	主に鑄鉄 主に鑄鉄	乾式施工 乾式施工	少ない 多い
	ロ) 中性ラミング材 アルミナ・スピネル質 シャモット～高アルミナ質	Al ₂ O ₃ 80～93, MgO 5～20 Al ₂ O ₃ 50～70, SiO ₂ 20～50	1,750 1,500	鑄鋼・特殊鋼 (鑄鉄もあり) 銅合金	乾式施工 主に乾式施工	多い 少ない
溶解室	ハ) 塩基性ラミング材 マグネシア質 スピネル質 マグネシア・スピネル質	MgO >92 MgO 25～45, Al ₂ O ₃ 55～75 MgO >70, Al ₂ O ₃ <30	1,800 1,800 1,800	鑄鋼・特殊鋼 鑄鋼・特殊鋼 鑄鋼・特殊鋼	乾式・湿式施工 乾式施工 乾式施工	中程度 少ない 中程度
	コイル 保護部	Al ₂ O ₃ >90, SiO ₂ <10 Al ₂ O ₃ >70, SiO ₂ <20	1,750 1,750	鑄鉄・鑄鋼・特殊鋼 鑄鉄	流し込み施工 こて塗り施工	多い 少ない
湯口部	高アルミナ質キャスタブル	Al ₂ O ₃ >55, SiO ₂ <30	1,600～1,800	鑄鉄・鑄鋼・特殊鋼	流し込み施工	多い

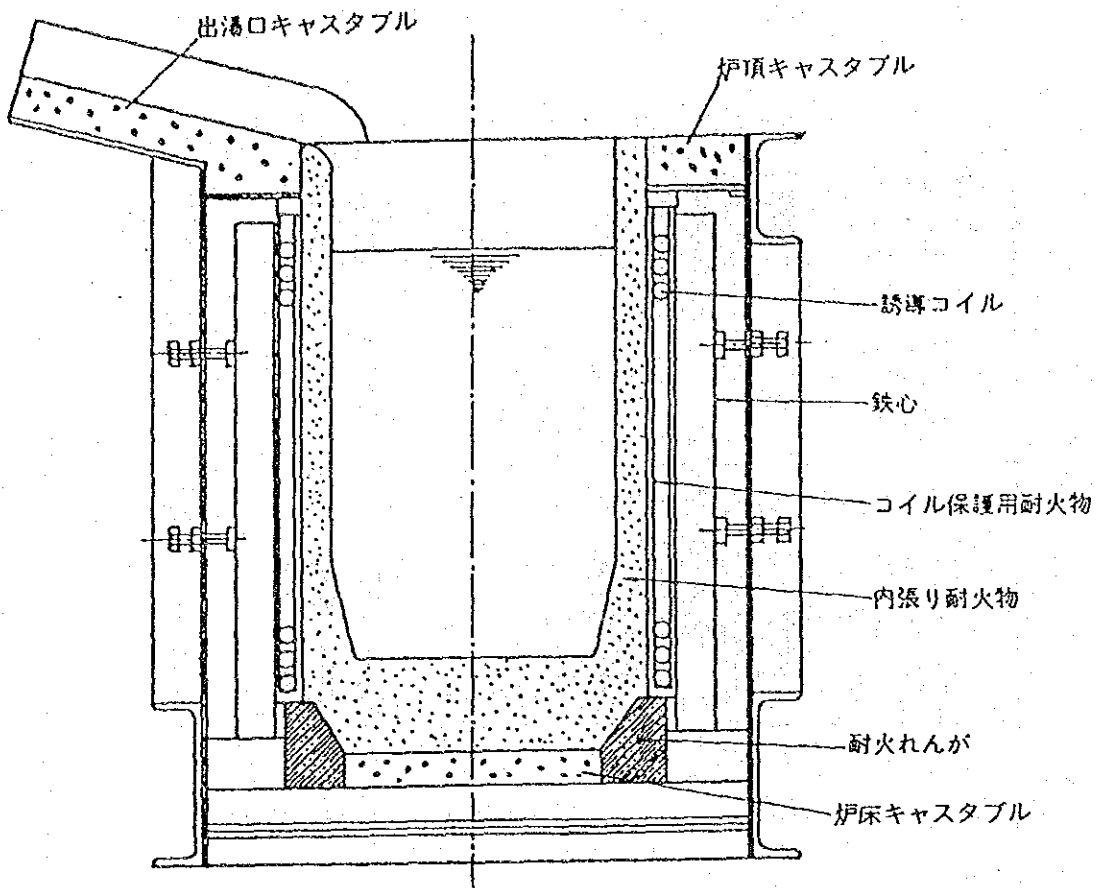


図1 るつば形中・高周波誘導炉の構造

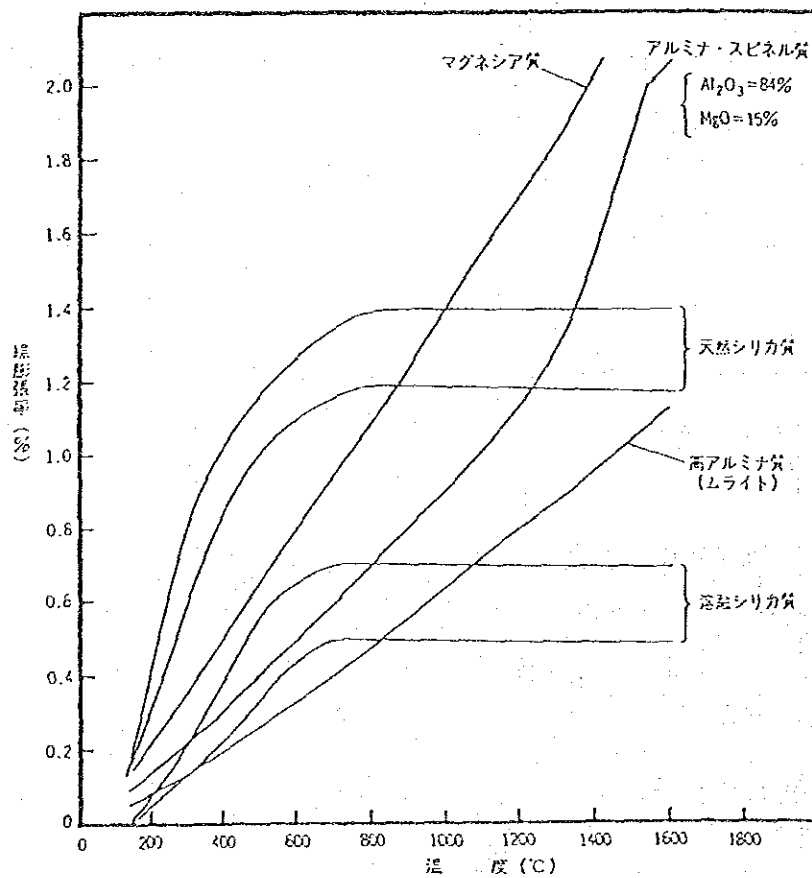


図2 各種耐火物の線膨脹曲線

表2 天然シリカ質ラミング材と溶融シリカ質ラミング材の特徴

特性項目 \ 材 質	天然シリカ質ラミング材	溶融シリカ質ラミング材
鉱物組成	α -Quartz	非結晶, α -Quartz
熱膨脹率% (at 1,000°C)	1.2 ~ 1.4	0.5 ~ 0.7
耐熱衝撃性	小	大
熱伝導率 kcal/mh °C	1.5	1.2
耐食性	大	中~大
焼結性	中~大	小
適 用 操 業	残湯操業 連続操業	全量出湯操業 間欠操業

中・高周波誘導炉は全量出湯操業が多く、大型化、高電力化とともに、迅速溶解傾向のため、ラミング材は急熱急冷の激しい熱サイクルを繰返し受けるなど、非常に苛酷な条件で使用される。

天然シリカ質ラミング材は、けい石及びけい砂自身の焼結性のよさと、焼結バインダ (B_2O_3) などの影響により、使用時に施工体背部まで固まるため、稼働面で発生した亀裂が背部まで達してしまう欠点がある。

したがって、中・高周波誘導炉の操業条件下で使用された場合は、亀裂の発生に起因した湯差しなどのトラブルが起こりやすくなる。

一方、溶融シリカ質ラミング材は天然シリカ質ラミング材に比較して、熱膨脹率が小さく、耐熱衝撃性に優れた特性を有している。また、施工体背部には未焼結層（粉体層）が十分残存するため、亀裂の成長は稼働面の反応層、焼結層内に限定させることができるので、操業上の安全性が確保され、安定した長寿命が得られる。

さらに、粉体層の存在は熱伝導率を下げる効果があり、電力コストの低減に有効である。

3 TON の同一低周波炉で使用された酸性ラミング材の電力原単位比較を表 3 に示す。

表 3 天然シリカ質ラミング材と溶融シリカ質ラミング材の電力原単位

	天然シリカ質ラミング材	溶融シリカ質ラミング材
溶解量 (TON/月)	220	246
電力原単位 (KWH/TON)	666.5	647.6

溶融シリカ質ラミング材の使用により、電力原単位が18.9KWH/TON 低減した実績が出ている。

したがって、中・高周波誘導炉用内張り耐火物としては、前述したように安全性、安定性及び経済性の面からも溶融シリカ質ラミング材が適しており、500kg程度の小型炉から10TON以上の大型炉まで広く使用され、通常250~450Ch程度の耐用が得られている。

現在、20TONの大型高周波誘導炉でも使用され、天然シリカ質ラミング材を使用した場合の操業後の炉内加熱保持は不要であり、溶融シリカ質ラミング材の特徴が十分に発揮され、300Ch近い長寿命が得られている。

2-2-2 鋳鋼、特殊鋼溶解用ラミング材について

鋳鋼、特殊鋼溶解には、従来から500kg以下の小容量中高周波誘導炉でマグネシア質及びマグネシア・スピネル質などの塩基性ラミング材が使用されており、耐用回数は50~150Chの範囲にある。

近年では、1TON以上の大容量中・高周波炉の需要が増加し、多品種溶解、高温溶解及び高電力迅速溶解傾向にある。このため、高温での優れた耐食性を維持し、稼働面で亀裂の発生が少なく、湯指しなどのトラブルを起こしにくい内張り耐火物の要求が強くなり、塩基性ラミング材に代わり、アルミナ、スピネル質ラミング材が開発され、その使用量が増加している。

表4 鋅鋼、特殊鋼用ラミング材の特徴

分類 材質 特性項目	塩基性ラミング材		中性ラミング材
	マグネシア質	マグネシア質・スピネル質	アルミナ・スピネル質
鉱物組成 熱膨張率% (at1000 °C) 耐熱衝撃性 熱伝導率 (Kcal/mh°C) 耐食性 焼結性	Periclase (MgO) 1.3 ~ 1.5 小 3.0 大 大	Periclase Spinel (MgO Al ₂ O ₃) (Al ₂ O ₃) 1.1 ~ 1.3 小~中 2.7 大 小	Corundum Periclase (Al ₂ O ₃) (MgO) 0.8 ~ 1.0 大 2.5 大 小
適用炉容量	500 kg以下	1TON 炉以下	1TON 炉以上

鋳鋼、特殊鋼溶解用として主に使用されているラミング材の特徴を表4に示す。

マグネシア質ラミング材は、電融、マグネシア及び海水マグネシアを主原料とし、高融点、高軟化点で耐食性に優れ、特に塩基性の溶湯性状、スラグなどに対し化学的安定性に優れた特徴を有している。

しかし、この種のラミング材は原料特性として熱膨脹率及び焼結性が高く、操業中に生じる膨脹、収縮に伴う亀甲状の亀裂や剥離などが炉の大きさに比較して顕著となるため、500kg以下の小容量の中・高周波誘導炉に限られて使用されてきた。

マグネシア・スピネル質ラミング材は、主原料にマグネシアを使用し、スピネル原料及びアルミナ原料を適量配合した製品である。スピネルは高温での高耐食性を有し、熱膨脹率はマグネシアに比較して小さい特徴がある。また、アルミナは使用中にマグネシアと反応してスピネル（二次スピネル）を生成し、その際、急激な膨脹を示し亀裂の進展を抑える効果が認められ、1TON程度の中・高周波誘導炉で使用されるようになった。

