

各種燃焼方法ならびに燃焼装置について

汽車製造 KK*

柿崎武

1. まえがき

我国の燃料使用量は年々増加の傾向を示しているが、燃料資源は諸外国に比し極めて貧弱で、需要に対し供給が伴わない状態にある。この不足分は新資源の開発、外国産燃料の輸入等によつて補わねばならないので、状況の変化により燃料政策も二転三転し、燃焼装置もこれに応じてその都度転換を余儀なくされてきた。しかしその間においても撓みなく燃焼装置の研究改善が行われ、外国製燃焼装置の調査や輸入使用と相俟つて高性能、大容量、自動制御の一途を辿り、誠に目覚ましい進歩を示している。

2. 固体燃料燃焼装置

固体燃料としては石炭類、コークス、木炭、薪、煉炭、バガス、パーク等が用いられているが、燃焼装置としては石炭類に対するものを代表的に挙げる。石炭類燃焼装置の研究方向は、現在使用している石炭より更に低質のものを、いかにして効率よく大量を燃焼させるかに指向されている。

2.1. ストーカ燃焼装置

2.1.1 手焚火格子

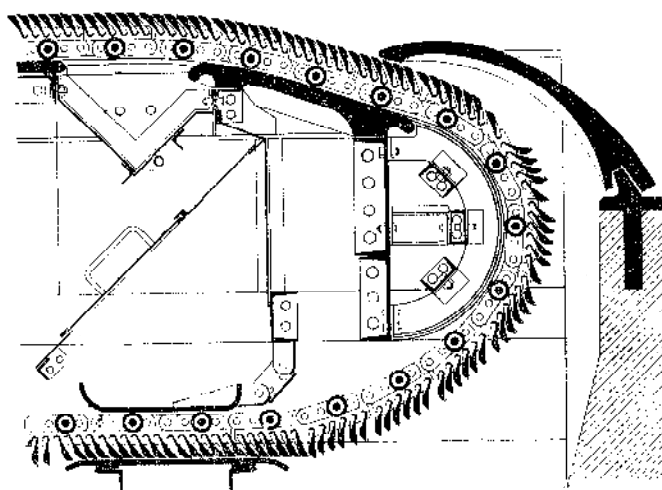
数多の欠点もあるが設備が簡単で維持費が安く、負荷変動に対する追従性が良好で無理焚も或る程度可能であり、低質炭も使える等の利点があるため、現在でも小容量の燃焼装置として広く用いられている。しかし構造が簡単だけに欠点を改良することもなかなか困難で、画期的な進歩は望み得ない。

2.1.2 移動火格子ストーカ

手焚火格子に比し構造が複雑で維持費も高く、負荷や燃焼品質の変動に迅速に応ずることが出来ないが、多量の燃料を高負荷で効率よく燃焼することが出来るので相当の大容量のものまで使用されており、わが国ストーカの主流をなしている。本ストーカは火床形成様式により鎖床式と移床式に分けられる。移床式は熱を受ける火格子片が直接張力を受けないので破損が少なく、たとえ燃

損した場合でもストーカの運転を一時停止して取替え得るので、一般に大形のものに使用されている。また通風方式によつて自然通風形と強制通風形とに分けられる。自然通風形は極く小形のものや軽負荷のものにのみ使用される。

特殊形として火格子片下部に極状彎曲部を設けて落下灰を此処に溜めておき、火格子が後部において反転する



第1図 KSK-F型ストーカ

際に放出するようにしたものがある。第1図のものはこの形成で、しかも普通のストーカのように後部軸を有せず単にガイドレールを設けただけで、後部軸まわりの障害を完全に除去したものである。

移床ストーカで低質炭や無煙炭を焚く場合には、着火アーチの形状や太さに工夫を凝らしたり、高温ガスを着火部に導いたり、二段給炭や二層給炭を採用したり、微粉炭や重油を助燃したりしている。

