

5.1 旋削工程

(1) 重点対策項目

- ①焼入加熱炉に雰囲気ガスを入れ、脱炭を防止する。
- ②焼入変型防止

(2) 改善対策項目

| 改善第1ステップ | 第2ステップ | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------|----|---|-----------|----|------|--------|----|--|
| <p>①雰囲気ガス炉は7基設置されている。</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">東洋炉製</td> <td style="padding-right: 20px;">ベルト式連続焼入炉</td> <td style="text-align: right;">1基</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">"</td> <td style="padding-right: 20px;">レトルト式熱処理炉</td> <td style="text-align: right;">1基</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 20px;">東方炉製</td> <td style="padding-right: 20px;">箱式熱処理炉</td> <td style="text-align: right;">5基</td> </tr> </table> <p>この雰囲気ガス炉をフルに稼動すること。</p> <p>②上記7基で、全量処理するには、能力不足になるため、現状のベルト式連続炉に雰囲気ガスを入れるように改造する。 この場合、雰囲気ガス供給装置は必要となる。</p> <p>③焼入方式の分類</p> <ul style="list-style-type: none"> ・外径φ100以下は、ベルト式連続炉又は比較的肉厚品でベルト式連続炉では焼入カタサが入りにくい製品は箱式焼入炉で行なう。 この場合焼入油は現状よりも焼入性のよい油、変形の少ないホットクエンチ油を使用する。 ・外径φ100～φ180についてはプレスクエンチ方式を導入する。 この場合、φ100以下は変形選別、今まで通り修正を行なうものとする。 <p>④焼入油の改善及び焼入油層内での油の攪拌を行ない焼入性を高めるとともに変形を少なくする。 中国製の焼入油でも、焼入性、変形に対して良いものがあり使用する。</p> | 東洋炉製 | ベルト式連続焼入炉 | 1基 | " | レトルト式熱処理炉 | 1基 | 東方炉製 | 箱式熱処理炉 | 5基 | <p>生産量増大に伴い、順次現状の炉を雰囲気式に改造すれば購入の必要はない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・浸炭ペアリングは浸炭する時に変型するため、φ100以下の小物製品にもプレスクエンチを行なうが、将来生産量が増大した時点で設置を検討すること。 ・φ140以上の製品が増量し、更に増設する場合は、回転床炉を増設することが望ましい。 |
| 東洋炉製 | ベルト式連続焼入炉 | 1基 | | | | | | | | |
| " | レトルト式熱処理炉 | 1基 | | | | | | | | |
| 東方炉製 | 箱式熱処理炉 | 5基 | | | | | | | | |

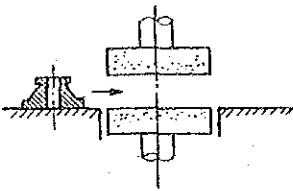
| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|--|--------|
| <ul style="list-style-type: none"> ・小物で製品の肉が薄いものは、ホットクエンチオイル（マルテンパー油）を 100～120℃で使用。 ・大物で製品の肉が厚いものについては、焼入カタサが入りやすい油で80～120℃で使用。 ・プレスクエンチ用焼入油は、作業上温度が高いと危険であるため、50～60℃で使用。 | |

5.4 磨一分厂

(1) 重点対策項目

- ①外溝・内溝超仕上げ機購入
- ②後工程及び組立工程ライン化
- ③研削工程内検査水準レベルアップ
- ④幅研能力アップ（テーバー内輪）

(2) 改善対策項目

| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|---|---|
| <p>1. 外溝・内溝共表面粗さが悪いので、超仕上げ機の充実を計る。（トラバース+オシレーション方式）</p> <p>2. 研削工程、組立工程内に仕掛在庫が多く異品混入、品質管理面等に問題があるので、ライン化を進める。現在の1990年末の目標値達成のためには、熱処理水準が向上するとの前提で、</p> <p>①研削工程は10ラインのライン化が必要となり、 そのため { 外溝超仕上げ機 3台 } 新設要 { 内溝超仕上げ機 10台 }</p> <p>②組立工程は半自動化ラインの5ラインが必要と思われる。又、組立室の防塵対策は当然の事とする。</p> | <p>幅研に関しては、機械台数上は十分であるが、堅型両頭研削盤を購入して、高能率研削化を進められることを推奨する。 (特にテーバーベアリング内輪用)</p>  |

| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|--|-------------------------------------|
| <p>組立ラインでは、①コロ抜けチェック、②組高サチェックの2種類の検査工程を新設する。 清浄工程では1mmフィルターを利用、安全対策としてプレス半自動化を実施。</p> <p>3. 研削工程内検査水準レベルアップ タリロンド・粗サ母線測定器にて、段取毎、及び直1回真円度・粗サ母線の管理を行なう。 真円度・粗サは、ウェーボ管理でも可。 溝寸法測定には、1/1000ダイヤルゲージ使用。</p> <p>4. 幅研能力アップに関しては、2項目第2ステップにある様、豎型両頭研削盤の検討を進められると同時に、砥石の設計変更を行ない、品質、能力の向上を計る。</p> <p>5. その他の改善必要項目</p> <p>5-1 外輪外径センタレス加工精度アップ</p> <p>5-2 ツバ研加工方式改善</p> <p>5-3 シュー段取方法改善</p> <p>5-4 B.P. 機上研削廃止</p> <p>5-5 単体防錆工程及び置場の廃止（同期化）</p> <p>5-6 単体洗浄→組立→完成品洗浄と洗浄工程を増す。</p> <p>5-7 外輪超仕上機Mgタイプよりプレッシャークランプタイプへ改造</p> <p>5-8 クラウニング対応（内溝、スーパーは現状で可）</p> <p>5-9 保全及び今後の改造</p> <p>①ドレス時ダイヤモンドにクーラントをかける事</p> <p>②クーラント量増加対策として研削機カバー改造</p> | <p>①電送シーケンサー化</p> <p>②砥石摩耗自動修正化</p> |

| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|--|---|
| <p>③日常保全、定期保全点検表の見直し → 機種別に作製の事</p> <p>5-10 クーラント及び砥石改善 現状作業条件を見直し不具合点をフォローする。 特にクーラントに関しては、現状設備に手を入れてMgセパレーターを通す必要あり。</p> | <p>③電機切込への改造 上記3項目完了後アフターケー ジの活用を検討。</p> <p>分厂毎のクーラント設備設置</p> |

5.5 ローラー分厂

(1) 重点対策項目

- ①ローラー超仕上げ機4台新規導入（ライン化のため）
- ②端面研磨機の改造

(2) 改善対策項目

| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|---|--|
| <p>①ヘッダー工程の加工精度アップにより、生研磨を廃止する。（外径及び両端面）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基本的には材料に燐酸被服処理を行ない、材料の流れを良くする。又は潤滑油を塗布する。 ・金型精度及び材料切断精度を向上し、両端面研磨は廃止可能である。 <p>②異品混入対策 工程をライン化する。焼入後の研磨から超仕上げまでライン化しシュートでつなぐ。 落下品を無くする。</p> <p>③端面振れ大で精度が悪いため、マグネット定盤をやめ、上定盤を追加して押える方式に改造する。 8ライン分。</p> | <p>焼入前の工程（ヘッダー、タンブラー、生研）と焼入後の工程を完全に分離（別建物）することが望ましい。</p> |

| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|---|--------------------------------|
| <p>④ドラム交換基準を作る。何個研削すれば摩耗するか調査して、交換標準を作り、ドラムの精度を維持すること。 又、ドラムスピンドル部のベアリングを定期交換すること。</p> <p>⑤品質精度アップ 真円度はタリロンド又はウェボメーター、粗サは粗サ計、端面R形状測定器にて、段取替時には確認すること。</p> <p>⑥クラウニング対策 超仕上機でクラウニングするには無理があり、外径研削仕上工程でクラウニングをつけること。</p> <p>⑦製品搬入方法の改善 エア式強制搬入シュート方式に改善する。</p> <p>⑧研削精度の向上 ドレス間隔の標準化を行ない、寸法相互差の現状2~5 μを2μ以下にすること。</p> <p>⑨1988年 300万セット/年生産を達成するには、ローラー研削8ライン分必要となり、超仕上機4台増設が必要である。</p> | <p>クラウニング対策用ドラム研磨盤を購入すること。</p> |

5.6 磨二分厂（含、204）

(1) 重点対策項目

- ①低騒音ベアリング対応（含、品質検査水準レベルアップ）
- ②現有設備のライン化

(2) 改善対策項目

| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|---|---------------------|
| <p>1. 低騒音ベアリング対応</p> <p>1-1 幅不同及び幅ソリ対策 → 幅研、砥石改造</p> <p>1-2 外径研削精度アップ → 加工条件標準化 → タリロンド・ウェーブ管理</p> <p>1-3 内溝・外溝の真円度・粗サ向上 超仕上機は現状方式でよいが、前工程とB.P.方向は合せる事。</p> <p>1-4 洗浄工程を増設 単体洗浄及び完成品洗浄を徹底する。又、完成品洗浄前には必ず脱磁工程を入れる。 又、洗浄油、フィルターは1mmとする。</p> <p>1-5 組立工程は半自動化し、打疵要因を出来るだけ少なくする。</p> <p>1-6 合せ工程は、研削ラインの最後に置き、現状の合せ選別工程を廃止する。</p> <p>1-7 研削工程でのタリロンド・タリサーフ等を使った検査を実施して単体精度をアップする。 （段取毎及び直1回）</p> <p>1-8 組立工程の防塵対策</p> | <p>将来はクリーンルーム対策</p> |

| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|--|--|
| <p>1-9 研削完の製品の取扱い方法改善 → 打疵防止対策の徹底</p> <p>1-10音響検査の充実</p> <p>2. 現有設備のライン化(含204) 1990年末の生産目標へは現有設備を有効利用し(12ラインのライン化)、研削条件見直しを実施すれば十分に対応可能。</p> <p>3. その他改善必要項目</p> <p>3-1 合せ率向上対策 → ライン化、研削条件見直し、 → 溝径測定に1/1000ダイヤルゲージ使用</p> <p>3-2 シュー段取方法改善</p> <p>3-3 B.P. 機上研削廃止</p> <p>3-4 組立工程安全対策として、プレス工程半自動化。</p> <p>3-5 リテナー及びシール加締での精度向上のため、部品単体精度見直し。</p> <p>3-6 保全及び今後の改造 ①ドレス時ダイヤモンドにクーラントをかける事 ②クーラント量増加対策として研削機カバー改造 ③日常保全、定期保全点検表の見直し → 機種別作成</p> | <p>①電装シーケンサー化 ②砥石摩耗自動修正化 ③電気切込への改造 上記3項目完了後アフターゲージの活用を検討</p> |

| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|---|----------------------|
| <p>3-7 クーラント及び砥石改善</p> <p>現状作業条件を見直し、不具合点をフォローする。特にクーラントに関しては現状設備に手を入れMg セパレーターを通す必要有り。</p> | <p>分厂毎のクーラント設備設置</p> |

5.7 鋼球分厂

(1) 重点対策項目

- ①低騒音ベアリング対応
- ②選別工程及び外観検査見直

(2) 改善対策項目

| 改善第1ステップ | 第2ステップ |
|---|----------------------------|
| <p>1. 低騒音ベアリング対応</p> <p>1-1 真球度、粗サ、寸法相互差の改善 → 測定方法見直しと加工精度アップ</p> <p>1-2 鋼球単体振動測定器購入</p> <p>1-3 加圧工程早期導入</p> <p>1-4 加工工程の減少……打疵対策</p> <p>1-5 洗淨工程の強化</p> <p>2. 選別工程及び外観検査見直し</p> <p>2-1 ヘッダー、熱処理後に選別装置を付け、選別工程を廃止する。又、ヤスリ盤では段取時の清掃を徹底する。</p> <p>2-2 外観検査工程は現行の重大欠陥検出より顕微鏡で発見出来る様なスリ疵等の検出へレベルアップする。</p> <p>3. その他改善必要項目</p> <p>3-1 研削・ラッピング工程の加工時間延長と加工中の機械停止をやめる。</p> <p>3-2 ロット管理の徹底 材料・熱処理の前歴を明確にする。</p> <p>3-3 ヘッダー加工精度の向上</p> | <p>高性能・高剛性ヘッダー購入を検討する。</p> |

5.8 生産管理上の近代化計画の内容

周知の如く、生産管理体制は、その企業の位置する政治・経済・社会・産業環境により異なり、いたずらに先進技術を有する国又は企業のを模倣することは、適切ではない。しかしながら、生産管理技術そのものは、製品の種類、及びそれを製造する企業に応じて共通で、普遍的なものがあり、当工場生産管理上の近代化に際して注意すべき留意点であると考え。従って、当工場生産管理上の近代化は、以下の視点に立ち提言するものとする。