しかし、1TON炉以上になると、炉径が更に大きくなり、急熱急冷の繰返しによる亀裂の増大は避けられず、マグネシア・スピネル質ラミング材では、安定した耐用が得られていない。このような背景から、アルミナ・スピネル質ラミング材が開発された。

このラミング材は、2000℃以上の高融点と高耐食性を有する高純度電融アルミナを主原料とし、更に高純度マグネシアを適量配合した製品である。アルミナは、マグネシア及びスピネルに比較して熱膨脹率が小さく、熱間での容積安定性に優れている。さらに、マグネシアの添加は使用中に二次スピネルを生成させ、残存膨脹による亀裂の低減に有効である。

その結果、稼動面に発生する亀裂は極めて少なくなり、現在、6TONの大型高周波誘導炉においても、鋳鋼溶解用としてこの種のラミング材が使用されており、200Chを超える安定した耐用が得られている。また、最近鋳鉄溶解用として1TON以上の中・高周波炉でも使用される場合がある。今後も鋳鋼、特殊鋼及び鋳鉄溶解用として、アルミナ・スピネル質ラミング材の使用量が更に増加するものと考えられる。

3 損傷機構について

ラミング材には、使用中に図3に示すように、炉壁中間部から炉床部にかけて損傷を受ける場合が一般的であり、主な損傷原因としては次のことが考えられる。

(1) 溶湯の電磁攪拌力による機械的侵食

(2) 溶湯成分及び添加剤などによる化学的侵食

誘導炉は溶湯の電磁攪拌作用があり、その攪拌力が他の溶解炉に比較して大きいという特徴を有している。特に酸性ライニング材の場合は、軟化点に近い1500℃を超えるような温度で溶解が行われるため、稼動面は電磁攪拌力による機械的な侵食により溶損され、ライニング厚みが次第に薄くなっていくと考えられる。

さらに、作業中に溶湯成分中に含まれるFeO、MnO、MgO、 Al_2O_3 、CaOなどがライニング材と反応し、稼動面近傍に低融点の変質層を生成する。その結果、マトリックス部分が溶損し、粒界侵食が起こり化学的な損傷が進行すると考えられる。

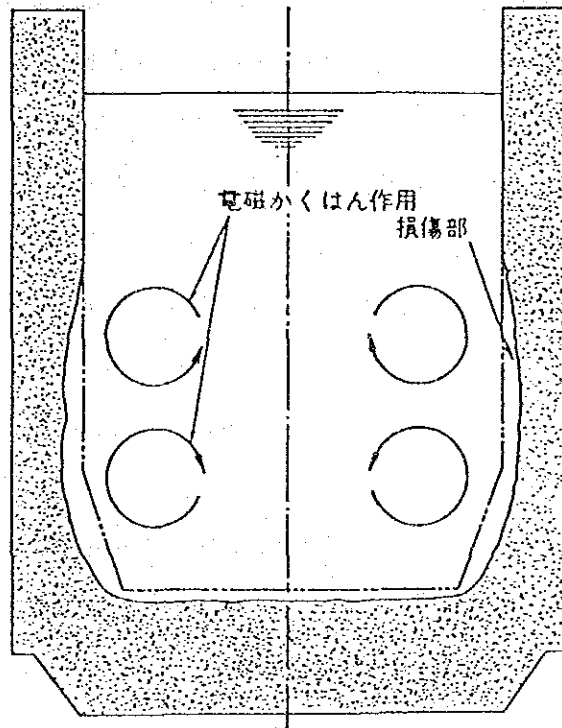


図3 ラニング材の損傷パターン

ラミング材は上記の機械的、化学的侵食が重なり合って損傷を受ける。損傷速度は、ラミング材が同一であれば溶湯成分、溶解温度、溶湯の電磁攪拌力及びラミング材の充填密度などに律速されると考えられる。

4 耐用に及ぼすその他の要因について

ラミング材の化学組成、熱間特性などの材質特性が耐用に及ぼす影響は前述したとおりであるが、築炉、焼結、溶解方法なども、またラミング材の特性を最大限に発揮させ、安定した耐用を得るために極めて重要である。

4-1 築炉方法

誘導炉の築炉方法としては、乾式施工法と湿式施工法とがあり、その施工に当たっては細心の注意が払われてきた。乾式施工は、前述したように粒度調整された乾粉を所定量ずつ炉内に装入し、振動を加えながらつき固める方法である。

施工工具は、ボッシュ式電動ランマが一般に使用されているが、大型炉では築炉時間短縮のため、電動式あるいは空圧式の自動築炉機がかなり普及している。

一方、湿式施工は、規定量の水分をラミング材に添加して、水分が均一に分散するまでよく混練し、サンドランマなどの施工工具を使用してつき固める方法である。

この方法は乾式施工に比較して施工時間が長いこと、施工条件によっては、ラミネーションが起りやすいこと、乾燥に長時間を要するなどから、最近ではほとんど採用されていない。

ラミング材の特性を十分に発揮させるため、築炉作業では次の事項が特に重要である。

(1) 粒度偏析の防止

製品は通常20～30kg入紙袋に詰められて出荷されるが、輸送中の振動などにより粒度偏析を起こしている場合がある。したがって、使用前に混練機あるいはスコップなどにより均一に混ぜ合わせる必要がある。また、炉内への装入時にも粒度偏析を防止する配慮が必要である。

(2) 適性充填密度の管理

ラミング材は、最密充填しやすいように粗粒から微粉まで一定の粒度分布に調合されており、製品ごとに適正な充填密度がある。築炉時には施工部の容積とラミング材の使用量から充填密度をチェックし、それぞれの製品に適合した充填密度の管理を行いなが

ら施工する必要がある。

(3) 打ち継ぎ面でのラミネーションの防止

電動ランマなどによる築炉時に、つき固め施工面の不十分な目荒しやラミング材装入後の脱気不足などが原因で、打ち継ぎ面でラミネーションが発生する場合がある。その結果、溶湯が打ち継ぎ面から侵入し、湯漏れ事故に至ることもある。施工時には、目荒しや脱気などを確実、丁寧に行う必要がある。

4-2 焼結溶解方法

焼結溶解は、ラミング材の稼動面を強固に焼結させ、緻密で安定した焼結層を生成させるために必要であり、築炉作業と同様に重要である。

焼結溶解に使用する溶解金属は、錆、油分、異物などの付着の少ない材料を選び、材質によって定められたスケジュールに基づいて行う必要がある。

酸性ラミング材の焼結作業では、天然シリカ質ラミング材は昇温中の結晶転移により急激な膨脹を起こすため、昇温速度には特に注意を払う必要があり、通常12Hrから20Hr程度の長時間を要する。

一方、熔融シリカ質ラミング材は、その特性から長時間の焼結作業は不要であり、数時間で終わっている。

4-3 付着物

近年、誘導炉で操業中に付着物が炉壁にたい積するケースが見られる。特に鑄鉄溶解を行っている中・高周波誘導炉で増加している。その結果、次に示すようなトラブルが発生する場合がある。

- (1) 付着物とラミング材の反応による異常溶損。
- (2) 堆積した付着物の中に巻き込まれたメタルが誘導加熱を受け異常な高温となり、ラミング材が局部的に侵食を受ける。
- (3) 付着物の堆積により炉内径が狭くなり、電気効率が低下するとともに、所定量の溶解ができなくなる。

鑄鉄溶解中・高周波炉で、酸性ラミング材の炉壁に堆積した付着物の化学分析と、X線解析の一例を表5に示す。

付着物は SiO_2 のほか Al_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Fe_2O_3 などの外来成分で構成されて

表5 付着物の分析結果

化学分析	化学組成	Wt%
	Ig. loss	-0.44
	SiO ₂	5.66
	Al ₂ O ₃	74.18
	TiO ₂	0.38
	Fe ₂ O ₃	2.30
	CaO	13.05
	MgO	3.50
	K ₂ O	0.06
	MnO	0.11
	ZrO ₂	0.33
	Total	99.13
X線回折	同定鉱物	強度
	CaO・6Al ₂ O ₃	VS
	CaO・Al ₂ O ₃	S
	Corundum (Al ₂ O ₃)	W

VS: Very Strong S: Strong W: Weak

おり、X線回折からCorundum (Al₂O₃)、CaO・6Al₂O₃、CaO・Al₂O₃などの鉱物が同定された。構成成分の約3/4を占めているAl₂O₃は、加けい剤として使用されるFe-Siに含まれているAlによるものと考えられる。この種のFe-Siは、最近そのほとんどが輸入品であり、多いものでは2~3%程度のAlが含まれている。このAlが酸化されてAl₂O₃となり、ラミング材のSiO₂との親和性が高いため、炉壁に付着すると考えられる。

炉壁付着量は、Fe-Siの使用量とAlの含有量、溶解温度、溶湯の電磁攪拌力及びラミング材稼働面の状態などに支配されている。したがって、操業条件などにより炉壁付着量は変化するが、付着物によるトラブルを避けるためには、第一に加けい剤を吟味してAl含有

量の少ないFe-Siを使用することが必要である。

CaO及びMgOなどは、接種剤のCa-siや黒鉛球状化のため添加されるMgがリターン材中に残留し、再溶解時に酸化物となり、 Al_2O_3 とともに炉壁に付着すると考えられる。

5 結 び

誘導炉用耐火物は、材質によりそれぞれ特徴があり、すべての使用条件を一種類のラミング材で満足させることは難しい。したがって、溶解金属及び操業方法などを考慮し、炉の性能を最大限に発揮させ、最終的にメリットのあるラミング材を選定する必要がある。

本稿では、需要の多い中・高周波誘導炉で使用されている各種耐火物の特徴と、使用条件に適合したラミング材とその使用例などについて紹介した。ラミング材選定の一助になれば幸いである。

今後も、鑄造業界において中・高周波誘導炉の需要は更に増加し、大型化、高効率化、高電力化及び迅速溶解による作業の能率化が進められ、ラミング材はより一層厳しい操業条件で、安定した長寿命の得られる製品が要求されていくであろう。



クリーンルームシステム

(CLEAN ROOM SYSTEM)

(膜体式クリーンルーム資料)

はじめに

産業界の発展は、めざましいものがあり、特にIC・LSIに代表される半導体関連、並びにロボット等に代表されるメカトロ (Mechanical & Electronics) 及び精密機械産業は世界に冠たる地位を築きつつある。

これらはすべて、クリーンルームとともに発展を遂げてきたものであり、品質の向上及び維持、管理にクリーンルームは不可欠なものとなっている。

また、医療の分野においても、医薬品の製造工程、病院の手術室、並びに、遺伝子工学に至るバイオ関連、更には、食品関連に至るまでその利用分野は広がる傾向にある。

以下に、クリーンルームとはどのようなものなのかに付いての基礎的なことから、並びに膜体式クリーンルームの一例の特徴について述べる。

1 クリーンルームとは

クリーンルームとは、その室内空間の清浄度を保つことであり、主に、室内空気中の浮遊塵埃、生物微粒子、温湿度等をそれぞれに要求された値に保つために制御された部屋を示す。

また、生物微粒子についての規定を含まないものを単にクリーンルーム、あるいは、産業用クリーンルーム (ICR) と言い、生物微粒子についても規定したものをバイオ・クリーンルーム (BCR) と称している。本書では以後産業用クリーンルームに付いて基礎的なことからを紹介する。

クリーンルーム (ICR) の分類としては、表-1に示される空気中に含まれる微粒子の個数によるものと、4項の図-2~4に示すような、室内の気流状態によるものがある。

バイオ・クリーンルームでは表-1の他、生物微粒子の数も規定されている。

表-1 米国連邦規格209b要旨

クリーン ルーム級別 (クラス)	粒 子		
	粒 径 (μm)	累 積 粒 子 数	
		(個/ $\text{l}(\text{l}^3)$)	(個/ m^3)
100	≥ 0.5	100	3,530
	≥ 5	10	353
1,000	≥ 0.5	1,000	35,300
	≥ 5	10	353
10,000	≥ 0.5	10,000	353,000
	≥ 5	65	2,300
100,000	≥ 0.5	100,000	3,530,000
	≥ 5	700	25,000