2.1.3 傾斜火格子ストーカ

火床が 10° ~ 45° 程度傾斜しており、火床面が平面のものと段状のものがある。燃料はホッパから火床上に自然落下または機械的に供給され、火床を降下する間に燃焼を完結する。下端に水平補助火格子を設け未燃炭の減少を計ることもある。平面傾斜火格子には固定式と揺動式があるが、固定式のは特殊な場合の外はほとんど用いられない。揺動式のは各火格子片の端を軸にして上下に振り運動を行うものが多い。垂炭用のものは各火

* 大阪市此花区島屋町406

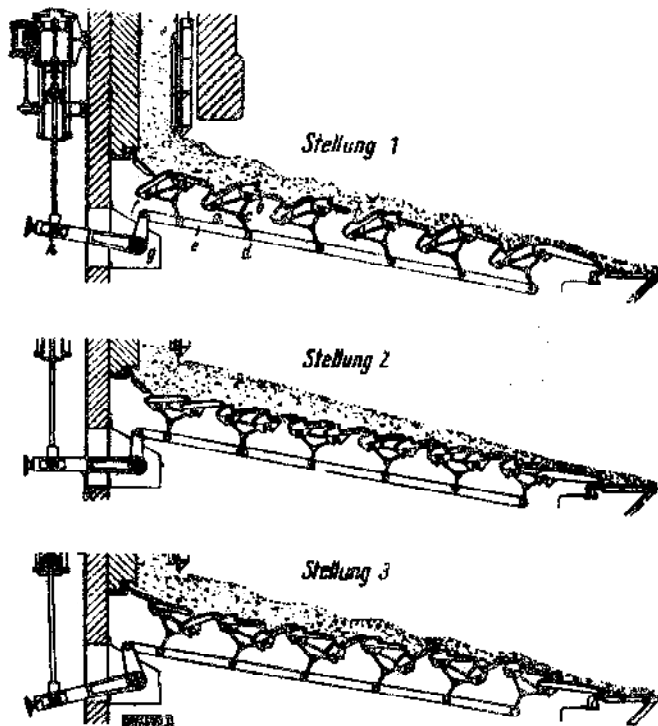
格子片の傾斜の上端に軸を有し、塵埃焼却用のものは下端に軸を有するのが普通である。上下各列においては、一列毎に交互に動くものや、上下方向において数区画に分け区画毎に動くもの等がある。

段火格子には固定式、揺動式、摺動式等がある。固定式のものには完全固定式のものと、火格子片自体は固定しているが、火床全体が或る程度揺動するものがある。この火格子はバガス、パーク等の燃焼によく用いられる。

摺動式の特異形として逆送り段火格子（KSK-M形ストーカ）がある。また傾斜火格子を向い合わせて取付け橋状格子として使用する場合もある。この火格子は木質亜炭やパークの燃焼に適している。

また、高揮発分の石炭に対して傾斜火格子を用いて半ガス燃焼を行うこともある。

第2図は揺動式段火格子ストーカの一例を示す。



第2図 揺動段火格子ストーカ
(BWK Bd 9 Nr 5 Mai 1957 所載)

2.1.4 往復火格子ストーカ

火格子の往復運動によつて火層を前進させるもので、火格子片は長手方向に連結され、各列毎に前進後退を行うか又は一括前進、交互後退を繰返す。火格子片の上面に鋸刃状突起を設け、火層をほぐして通風を良好にするものもある。

2.1.5 掻き均しストーカ

火格子の上面を不等辺山形の掻き均し金物が間歇的に

往復して給炭、火層の送り及び掻き均し、灰の除去等を行うものである。

2.1.6 散布ストーカ

人間がショベルで石炭を間歇的に炉内に投入するのを羽根車又は蒸気力、風力等で連続的に行うようにしたもので、ストーカ燃焼と微粉炭燃焼の中間的なもので負荷変動に対する追従性が良好である。

炉内に投入された石炭の中で微粉は直ちに浮游燃焼を開始し、大粒のものは炉内飛行中に乾燥加熱され、炉底に設けた火格子上で既に燃焼しているものの上に落下するので着火アーチが不要となり、低質炭も焚くことが出来る。ただし飛塵が多いので各部の磨耗、附近の汚れ、未燃損失が多くなるのでこの対策を立てなければならない。