- (1) 当工場の組織及び人員に関しては、国情もあり、コメントは差し控えるが、各機能の行うべき業務は同じであるので、コメントすることもある。
- (2) 生産能力のアップ、稼働率の向上、品質の向上、歩留のアップ、原単位の向上を目的とし、全部門の組織のうち、密接に関連する部門の管理項目につきコメントする。
- (3) 更に(2)に関連しては、前章でも指摘したように、特に、工程管理、品質管理、製造設備管理、教育訓練に関しては、若干、疎かにされている面があるので、実務的解説を加えることとする。
- (4) 以上の視点に立ち、生産管理上の近代化の提言に関しては、以下の内容とする。
 - 1) 作業者の日常管理項目と記録すべき内容
 - 2) 各分厂技術組の品質管理項目と解析すべき内容
 - 3) 上記生産技術データの各部門への伝達及びフォローアップ業務
 - 4) 品質向上、稼働率向上の為にプロジェクトチーム（タスクフォースチーム）の導入の提言
 - 5) 工程検査、製品検査の測定項目、記録すべき内容
 - 6) 机修組、生産弁公室、机修分厂、設備処など保全関連部内の管理項目
 - 7) 労働管理、在庫管理データのパソコン化の提言
 - 8) 新人労働者、学卒者の教育方法に関する提言
 - 9) 作業者のフォローアップ及びOJT教育の方法

第 6 章 近代化計画の実施スケジュール及び所要資金算出の考え方

前章までに述べた近代化を実施する場合の実施スケジュール及び、所要資金の算出方法及び分担は以下のようにする。

(1) 実施スケジュール

図 6-1参照。なお、実施スケジュール上の着眼点に関しては以下の点に注意する必要がある。

- 1) 調査団の現地調査期間中に行なわれた討議をベースとし、工場側はドラフトファイナルレポートの提出される1987年5月中旬までにプロジェクトチームの編成、分工場の主要項目のデータ採取、解析を行なう必要がある。
- 2) 工場側は、最終のレポート提出時期に相前後して、工場側の近代化計画をレポートの内容に加味し、作成、規定の監督官庁に提出すると予想されるが、この計画作成、認可が全工程上のポイントである。
- 3) 工場側の既存設備の有効活用を主とする近代化の実施・完成目標は、1988年末ということであるが、このためには、上記2)に加え、導入技術の選定、中国側で行なわれる詳細設計の期間もネックとなる可能性がある。

(2) 所要資金算出上の考え方

本分工場の既存設備の改造・一部新設設備の導入による近代化に要する資金の算出は、以下のように考える。すなわち、主たる項目は、導入技術・設備、中国で調達する設備、中国側で行なわれる据付工事である

1) 導入技術・設備費用

本費用は、海外より導入されるもので、ドラフトファイナルレポートに、仕様、及び含まれる役務項目、供給項目及び除外項目を附記し、国際的に妥当な価格で提示される。

2) 中国側で調達するもの又は改造費用

これは、ドラフトファイナルレポート又は現地調査期間に討議指摘された内容により、中国で調達若しくは改造を行なうものであり、工場側で費用を算出するものとする。

3) 中国側で行なわれる据付並びに工事

ドラフトファイナルレポートの内容に提言された項目すなわち、1)、2)に対する工事費であり、これらは、ドラフトファイナルレポートの『近代化計画』にその概要が提示される予定であり、これに従い、中国側は、これらに要する工事費を独自に算出するものとする。

第 7 章 近代化実施上の留意点

テーパローラーベアリング、音響品ラジアルボールベアリング工場の近代化に際し、留意すべき点を以下に示す。

(1) 本工場は第7次5ヶ年計画期間内に

- 1) 既存設備の有効利用を主とする近代化計画
- 2) 自動車研究所の建設
- 3) ホイールベアリング分工厂の建設

の大きなプロジェクトを3つ抱えており、そのためには、本工場全体の中期計画を慎重に検討され、その上に立って、本調査の目的である1)の近代化計画を実施されるよう希望します。

(2) 更に、本近代化計画の実施に当っては、建設後、設備が休止状態となることがないよう十分な基本設計、詳細設計、及び工事全体がスムーズに進行するよう強力で優秀なプロジェクトチームを編成されるよう提言します。

第 8 章 合 意 内 容

国際協力事業団より派遣された調査団は、1986年11月27日より1987年12月12日まで襄陽軸承廠の工場調査を行ない、工場側の専門家と討議の結果、第7次5ヶ年計画の中で行なわれる本工場のテーパローラーベアリング工場及び音響品用ラジアルボールベアリングの近代化計画調査の近代化計画の基本的考え方、近代化計画の内容につき、本アプログレスレポートの通り合意した。

調査団は引き続き行なわれる国内作業を本レポートにより合意された内容に従って行ない、ドラフトファイナルレポートを取りまとめるものとする。

1987年 12月 12日

国際協力事業団調査団団長

寺 井 昭

襄 陽 軸 承 廠

佐々木

参考資料 - 2

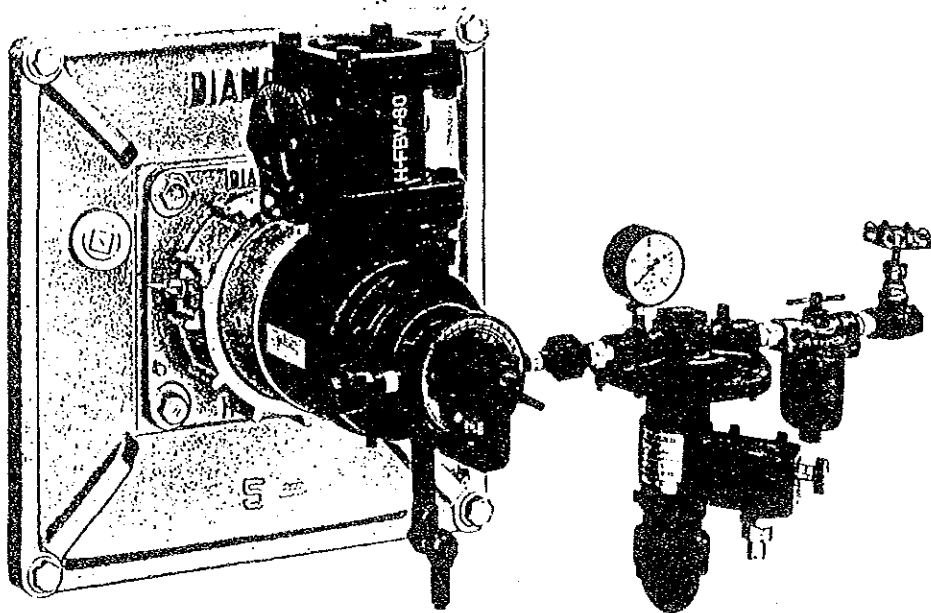
機器並びに制御装置の詳細説明書

1. 比例調節オイルバーナー
2. 風圧レギュレーター
3. オイル燃焼用油圧調節器
4. 熱処理炉用雰囲気ガス及び制御方法

1. 比例調節オイルバーナー

Hot-PLB 高温空気用 比例調節オイルバーナー

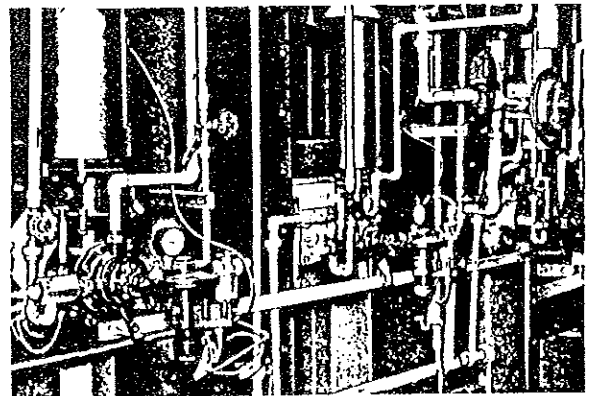
500°Cの予熱空気で大幅な燃料節約。



Hot-PLB (H-PLB-B型)は重油燃焼に500°Cの予熱空気が使える低圧空気噴霧式比例調節バーナーです。燃焼量全域にわたって低空気比燃焼ができるので、効果的な燃料節約ができます。手近な省エネルギー対策として、本バーナーのご採用をおすすめします。

用途

- 加熱炉・熱処理炉・トンネルキルン・シャトルキルン・ロータリキルン・エアークヒータ・ボイラ・焼却炉など、幅広い用途にご使用いただけます。
- 簡単な機構で、厳しい条件にも適応——
独特の霧化機構と空気量調節方式を備えており、燃焼量が増減しても、予熱空気温度が変わっても、極めて簡単な機構によって、自動的に空気比を一定に保ちます。



特長

1. 省エネルギー

- 500℃までの燃焼用空気が使用できるので、大幅な燃料節約を実現します。たとえば、空気比1.1、炉温1300℃の操業で、燃焼空気を500℃に予熱すると約32%の節約になります。
- 低空気比燃焼の効果が顕著です。たとえば炉温1300℃の場合、空気比1.4で燃焼しているものを本バーナの採用により1.1に改良すると約36%の燃料節約になります。
- 燃焼空気により油を霧化するので、噴霧用の蒸気あるいは高压空気が不要です。

2. 燃料

- 灯油、軽油、重油1種～3種1号が使用できます。

3. 正確で簡単な制御

- ワンレバー操作で燃焼量全域において同一空気比で燃焼できます。複雑・高価な制御装置は不要です。
- 燃焼空気温度の変動に対してはH-PRT型油圧調節器を、またその圧力の変動に対してはAPR型風圧レギュレータを使用することにより自動的に所定の空気比で燃焼を続けることができます。

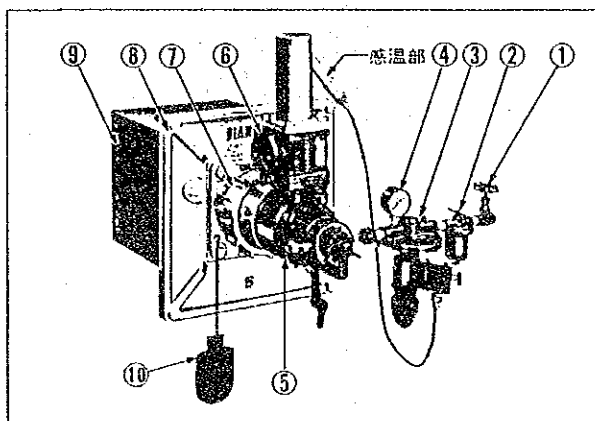
4. 従来バーナとの互換性

- 従来のD-PLB-E型やH-PLB-AL型バーナと取付寸法が同一なので取り替えが簡単です。

標準構成

- | | |
|--------------------------|------------|
| ① オイルストップバルブ | ⑥ バタフライバルブ |
| ② オイルフィルタ | ⑦ バーナサポート |
| ③ H-PRT型油圧調節器 (特別付属品) | ⑧ バーナ前板 |
| ④ 圧力計 | ⑨ バーナタイル |
| ⑤ バーナ本体 | ⑩ 保護シャッター |

注) 標準付属品の油圧調節弁はPR型です。



型番記号説明

H-PLB-3BLL

| 記号 | バーナサイズ |
|--------------|--------|
| 3 / 20 | 標準4種類 |

| 記号 | 燃料種類 | 最高空気温度 |
|----|------------|--------|
| — | 重油 | 500℃ |
| LH | 灯油・軽油・特A重油 | |
| LL | 灯油・軽油 | 350℃ |

注) LL型はアシストエアーが不要です。

- バーナサポートは炉圧に応じて下記の4種類用意されています。

| ① 標準型: 炉圧 \sim 0mmH ₂ Oまで H-BSPタイプ | ② セミタイト型: 炉圧+10mmH ₂ Oまで BSP-THタイプ | ③ タイト型: 炉圧+50mmH ₂ Oまで BSP-HHタイプ | ④ 水冷型: 炉圧+300mmH ₂ Oまで BSP-WHタイプ |
|--|--|--|--|
| | | | |

Hot-PLB 高温空気用 比例調節オイルバーナ

標準仕様

| バーナ型番 | 空気圧力 400mmH ₂ O | | | | 空気圧力 500mmH ₂ O | | | | 空気圧力 600mmH ₂ O | | | | 空気圧力 800mmH ₂ O | | | |
|-----------|-------------------------------|-------|------------|------|-------------------------------|-------|------------|------|-------------------------------|-------|------------|------|-------------------------------|-------|------------|------|
| | 最大空気量 Nm ³ /min | | 燃焼量 t/h | | 最大空気量 Nm ³ /min | | 燃焼量 t/h | | 最大空気量 Nm ³ /min | | 燃焼量 t/h | | 最大空気量 Nm ³ /min | | 燃焼量 t/h | |
| | 全空気 | アシトエア | 最大 | 最小 | 全空気 | アシトエア | 最大 | 最小 | 全空気 | アシトエア | 最大 | 最小 | 全空気 | アシトエア | 最大 | 最小 |
| H-PLB-3B | 1.6 | 0.08 | 8.8 | 1.8 | 1.8 | 0.09 | 9.8 | 2.0 | 1.9 | 0.10 | 10.7 | 2.1 | 2.2 | 0.11 | 12.4 | 2.5 |
| H-PLB-5B | 3.6 | 0.18 | 19.9 | 4.0 | 4.0 | 0.20 | 22.3 | 4.5 | 4.4 | 0.22 | 24.4 | 4.9 | 5.1 | 0.24 | 28.2 | 5.6 |
| H-PLB-10B | 6.2 | 0.32 | 34.3 | 6.9 | 6.9 | 0.35 | 38.3 | 7.7 | 7.6 | 0.37 | 41.9 | 8.4 | 8.7 | 0.42 | 48.4 | 9.6 |
| H-PLB-20B | 13.4 | 0.69 | 74.8 | 15.0 | 15.0 | 0.75 | 83.6 | 16.7 | 16.5 | 0.81 | 91.5 | 18.3 | 19.0 | 0.92 | 105.6 | 21.0 |