クリーンルームのクラスとは、空気1 $\text{l}(\text{l}^3)$ 中に含まれる $0.5\mu\text{m}$ 以上の粒子数を示す。

2 大気中の塵埃

都会の空気は言うまでもなく、澄みきった山野・田園の空気にも、無機質、有機質を問わず様々の微粒子（塵埃）が含まれており、その塵埃粒子の大きさを表-2に、比較を図-1に示す。

その数は季節、天候状態によって変化するが、粒子径を $0.5\mu\text{m}$ 以上として都会では100万個以上、更に郊外、田園地帯に於いても、50万個以上と言われている。

清浄空間を作るには、これらの微粒子（塵埃）の大部分のものを取り除く必要があり、更に、室内で発生する塵埃も取り除くことがクリーンルームの最も重要な目的と言える。

表-2 塵埃粒子の大きさ (粒子直径 μm)

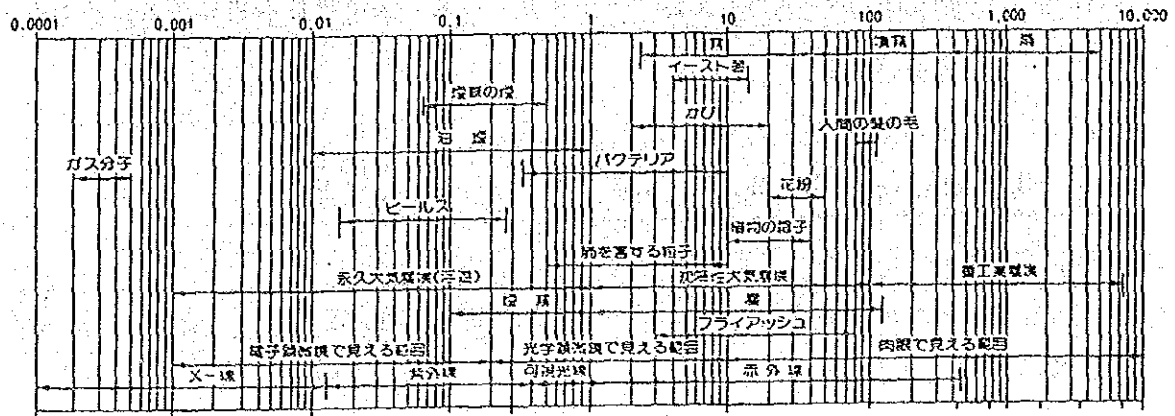
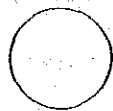
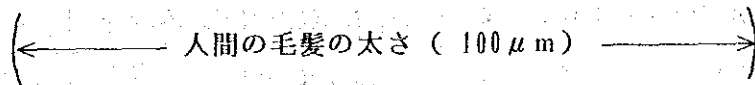


図-1 塵埃粒子の大きさの比較



上の太さと比較した
人間の可視範囲

HEPAフィルターで99.97%除去
される大きさ (0.3 μm)

3 室内で発生する塵埃

室内には作業者がおり、更に様々な生産プロセスが混在している。これらはすべて塵埃の発生源と成り得るが、特に人体はその内でも最大の発生源であると共に、塵埃の持ち込み源であると言える。

例えば、人体からの発塵量は表-3に示すごとく膨大な数値になると言われており、故に人体から発生する塵埃を極力押えることがクリーンルームの性能を維持するためのもっとも重要な課題である。

表-3 人体からの発塵量 (個/min・人 $\geq 0.5\mu\text{m}$ 以上)

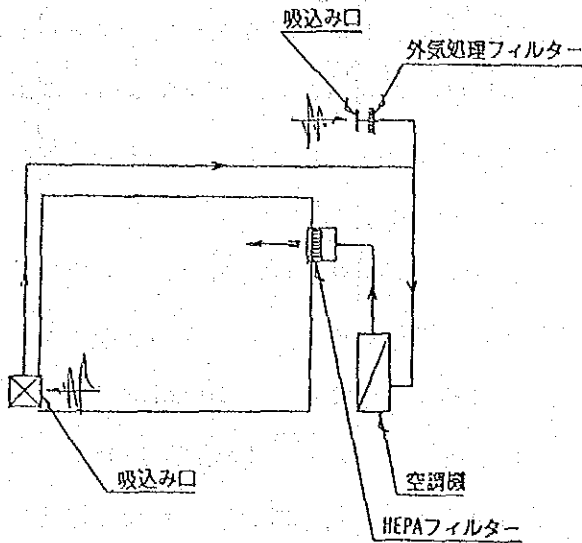
発塵量	動作	衣服	
		普通作業服	無塵服(白衣型)
塵量	立居状態(静止状態)	340,000	110,000
	同上(屈身)	3,100,000	600,000
	着席(静止状態)	300,000	110,000
	同上(腕の上下)	3,000,000	300,000
	歩行(1m/s程度のゆっくりした)	3,000,000	1,000,000
	歩行(速く)	10,000,000	3,000,000
	体操等激しい運動をする	15,000,000~30,000,000	—

また、クリーンルームの設計には、循環風量を決めることが大きな比重を占めるが、その風量の算出には人間の数及び床面積をパラメータ(Parameter)として求める。

4 クリーンルームの形式

表-1に示されるものの他、室内の気流状態により次のごとく分類される。これは、使用目的及び、精度により変るもので、それぞれの特徴も併せて述べる。

図-2 水平・垂直乱流式（コンベンショナルフロー）

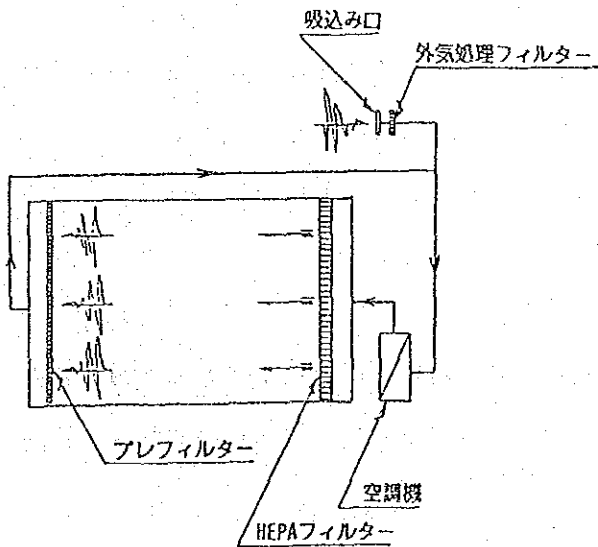


クラス10,000～100,000程度のものに採用されるもので、図に示すように、天井或いは壁面にフィルター内蔵の吹出口を設け、清浄空気を吹出させる方式である。

室内の気流状態は乱流となることから、室内で発生した塵埃を拡散させることとなり、余り高い清浄度は望めない。

また、水平乱流式では、ルーム内の上流と下流とに清浄度の差が生じるので、下流側は余り清浄度を要求されない生産プロセスを置く必要がある。

図-3 水平層流式（クロスフロー）



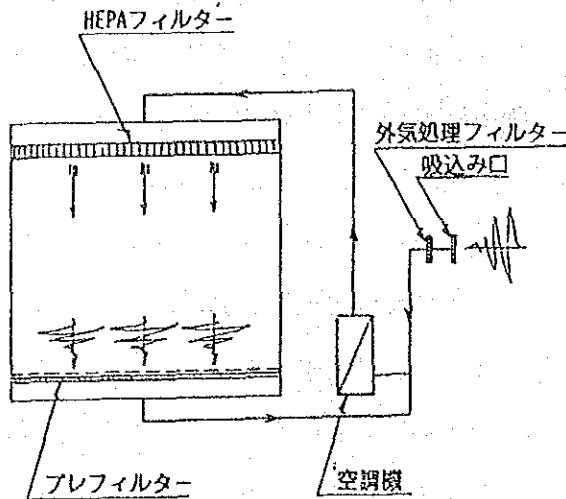
比較的高いグレードのものに採用される。

図に示すように、壁面全体にフィルターを設け、これから清浄空気を水平に吹出させ、反対の壁面全体からリターンする方式である。

したがって、室内は吹出口からの空気で全断面を覆われることになるが、水平乱流方式と同様、下流側では次第に清浄度が低下する。

空気の循環回数が多くなることから、送風機の大きなものが必要となり、フィルター面積も増大することから、水平・垂直乱流式に比較して設備費が高くなる。

図-4 垂直層流式（ダウンフロー）



クラス 100以下の超清浄空間を比較的容易に作る事ができる。

図に示すように、天井面全体にフィルターを設け、これから清浄空気を垂直に吹出させ、床面全体からリターンする方式である。

したがって、室内は吹出口からの空気で全平面を覆われることになり、室内で発生した塵埃は気流に乗って垂直に床面まで流され吸込まれるので、塵埃が拡散せず、作業面のいかなる部分に於いても均一な清浄度が得られる。

水平層流式と同様、設備費が高くなり、更に二重床となることから建設費も高価となる。

5 クリーンルーム施設の構成

クリーンルームは様々な機器によって構成されており、クラス、ルーム構造、使用目的並びに使用頻度（人員の出入回数）等によって使い分けられる。

主な使用機器の名称及びその簡単な仕様に付いて述べる。

1) エアークリナー

クリーンルーム用のエアークリナーとしては一般に、HEPAフィルターと言う名称が使われているが、これはHigh Efficiency Particulate Air Filterの略称で、超高性能エアークリナーを示している。

その他にもクリーンルームでは、周辺環境条件と要求清浄度によって表-4のようなものを組合せて使用する。

表-4 エアークフィルターの分類

分類	適応粒径 (μm)	圧力損失 (mmHg)	捕集効率 (%)	適用	主な濾材
粗塵 フィルター	5以上	(2.5m/s) 3~20	重量法 70~90	外気処理 プレフィルター	テトロン (フィレドン)
中性能 フィルター	1以下	(2.5m/s) 8~25	比色法 40~95	中間フィルター	グラスペーパー グラス繊維
高性能 フィルター	1以下	(17 m^3/min) 15~35	D. O. P 法 80以上	低レベル クリーンルーム用	同上
超高性能 フィルター	1以下	(17 m^3/min) 25~50	D. O. P 法 99.97以上	クリーンルーム用	同上

2) エアークシャワー

クリーンルームに入室する人間、器材に付着している塵埃を高速清浄空気流によって洗浄するために用いられるもので、クリーンルーム入口に設置する。(物品の受渡し専用のももある)

出口は別に設けるのが一般的である。

送風機、HEPAフィルター、吹出しノズル及び出入り口ドアを備えたパッケージタイプとなっている。

3) パスボックス

物品の受渡しを行う場合のエアークロックとして用いられるもので、ドアにはインターロック付きのものもある。

4) 差圧調整ダンパー

クリーンルームは室内圧力をプラスに保つことで、外部からの塵埃の侵入を防止している。

差圧調整ダンパーはこの圧力を一定に保つために用いられるもので、壁面に設けられる。

5) その他

クリーントンネル、クリーンブース、クリーンベンチ等の他、クリーンルーム用掃除機、無塵衣に至るまで様々なものが市販されているが、ここでは頁数の都合上説明は割愛する。

6 クリーンルームの用途

前述のごとくクリーンルームは様々な用途に用いられているが、ここでは産業用クリーンルーム（ICR）についてクラス別に、主なものの用途を表-5に示す。

表-5 クリーンルームの用途（ICR）

産業 分類	清 浄 度 用 途	ク ラ ス				
		10	100	1,000	10,000	100,000
半 導 体 工 業	結 晶 精 製					
	拡 散					
	エッチング工程					
	表 面 処 理					
	金 属 蒸 着					
	組 立 ・ 試 験					
	研 磨					
	梱 包					
	半製品保管					
光 学 機 械	レンズ研磨工程					
	目盛り彫刻					
	カメラ加工・組立					
	レンズ張り合せ加工					
	フィルム製造・乾燥					
	マイクロフィルム現像・乾燥					
	塗 装					
	試 験 ・ 検 査					
精 密 機 械	電子時計・部品組立					
	ロケット部品加工・組立					
	ミニチュアベアリング					
	普通ベアリング					
	組 立 ・ 検 査					

前表の他、バイオ・クリーンルームに近いものを表-6に示す。

表-6 クリーンルームの用途

産業 分類	清 浄 度 用 途	ク ラ ス				
		10	100	1,000	10,000	100,000
食 品 ・ 醸 造	牛乳・酒・乳酸菌飲料					
	清涼飲料水の瓶詰・打栓工程					
	乳製品・生菓子包装工程					
	スライスパックハム製造・包装					
	食 肉 加 工					
	味噌・醤油の製造・包装					