(1) 給炭機

羽根車式、回転スクレーパ式、ドラッグチェーン式、エプロンコンベヤ式、スクリーン式、段付往復板式等がある。微粉や湿分の多い石炭にはドラッグチェーン式、回転スクレーパ式等が有利である。

(2) 散布機

A 羽根車式

石炭を投入する方向により上向式と下向式とに分けられる。上向式は給炭機から落下してくる石炭を逆に跳ね返しながら叩き飛ばし、下向式は羽根の間に抱き抱えるようにして放り飛ばす。微粉や湿分が特に多い場合は下向式が有利であるが構造が多少複雑になる。羽根数は2～6枚が普通で、火格子上に平均に散布するために羽根を可動式にしたり、角度をつけたりしている。

B ショベル式

跳ねこみショベルを機械的に操作して石炭を弾き飛ばすものである。

C ジェット式

蒸気、空気、煙道ガス等の噴射により石炭を炉内に散布するものである。本式にはカーテンジェット式とノズルジェット式がある。カーテンジェット式は羽根車式とほとんど同じ構造で、羽根車の代りに噴射スリットを設けている。空気はこのスリットからカーテン状に噴射され、給炭機から落ちてくる石炭を火格子上に散布する。羽根車式のものにおいては、細粉は手前に落ち粗粒は遠方に飛ぶが、カーテンジェット式においてはジェット空気の強弱によりこの逆になる場合もある。ノズルジェット式は給炭機からの石炭を空気流に乗せ、輸送管内を圧送しノズルから炉内に噴射する。本式においてはノズル出口において完全に気流に乗つておるものは粒

の大小にかかわらず遠方に飛び、失速したものは手前に落ちる。

D 併用火格子

普通の火格子に比し空気の通過面積を少なく通過抵抗を多くし、火層に厚薄が生じても吹抜けが出来ないようにするが良い。形式としては前述の各種ストーカが利用出来るが、普通用いられているのは次の数種である。

(1) ダンピング火格子

普通火格子と中空火格子とがある。火床を数区画に分け、各区画毎にダンピングを行う。この操作は人力によるものと蒸気力、空気力等によるものがある。本火格子においてはダンピングによる未燃炭が多くなるのは避け

得ない。またダンピング直後においては火床が空になるので炉内の火焰をここに誘導して着火を促進することが望ましい。

(2) ロッキング火格子

火格子を揺動し下層の灰だけを落すものである。大きなクリンカが発生した場合には火掻棒で取除かねばならない。

(3) 移動火格子ストーカ

前述のように撒布方式によつて細粉と粗粉の分布状況が異なるので、これに応じて普通のストーカのように手前から奥へ進むものと逆に進むものがある。大容量のものには逆進ストーカが多い。

第 1 表 各種ストーカ比較表

ストーカ形式		給炭 1次空気 火格子面	使用燃料	最大燃 焼率 (kg/ m ² h)	通風	経済的 最大面 積(m ²)
上 込	手 焚		4,000 カロリ 以上の石炭, 亜炭	120 150	自然 押込	10
	散 布		3,500 カロリ以上の石炭 亜炭 湿分10%以下 見掛 粒度20mm~12mm=1/8, 12mm~6mm=1/3, 6mm以下=1/3	150 300	自然 押込	60
	流 動 燃 焼		2,500 カロリ以上の石炭, 無煙炭, コーク スプリーズ, 粒度 10mm 以下	見掛 2,000	押込 (脈動)	10
横	水	移 動	4,500 カロリ 以上の石炭	150 250	自然 押込	60
		往 復 (傾斜もある)	5,000 カロリ 以上の石炭	150 200	自然 押込	10
	平	掻き均し (傾斜もある)	3,500 カロリ 以上の石炭, 亜炭 灰の融点が低いものは不可	200 300	自然 押込	15
		振 動 (傾斜もある)	3,500 カロリ 以上の石炭, 亜炭 灰の融点が低いものは不可	300	押込	15
込	傾 平	固 定	3,500 カロリ 以上の石炭, 亜炭 灰の融点が低いものは不可	180 250	自然 押込	20
		動 揺	3,000 カロリ 以上の石炭, 亜炭	200 300	自然 押込	20
	斜 段	固 定	3,500 カロリ 以上の石炭, 亜炭 灰の融点が低いものは不可	180 250	自然 押込	20
		揺 動	3,000 カロリ 以上の石炭, 亜炭	200 300	自然 押込	20
		逆送り	2,000 カロリ 以上の硬炭, 石炭 灰の融点が低いものは不可	400	押込	60
下 込	単レトルト		5,500 カロリ 以上の揮発分多い粉炭	350	押込	3
	多レトルト		灰分多く融点の低いものは絶対に不可			60