注) 1. 燃焼空気温度は350℃を基準としています。空気温度が変わる場合は下表で補正してください。

| 空気温度 | 20℃ | 50℃ | 100℃ | 150℃ | 200℃ | 250℃ | 300℃ | 350℃ | 400℃ | 450℃ | 500℃ |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 係数 | 1.46 | 1.39 | 1.29 | 1.21 | 1.15 | 1.09 | 1.04 | 1.00 | 0.96 | 0.93 | 0.90 |

- アシトエア圧力は各空気圧力+100mmH₂Oです。常温で供給してください。通常レギュレータの一次側より配管してください。
- H-PLB-BLL型はアシトエアが不要です。
- 油供給圧力は1~2kg/cm²Gです。
- 空気圧力 400mmH₂OはBL型専用の圧力です。重油では雾化能力が不足しますので使用しないでください。

標準付属品 (バーナには下記部品一式が付属します。)

| バーナ型番 | バタフライバルブ | 油圧調節弁 | オイルフィルタ | オイルストップバルブ | アシトエアコック | バーナサポート | バーナ前板 | バーナタイル |
|-----------|-----------|-------|---------|------------|----------|----------|-----------|--------|
| H-PLB-3B | H-FBV-50 | PR-10 | OF-10 | SV-10 | GBC-15 | H-BSP-3 | PPL-3(H) | TPL-3 |
| H-PLB-5B | H-FBV-80 | PR-10 | OF-10 | SV-10 | GBC-20 | H-BSP-5 | PPL-5(H) | TPL-5 |
| H-PLB-10B | H-FBV-100 | PR-10 | OF-10 | SV-10 | GBC-25 | H-BSP-10 | PPL-10(H) | TPL-10 |
| H-PLB-20B | H-FBV-150 | PR-15 | OF-15 | SV-15 | GBC-40 | H-BSP-20 | PPL-20 | TPL-20 |

- バーナサポートは上記標準型のほかにセミタイト型、タイト型、水冷型(前ページ参照)があります。
- バーナ前板は9型もあります。(4ページ参照)
- 灯油・軽油用のバーナタイルは重油用と形状が異なり、型式はTPL-□-L型となります。

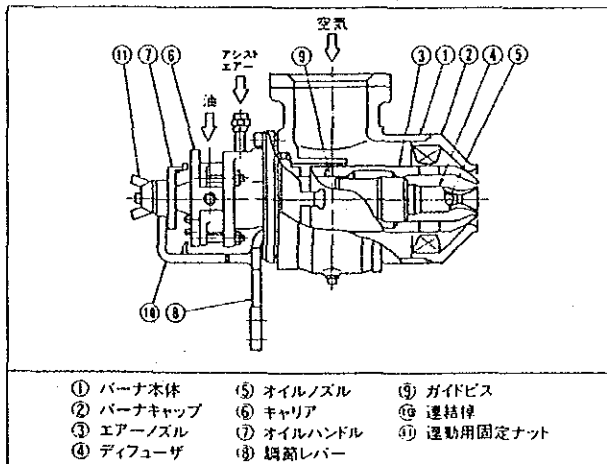
特別付属品 (下記部品が必要な場合は別途ご注文ください。)

| バーナ型番 | 温度補正付 油圧調節器 | リターン ニードル弁 | 風圧 レギュレータ | パイロット バーナ | 空気温度計 | その他 |
|-----------------------|----------------|--------------------------|----------------------|--------------|-----------------|---|
| H-PLB-3B H-PLB-10B | H-PRT-10 | (3種重油の 使用時) PNV-10 | APR-100B APR-250B | NP-3 | DTM- 100×500 | 各種コントロール モータとの組み 合せおよび リンケージ・セット |
| H-PLB-20B | H-PRT-15 | PNV-15 | | | | |

注) 風圧レギュレータの型番選定は、7ページの選定表をご参照願います。

標準塗装色

バーナ本体の外面塗装色はマンセル5R4/13です。



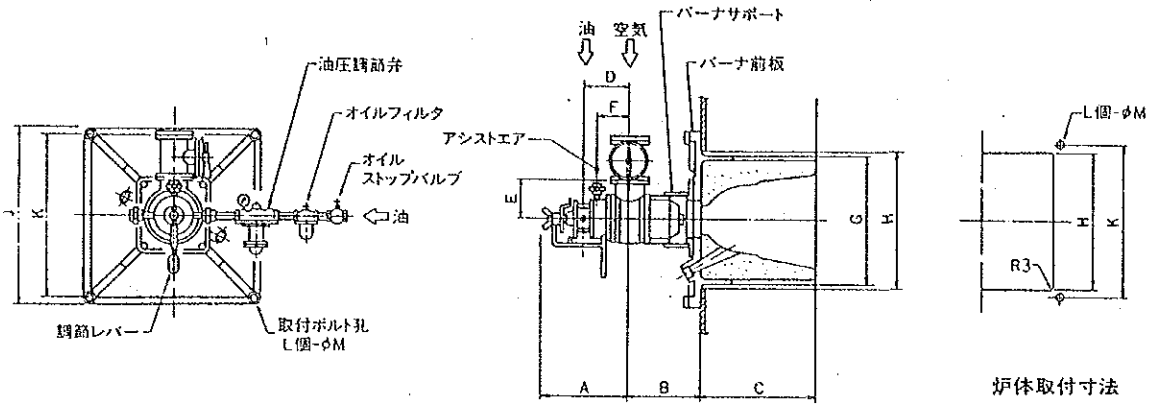
- | | | |
|-----------|-----------|------------|
| ① バーナ本体 | ⑤ オイルノズル | ⑨ ガイドビス |
| ② バーナキャップ | ⑥ キャリア | ⑩ 連結棒 |
| ③ エアーノズル | ⑦ オイルハンドル | ⑪ 運動用固定ナット |
| ④ ディフューザ | ⑧ 調節レバー | |

注) BLH型とBLL型ではディフューザが異なります。BLL型のアシトエアはプラグ止めます。

機構説明

調節レバー⑧を動かすことにより、エアーノズル③が回転します。エアーノズルはガイドビス⑨により、回転と同時に前進後退するため、空気吐出面積が変化し、吐出風量が変化します。一方オイルハンドル⑦を回転することにより油吐出量が増減します。連結棒⑩を運動用固定ナット⑪で締めつけることにより調節レバーとオイルハンドルが連動となり、調節レバーのみを左右に動かすだけで、エアーノズルの前進後退が同時に行われ、油と空気の吐出量の調節が同時に行われます。また油と空気の吐出量の比は、連結位置により自由に選ぶことができます。

取付寸法



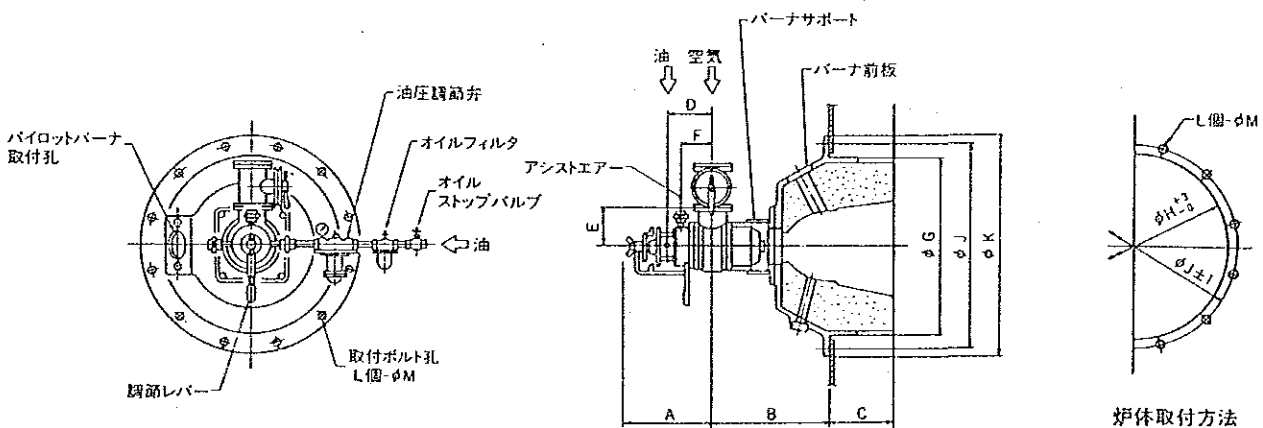
炉体取付寸法

| バーナ型番 | A | B | C | D | E | F | G | H | J | K | L個 | M | 接管径 | | | 重量 kg |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|-----|----|-----|------|--------|-----|----------|
| | | | | | | | | | | | | | 空気 | アシストエア | 油 | |
| H-PLB-3B | 175 | 158 | 230 | 109 | 85 | 77 | φ277 | φ290 | 360 | 330 | 4 | φ14 | 50A | 10A | 10A | 56 |
| H-PLB-5B | 211 | 212 | 350 | 128 | 120 | 95 | φ370 | φ390 | 490 | 450 | 4 | φ19 | 80A | 15A | 10A | 140 |
| H-PLB-10B | 260 | 247 | 390 | 160 | 140 | 120 | φ410 | φ430 | 530 | 490 | 4 | φ19 | 100A | 20A | 10A | 185 |
| H-PLB-20B | 341 | 357 | 460 | 225 | 205 | 170 | φ487 | φ510 | 580 | 530 | 4 | φ22 | 150A | 32A | 15A | 298 |

注) 重量は、バーナ本体と標準付属品一式の合計を示しています。

●丸型バーナタイル(TPLR型)を使う場合

低温炉や特に燃焼の安全をかける場合には、高容量のMPN型パイロットバーナと火災監視装置がつけられる丸型バーナタイルをご使用ください。



炉体取付方法

| バーナ型番 | バーナ前板 型番 | バーナタイル 型番 | パイロットバーナ 型番 | A | B | C | D | E | F | φG | φH | φJ | φK | L個 | M | 接管径 | | | 重量 kg |
|-----------|-------------|--------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|------|------------|-----|----------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | 空気 | アシスト エア | 油 | |
| H-PLB-3B | PPLR-3 | TPLR-3 | NP-3 | 175 | 218 | 175 | 109 | 85 | 77 | 330 | 350 | 390 | 430 | 8 | 18 | 50A | 10A | 10A | 75 |
| H-PLB-5B | PPLR-5 | TPLR-5 | MNP-2 | 211 | 304 | 260 | 128 | 120 | 95 | 410 | 430 | 480 | 530 | 8 | 18 | 80A | 15A | 10A | 145 |
| H-PLB-10B | PPLR-10 | TPLR-10 | MNP-2 | 260 | 339 | 300 | 160 | 140 | 120 | 440 | 460 | 510 | 560 | 8 | 18 | 100A | 20A | 10A | 180 |
| H-PLB-20B | PPLR-20 | TPLR-20 | MNP-2 | 341 | 450 | 367 | 225 | 205 | 170 | 530 | 550 | 600 | 660 | 12 | 22 | 150A | 32A | 15A | 335 |