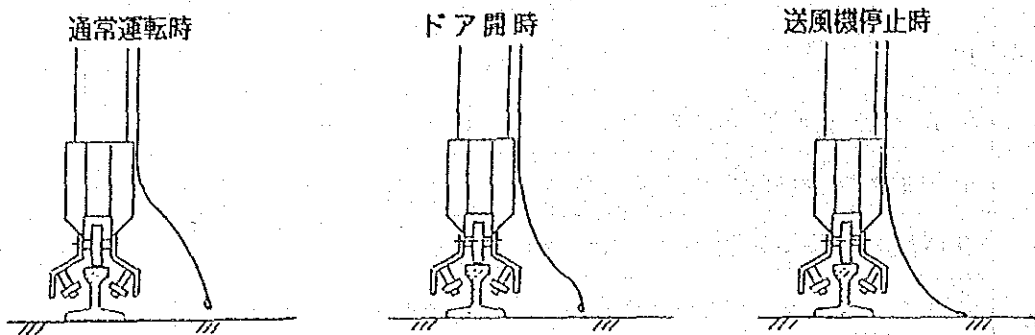
7 膜体式クリーンルームの特徴

膜体式クリーンルームは、以下に述べる様な特徴を有し、従来は難しいとされた大形機材のメンテ・搬出入が容易にでき、更に、自立式であることから天井走行クレーンの使用が可能である。

- 1) 天井、側壁部に大きな開口が得られ、天井クレーンによる大形機材の搬出入が容易にできる。
- 2) 開閉は人力により容易にできる。
- 3) 室内有効高さが大きく取れ、高さは建設コストにさほど影響を与えない。
- 4) 天井、側壁及びスカート(Skirt)を膜体構造とし、シーム(Seam)加工で一体化したことから気密性が高い。
- 5) 膜体下部のスカートは、室内圧の変化に合わせて排出量を変化させ、内圧を一定に保つ働きをする。

また、排出時に、床面付近に滞留する比較的大きな沈降性塵埃を一緒に排出するので、均一なクリーン度分布が得られる。(pat. p)

スカートの変化を下図に示す。



- 6) 組み合わせ面がないため、シーリング作業が不要であり、軽量で簡易なプレハブ工法により短工期かつ廉価に完成できる。
- 7) 側壁部の膜体に透明なものを採用したので、万一室内で事故が発生した場合でも外部から視認ができる。
- 8) 膜そのものに静電気帯電防止処理を施したので、スプレー吹付けのような効果の劣化がない。
- 9) その他、パネル式と膜体式クリーンルームの長短所の比較を付表-1に、膜体式クリーンルームの外観イラストを付図-1・2に示す。
- 10) 利用分野としては、6項で述べた利用分野の内、特に大形機材の検査・組立、並びに、樹脂製品の金型成型等々に適する。

8 クリーンルーム設備計画

3項で示したごとく、クリーンルームの設計は循環風量を決めることから行うが、この循環風量の算出には次式を用いて行う。

$$K = \frac{\beta \cdot 60 \cdot G}{N \cdot V} \times \frac{h}{2.5} \quad Q = K \cdot V$$

ここに K ; 換気回数

[回/時]

β ; 清浄度係数

クラス	β	換気回数
1,000	0.2	50~70
5,000	0.6	40~50
10,000	1.0	30~40
50,000	3.6	20~30
100,000	5.0	15~20

G ; 室内発塵量 (個/㎡)

$$= (1,000,000 \times \text{人数}) + (400,000 \times \text{床面積})$$

N ; 室内塵埃濃度 (表-1 参照) (個/㎡)

V ; 室内容積 (㎡)

h ; 室有効高さ (m)

Q ; 循環風量 (㎡/時)

これにより送風機及びHEPAフィルタの選定を行う。

その他に冷暖房熱負荷を算出するが、他に数多くの参考文献があるのでここでは割愛する。

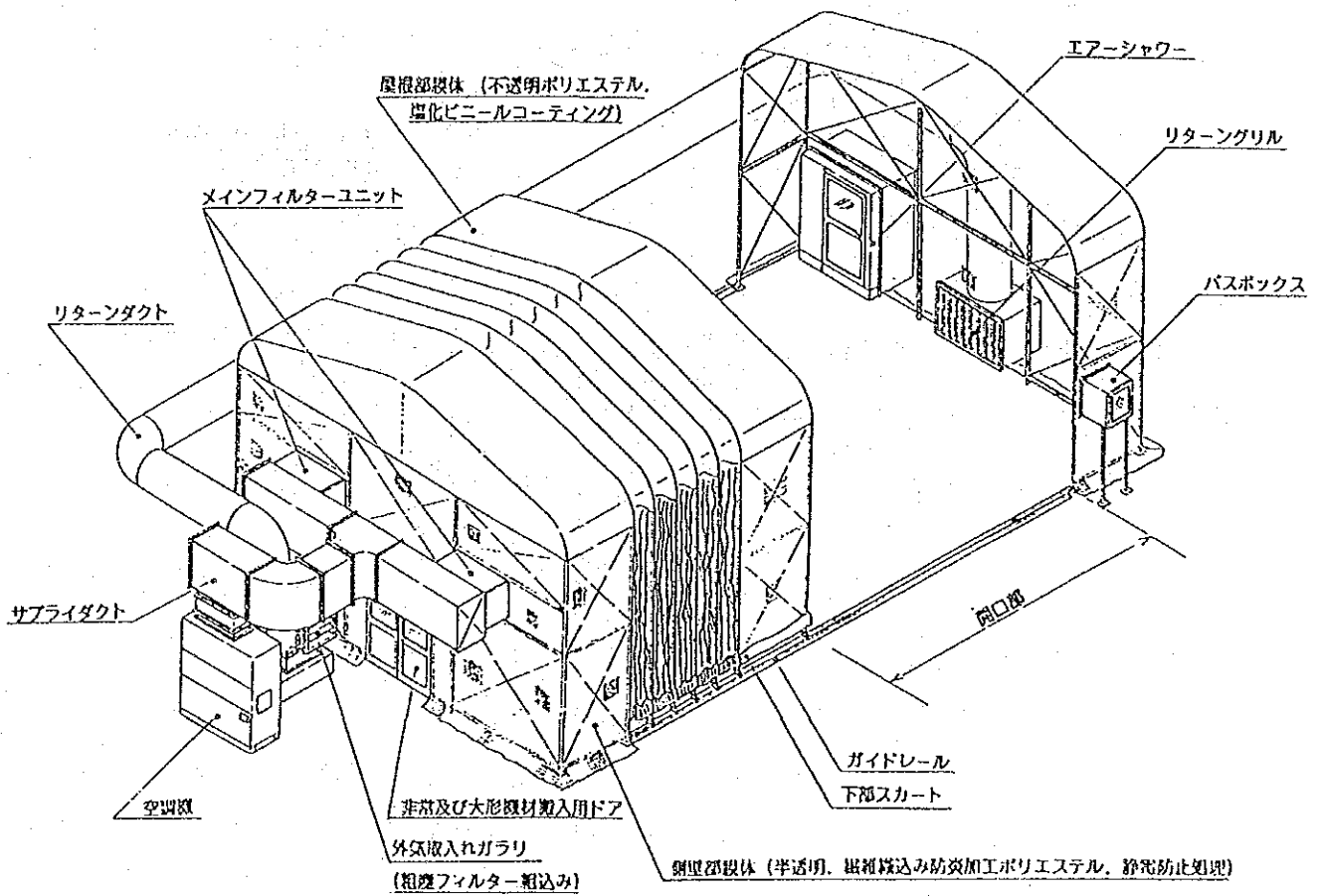
以上のようにクリーンルームの設備計画には様々の条件、現場の状況等を調査、加味して行わなければならない。

洩れのないようチェックリストにより調査を行うことが、より良いクリーンルームの設計計画上のポイントであると言える。

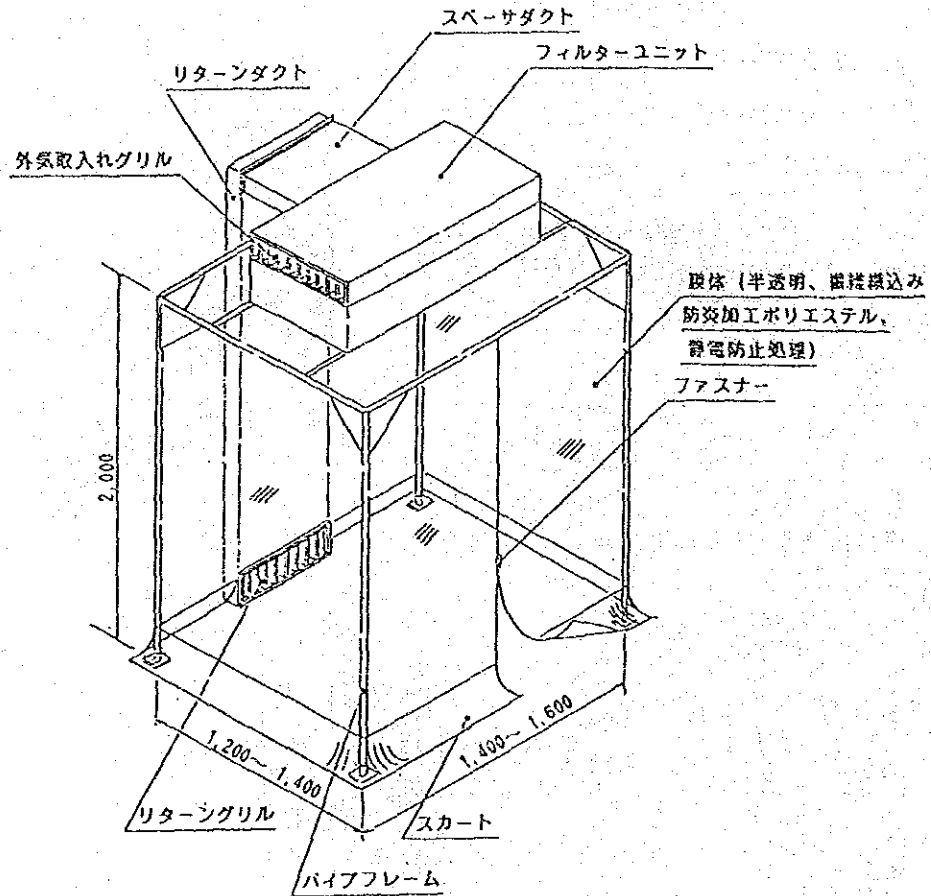
— 以 上 —

付表-1 クリーンルーム比較表

方式		プレハブパネル	膜 体
項 目			
1.	断熱性	断熱パネル使用により効果大	悪い
2.	遮音性	同上	同上
3.	室温制御	断熱パネル使用により高精度可能	熱伝達率大なるため精度ラフ
4.	有効天井高さ	3~3.5m	5m以上可
5.	天井開口	重量大なるため人力では難しい	電動、人力いずれも可 ルーム長さの70%まで可
6.	フィルター配置	壁、天井共に可	同左、ただし蛇腹開閉式は壁のみ
7.	清浄度	クラス100可	クラス10,000程度まで、ただしクリーンミニではクラス100可
8.	送風機停止時の外気侵入	室内温度の変化により侵入する	膜体及び下部スカートの収縮により防止
9.	沈降塵埃の除去	床及び機器上に滞積したものは不可	同左、ただし浮遊しているものはスカートより排出
10.	居住性	窓を多く付けないと圧迫感有り	外部が透視できるので快適
11.	構造	天井は母屋鉄骨からの吊構造	自立式
12.	クレーンの使用	天井クレーンは走行できない	天井クレーン走行可 蛇腹開閉式は大型器材の搬出入荷
13.	建設費 (クラス1万)	約12万/㎡、ただし天井開口無し、有効天井高さ3mとして	同左、ただし蛇腹開閉式、有効天井高さ5mとして
14.	適用	グレードの高いものに適する	大型器材の組立及び大型工作機械のクリーン化等に適する
15.	総合評価	半導体、バイオ関連のクリーンルームとして多くの実績をもっている、各種パネルが市販されている、断熱性が高いことから空調機は比較的小さなもので賄え温度条件のシビアな制御が可能等の利点を持つ。 比較的小さな部品類の組立加工に用いられる。 天井の高いものは高価となる。	簡易クリーンルーム。 自立式のため天井走行クレーンの使用が可能で、かつ大型器材の搬出入、メンテナンスが可能。 工作機械又は組立ラインを覆うクリーンルームとして最適。 クリーンブースとの併用で局所のクリーン度アップが安価。 天井の高さはコストに影響しない