(4) その他
往復火格子ストーカ、固定火格子等も用いられる。

2.1.7 下込ストーカ

傾斜火床を有する多レトロトの大形のものと、水平火床を有する単レトロトの小形のものがある。本ストーカにおいては使用炭を厳選しなければならない。

2.1.8 振動ストーカ

火格子に振動を与えて火層を進めるものである。火層の進行速度は 100mm/s 程度で普通のストーカに比べて遙かに早い。それで運転時間と停止時間を自動的に切替えて調節する。本ストーカは構造が非常に簡単で設備費も安い。散布ストーカに併用する場合は、散布機による石炭の分布状況にむらがあつても火格子の振動によつて平均にならされる利点がある。火格子振動中の燃焼状態は下記の流動燃焼に類似している。わが国においてはまだ本ストーカの実績がない。

2.1.9 流動燃焼法

燃焼室の上部から石炭を投入し、微粉は直ちに浮游燃焼を行い粗粒は燃焼室下部の火格子において流動状態で燃焼する。クランク引出しのために巾の狭い傾斜チェーンプレートを用いる場合もある。流動層を形成するためには炉底からの流入空気を脈動させたり、風量風圧を加減したりする。

第1表は各種ストーカ比較表である。

2.2 微粉炭燃焼装置

2.2.1 燃焼方式

微粉炭を直接炉に吹込む直接式と一度微粉貯蔵槽に貯

えてから給炭機を経て吹込む貯蔵式とがある。貯蔵式は更に中央貯蔵式と単位貯蔵式に分ける。

2.2.2 微粉炭機

微粉炭機の能力は原炭粒度、粉碎性、湿分、製造微粉炭粒度等によつて大巾に変動する。微粉炭粒度は細かいほど燃焼は良好になるが、粉砕費や補修費が増大するので、最も経済的な粒度を選ばなければならない。一般に経済的粒度は 200メッシュ通過60%位であるが、使用炭の種類や微粉炭機及びバーナの性能、燃焼室の構造等によつて多少異つている。

A 衝撃、摺り潰し微粉炭機

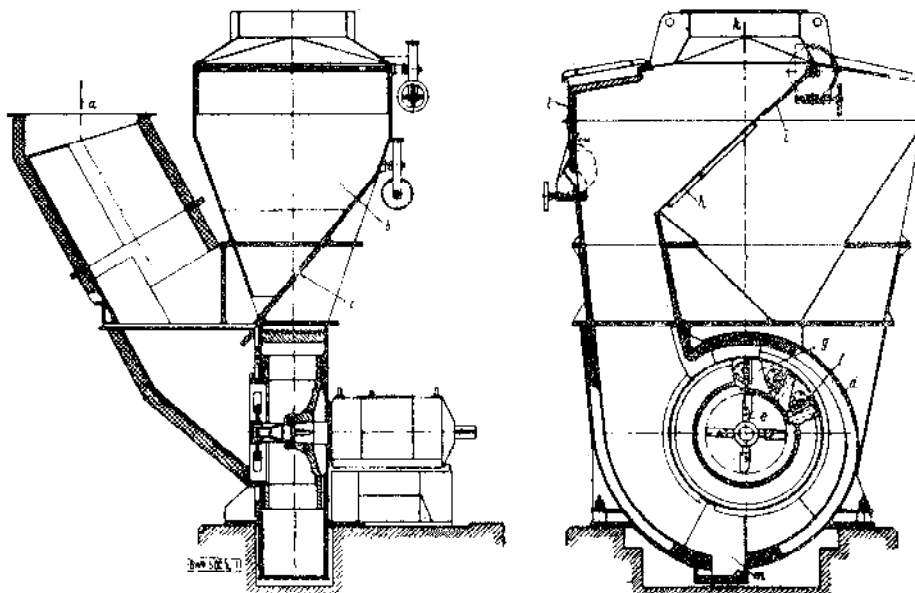
ボールミル、ロッドミル等がこれに相当する。円筒または円錐形ドラム中に多量のボール・ロッドまたはこれらの類似品と石炭を入れ、20~30rpmの低速でドラムを回転し、粉砕媒体の落下衝撃と摺り潰しによつて石炭を粉砕する。