注) 1. H-PLB-3B型のパイロットバーナはNP-3型、PLB-5B~20B型はMPN-2型です。

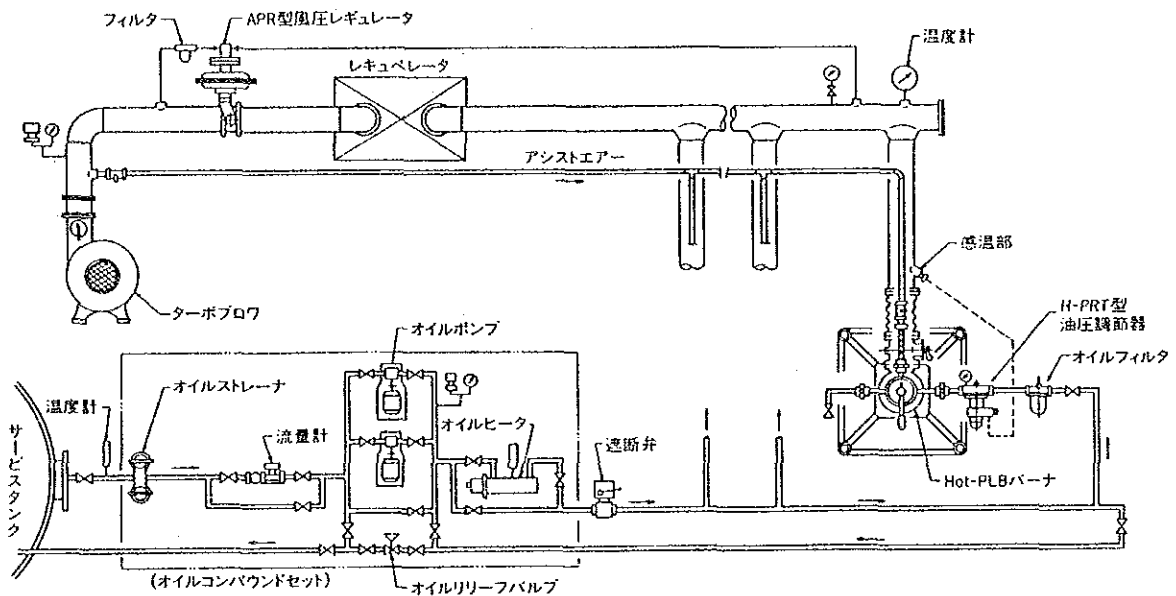
2. 灯油、軽油用のバーナタイルはTPLR-□-L型となります。

3. 重量は、バーナ本体と標準付属品一式の合計を示しています。

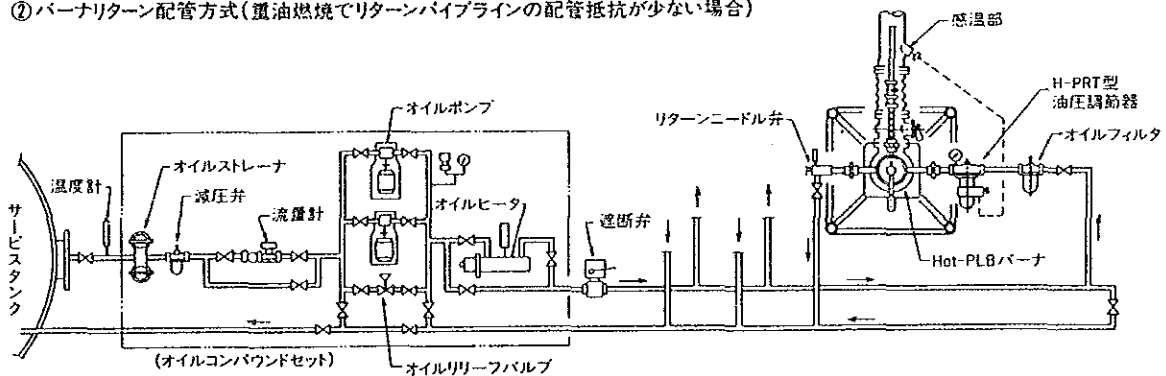
※バーナ前板およびバーナタイルはモデルチェンジし、PPLR型およびTPLR型となります。

●配管系統図

① メインリターン配管方式(重油の大容量燃焼用)



② バーナリターン配管方式(重油燃焼でリターンパイプラインの配管抵抗が少ない場合)



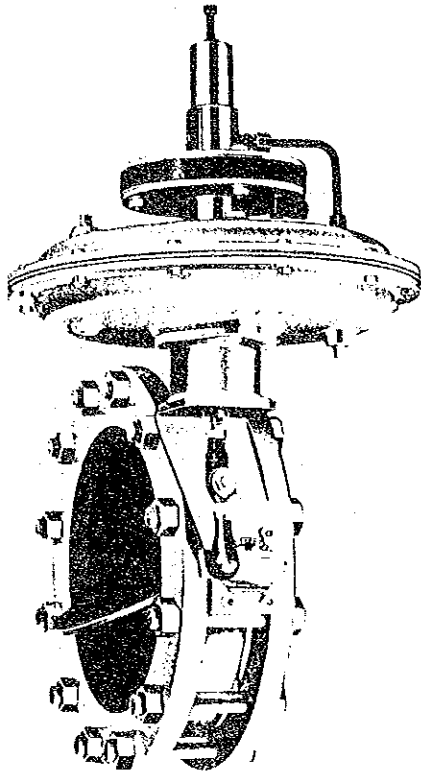
(1) 3種重油を使用の場合は温度変化によるリターン量の変動が大きいので、上図②に示すようにバーナ油出口にリターンニードル弁を取り付けます。
 運転初期は油の温度が低く粘度が高いために、リターンニードル弁を開いて油の循環をよくします。油温度が上昇するにしたがって粘度が下がるため、リターン油量が過大にならないようニードル弁を絞ります。温度計が付属しているので容易に油温度のチェックができます。

(2) 3種重油を使用する場合は、重油ラインに蒸気の抱き合わせ保温を行ないます。また、重油配管へ蒸気を吹き込み油をバージできるようにしておく必要があります。

(3) バーナリターン配管方式でリターン配管ラインの圧力が0.15kg/cm²以下になるようにしてください。もしサービスタンクのヘッドが1.5m以上あり、リターンラインに圧力がかかる場合には、オイルポンプのサクション側に減圧弁を設置してください。

APR型風圧レギュレータ

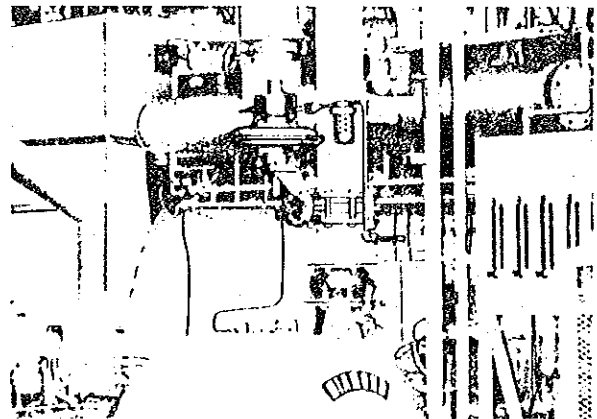
自己流体を作用源とする、省エネタイプのレギュレータ。



APR型風圧レギュレータはニューマチックやハイドロリック作動ではなく、また電気作動のモータライズドバルブや単純な自己制御弁でもありません。被制御流体の低圧空気をアクチュエータの作用源として確実な作動を行う、新しい自己流体作用式レギュレータです。燃焼制御の場合、燃焼量の増減による配管抵抗の変化や炉圧の変動があっても、バーナ差圧を一定に保持することができます。そのほか広く気体の制御に使用することができます。

特長

- 作用用の高圧空気や電源が不要です。このため設備費が低廉で、ランニングコストがかかりません。
- コントロールバルブにバタフライバルブを使用しているのでCv値が大きく、小さな弁差圧で大容量の流体の圧力制御を確実に行うことができます。
- 調節範囲が広く、制御精度が良好です。
- 構造がシンプルで、取り付けが簡単です。保守も容易です。



モデルチェンジのお知らせ

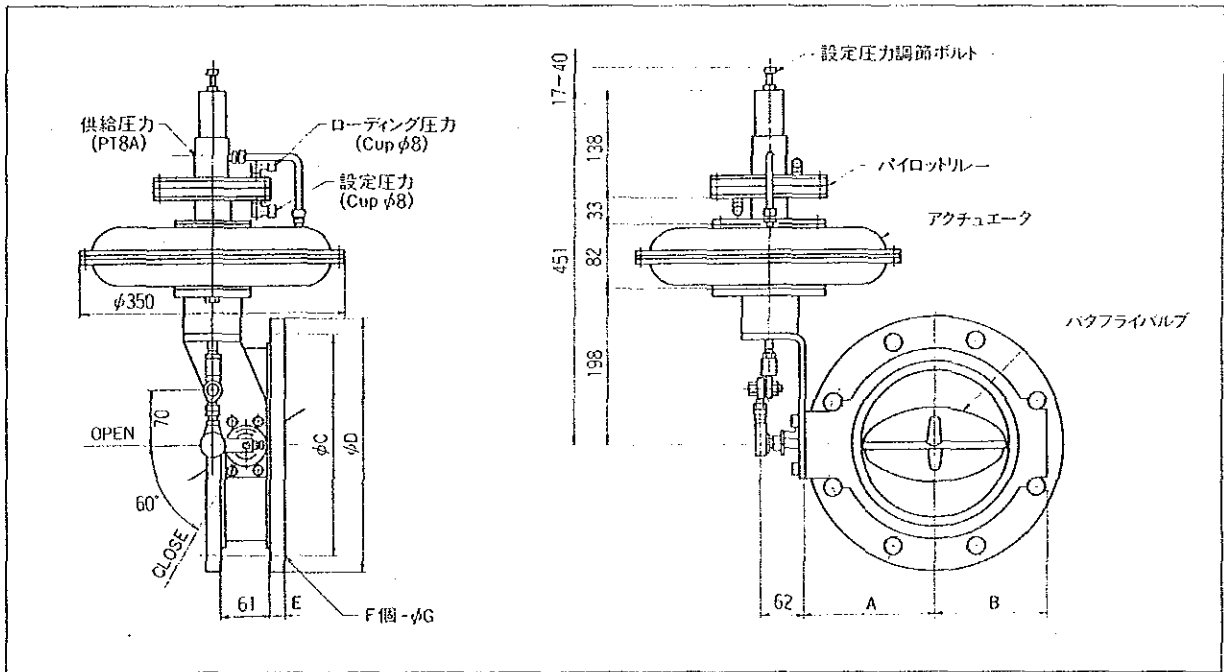
APR-A型からAPR-B型にモデルチェンジしたことにより、大幅なコストダウン(当社比40%)を実現しました。また、弁作動方式は逆作動を採用していますので、ターボプロワのサクション側への取り付けが可能です

仕様

| 一次側(入口)空気圧力 | 設定空気圧力 | 作動空気圧力 | 圧力制御精度 | 弁作動 | 作動空気消費量 | 弁型式 | 接続方式(フランジ) | 空気温度(被制御流体) | 周囲温度 |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------|-------------------------------|----------|-----------------------------------|-------------|-------|
| 0~1100 mmH ₂ O | 300~1000 mmH ₂ O | 400~1100 mmH ₂ O | 設定圧力 ±2.5% | 逆作動 (空気圧上昇で弁閉) | 最大 0.1Nm ³ /min | バタフライバルブ | ウェハー型 JIS 5kgf/cm ² | 常温 | 最高70℃ |

注) 1. 設定空気圧力は最大1000mmH₂Oまで、一次側圧力は1100mmH₂O以下でご利用ください。
2. 水平および垂直配管部への取り付けが可能です

寸法



| 型番 | 呼び径 | Cv値 | A | B | C | D | E | F個 | φG | 重量kg |
|----------|------|------|-----|-----|-----|-----|----|----|----|------|
| APR-100B | 100A | 202 | 110 | 90 | 165 | 200 | 16 | 8 | 19 | 27 |
| APR-150B | 150A | 486 | 145 | 120 | 230 | 265 | 18 | 8 | 19 | 35 |
| APR-200B | 200A | 910 | 170 | 145 | 280 | 320 | 20 | 8 | 23 | 42 |
| APR-250B | 250A | 1470 | 205 | 185 | 345 | 385 | 22 | 12 | 23 | 56 |

注) 重量はJIS5Kフランジ、ボルト、ナット、パッキンを含む合計を示します。

付属品

作動空気用エアフィルター

塗装色

塗装色はシルバーです。

作動説明

風圧レギュレータは、パイロットリレー、アクチュエータ、バタフライバルブの3部分から構成されており、それぞれ次のような働きをします。

●パイロットリレー

ターボブロワの吐出空気の一部を作動空気として取り入れ、設定された圧力と制御圧力により所定の操作用出力に変換してアクチュエータに送る働きをします。

●アクチュエータ

パイロットリレーからの出力圧を内部のダイヤフラムが受けてバタフライバルブを動かすための作動力を発生させます。

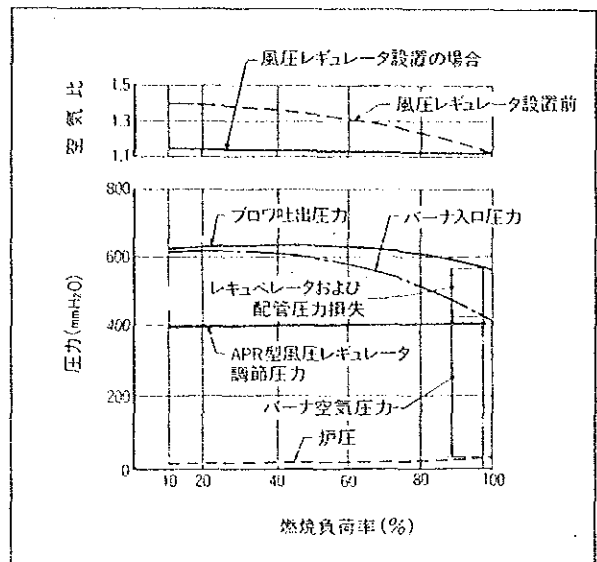
●バタフライバルブ

バルブ部は独特のシールパッキン構造なので弁全開時のリーク量が極めて少なく、弁の絞り比が大きくなります。

燃焼制御に使用する場合

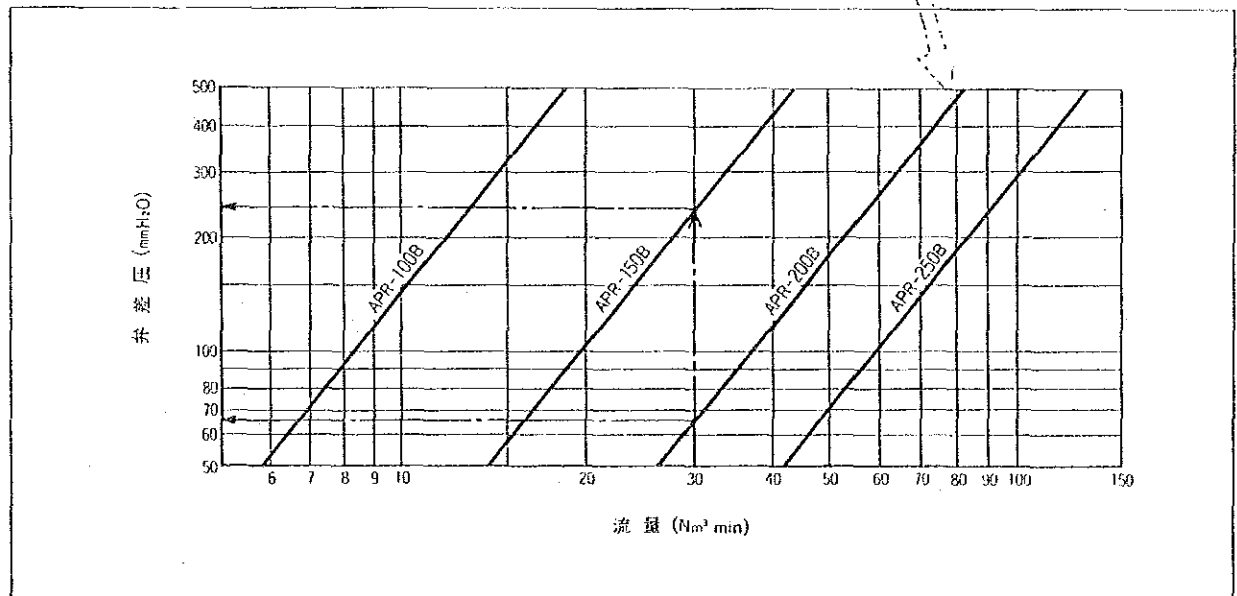
バーナの空気配管系にレギュレータなどが設けられ、大きな送風抵抗がある場合は、右図に示すようにバーナの調節に伴って圧力損失が変化し、バーナ空気圧力の変動が起こり、バーナ空気比に誤差が生じます。APR型風圧レギュレータはバーナ空気圧力を一定に保ち、常に理想的な燃焼を維持します。