付図-1 膜体式クリーンルーム外観イラスト



注) 本図はクラス 1万を示す。クラス10万は天井リターンとし、リターンダクトは付属しない。

付図-2 クリーンミニ外観イラスト

1 緒言

新しい溶接技術の開拓による新溶接機の導入、また作業量の増大に伴う溶接設備の強化など、工場における溶接設備は近年とみに増加しているが、溶接品質ならびに能率管理と並行して溶接設備管理の必要性がとくに協調されている。また最近の溶接設備は制御機構などに高級な電気回路を採用した精密溶接装置が出現するにおよび、その予防保全も単に溶接管理者や溶接工の責任というより高級な管理技術者の専門管理にゆだねられる現状にきている。

現有の溶接設備がつねに良好な状態で保持され、作業の円滑化、能率化をはかるためには従来の消極的な設備管理方式から積極的な管理方式に移行し、溶接の精度、能率向上に大きな効果を上げる方向への努力が必要とされている。ここでは各種溶接設備の管理方法の基礎的事項と、これからの高能率自動、半自動溶接法を積極的に採用するにあたり、どの種の溶接設備が必要となるか、その選択基準、取扱い方、使用上の注意などについて述べる。

2 溶接設備の分類

従来から溶接設備というときすぐ溶接機器を考えるが、広義に考えた溶接設備の定義分類は表2-1に示すように、極めて範囲が広く、一般的な設備管理論を述べることはむずかしい。代表的溶接機器である手動溶接機、炭酸ガス溶接機、サブマージアーク溶接機、一般搬用治具としての溶接ポジションナの使用例について述べることにする。

表 2-1 溶接設備の分類

(A) 溶接機器

- 1. 手動溶接機
 - 1.1 交流アーク溶接機
 - 1.2 直流アーク溶接機
 - 1.3 交直両用溶接機
- 2. 半自動溶接機
(電源、送給機構、制御機構)
 - 2.1 炭酸ガスアーク溶接機
 - 2.2 アルゴンガスアーク溶接機(T.I.G)
 - 2.3 金属溶射装置
- 3. 自動溶接機
 - 3.1 サブマージアーク溶接機
 - 単極、多電極
 - バンドアーク
 - 片面サブマージアーク
 - 3.2 エレクトロスラグ溶接機
 - エレクトロスラグ
 - 消耗電極エレクトロスラグ
 - 板状電極消耗電極エレクトロスラグ
 - 3.3 エレクトロガス溶接機
 - 3.4 アルゴンガスアーク溶接機(M.I.G)
 - 3.5 抵抗溶接機
 - 3.6 エレクトロビーム溶接機
 - 3.7 まさつ溶接機

(B) 溶接治具

- 4. 溶接専用治具(上記各種溶接機器に付属したもの)
- 5. 一般船用治具
 - 5.1 溶接ポジショナ(回転移動式)
 - 5.2 溶接マニプレータ(回転移動式)
 - 5.3 ターニングテーブル(回転式、定置式)
 - 5.4 ターニングロール(定置式、移動式)
- 6. 組合わせ治具
 - 6.1 小部品の組合わせ治具
 - 6.2 ブロック組合わせ治具
 - 6.3 大物製品組立溶接治具

(C) その他設備

- 7. 予熱、焼鈍設備
 - 7.1 焼鈍炉
 - 7.2 インダクションヒータ
 - 7.3 電熱線
- 8. 切断機器
 - 8.1 ガス切断機器
 - 8.2 プラズマ切断機器
- 9. 下拵表面仕上、表面処理設備
 - 9.1 プレス
 - 9.2 ロール
 - 9.3 加熱設備
 - 9.4 ショットブラスト、サンドブラスト設備
- 10. 検査設備
 - 10.1 N.D.I検査設備
- 11. その他の設備
 - 11.1 送風
 - 11.2 給ガス
 - 11.3 排気
 - 11.4 照明
 - 11.5 定盤
 - 11.6 運搬

3 一般アーク溶接機の管理

設備管理中、まず最初にとりあげるものは溶接機の管理であろう。交流アーク溶接機に関して、管理上問題となる使用上の二、三の注意点について述べる。

3-1 溶接機の取扱いおよび保守

(1) 許容使用率と温度上昇

溶接機のような断続負荷の電気機械では定格使用率が決められている。この定格使用率は溶接機を定格2次電流で使用した場合、絶縁物の温度が規定の許容値を超えない場合の使用率を示したものである。

もし溶接機を定格電流以外で使用する場合は、定格使用率より高い使用率で使用できる。

許容使用率が定格使用率以上であれば、溶接機を焼損する心配はない。

(2) 電流側ケーブルおよび溶接ケーブル

溶接ケーブルには可撓性に富んだ溶接ケーブルを使用することが望ましい。溶接ケーブルの大きさは使用率、溶接機容量によっても異なるが、一般に $5\sim 7\text{ A/m}^2$ の電流密度になるように選ぶとよい。しかし自動溶接機や半自動溶接機など、大電流を多く使用するところは、太めに選ぶことが必要である。また溶接ケーブルが30m以上になると電圧降下もきいてくるので一段上のサイズを選ぶことが望ましい。

(3) アース線

一般に溶接ケーブルに対し、アース線はそまつに扱われやすいが、これはアークの安定性からいっても問題で、原則的にはケーブル容量と同じ断面積が望ましい。アース線としては銅線を用いる。

(4) 一般溶接機の保守管理

設備管理のうち、まず最初にとり上げるべきものは溶接機の保守管理である。能率的な溶接作業を行なうには、まず溶接機の取扱い保守をよく行い、各工場の規模に適した管理体制をしくことが必要である。一般的な管理要領を下記に示す。

1) 平日点検

平日の点検は毎日作業前、主として溶接機の異常状態を発見するため行うもので、電源スイッチ、ハンドル、指針などの動作、ケーブル接続個所の絶縁、締付、振動の有無、冷却扉の回転などに注意して行われる。

2) 月例点検

月例点検は平日点検よりもさらに精密に溶接機各部分の異常状態を点検するもので、電源スイッチ、切換えタップ、ブラシなど電氣的接触部の消耗を調べ、回転部、躍動部など可動部分の摩耗、給油、清掃を主に行う。1次、2次端子、ケーブル接続部、アース線接続部などの接触、振動箇所、ボルトゆるみ、などに注意することはいうまでもない。

3) 年間定期検査

年間定期検査は一部溶接機の分解修理などを考慮して行うもので、摩耗部品の交換、ケースの変形破損箇所修理、塗装冷却扇の分解手入、電気回路の絶縁検査、コイル、鉄心などの部品取付ボルトの締付、などを総合的に行う。

4) 管理カードの一例

表 3-1 交流アーク溶接機点検カードの一例

点検項目		機 能 点 検											月	主任	組長 ()	組長 ()	設担当 備者	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
要 摘	コイル	可動鉄心	指示装置	1次切替	2次切替	1次端子	2次端子	渡り線	冷却扇	コイルと心			1					
	1												2					
	2																	
	3																	
	4																	
	9													6				
	10																	
	11													7				
	12																	
	記 事	1												8				
		2																
		3																
4																		
5														10				
6																		
7																		
8														11				
9																		
10														12				
整理 No.		財産番号		交流アーク溶接機点検カード									責任者		場所			

溶接機の保守管理は漫然と行っては効果はない。管理責任者をきちんと決め、決められた管理カードを用いて、保守状況を記録することが、あとあとの修理計画、予防保全に必要である。表 3-1 に交流アーク溶接機の点検カードの一例を示す。

5) 交流アーク溶接機点検基準の一例

表3-2 交流アーク溶接機点検基準の一例

分類	項 #	点 検	項目	点 検 方 法	判 定 方 法
コイル	1	コイル	温度	スイッチを切り、温度計をコイルにあて温度を調べる	規定の絶縁物の温度上昇限度以内
鉄心	2	可動鉄心	摩耗	シャフト並にメタルの摩耗による鉄心間の接触状態をみる	可動鉄心の接触が最大の状態でブシブシと高音が出れば不良
電整流機調構	3	指示装置	適正指示	調整ハンドルの回転数および指針の適正指示を見る	調整ハンドルが重かったり指針誤差が±20A以上は不良
スイッチ	4	切換スイッチ	摩耗変色	刃型あるいはタップの接触状態、摩耗および変色状態をみる	摩耗や焼損して変形または青紫色の変色は不良
端子	5	端子	加熱	ターミナルの接続、締付状態ならびにはんだ付けの状態	手で握られない温度またははんだ流れは不良
付属品	6	渡り線	加熱	スイッチを切り、手で渡り線を握って調べる	手で握れない温度以上は不良
	7	冷却ファン	回転	ファンを回転してみて、振れの状態、音を調べる	不転あるいは横振れ加熱の過度のものは不良
	8	コイルと鉄心	振動	溶接中の振動を見る	振動による短絡の恐れあれば不良
電気系統	9	損失	電気回路	無負荷時の1次入力を測定する	定格無負荷損失の2倍以上は不良
	10	絶縁試験	電気回路	メガーでコイル間コイルと鉄心間を測定する	1MΩ以上は合格

一般に溶接機の点検基準は、それぞれの溶接機の機構構造に応じて決められるものであるが、現場管理の立場からは溶接機の取扱い説明書などをもとに点検基準を作成しておくことが望ましい。

表3-2に交流アーク溶接機の点検基準の一例を示す。

6) 交流アーク溶接機の故障の見わけ方と修理法の一例

表3-3 交流アーク溶接機の故障の見わけ方と修理法の一例

現象	原因	修理法
1. アークが出ない場合	イ. 電源ヒューズの溶断およびスイッチの故障 ロ. ケーブル、アース線および電源導線の切断 ハ. 1次コイル、または2次コイルの切断	イの場合の修理は、ヒューズの取り換えおよびスイッチの修理 ロの場合の修理は、ケーブル、アース線および電源導線の取り換え ハの場合の修理は、専門工場へ修理依頼
2. 規定電流が流れない場合	イ. ケーブルが長すぎるか断面積が小さい ロ. ケーブルをぐるぐる巻きにしている ハ. ケーブルおよび、アース線、その他の締付部のゆるみ ニ. 電流電圧の降下	イの場合の修理は、ケーブルを短かくする。または一段上のケーブルに取り換える ロの場合の修理はケーブルを蛇行状にする ハの場合の修理は締付部を完全にする ニの場合の修理は溶接機の電源タップを、電源電圧にあわせる
3. 規定電流以上に流れる場合	イ. 電源タップが低い電圧に接続されている	イの場合の修理は溶接機の電源タップを200Vに切り換える
4. 溶接機が振動または唸る場合	イ. 可動鉄心の軸およびガイドのゆるみ、または摩耗 ロ. 各締付部がゆるんでいる ハ. 異常な唸り	イの場合の修理は、可動鉄心と固定鉄心の隙間を一定にして締め付ける。または軸、ガイドの交換 ロの場合の修理は、完全に締め付ける ハの場合の修理は、電源タップを低い方へ切り換える
5. 溶接機ケースに漏電する場合	イ. ケーブル、および、アース線の出口線が溶接機のケースに接触している ロ. 1次および2次コイルが裸になりケースに接触する	イの場合の修理は、接触部に絶縁テープを巻きメガーで絶縁を測定する ロの場合の修理は、専門工場へ修理依頼

ごく簡単に、現場で溶接機が故障した場合、その現象と原因、修理法などをつかむため、アーク溶接機の故障の見わけ方と修理法をまとめておくことは管理上役立つと考えられる。表3-3は交流アーク溶接機の場合の一例である。