B 摺り潰し微粉炭機

ボールレースミル、リングロールミル等がこれに相当する。粉砕環とボールまたは粉砕鉢とローラを組み合わせこれらの間に石炭を供給し粉砕環や鉢を70~150rpmの中速で回転し、摺り潰しによつて粉砕する。

C 衝撃破粉炭機

ハンマミル、ブロワミル等がこれに相当する。600~1,500rpmの高速で回転するハンマや羽根で衝撃によつて粉砕する。本ミルは熱ガスを取り入れて乾燥しながら粉砕を行うことが出来るので湿分の多い褐炭や沈澱微粉に対しては特に有効である。ブロワミルは粉砕機と送風機を完全に兼ねたもので単位粉砕量当りの電力が他形式のミルに比し少ない。第3図はブロワミルの一例を示す。衝撃式の微粉炭機としてはその他に、対向して



第3図 KSK-KSG ビーターミル

2000~3000 rpm の高速で回転している衝撃車によりケーシング内張りライナとの間における衝撃や対向的にぶつかる石炭同志の衝撃によつて粉碎するものや、風力で石炭を固定板に打ちつけて粉碎するものもある。

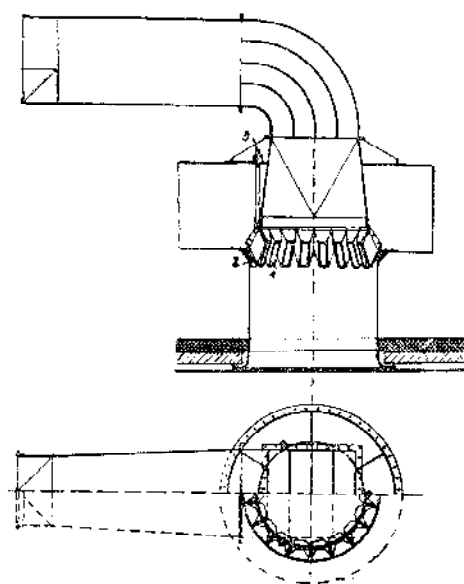
2.2.3 微粉炭バーナ

種々の形式のものがあるが、バーナの配置方式や燃焼方式と密接な関連がある。また微粉炭単独燃焼のものと重油、ガス等との混焼のものがあるが、要は空気と微粉炭の混合をよくし、少量の過剰空気ですべて燃焼させるにある。

A 噴射形

単一棒形の原始的な噴口式、ロパルコ式、カルメット式、インタチューブ式、チルチング式等がある。

微粉炭は1次空気に浮遊してノズルから直線的に噴射され、2次空気は微粉炭ノズルの周囲から微粉炭の流れと平行にまたは交叉して吹込まれる。第4図は噴射形バーナの一例を示す。



第4図 KSK-Walter Benson ボイラ用
噴射バーナー

B 旋回形

旋回羽根式（ロジ式、ポルテックス式）、インタバーン式等がある。微粉炭は1次空気と共に旋回しながら噴射され、2次空気や3次空気も旋回しながら吹込まれて微粉炭と混合する。