また、PLB[®]型オイルバーナでバーナ入口圧力を一定で供給できれば、PLB[®]バーナ本来の広いターンダウン比8:1で運転することができます。



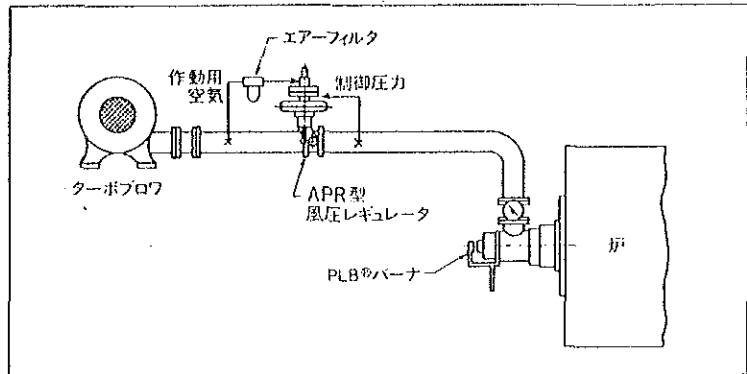
型番選定表

たとえば、必要最大流量が30Nm³/minのとき、APR-200型を使用すると弁差圧は70mmHgが必要です。またAPR-150型では230mmHgが必要です。

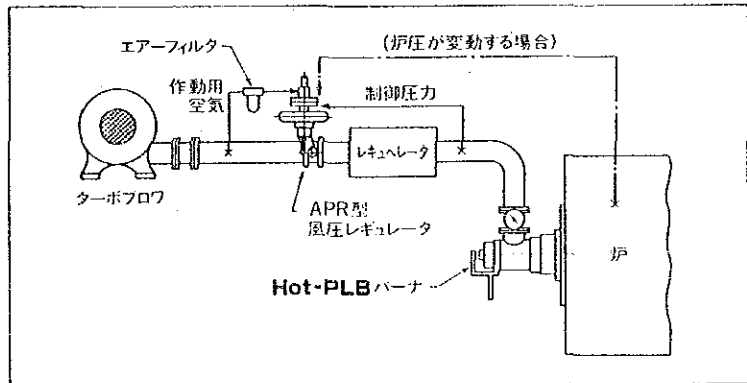


使用例

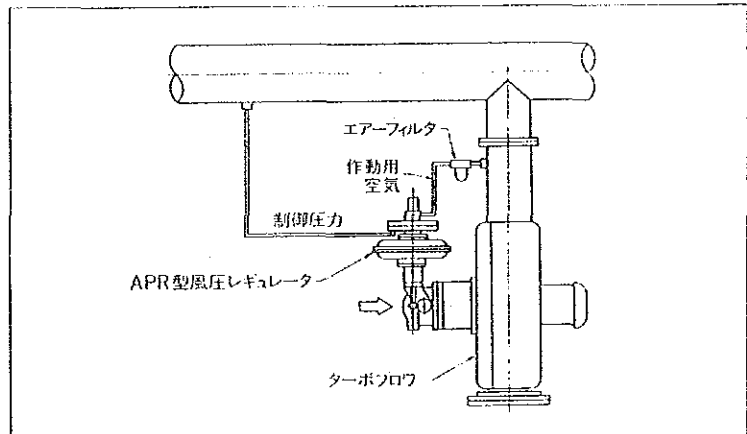
● 燃焼量が変化した場合でも、空気量の増減に関係なくバーナに供給する空気圧力を一定に保ち、PLB®バーナの優れた空燃比特性を十分に発揮することができます。



● 燃焼に予熱空気を使用する場合、バーナに供給する空気圧力を一定に制御し、Hot-PLBバーナの正確な空燃比制御機能、燃料節約効果を一層向上させることができます。
また、炉圧が変動する場合、APR型風圧レギュレータによってバーナ差圧を一定に制御し、常に理想的な燃焼を続けます。

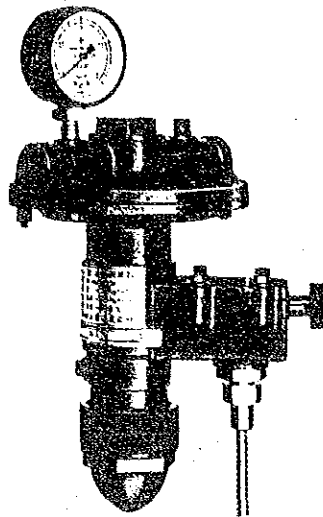


● ブロワ吐出圧力および供給圧力を一定にするための制御などに利用します。
また、ブロワのサージング防止の機能があり、この場合は右図のようにブロワのサクシヨン側に取り付けます。



PRT型油圧調節器 (特許No.1230703)

適正な空気比で、オイル燃焼に大幅な燃料節約。



空気温度の変化に対応して油圧力を自動的に調節する油圧自動調節器です。

予熱空気を使用する場合、空気温度が変化すると空気密度が変動し、これに伴って実質吐出空気量が変化します。

PRT型油圧調節器は、感温部で空気温度を検出し、この空気温度に応じて油圧力を自動的に調節して空燃比のずれを補正します。

ご好評をいただいておりますHot-PLBバーナに本器を合わせてご使用いただきますとHot-PLB本来の正確な空燃比制御機能を十分に発揮し、より一層の燃料節約ができます。

特長

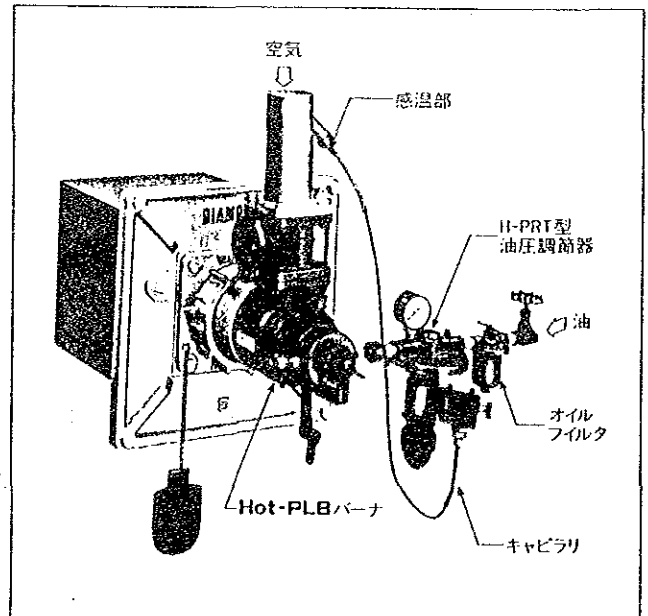
- 簡単な装置で、常に適正な空気比を保ちます。
- 常温から300°Cまでの空気温度に対応できるPRT型と500°CまでのH-PRT型があります。
- 複雑・高価な装置が不要で、設備費が低減できます。

標準仕様

| | |
|-------------|------------------------------------|
| 燃 料 | 灯油・軽油・重油 |
| 入 口 圧 力 | 2~3kg/cm ² |
| 出 口 圧 力 | 0.3~0.8kg/cm ² |
| 空 気 温 度 範 囲 | PRT型: 20~300°C H-PRT型: 20~500°C |
| キャピラリ長さ | 2m |
| 油 量 | PRT-10型: 0.5~80ℓ/h |
| | H-PRT-10型: 0.5~80ℓ/h |
| | PRT-15型: 10~250ℓ/h |
| | H-PRT-15型: 10~250ℓ/h |

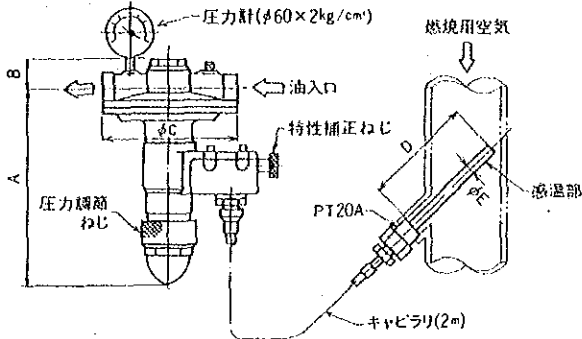
取付例

Hot-PLBバーナに取り付けた例を示します。



PRT 油圧調節器

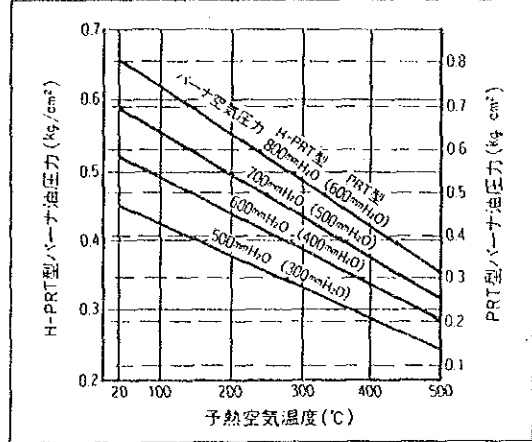
寸法



| 型番 | A | B | φC | D | φE | 接管径 | 重量kg |
|----------|-----|----|-----|-----|----|-----|------|
| PRT-10 | 230 | 32 | 155 | 110 | 12 | 10A | 6.2 |
| PRT-15 | 230 | 35 | 155 | 110 | 12 | 15A | 6.2 |
| H-PRT-10 | 230 | 32 | 155 | 110 | 12 | 10A | 6.2 |
| H-PRT-15 | 230 | 35 | 155 | 110 | 12 | 15A | 6.2 |

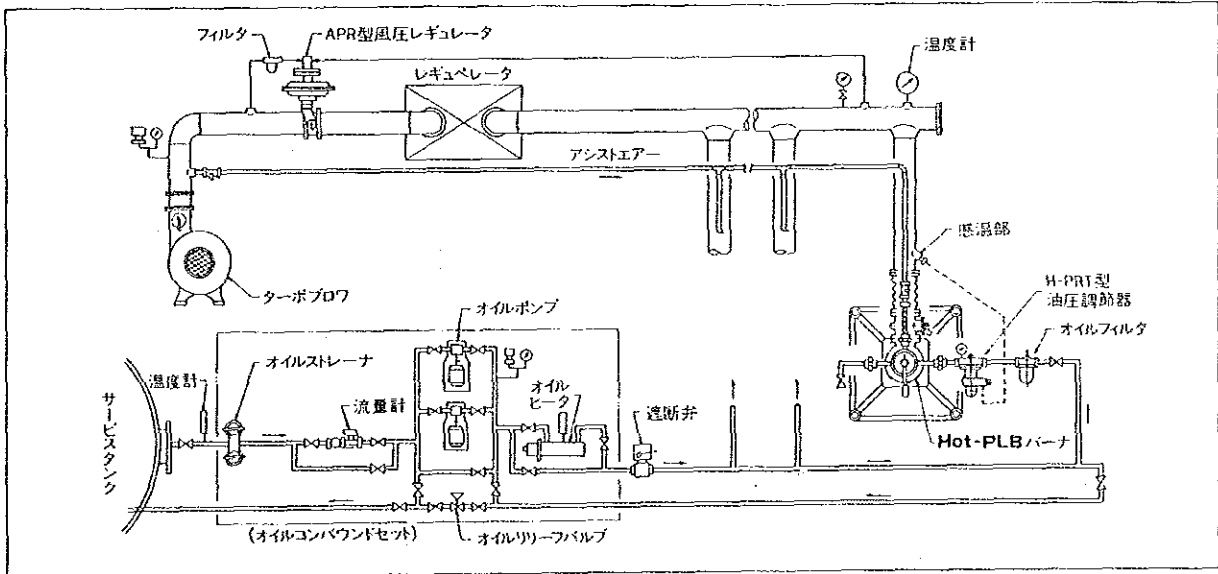
注) 標準付属品としてφ60×2kg/cm²圧力計が付属します。

特性



- 注) 1. 上記の図はHot-PLBバーナと組みあわせて使用する場合の空気圧力300~800mmH₂Oにおける油圧力と空気温度の関係を示したものです。
 2. 使用空気圧力に対応する油圧特性は、上図の範囲内で自由に設定できます。