3-2 設備更新と経済性について

老朽化した交流アーク溶接機を償却するための、具体的な基準として採用されている二、三の例を紹介すると、

- (1) 溶接機を焼損した場合の修理費の累計が、購入単価に対して一定の率以上に達したとき廃棄する方法
- (2) 溶接機の性能が低下し無負荷損、または最大短絡電流に対する短絡損失が、一定値以上のものを廃棄する方法
- (3) 溶接機の平均使用率から稼働時間を算出累計し、一定時間に達したものを廃棄する方法

などがある。

4 半自動溶接機の管理

4-1 半自動溶接機の種類とその特長

現在半自動溶接法といわれるのは、主として炭酸ガスアーク溶接法であり、シールドガスの成分、ワイヤの化学成分あるいはフラックスの有無によって分類される。

現在使用されている半自動溶接機は溶接法やメーカーによって異なるが、一般に共通して次のような構成要素を有している。

- | | | |
|-------------|----------|----------|
| (1) 溶接トーチ | (3) 制御装置 | (5) 付属機器 |
| (2) ワイヤ送給装置 | (4) 溶接電源 | |

このうち制御装置は、ワイヤ送給装置や溶接電源と一体になっている場合も多いが、その代表的構成図をあげると、図4-1に示すとおりである。

溶接トーチは溶接ワイヤを溶接部に導くとともに、これに電流を

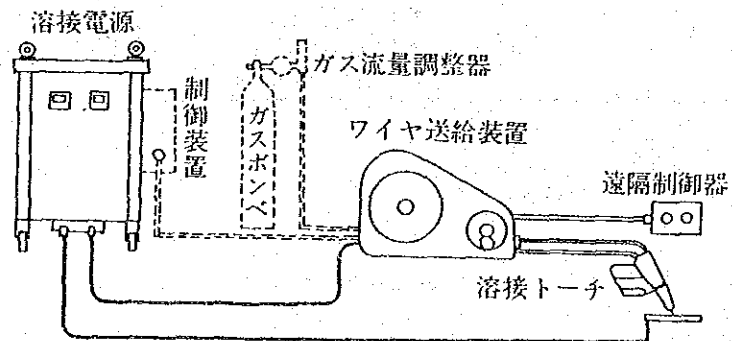


図4-1 半自動溶接機の構成図

通ずるものである。被包ガス
 タイプでは、被包ガスを導入
 し、トーチ先端部のノズルか
 らガス気流を整流して噴出す
 るようになってる。また、
 このタイプのトーチでは、ア
 ーク熱のトーチ先端部へのは

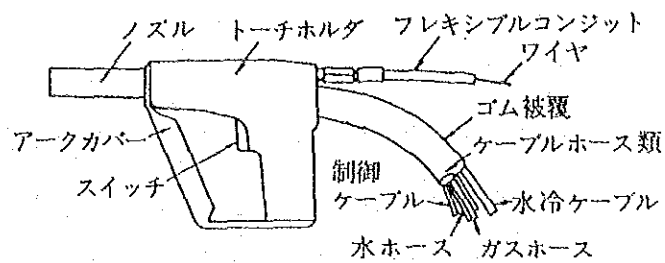


図4-2 ガス被包形溶接トーチの概略図

ねかえりが大きいので、電流量の大きいものは水冷されることが多い。図4-2はガス被包形溶接トーチの例を示す概略図である。溶接トーチはつねに作業者が手に持って溶接作業を行うので、軽量で使いやすく、丈夫であることが大切である。

ワイヤ送給装置は、溶接トーチにワイヤを送り込むための装置で通常、溶接電源から離れて作業場所の近くに持ち運びできるようになっている。ワイヤ送給装置で重要なことは、ワイヤ送給が確実であり、小形軽量で可搬性に富み、また、保守点検が容易なことである。

制御装置はワイヤ送給制御、溶接電源の開閉、溶接電圧・電流の調整、被包ガスの送給・停止などの制御をするもので、溶接操作が便利に進行できるよう考案されている。

なお、溶接電圧・電流の調整器は図4-1にみるように、遠隔制御できるように分離して作業者の手もとにおかれていることが多い。

溶接電源としては交流、直流いずれも用いられるが、交流の場合は、一般に垂下特性の手溶接の電源が兼用されている。直流の場合は定電圧特性（または上昇特性）の専用電源を使用することが多く、機種も電流量により数種に分れている。とくに短絡移行方式により薄板の溶接を行う場合には、溶接電源の特性が大いに問題となり、これが適正でない電源を使用するとスパッタが多発し、アークも不安定となる。

4-2 半自動溶接機の取扱いおよび保守

半自動溶接機は手溶接の機器に比べると構成要素が多く、装置も複雑となっているので、適切な保守管理を行うことが大切である。一見面倒そうに思える保守・管理は、溶接機の性能を100%発揮させるためにも、また機器の寿命を長く保つためにも欠くことのできない重要な要素である。最近の機器は、使用状況を十分考慮して作られており、故障の発生も以前にくらべるとかなり減少しているが、ややもすると保守・点検などに対する無関心が原因して、機器の故障、あるいは寿命の短縮というトラブルに発展しがちである。

このような問題をなるべく解消するために、寿命と密接な関係にある保守・管理上の要点をのべる。

(1) トーチ

半自動溶接機のトーチは後述の図4-3の故障調査結果の一例にもみるように、使用上のトラブルがその他の部分にくらべて最も多く、この傾向はますます顕著になってきている。この意味からトーチの保守管理は日常管理として一番重要なポイントとなっており、保守・点検の適否がいちじるしく部品の寿命に影響するので、以下にのべる注意が必要である。

1) スパッタ除去時の注意（破損防止）

ノズル内面に付着したスパッタは、ハンドリーマまたはやすりで取除くようにし、ハンマなどでノズルをたたいたり、母板にノズルを打ちつけてスパッタをとることは絶縁部の破損、トーチ自体の変形をまねき、トーチの寿命をいちじるしく短くする。

2) ホースその他の接続部の締付け（水洩れ、ガス洩れ防止）

ホースの接続部にゆるみがあると、水またはガス洩れの原因となり、ブロー・ホールなどの溶接欠陥を生じるので締付けには十分注意する必要がある。ホースの締付け部やパワーケーブルの締付け部などは作業日ごとに点検することが望ましい。

3) ホースの取扱い

トーチに付属のビニールホース類は、約50～60℃で軟化するため、熱い母板などに接触しないよう取扱いには注意を要する。

4) 冷却水に対する注意（焼損防止）

水冷トーチでは、冷却水の不足はトーチの寿命をいちじるしくちぢめるので、使用するトーチについて規定された冷却水量は必ず確保しなければならない。また、使用中にごみや水あかなどがトーチ内部に堆積し、いちじるしく流量が減少していることがあるので、汚い水を使うことは避けなければならない。水冷ケーブルのチューブがパンクするのは、流量不足によって内部の温度がいちじるしく高くなったことによるものが多い。溶接装置には冷却水に対する保護装置が設けてあるが、これは流量で動作させるのが困難なため、一般に水圧で動作するようになっているので、断水のときや水源の圧力が低下した場合は検出できるが、冷却水路のツマリなどに対しては検出できないので注意を要する。

冷却水循環装置は一般には防錆してあるが、長期間使用すると水あかなど異物の堆

積を生ずるので、冷却水は半年に1度位は交換すべきである。点検窓から見て水の色が赤茶けている時は、ただちに交換することが望ましい。

5) チップの点検（アーク不安定・溶着防止）

コンタクトチップは、かならず使用ワイヤサイズに合ったものを使用しなければならない。異なったサイズのものを使用したり、摩耗によりチップの穴径が不当に大きくなったりすると、通電が不安定になりアーク長の変動が大きくなる。チップの寿命はワイヤ径、電流によっても異なるが、バーンバックによるワイヤの溶着などを起こさなければ100～200kgのワイヤを消費する間は使用できる。

長期間使用しているとチップの先端部が摩耗して穴径がダ円形状に大きくなり、ワイヤへの通電が円滑に行われずアークが不安定になる。またチップ-母材間距離を極端に短かくした場合や、MIG溶接では、アーク起動の際にバーンバックを起こしやすく、ワイヤがチップに溶着して使用不能となることが多い。チップの点検は毎作業日に行うことが望ましい。

6) コンジットの清掃・減摩剤の添加（ワイヤ送給不良の防止）

ワイヤを送るコンジット内には、ワイヤのさび、切り粉、ほこりなどが堆積し、円滑なワイヤ送給を阻害することがあるので、1週間に1回位は乾燥ガスで清掃する。

7) 定格電流の厳守（焼損防止）

定電圧特性の電源を用いるときは、ワイヤ送給速度を増せば電流もそれに応じて増加し、意識せぬうちに定格電流をオーバーしていることがある。トーチはたとえ短時間であっても過大な電流で使用すると、過熱により悪影響をうけ、絶縁物を劣化させたり、あるいはトーチ本体やケーブルを焼損にみちびくので、トーチの許容電流内で作業するよう注意しなければならない。

(2) ワイヤ送給装置

1) 送給ローラ、加圧ローラの清掃・点検

送給ローラ、加圧ローラにはVまたはUミゾがつけられているが、このミゾに油やごみが付着すると、ワイヤの送給不安定の原因となったり、はなはだしいときはワイヤの送給不能を生じるので、ときどき注意して点検し、必要に応じ取りはずしてブラシなどで清掃するとよい。

2) 送給ローラの点検

送給ローラあるいは加圧ローラの溝が摩耗すると、ワイヤがスリップして円滑な送

給が行えないので、1ヵ月に1回は点検する必要がある。複合ワイヤの場合は機構上送給ローラの摩耗が激しく、使用率の高い場合は2～3ヵ月で摩耗することもある。

とくにコンジエット内にごみがつまったり、チップの不良などの原因でワイヤ送給が円滑でなくなっている場合に加圧力を強くして一時的に解決をはかったりすると、いちじるしくローラの摩耗を早める。したがって、このような場合にはまずワイヤ送給不良の原因を調べてこれを取除くことが大切である。

3) ワイヤガイドの点検

ワイヤガイド・インサート（送給ローラの前後に設けられたガイドノズル）が摩耗すると、ワイヤの座屈を生じたり、送給ローラの溝に正確にはまらなくなったりするので、1ヵ月に1回位は点検が必要である。とくにインサートの入口でワイヤが削られていたりすると、コンジエットにつまり、ワイヤ送給不良の原因となるので注意を要する。

4) モータの点検

ワイヤ送給モータは主としてカーボンブラシの摩耗状態を点検すればよく、目安としては500時間使用ごとと考えればよい。カーボンブラシは普通1～3年は取換えずに使用できるが、ワイヤ送給路の抵抗が大きく、モータに過大な電流が流れていたりするといちじるしく消耗を早める。

5) グリス（オイル）の交換

送給モータに取付けた減速機のグリス（またはオイル）が劣化したり、なくなったりすると、ギヤの摩耗をいちじるしく早めることになるので、6ヵ月～1年に1度はグリスの点検（交換）を行うのが望ましい。交換する場合は必ずメーカー指定のものを、指定量だけ入れるようにする。

6) ワイヤ送給装置の取扱い

最近のワイヤ送給装置は、小形軽量化されていて可搬性はよくなっているが、機械的強度が十分であるとはいいきれない。したがって重量物を落しかけたり、また装置自身を落下させたりすることのないよう注意を要する。また作業現場などでは、ケーブル類を引張って装置の移動、方向転換を行っていることもあるが、このような取扱いはコンセントの接続部の破損や制御ケーブルの断線などを招きやすいので行ってはならない。

(3) 溶接電源

1) 清 掃

直流アーク溶接機のほとんどのものが強制空冷方式を採用しているため、機械内部には相当量の塵あいが堆積する。冷却効果の低減、絶縁の劣化をまねくので6ヵ月に一度位は内部の清掃と点検を行うようにする。清掃は圧縮空気をホースで吹きつけると簡単である。

2) 電磁開閉器の点検

電磁開閉器の接点は、正規の使用では50～100万回が寿命とされている。したがってアークスポット的に使用する場合のほかは、1～3年程度で取換えればよい。しかしながら電源電圧の変動が大きいと寿命は短くなり、とくに電圧が低い場合には、接点の接触圧力が不足し、極めて短時日のうちに消耗したり、溶着したりする。

電磁開閉器の投入時、あるいは投入後も唸り音が出ているようなときは、電圧が低い場合が多いので、1次側に電圧切替えタップのあるものは、入力電圧にもっとも近い値に接続変更を行うなどして、規定の電圧に昇圧しなければならない。