C バーナ配置方式ならびに燃焼方式

(1) 垂直配置

バーナを燃焼室の天井に垂直に又は多少傾けて配置し、焰はU字形に流れる。バーナには噴口式、ロパルコ式、カルメット式、インタチューブ式等が用いられる。これ等のバーナを燃焼室の前後又は左右に向い合わせて配置

することもある。

(2) 水平配置

バーナを水平にまたは多少傾けて配置し、焰はL字形に流れる。バーナには旋回羽根式、インタバーン式、カルメット式、噴口式等が用いられる。水平配置の場合もこれらに向い合わせて配置する場合がある。

(3) 隅角配置

バーナを燃焼室の隅に水平にまたは多少傾けて配置し、燃焼室の縦軸を中心とする仮想円の切接方向に噴射するので焰は室内を旋回する。バーナは小さな単独のバーナ数個を縦に積重ねて1個の大きなバーナを形成しており微粉の噴射方向が一定のものと可変のものチルチング式がある。

(4) 溶灰燃焼法

石炭の灰分を熔融状態のスラッグとして連続的に下部水槽に流しこむ方法で、飛散灰が少く灰処理が容易である。ただし軽負荷では燃焼室温度が低下し灰の流出が困難になり、運転調節の範囲が狭くかつ難しい。溶灰燃焼室としては種々の形があるが大別すればスラッグスクリーンのない開放形、スラッグスクリーンを持つ密閉形、サイクロン形の3種となり、その各々に対して溶灰室温度、熱負荷、灰熔融率等が異なっている。

バーナは上記各種のものが用いられる。第2、3表は各種微粉炭機ならびにバーナの比較表である。

2.2.4 附属装置

給炭機、排灰送風機、微粉炭輸送ポンプ、石炭乾燥装置、集塵装置、灰処理装置その他の附属装置についての記述は省略する。

3. 液体燃料燃焼装置

液体燃料としてはガソリン、灯油、軽油、重油等が用いられているが、燃焼装置としては重油に対するものを代表的に挙げる。

重油は石炭に比べて引火の危険が大であり、バナジウムや硫黄分が多いので各部の腐食が大きい等の短所があるが、その他の総ての点において優れているので、入手可能な場合は一般加熱用として広く用いられている。

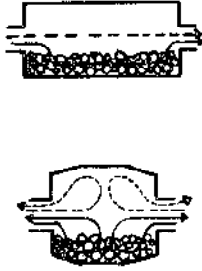
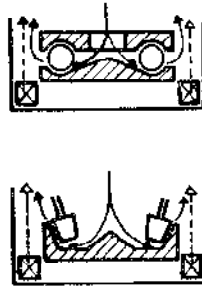
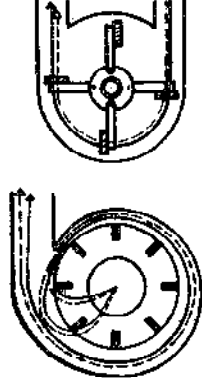
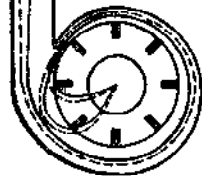
3.1 重油バーナ

燃焼率に関係なく重油の霧化が良好で、重油霧と空気の混合が完全に行われることが望ましい。第3表は各種重油バーナの比較表である。

3.2 附属装置

タンク、ポンプ、加熱器その他の附属装置に関する記述は省略する。

第 2 表 各種微粉炭機比較表

微粉炭機形式	使用炭	1台の経済的 最大容量 (t/h)	据付面積 (巾m× 長m=m ²)	動力 (kwh/t)	ミル出口 微粉炭温度 (°C)	摘要
 <p>衝撃 摺り潰し式</p>	一般石炭 灰分の比較 的多い石炭	30	4 × 7 = 28	20~30	65~80	騒音大
 <p>摺り潰し式</p>	一般石炭	30	3.5 × 6.5 = 23	18~27 16~25	60~70	騒音小
 <p>衝撃式</p>	一般石炭 灰分又は水分が極めて 多い、低質炭 沈澱粉	10 (褐炭の場合) 20	3 × 5.5 = 17	12~15	90~110	騒音小 補助火格子 必要
	一般石炭 水分が極めて 多い褐炭 沈澱粉	30 (褐炭の場合) 60	3.5 × 3.5 = 13	15~22	100~140	騒音小