配管系統図 (Hot-PLBバーナに取り付けた場合を示します)



4. 熱処理炉用雰囲気ガス及び制御方法

4. 雰囲気ガス

金属を熱処理する場合、炉内の雰囲気条件は大きな役割を持っています。これは金属の表面がまわりの気体と化学反応を起こして変質したりあるいは逆に所望の組織に改善することができるからです。たんに空気だけであっても、温度が上昇すると金属は酸化します。一般に不活性と思われがちな水蒸気や炭酸ガスでも、高温ではほとんどの金属に対して酸化性ガスになります。中間焼なましや焼ならしなどでは、わずかな脱炭

やスケールの発生があっても次工程の冷間加工や切削加工などによって、それらの層がなくなるので直火加熱が用いられます。しかし、無酸化熱処理、光輝熱処理をはじめ、浸炭、浸炭窒化、軟窒化、焼結、ろう付け等々は、それぞれの目的に合った雰囲気ガスが必要であり、熱処理の始めから終わりまで、その雰囲気成分を適正に制御しなければ目的どおりの熱処理効果を得ることはできません。

1) 酸化と還元

このグラフは、各種金属の、高温における（水素＋水蒸気）混合気による酸化・還元平衡曲線です。それぞれの曲線の上側では酸化、下側では還元を起こします。

図4-1の中ではマグネシウムが最も酸化しやすく、銅がもっとも酸化しにくいことができます。

鉄の場合は温度によって異なりますが、無酸化にしようとするば H_2O/H_2 の比を1以下にする必要がある、ということになります。

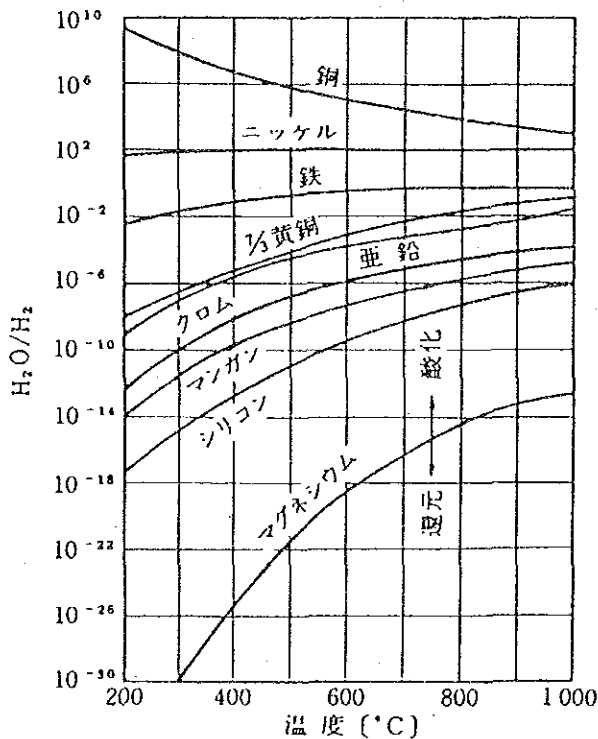


図4-1 金属の酸化、還元平衡

図4-2は鉄が高温で H_2 、 H_2O あるいは CO 、 CO_2 に接するときの酸化・還元平衡図です。太い線の上側では還元、下側では酸化することを表しています。

金属を熱処理する場合の雰囲気ガスのはたらきは、まず、酸化か還元かが基本になります。鉄の場合は、そのほか炭素濃度（カーボンポテンシャル）が高いか低いかによって浸炭か脱炭かの違いが出てきます。

窒化その他の表面熱処理も、まずその雰囲気は中性あるいは還元性でなければなりません。

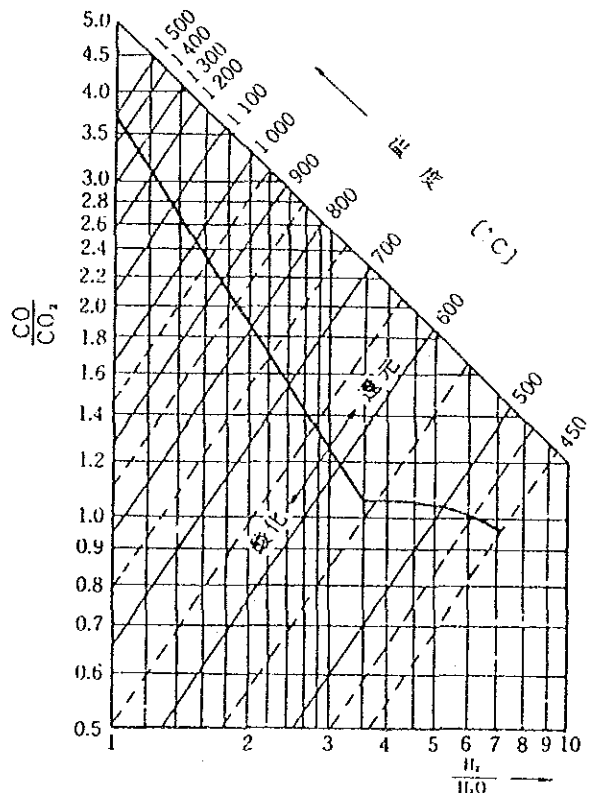


図4-2 鉄の酸化還元平衡状態図

2) 熱処理用雰囲気ガス

表4-1 熱処理用雰囲気ガス

| ガス名称 | 性質・組成 原料 | 密度 kg/m ³ (25℃) | ガス組成 (体積%) | | | | | |
|-------------|-------------|----------------------------------|-------------------------|------|----------------|-----------------|---------------------------|----------------|
| | | | CO ₂ | CO | H ₂ | CH ₄ | 露点 H ₂ O | N ₂ |
| RX | プロパン | 0.794 | 0.18 | 23.4 | 31.7 | 0.04 | 2℃ 0.4% | 残 (44.28) |
| | ブタン | 0.809 | 0.18 | 23.9 | 30.4 | 0.04 | | 残 (45.08) |
| DX (リーン) | プロパン | 1.215 | 12.5 | 1.5 | 0.8 | 0.0 | 5℃ 0.8% | 残 (84.4) |
| | ブタン | 1.226 | 12.8 | 1.5 | 0.8 | 0.0 | | 残 (84.1) |
| DX (リッチ) | プロパン | 1.098 | 7.0 | 10.2 | 8.2 | 0.5 | 5℃ 0.8% | 残 (73.3) |
| | ブタン | 1.106 | 7.3 | 10.2 | 7.6 | 0.5 | | 残 (73.6) |
| NX | プロパン | 1.135 | 0.05 | 1.8 | 1.0 | 0.0 | -40℃ | 残 (97.15) |
| | ブタン | 1.136 | 0.05 | 1.8 | 0.9 | 0.0 | | 残 (97.25) |
| HXX | プロパン | 1.092 | 0.05 | 0.05 | 10 ↓ 3 | 0.0 | -40℃ | 残 |
| | ブタン | | | | | | | |
| HX | プロパン | 0.083 | 0.05 | 0.05 | 99.8 | - | -40℃ | 残 |
| | ブタン | | | | | | | |
| AX | アンモニア | 0.348 | - | - | 75.0 | - | - | 25.0 |
| SAX | 々 | 1.113 | - | - | 3~10 | - | - | 残 |
| 水素 | H1* | 0.098 | 0.0 | 0.0 | 99.8 | 0.0 | -5℃ -30℃ -50℃ 以下 | 0.0 |
| | H2 | | 0.0 | 0.0 | 100.0 | 0.0 | | 0.0 |
| 窒素 | N1* | 1.365 | O ₂ 0.2以下 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5℃ -50℃ 以下 | 99.8以上 |
| | N2 | | 0.0 | 0.0 | 1.0以下 | 0.0 | | 99.0以上 |

注) プロパン、ブタンはそれぞれ純プロパン、純ブタンを用いた場合である。
*H1、H2、N1、N2はそれぞれ21頁の表の中に示す水素および窒素である。

この表は、現在実用されている熱処理用の雰囲気ガスの種類と組成です。

AX、SAX、水素、窒素以外は、プロパンやブタンなどの炭化水素ガスを高温で熱分解してつくります。それぞれの雰囲気ガスの組成の違いは、プロパンやブタンと混合する空気の割合の違いや、熱分解で発生したガスの一部を除去したり、さらに化学反応によって他のガスに変換することにより起こります。そのうちおもな処理としてはつぎの操作があります。

- a. CO₂を吸着剤を使って除去する。
- b. COを水性ガス反応によってH₂に変換する。(CO+H₂O ⇌ CO₂+H₂)
- c. H₂Oを冷却、あるいは吸着剤で除去する。

- R Xガス=炭化水素ガスと空気を混合し、約1000℃に加熱した触媒によって熱分解した後急冷して得る。
鉄に対して強還元性であり、光輝熱処理や浸炭に広く使われる。
- D Xガス=炭化水素ガスと空気を混合し、燃焼させたのち水で急冷しさらに冷凍および（必要に応じて）吸湿装置で除湿したもの。混合に当って空気を少な目にすればリッチ、多目にするるとリーンとなる。
- N Xガス=D Xガスから、CO₂を吸着剤あるいは吸収剤を用いて除去したガス。露点-40℃以下。
無酸化熱処理および各種表面熱処理のベースガスとして多く使われる。
- H N Xガス=リッチN Xをつくり、水蒸気を加え、触媒で水性ガス反応によってCOをH₂に変え、脱CO₂、脱H₂Oをしたもの。鋼に対し還元性を有する。
- H Xガス=炭化水素ガスと水蒸気（および空気）を混合し触媒で変成したのち、さらに水蒸気を加え水性ガス反応を起こさせ、それからCO₂とH₂Oを除去した、水素を主体とする強還元性ガス。
- A Xガス=アンモニアガスを触媒で熱分解したもの。組成は75%H₂、25%N₂。
- S A Xガス=アンモニアガスに空気を混合して燃焼させ、その生成ガスを除湿したもの。