(4) 制御装置

最近の製品では制御装置部品は半導体の使用などによって、消耗品的なものが少なくなってきたので、とくに保守・点検を行う必要はない。また装置内部はメーカーの調整により固定されている部分も多いのであまり手を触れると、かえって調整不良などの原因になりかねない。

4-3 半自動溶接機の保守管理

(1) 半自動溶接機の日常管理

半自動溶接機は4-2項で述べたように極めて種類が多いので、それぞれの機器により保守管理基準が異なるのはいうまでもない。また一般の溶接機とちがい構成要素が多いので、保守管理も簡単にはいかない。一度故障が生じたときの故障の早期発見も量産工場では重要なポイントになっている。これらの諸問題を考慮し、一般にはよりきめ細かい管理体系がとられている。表4-1はその一例で半自動溶接機の故障調査表を示すものである。

表4-2は半自動溶接機の保守点検項目と実施細目の一例を示したものである。

一般にはこれらの点検結果をもとに故障の統計をとり予防保全管理をとることが最も

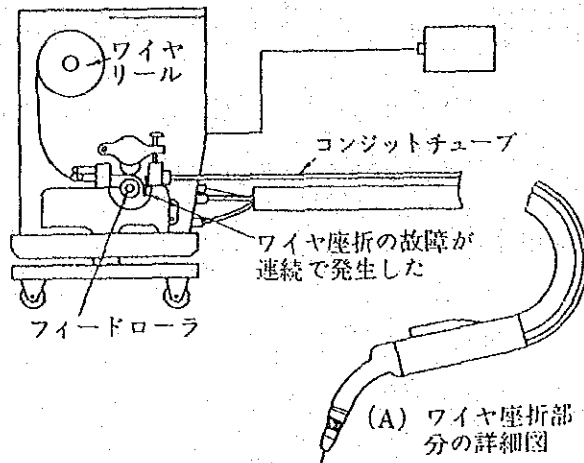
表4-1 半自動溶接機故障調査表の一例

トーチ名	修理に要した時間	取扱者
機械名		
	分	発生日 年 月 日
故障件名	故障の状態	
ノズル	消耗による取替	
コンタクトチップ	ワイヤーが中で焼付く	
	先端部の焼付き	
	ネジ部の不良	
	チップの修理	
	消耗による取替	
バッド	消耗による取替	
トーチボディアセンブリ	チップ取付ネジ部不良	
	水漏れ	
ノズルボディアセンブリ	水漏れ	
パワーケーブル	ビニールホースのパンク	
	ケーブルの結線	
フレキシブル コンジットチューブ	破断	
	ケーブルのつまり	
	老化による取替	
送給ローラー	加圧ローラー	
	送給ローラー	
インレットアダプター	破損および老朽による取替	
アウトレットアダプター	"	
インレットインサート	"	
アウトレットインサート	"	
フィードモーターギヤ	ギヤの破損	
其の他		
トーチ一式交換	理由()	
機器一式交換	理由()	
フィードモーター	ギヤ内、ギヤ外、継電、カーボンブラシ、ローラー	
電源ボックス	接点、補助トランス、WCR接点、リレー	
リモコン	ポリーム、二連抵抗、断線	
リモートコントロールボックス	シリコン、セレン、ホーロ抵抗、リレー、継線	

表4-2 半自動溶接機保守点検項目と実施細目の一例

装置別	点検項目	実施時期	担当者	点検細目		
本体関係	1. 本体の清掃 1-1 セレン整流体 1-2 トランス	1回/月	溶接機取扱責任者	エヤーで機内のほこりを落す。エヤーの水分には十分注意すること		
	2. 締付部の確認 2-1 マグネットスイッチ	1回/6ヵ月			溶接機取扱責任者	マグネットスイッチの作動で締付部がゆるむので締付ける
	2-2 端子板, その他	1回/6ヵ月	作業員	ペーパーで磨くか新品と取替える 音により確認する		
	3. マグネットスイッチの接点の荒れ 4. ファン回転の有無確認	毎日				
制御器関係	1. 制御器清掃 1-1 セレン整流体 1-2 トランス	1回/月	溶接機取扱責任者	エヤーで器内のほこりを落す。エヤーの水分には十分注意すること		
	2. リレー接点の荒れ	1回/3ヵ月			専任者	接点を磨くか、新品と取替える。テスターで導通テストを行なう
	3. 各スイッチの点検	1回/3ヵ月				
心線送給装置関係	1. 減速機関係 1-1 機内オイル取替 1-2 機内ギヤ点検 1-3 ロールシャフト注油	1回/6ヵ月 1回/6ヵ月 1回/週	専任者 取扱責任者	分解して調査する 指定の油を使用する		
	2. フィードモーター関係 2-1 ローター点検	1回/6ヵ月			専任者	カーボンにより荒れが大きい時は機械加工 内部の清掃および点検 消耗度により判定する
	2-2 フィードモーター清掃	1回/6ヵ月	取扱責任者 取扱責任者	エメリーペーパー使用 ゴミその他異物の清掃		
	2-3 ブラシ交換 2-4 ローター磨き	1回/3ヵ月 1回/月				
	3. マグネットバルブ清掃	1回/6ヵ月				
	4. 締付部の確認	1回/月	作業員	ゆるみがないか確認		
	トーチ関係	1. 冷却水の有無	毎日	作業員	溶接欠陥, 作業不能となるので十分確認	
		2. ガス放出の有無	"	"		締付ネジのゆるみはないか確認。ホースの破損はないか確認
3. 水もれ		"	"	確認		
4. ガス漏れ		"	"		トーチの故障原因となるので早めに清掃	
5. 引金の良否		"	"	穴径が大きくなったら取替える		
6. スパッター除去		"	"		エヤーを通して鉄粉の除却	
7. チップ消耗の度合		"	"			
8. フレコン清掃		2回/月	"			

有効とされている。たとえば一例として、炭酸ガス半自動溶接機の故障でワイヤが途中で挫折した事故を解決した例を紹介する。図4-3は過去の事故例から推定したワイヤ挫折におよぼす特性要因図を示したものである。いうまでもなくこの特性要因図のうち①～⑤までは日常の予防保全管理として採られている



る項目であり、対策の結果、異常のないことがわかった。再度この特性要因図を検討し、ワイヤが軟かいのではないかと推定し、ワイヤ製造ロットの異なるものと入れ替えたところ

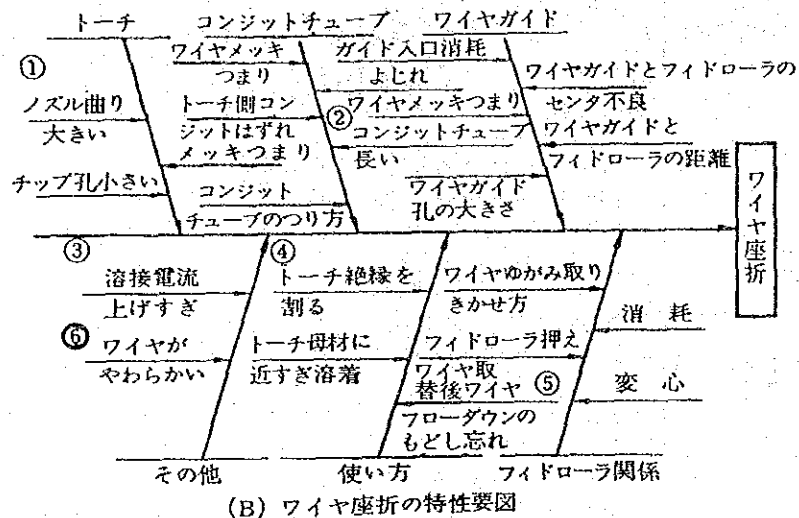


図4-3 CO₂ 半自動トーチ、ワイヤ挫折、特性要因図

る挫折事故は見られなくなり、次に示す調査結果が明らかとなった。

- (i) ワイヤ硬度推定のため引張強度テストを行った結果、挫折するワイヤは75kg前後、よいワイヤは84～90kgだった。(ただしワイヤ径 1.2φ)
- (ii) 以上の調査の結果、ワイヤの抗張力を80～90kgと受入基準を決め、メーカーよりワイヤを入れ使用した結果、その後この問題に関しては事故は見られなくなった。
このような事故とその対策は多くの経験をつんだ予防保全管理を積んでおかないとなかなか解決できない問題である。

(2) 主な機器の調整不良によるトラブルおよびその原因と対策

表4-3は過去の故障事例とその対策より、半自動溶接機に生ずる主なトラブルとその原因、対策をまとめたものである。

表4-3 機器の調整不良による異常

異常状態	原因	対策
溶接部に気孔が発生する	<ol style="list-style-type: none"> 1. 減圧弁が凍結していて炭酸ガスが送給されていない。 2. ノズルがスパッタのためふさがっている。 3. ワイヤに油がついている。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ヒータ付でない場合はヒータ付に取替える。ヒータ付の場合は、減圧弁を点検する。 2. ノズルに付着したスパッタを除去する。ノズルについていなくてもスパッタがバップル（オリフィス）のガス孔をふさいでいることもあるので注意を要する。 3. ワイヤの保管・取扱いの時に油やほこりが出ないように注意する。
ビードが蛇行する	<ol style="list-style-type: none"> 1. ワイヤ突出長が長過ぎる。 2. ワイヤが折れ曲っている。 3. ストレートナの調整が悪い。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適正長さにする。たとえば CO₂実休ワイヤの大電流では15~25mm、ノーガスでは40mm程度にする。 2. ワイヤを新品ととりかえるか、折れ曲りを直す。 3. ストレートナのあるもの(実休ワイヤの場合)は真直にできるように調整する。
アークが不安定である	<ol style="list-style-type: none"> 1. コンタクトチップがワイヤ径に比し大きすぎる。 2. コンタクトチップが消耗している。 3. ワイヤがもつれている。 4. ワイヤリールの回転が円滑でない。 5. 送給ロールの溝が摩耗している。 6. 加圧ロールの締付けが不足している。 7. コンジットの抵抗が大きい。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ワイヤ径にあったチップを使用する。 2. コンタクトチップをとりかえる。 3. ワイヤのもつれを直す。 4. リールの軸受けに注油するなどして回転を円滑にする。 5. 送給ロールをとりかえる。とくに複合ワイヤの場合に摩耗がはげしい。 6. 加圧ロールの締付けを適当にする。複合ワイヤではあまりきつく締めるとワイヤに傷がつき一層ワイヤ送りが不安定になる。 7. コンジットの屈曲が著しい時は屈曲を少なくする。またコンジット内部の清掃潤滑剤の供給も行なう。
ノズルと母板間にアークが発生する	ノズル、チップまたはガイドチューブ間が短絡している。	スパッタが橋渡しをしている場合が多いので取除く。また磁気管などで絶縁保護されたトーチを用いる。
トーチ（ノズル）が過熱する	<ol style="list-style-type: none"> 1. 十分な冷却水が流れていない。 2. 電流が大きすぎる。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. パワーケーブル、冷却水ホースのつまりがあれば取除く。ホースに異常がなければ適正水量が得られるよう水压を上げる。 2. トーチの許容電流以内で使うようにする。
ワイヤがチップに溶着する	<ol style="list-style-type: none"> 1. チップ母材間の距離が短かすぎる。 2. ワイヤの送給が悪い。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 適正距離またはやや大きくしておいてアークを起動する。 2. コンジット内の清掃などにより円滑に送給するようにする。

5 自動溶接機の管理

5-1 自動溶接機の種類とその特長

従来自動溶接機というとサブマージアーク溶接機のことを意味してきているが、今日では単にサブマージアーク溶接のみならずエレクトロスラグ溶接機、片面溶接機など種類も多く、ますますその保守管理の必要性が重要視されてきている。

表5-1はさらに自動溶接（サブマージアーク溶接）の高能率化を計るために、現在各方面で検討されている方法を機械工程と冶金工程の二つに大別して、それぞれにおける施工法の大要と作業管理上の問題点を付随作業要素として示したものである。したがってこれからの溶接機の管理は単に溶接機本体のみでなく、付随装置、治具まで含めて広範囲にわたる管理方式の採用が必要となることが明らかである。