備考 据付面積、動力は使用炭のハードグロブ 50、湿分 8%、原炭粒度 20mm、微粉炭粒度 200メッシュ通過 75%、容量 10t/h 程度に対するものである。

4. ガス体燃焼装置

ガス体燃料の主なものは天然ガス、コークス炉ガス、高炉ガス等である。ガスは重油以上に取扱いが容易で、少量の空気ですべて燃焼が可能であるが、放射熱が少なくまた衛生上ならびに爆発の危険が大である。燃焼温度を高めるためにガス及び空気を予熱する場合は、予熱温度や混合方法に特に注意しなければならない。

4.1 ガス燃焼方法ならびにバーナ

4.1.1 ガス及び空気を予め混合して炉内に吹込む方法

ガス又は空気的一方に圧力を加え、他のものを吸引し

て混合した後にノズルから噴射するもので、小形のものに使用される。これは瞬間的に発熱するので高温を得るのに適しており、局部加熱も可能である。

4.1.2 ガス及び空気を別の口から吹込み、炉内で拡散混合する方法

ガス及び空気は炉内の負圧により吸引させるものもあるが、送風機で吹込むことが多い。これは主として大形のものに使用される。バーナとしては微粉炭用カルメットバーナのようにガスと空気が別のノズルから交叉するように吹込むものや、蜜柑の実を輪切りにしたような断面を有し、各小袋がガスと空気のノズルを形成し、切線

第 3 表 各種微粉炭バーナ比較表

バーナ形式		 微粉と1次空気 2次空気 3次空気	摘要
噴射	ロパルコ		微粉と空気は層流になるので、フレームパスを長く取る
	カルメット インターチューブ		微粉と空気の混合は比較的良好
	チルチング		微粉と空気の混合は良好
回旋	ロジ		2次空気は1次空気の逆方向に吹込む場合もある
	インタベーン		微粉と空気の混合は良好
	サイクロン		石炭は微粉砕しなくともよい

方向に吹込まれるものがある。ガスノズルと空気ノズルは交互に配置されているから混合は完全に行われる。この形式のものはモルバーナと呼ばれている。その他にバーナ出口に風車を取付けガスと空気の混合を良好にするものもある。

4.1.3 ガス及び空気の一部を混合して吹込み残部を炉内で拡散混合する方法

上記2種の間間的なもので中小形のものに用いられる


4.2 附属装置

ガス弁、爆発戸その他の附属装置に関する記述は省略する。

5. あとがき

低質炭燃焼法や自動燃焼制御装置は特に詳記したい項目であるが、紙面の都合で割愛した。各種燃焼方法の概略を述べたが単なる羅列に終つたことを御詫びして擱筆する。

第 4 表 各種油バーナ比較表

バーナ形式	 重油噴霧用1次空気又は蒸気		1次空気 又は蒸気 圧kg/cm ²	油 圧 kg/cm ²	理論空気量に 対する噴霧用 1次空気割合 %	使用油	バーナ1本の 経済的最大の 容量 l/h	制御範囲
低圧空気 噴霧バーナ			0.4~1	0.1~0.3	20~30	軽油 重油	300	10:3
	比例調節式		0.4~1	0.5~1	60~100	"	300	10:3
高圧空気 噴霧バーナ	低油圧式		2~7	0.1~0.3	10~20	"	300	10:7
	高油圧式(蒸 気噴霧バーナ として用いら れることが多い)		2~11	1~10	5~10	"	2000	10:3
蒸気噴霧 バーナ	低油圧式		1~7	0.1~3	重油量(kg)に 対する蒸気量 (kg)の割合% 11	軽油 重油 タール油	2000	10:6.5
	高油圧式		2~11	1~10	13	"	3000	10:3
油圧噴霧 バーナ	全量噴射式			7~35		軽油 重油	2000	10:6.5
	戻油式			"		"	2000	10:4
回転バーナ				0.2前後	15~30	"	650	5:1