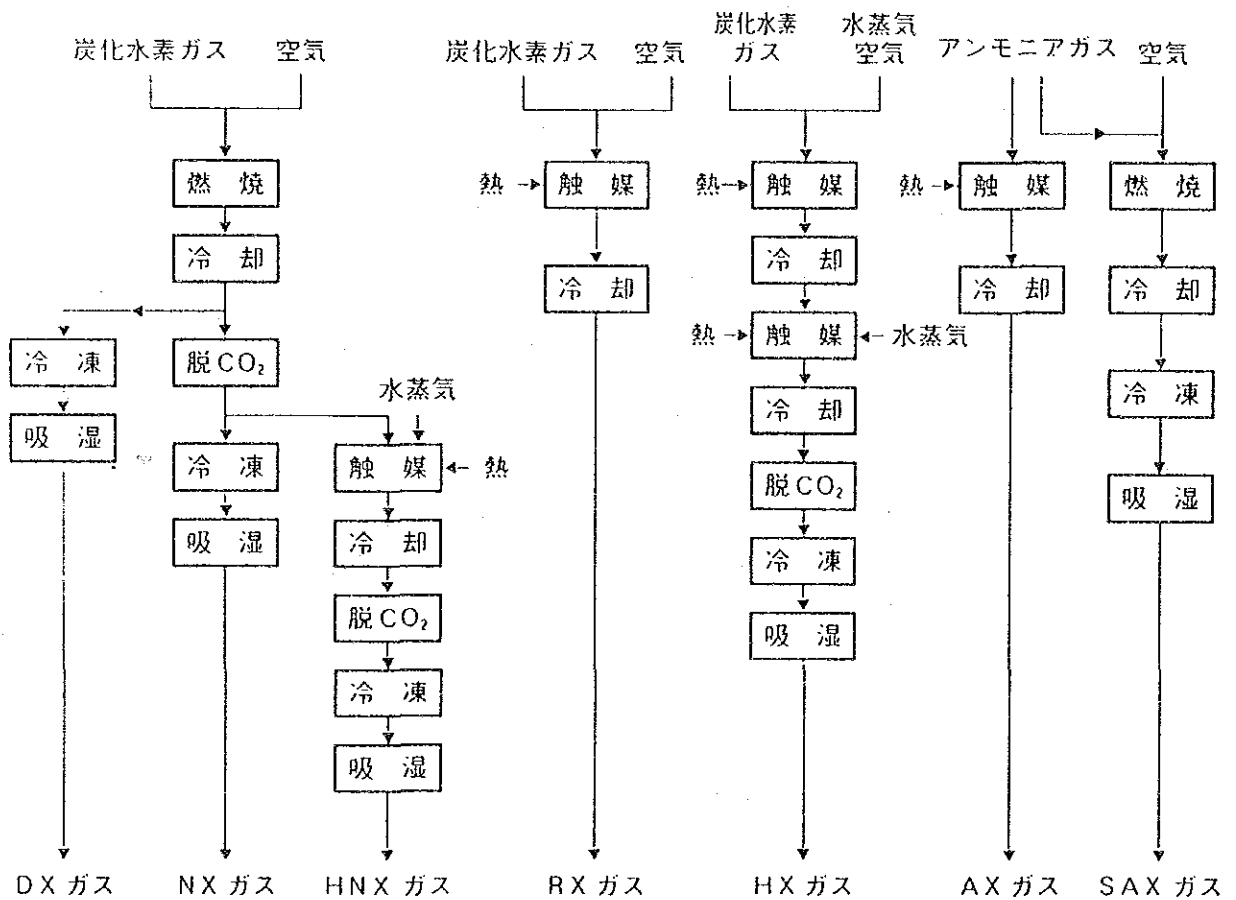


図4-3 熱処理用雰囲気ガス発生プロセス

3) 金属の熱処理に使われる雰囲気ガスとガス発生機

| 熱処理の目的 | 金属の種類 | 熱処理条件 | | | 熱処理温度範囲℃ | 適応ふん囲気ガス |
|-----------|-------------------------------|-----------------|-----|----------|-------------------|---|
| | | 金属の熱処理に使用可能な雰囲気 | 光輝③ | 清浄④ | | |
| 焼なまし | 低炭素鋼 | | ○ | | 650~730 | DX(R), NX, HNX, AX, SAX, H1 |
| | 中~高炭素鋼① | 無 脱炭 | ○ | | 650~790 | HNX, NX+RX |
| | 中~高炭素鋼② | 無 脱炭 | ○ | ○ | 650~790 | NX+RX |
| | 合金鋼① | 無 脱炭 | ○ | ○ | 700~870 | HNX, NX+RX |
| | 合金鋼(中~高炭素)② | 無 脱炭 | ○ | ○ | 700~870 | NX+RX |
| | 高速度鋼① | 無 脱炭 | | ○ | 790~900 | HNX, NX+RX |
| | 高速度鋼③ | 無 脱炭 | | ○ | 790~900 | NX+RX |
| | ステンレス鋼 | | ○ | | 980~1150 | H2, AX |
| | ステンレス鋼 | | ○ | ○ | 980~1150 | DX(R) |
| | 銅・ニッケル合金 | | ○ | | 260~650 | DX(L), N2 |
| 黄銅・青銅 | | | | 430~760 | DX(R), SAX, H1 | |
| ケイ素(電磁)鋼板 | 応力除去・磁性向上 | | | 430~760 | DX(L), NX(+RX) | |
| | | | | 790~1100 | H1, H2 DX(R)②, AX | |
| 焼ならし | 低炭素鋼 | | ○ | ○ | 870~1000 | DX(R), H1, AX, SAX |
| | 合金鋼(中~高炭素)① | 無 脱炭 | ○ | ○ | 820~1100 | HNX, RX |
| | 合金鋼(中~高炭素)② | 無 脱炭 | ○ | ○ | 820~1100 | NX+RX |
| 焼入れ | 高炭素または浸炭鋼 | 無 脱炭 | ○ | ○ | 760~950 | HNX, RX |
| | 合金鋼(中~高炭素) | 無 脱炭 | ○ | ○ | 760~950 | 〃 〃 |
| | 高速度鋼 | 無 脱炭 | ○ | ○ | 980~1320 | 〃 〃 |
| ろう付け | 低炭素鋼 | 銅ろう付け | ○ | | 1120 | DX(R), AX, SAX, H1 |
| | 中~高炭素鋼 | 銅ろう付け(無脱炭) | ○ | | 1120 | HNX, RX |
| | 合金鋼(中~高炭素) | 銅ろう付け(無脱炭) | ○ | | 1120 | 〃 〃 |
| | ステンレス鋼 | 銅ろう付け(無溶剤) | ○ | | 1120 | H1, H2 AX |
| | ステンレス鋼 | 銅ろう付け(溶剤使用) | | ○ | 1120 | DX(R), AX, SAX, H1 |
| | 鋳鉄 | 銀ろう付け(無溶剤) | | ○ | 700~870 | 〃 〃 〃 〃 |
| | 中~高炭素鋼 | 銀ろう付け(溶剤使用) | | ○ | 700~870 | HNX, RX |
| | 銅・黄銅 | 銀ろう付け(溶剤使用) | | ○ | 700~870 | DX(L), NX, N1, |
| 焼結 | 低炭素鋼系 | | ○ | ○ | 980~1150 | DX(R), AX, SAX, H1 |
| | 中~高炭素鋼系 | (無 脱炭) | ○ | ○ | 980~1150 | HNX, NX+RX |
| | 非鉄系(銅、銅-鉛、銅-スズ-黒鉛など) | | ○ | ○ | 700~1040 | DX(R), AX, SAX |
| | タングステン | | ○ | ○ | 1180~1370 | AX, H2 |
| | モリブデン | | ○ | ○ | 1180~1370 | H2 |
| | Al-Ni-Co系磁石ステンレス鋼(TiまたはNbを含む) | | ○ | ○ | 1180~1370 | AX, H2 |
| ガス浸 | はだ焼鋼 | 浸炭 | | ○ | 870~950 | RX⑤ |
| 復炭 | 中~高炭素鋼、合金鋼(中~高炭素) | 浸炭 | | ○ | 820~900 | NX+RX, RX⑤ |
| 窒化 | 窒化鋼など | 窒化 | | ○ | 540 | NX+NH ₃ , RX+NH ₃ |

注) ①=熱処理時間が短いとき。
 ②= 〃 が長いとき。
 ③=光輝とは材料表面が熱処理前と同等またはそれよりもきれいな場合。
 ④=清浄とは材料表面が、厚いスケールで覆われていないが、うすい酸化層で着色している程度。
 ⑤=天然ガス、プロパン、ブタンなどでエンリッチする。
 H1, H2, N1, N2については19頁の表4-1を参照のこと。

5) 滴注式浸炭

滴注式浸炭とは、C-H-O系の比較的低温の有機液体を直接、浸炭炉内に滴下し、その時に蒸発・分解して発生するガスによって浸炭する方法です。C-H-O化合物の分解ガスですから、生成ガスの主体はH₂とCOです。RXガスの場合は分解に当って空気と混合するのでN₂を含有していますが、滴注式では空気を混ぜないので雰囲気ガス中にN₂を含みません。組成が一定のC₃H₈（プロパン）やC₄H₁₀（ブタン）、あるいはCH₄（メタン）が容易かつ安価に入手できず、メタノール、プロパノールなどが入手しやすい地方では、滴注式は比較的簡単にできる浸炭方法です。

(1) 原理

常温で液体のC-H-O系有機液体を、浸炭温度に保たれた炉内に滴下すると直ちに蒸発・分解します。

表4-2 滴注浸炭用液剤の例

| 基本系体 | 一般名 | 代表例 |
|----------|--------|--|
| 水酸基 | -OH | アルコール |
| | | メチルアルコール (CH ₃ OH) エチルアルコール (C ₂ H ₅ OH) プロピルアルコール (C ₃ H ₇ OH) |
| アルデヒド基 | -CHO | アルデヒド |
| | | アセトアルデヒド (CH ₃ CHO) プロピオンアルデヒド (C ₂ H ₅ CHO) |
| カルボニル基 | >CO | ケトン |
| | | アセトン (CH ₃ COCH ₃) メチルエチルケトン (CH ₃ COC ₂ H ₅) |
| カルボキシル基 | -COOH | カルボン酸 |
| | | ギ酸(HCOOH) |
| アルコール誘導体 | エーテル | メチルエーテル (CH ₃ OCH ₃) メチルエチルエーテル (CH ₃ OC ₂ H ₅) |
| | エステル | 酢酸メチル (CH ₃ COOCH ₃) 酢酸エチル (CH ₃ COOC ₂ H ₅) |
| C-H-O-N系 | 尿素 | NH ₂ >CO NH ₂ (窒化用) |
| | アセトアミド | CH ₃ >CO NH ₂ |

表4-2に、一般によく使われている液剤を掲げました。これからわかるように、鎖状化合物が用いられ、環状化合物はほとんど使われません。これは、環状化合物では、C-Hの結合力よりもベンゼン核のC=Cの結合の方が強く、熱分解の際にH₂をさきに分離して煤を発生するからです。鎖状化合物では、C-Hの結合の方がC=Cよりも大きいため、中間生成物としてC

H₂などの炭化水素ガスを生成し、煤を発生しにくいわけです。さらに煤の発生が少いものとして、C-H放出後の余剰のCと結合してCOとなるO（酸素）原子を含んでいるものが好んで使われています。表4-3に基剤となるメタノールのおもな性質を示しました。

表4-3 メタノールのおもな性質

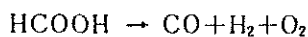
| | |
|------|-------------------------|
| 化学式 | : CH ₃ OH |
| 沸点 | : 64.1℃ |
| 密度 | : 0.8 g/ml |
| 低発熱量 | : 3.760 kcal/l |
| 蒸発熱 | : -210 kcal/l |
| 分解熱 | : -510 kcal/l (at 650℃) |
| 分解温度 | : 650℃(触媒なしで) |

このような液剤は熱分解によってつぎのようにCOとH₂を発生するとともに、鋼表面で浸炭にさいして炭素〔C〕を分離します。

| 液 剤 | %CO | %H ₂ |
|--|------|-----------------|
| CH ₃ OH → CO+2H ₂ (メタノール) | 33.3 | 66.7 |
| CH ₃ >CH·OH → CO+4H ₂ +2〔C〕 CH ₃ (イソプロパノール) | 20 | 80 |
| CH ₃ COOCH ₃ → 2CO+3H ₂ +〔C〕 (メチルアセテート) | 40 | 60 |
| CH ₃ COOC ₂ H ₅ → 2CO+4H ₂ +2〔C〕 (エチルアセテート) | 33.7 | 66.7 |

メタノールはCとOの原子数が同じであり、イソプロパノール、メチルアセテート、エチルアセテートではいずれもC原子数がO原子数よりも多く、COにならなかった〔C〕が浸炭用の炭素となります。

なお、¹炭酸はO原子の数がC原子数よりも多く、



となり、酸素ガスを発生します。これは脱炭制御用のガスとして用いられます。

以上のように、液剤中のCとOの比は、浸炭能に大きい影響を与えます。また、実際の浸炭作業の結果では、液剤滴注量も雰囲気ガスの炭素濃度を左右する因子です。その一例を図4-4-1および4-4-2に示しました。

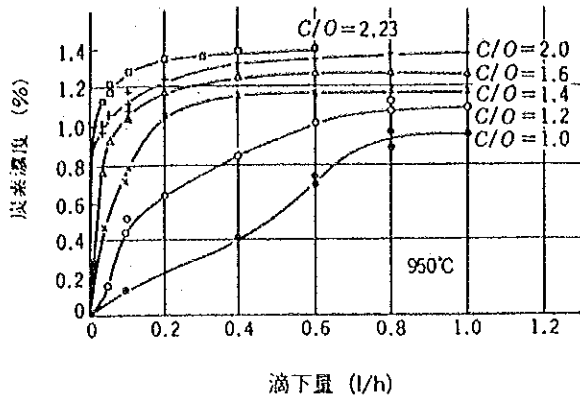


図4-4-1 各種浸炭液の滴下量と雰囲気炭素濃度の関係
(竹内淳、「工業加熱」vol.15, No.5, p.29~)

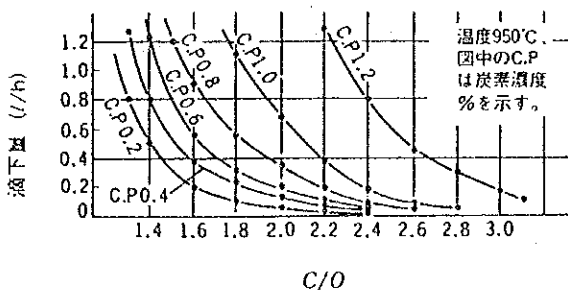


図4-4-2 滴下量と雰囲気炭素濃度との関係
(出典：図4-4-1 に同じ)

表4-4 同一炭素濃度における雰囲気ガスの違いによるCO₂および露点の違い

| | RXガス | CH ₃ OH | CH ₃ COO CH ₃ | (CH ₃) ₂ CH·OH |
|---------------------|---------------|--------------------|--|--|
| | (原料： プロパン) | メタノール | メチル アセテート | イソプロ パノール |
| CO% | 23.6 | 33.3 | 40 | 20 |
| H ₂ % | 31.5 | 66.7 | 60 | 80 |
| 炭素濃度% | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 平衡CO ₂ % | 0.151 | 0.30 | 0.433 | 0.108 |
| 平衡H ₂ O% | 0.292 | 0.869 | 0.941 | 0.628 |
| 露点°C | -9.6 | 5.2 | 6.3 | 0.6 |

内藤武志「浸炭焼入れの実際」日刊工業新聞社刊、p.88)