5-2 自動溶接機の保守管理

自動溶接機の保守管理は、おおむね半自動溶接機の場合と同一である。ここでは図5-1に示すキャリジ形サブマージアーク溶接機の場合の一例について紹介する。

また表5-2、5-3は自動溶接機の日常管理、月例点検票の一例を示したものである。サブマージアーク溶接機の故障は機械のまわりの故障よりも電気系統の故障が多い。たとえば断線事故を中心とした故障原因早見表である（表5-4）。この種の原因早見表はメーカーの取扱説明書などをもとに故障の経験とともに現場管理者がそれぞれ作成することが望まれる。

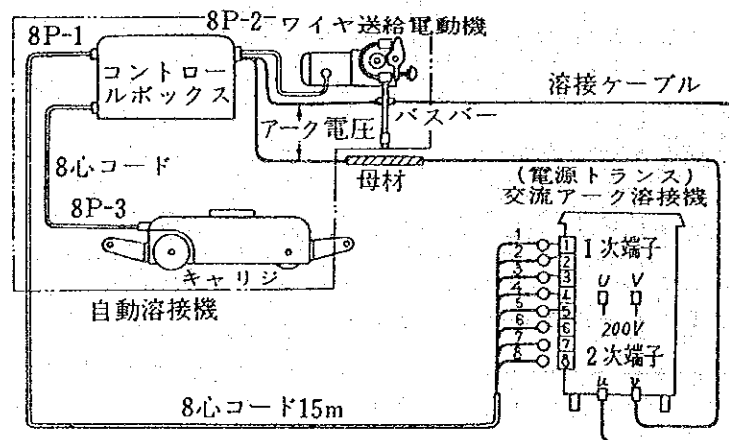


図5-1 サブマージアーク溶接機の外部接続例

表5-1 自動溶接の高能率化のための対策

改善部分	溶接方法	施工法の概要	能率向上 (標準法 =100)	作業管理上の問題点		
				溶接ヘッドの追加部品	ヘッドの概算追加重量	溶接施工に際して追加されるべき必要な作業要素
機械工程	多電極法 ① (1モータ タンデム)	ふつうの自動溶接においては電極は1本であるが、多電極法では通常2本以上の電極が用いられる。1モータタンデム法では2本の心線を1つのフィード・モータで送給するが、この場合モータの容量に限界があるため4.8mmφの心線が用いられる。	150	(1) ワイヤリール, 心線 (2) フレームローラなどの構造部材の増大	20kg	(1) 心線の装てん (2) 溶接機重量の増加に伴い移動する際の作業員に対する負担の増大
	" ② (2モータ タンデム)	2モータタンデムでは2本の心線をそれぞれ別のモータで送給する。この場合は使用心線の径に制限を受けない。したがって1モータタンデムよりもさらに高電流, 高速度溶接ができるが、ヘッドの重量がそれだけ増加する。	200	(1) ワイヤリール, 心線 (2) モータ, フレーム, ローラなどの構造部材の増大	50kg	(1) 心線の装てん (2) 溶接機重量の大はばな増加に伴い移動する際の作業員に対する負担の増大 (3) 操作の複雑性の増加
	I ² R 法	自動溶接心線の通電部分のextensionを長くして、抵抗を増加せしめ、これによって溶接時に心線をあらかじめ予熱して溶着速度を向上せしめる。	140	extension 用治具	4kg	アーク電圧の監視と調節
	多電極法 ③ (2モータ タンデム + I ² R)	上述の多電極法にさらにI ² R法を併用するものであり、単独方法よりもいっそう溶着能率が増大し、溶着速度が向上する。	200~250	(1) 多電極による重量の増大 (2) I ² R効果のためのextension 用治具	28~58kg	上述の多電極法とI ² R法の両要素が必要な作業要素として加わる
冶金工程	フィラメタル法 ① (KK-F, FN) 法	一見多電極法と似ているが、KK-F, FN法では使用心線の2本のうち1本はふつうの自動溶接とおなじく通電しているが、他の心線は通電せず単に溶加材として溶融池の近傍に送給され、これも同時に溶融せしめて溶接能率の向上を図るものである。この他にこの溶加材の成分を変えることにより溶着金属の性能も向上せしめることが可能であるといわれている。	130	(1) ワイヤリール, 心線 (2) フレーム, ローラなどの構造部材の増大	20kg	(1) 溶加心線の装てん (2) 溶接機重量の増加に伴い移動する際の作業員に対する負担の増大
	" ② (cut wire) 法	この方法は開先内に1mm程度にこまかく切断した細径のcut wireを充填して、自動溶接を施工する方法でアークエネルギーを有効に利用して、溶接速度の向上を図る点はKIS法とおなじであるが、取扱いが比較的簡単なことがこの方法の利点といえよう。	130	A なし (ホッパをとりつけない場合) B cut wire 用ホッパ	0kg 8kg (ホッパ内cut wireを含む)	溶接前に開先内にcut wireを撒布, 充填する cut wire 用ホッパへのcut wireの補給
	" ③ (KIS 法)	開先内に三角形状あるいは他の断面形状の金属片を充填して、自動溶接を施工し、この際発生する余剰アークエネルギーでもってこの充填金属片を溶融して、溶接速度を向上せしめ、あわせて開先間の心線の溶落ちを防止することを目的とした。	130	なし	0kg	(1) 溶接前における金属片(KIS)を開先内にとりつける作業 (2) 開先内に仮付けする場合は金属片を設置することを考慮する必要がある
	鉄粉添加法	自動溶接フラックス中に鉄粉を添加し、溶接時にこの鉄粉もあわせて溶融して溶着能率を増大せしめ、溶接速度を向上せしめる。	130	なし	0kg	適切なビード形状が得られるよう溶接条件を調整する



表5-2 自動溶接機保守点検票 (日常管理)

点検期間 (/ ~ /) 機種名: 管理責任者:

項目	月日																		
1. 各部締付部のゆるみ																			
2. 垂直水平装置のガタ																			
3. ノズル(チップ)の摩耗																			
4. アームアッセンブリーのガタ																			
5. リールアッセンブリーのガタ																			
6. スイベルアッセンブリーのガタ																			
7. 溶接機 マグネットスイッチ接点の摩耗																			
8. レールのたわみおじれ																			
9. キャリッジ車輪のガタ																			
10. 各部清掃(ゴミ,コンポジション)																			
点検者																			

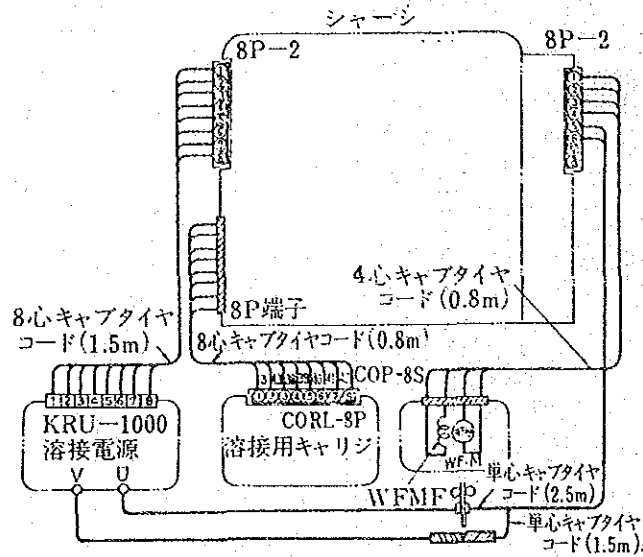
○異常なし □専門家の診断要 △部品取替, 修理要す

表5-3 自動溶接機月例点検処理票 機種名:

項目	月別	/ 点検者名:	/ 点検者名:
1. 送給モーターカーボンブラシ摩耗			
2. " ギヤの摩耗			
3. キーリッジ走行モーターカーボンブラシの接点摩耗			
4. " ギヤの摩耗			
5. 電流調整モーターカーボンブラシ			
6. " ギヤの摩耗			
7. ケーブルジョイントの断線			
8. 減速装置ギヤの摩耗			
9. 電流調整シャフトの摩耗			
10. トランスコイルの焼損劣化			
11. 可動鉄心の動作状況			
12. 制御回路の断線, 部品劣化			
13. キャリッジ車軸の摩耗			
14. その他			

○異常なし □専門家の診断要 △部品取替, 修理要す

表5-4 サブマージアーク溶接機 (SW-24型大変) 故障原因早見表



現象		原因		
全部のスイッチが作動しない	KRU-1000 消灯	1次側電圧なし	停電または主スイッチの断 1次線断線	1 2
	KRU-1000 点灯	8P-1の①②間 AC100Vなし 8P-1の①②間 AC100Vあり	8P-1の①断線 制御電源スイッチの断	③ 4
ワイヤインチを押ししても送給ロールは回らない	モーターは回る		減速装置の機械的故障	5
	モーターが回らない	操作不良	ワイヤインチ速度調整器が左に回り切っている 送給電動機スイッチが溶接になっている 電磁開閉器スイッチが“接”になっている	6 7 8
		ヒューズF ₁ 、F ₂ の断	モーターに過負荷がかかった	⑨
			8P-2の③④の断線	10
			8P-2の①②の断線又はカーボンブラシの摩耗 ワイヤインチ速度調整器の断線	11 12
電磁開閉器スイッチを接にしても送給モーターは回らない	電圧計は振れる	操作不良	送給電動機スイッチがインテックになっている 電圧調整器が9-10になっている 電圧調整器が断線している	13 14 15
	電圧計は振れない	電磁開閉器が入らない	8Pの⑥が断線 スイッチ不良	⑩ 17
		電磁開閉器は入る	8P-2の⑤⑥の断線または締付不良 電流計が振れる場合は2次線の短絡 台車のアース不良	18 19 20
	溶接電流が変化しない		KRU-1000の切替スイッチが手元になっている KRU-1000のリアクターモーターの故障 8P-1の③⑤の断線 押ボタンの接触不良	21 22 ⑳ 24
電流計が振れぬ走行しない	速度計は振れる		8P-の⑦⑧の断線 減速器または前後進切替装置の機械的故障	㉑ 26
	速度計は振れない	ヒューズF ₂ の断	モーターに過負荷がかかった 8P-3の①、②、④、⑤の断線	27 28

○印 故障の多い箇所

6 溶接治具の管理

溶接作業の自動化および機械化を円滑に進めるためには、治具設備を十分に検討し、製品の種類、形状に合わせて設備する必要がある。当初治具の用いられ方は単に構造物の組立用としてのみ考えられていたが、最近はいかにしてひずみ量の少ない、かつ精度の高い構造物を確保できるかに主体が移されている。

また半自動、自動溶接機との組み合わせについても十分考慮をはらう必要がある。

6-1 治具の具備すべき条件と設計上の注意

一般的な観点からは次の諸点が具備すべき条件として挙げられる。これらは見方を変えるとそのまま治具の利点といえることができる。

- (1) 製品の品質を安定し、互換性を厳密に付与できること
- (2) 組立作業に際してケガキ作業や煩わしい調整を行うことなく、迅速かつ容易に加工を完了できること
- (3) 作業不良を招くおそれがないように配慮され、素人作業員でも簡単に安全に作業できること

このような条件が具備されれば、必然的に各種作業方法の改善を促進し、製品の製作コストを低減し、多量生産に大きく寄与しうるはずであり、またこのような考え方で治具を研究してゆく必要がある。

一方、溶接作業のみを対象として治具の具備すべき条件を検討してみると

- (1) つとめて下向溶接作業を可能として、かつ安定した容易な作業ができること
- (2) 収縮変形を抑制、もしくは定量的に制御できるよう十分な拘束をもたせること
- (3) 取付位置あたりに適正な収縮化が見込まれており、かつ製品の治具取りはずしに際して障害のないこと

などが具備すべき条件として挙げられる。

次に治具設計上の諸注意に留意する必要がある。

- (1) 製品の形状、溶接位置などをよく調べて、治具方式の基本方針を決定するとともに、位置決め治具の取付位置、組立順序、治具内で作業すべき溶接部分などを決定し、さらに溶接量を検討して、理論的、経験的に収縮変形を考察し、拘束をすべき位置、拘束の程度、収縮しろを決定しなければならない
- (2) 溶接方法の決定については、組立にあたり、どのような溶接法をこれに採用するか