上述のことをまとめると、液剤としては

- a. 分解しやすく煤の発生が少ない
- b. 安価である
- c. 毒性がなく、取扱いがやさしい

ことが必要です。

実際には、メタノールをキャリアガス用とし、エチル(またはメチル)アセテート、イソプロパノールをエンリッチ用として使うことが多いようです。しかし、上記の反応式からわかるように、メタノールとエチル

アセテートは、どちらも分解時に発生するCOとH₂の%が同じですので、エンリッチ量が増減しても雰囲気ガスのCO%およびH₂%が変わらず、他の場合に比較して雰囲気ガスの炭素濃度制御がしやすいといえます。図4-5はキャリアガスとしてメタノール、エンリッチガスとしてエチルアセテートを用いたときの、炭素濃度とCO₂%の関係を示すものです。

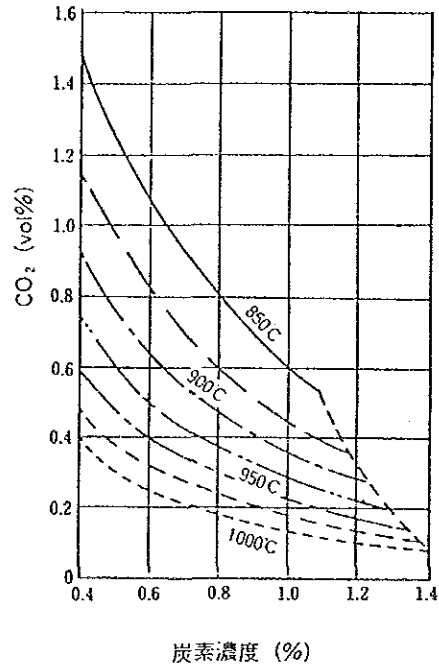


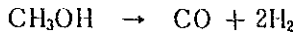
図4-5 キャリアガス用としてメタノール、浸炭剤としてエチルアセテートあるいはメチルアセテート/アセトン(1:1)を用いた場合の炭素濃度とCO₂%の関係
(宮田恭二、「熱処理」vol.21 (1981), No.5, p.273)

(2) 滴注式の特徴

滴注式では、市販の比較的入手しやすい有機液剤を制御しながら滴下するだけで、所望の炭素濃度の雰囲気気がえられます。すなわち、RXガス発生機なしで浸炭ができるので、発生機に必要なスペース、装置費、設備維持費などが不要となります。また、作業も簡単で、予め混合比を一定にして調合した液剤を数種類準備し、サイクルに応じて切換え滴注する方式ではさらに作業は単純化できるでしょう。

しかし、操業費の大部分を占める、雰囲気原料となる炭化水素ガスおよび液剤のコストを比較しておくことが賢明でしょう。

滴注式の場合、



1モル(32g)→22.4ℓ+44.8ℓ=67.2ℓ(標準状態)

となりますから、雰囲気ガス1000m³をつくるに要するメタノールの量はつぎのとおりです。

$$\frac{1000\text{m}^3}{67.2\ell} \times 32\text{g} = 476\text{kg} (\cong 595\ell)$$

一方、RX式の場合、RXガス1000m³をつくるにはプロパンの場合79m³(ブタンでは61m³)必要です。

したがって、メタノール、およびプロパンあるいはブタンの単価をそれぞれ上記の数値に乗ずれば、雰囲気ガス1000m³をつくるに要するコストを比較することができます。

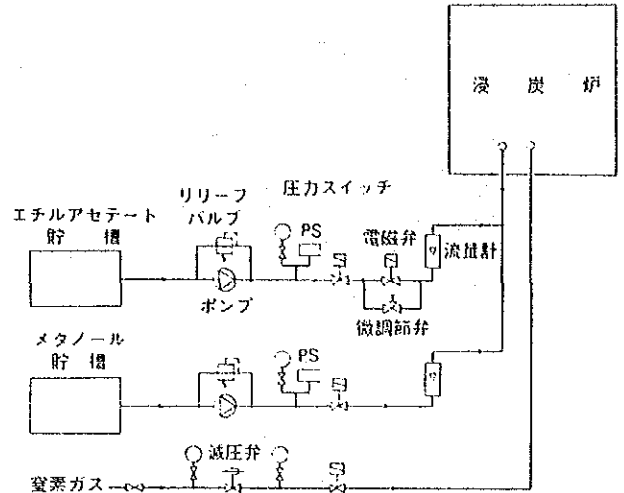


図4-6 滴注式浸炭炉雰囲気配管系統例

(3) 滴注式浸炭の実際

滴注式浸炭もガス浸炭の一種で、熱処理サイクルや炭素濃度制御の原理はRXガス浸炭の場合と同じです。RXガス方式と異なるのは、液剤を直接、炉内に滴注することと、炉内雰囲気組成がRXガス浸炭に比較してCO%が高く、またN₂がないという点でしょう。

液剤の滴注制御方法は大きくわけてつぎの3つがあります。

2液式：キャリアガス用液とエンリッチ用液のタンク2つを持ち、原則としてキャリアガス用液の供給量を一定とし、炭素濃度制御にはエンリッチ液供給量を増減します。炭素濃度制御は正確。

混合1液式：キャリアガス用液とエンリッチ用液をあらかじめ一定の比率に混合してタンクに貯蔵し、炭素濃度制御信号に応じて滴注量を増減します。制御精度は良好ですが、余分なガスを発生することになり、2液式よりもやや不経済です。

混合複数液切換式：数種の段階の炭素濃度に相当する混合液をつくり別々のタンクに入れ、ヒートサイクル中、その時々に応じた炭素濃度の混合液に切り換えます。この方式は実際には手動で行われることになり、期待した通りの炭素濃度精度が得にくいというえ、経済性もかまばしくないといわれています。

最近よく使われている2液方式の配管系統の例を図4-6に掲げておきました。

先に述べたように、同一炭素濃度でも滴注浸炭雰囲気はRXガスにくらべてCO含有量が多い傾向にあります(表4-4)。CO-CO₂系ガスは、500~600℃で煤を発生しやすく、これが原因で滴注式ではガスサンプリングチューブを閉塞しやすいため相応の対策が必要です。サンプリングチューブ内の流速を上げる、サンプリングガスを急冷する、といった方法があります。

滴注液剤は可燃性であるため、貯蔵と取り扱いに万全の対策が必要です。消防法ではつぎのように類別・規制しています；一

| | | | 規定量 |
|----------|-----|---------|------|
| メタノール | 第4類 | アルコール類 | 200ℓ |
| イソプロパノール | 第4類 | アルコール類 | 200ℓ |
| エチルアセテート | 第4類 | 醋酸エステル類 | 200ℓ |
| メチルアセテート | 第4類 | 醋酸エステル類 | 200ℓ |
| アセトン | 第4類 | 第1石油類 | 100ℓ |

これらの液剤を規定量以上貯蔵しあるいは取扱う場合は、消防署へタンク設置の許可を申請するとともに、危険物取扱主任者を置かなければなりません。(詳細は消防法を参照のこと。)

8. 雰囲気制御

1) 雰囲気のはたらき

熱処理において、炉内雰囲気ガスの制御は熱処理の効果を左右する大きな因子であり、温度制御と同等あるいはそれ以上に重要なものです。

直火式加熱で焼ならし、焼なまし、焼入れなどを行なう場合でも、たとえば空気比調節によって炉内雰囲気組成を制御すれば、酸化量、スケール発生量などを最少に抑えることができます。間接加熱による雰囲気熱処理においては、雰囲気を精密にコントロールすれば浸炭、浸炭窒化、無酸化または光輝熱処理など各種の表面性状を得ることができます。

普通鋼、合金鋼、非鉄金属(アルミニウム、銅など、およびそれらの合金)等の熱処理で、制御しなければならないガス成分は酸素(O₂)、二酸化炭素(CO₂)、一酸化炭素(CO)、水蒸気(H₂O)、水素(H₂)、メタン(CH₄)等がおもなもので、これらの含有量(%)を分析によって知り、その値あるいは比率をコントロールすることによって雰囲気熱処理を行うことができます。

たとえば図4-1と図4-2で説明したように、鉄をはじめ各種金属は、O₂によってまともに酸化される場合は論外として、H₂、H₂O、CO、CO₂の比率によって酸化するか還元されるかがまぎります。H₂とH₂OおよびCOとCO₂の比率を、各温度に応じた値になるようコントロールすれば、無酸化あるいは光輝熱処理もできます。以下に、雰囲気熱処理として最も広く用いられているガス浸炭の雰囲気制御について説明します。

2) 浸炭雰囲気制御

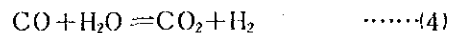
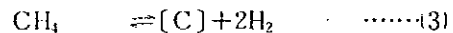
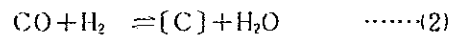
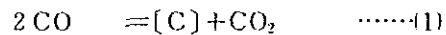
鋼の浸炭とは、鋼の表面にCO分子が吸着し、熱分解の結果生ずる炭素原子が鋼の内部に拡散することによって行われます。浸炭した鋼を顕微鏡で観察すると、表面に近い部分に炭素が最も多く、中の方へ行くに従って少なくなっています。浸炭した鋼を焼き入れ焼き戻しすると、表面が硬くて耐摩耗性と疲れ強さが向上し、しかも内部は強靱になるので自動車の変速歯車などにはもってこいの性質を与えることができるわけです。

鋼の表面に炭素を浸透させる方法としては、炭素源として、木炭を使用する固形浸炭、溶融塩浴を使う液

体浸炭、アルコールやその他炭化水素化合物(液体)を炉内に滴下してその分解ガスを使用する滴注式などが、熱処理技術の発展時代に多く使われて来ました。また現在も比較的小規模の生産や、炭化水素ガスが容易に入手できない地方ではこのような方法が使われています。

わが国をはじめ多くの国では、石油の利用技術とその製品・副産品の流通が発達した結果として、メタン(天然ガスに多く含まれる=CH₄)、プロパン(C₃H₈)、ブタン(C₄H₁₀)などの炭化水素ガスがたやすく入手できるようになりました。その品質も現在ではロットによって差がありません。その結果として、ガス浸炭が広く用いられるようになりました。ガス浸炭は、上述のような炭化水素ガスを触媒を使って熱分解してえられる、CO、H₂、N₂を主成分とするRXガス(P. 19~23参照)に炭素濃度調整用として炭化水素ガスをわずかに添加して、この中で鋼製品を加熱することによって行われます。ガス浸炭は固形浸炭、液体浸炭などに比べて生産性がよい(低コストな)ので、自動車部品や機械部品の大量生産に広く使われています。

ガス浸炭において、鋼材表面と雰囲気ガス、および雰囲気内で起こるおもな化学反応はつぎの式で表されます。



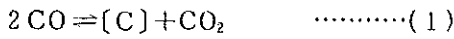
式中の{C}は雰囲気ガスから鋼(オーステナイト)中に溶け込む炭素を表します。したがって、式(1)、(2)、および(3)の反応が右向きに進行すれば浸炭が行われ、右から左に進めば脱炭が行われるわけです。

式(4)は水性ガス反応と呼ばれ、その雰囲気中のCO、CO₂、H₂、H₂O間の平衡を保つ反応であり、他の反応にくらべて急速に進行します。式(3)の反応は他の反応に比較して遅く、また浸炭雰囲気中にはCH₄の含有量は少ないので、計算においてはしばしば無視されます。

各反応式が、ある温度においてどの程度右あるいは

左に進むかの指標として平衡常数Kがあります。上の各反応のKについてはつぎのような報告（代表例）があります。

反応(1); -

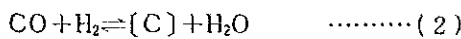


$$K_1 = \frac{(\text{CO})^2}{(\text{CO}_2) \text{Ac}_1} \quad \dots\dots\dots (1-1)$$

$$\log K_1 = 3.2673 - \frac{8820.7}{T} - 1.2087 \times 10^{-3} T + 0.1537 \times 10^{-6} T^2 + 2.2955 \log T \quad \dots (1-2)$$

(D. D. Wagmann)

反応(2); -



$$K_2 = \frac{(\text{CO})(\text{H}_2)}{(\text{H}_2\text{O}) \text{Ac}_2} \quad \dots\dots\dots (2-1)$$

$$\log K_2 = -\frac{7008}{T} + 7.457 \quad \dots\dots\dots (2-2)$$

(F. Neumann)

反応(3); -

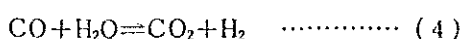


$$K_3 = \frac{(\text{CH}_4)}{(\text{H}_2)^2 \text{Ac}_3} \quad \dots\dots\dots (3-1)$$

$$\log K_3 = \frac{4768}{T} - 5.767 \quad \dots\dots\dots (3-2)$$

(F. Neumann)

反応(4); -



$$K_4 = \frac{(\text{CO})(\text{H}_2\text{O})}{(\text{CO}_2)(\text{H}_2)} \quad \dots\dots\dots (4-1)$$

$$\log K_4 = -\frac{1763}{T} + 1.627 \quad \dots\dots\dots (4-2)$$

(F. E. Harris)

ただし、式中で(CO)、(H₂O)などと()でくくつてあるのは、それぞれ成分ガスCO、H₂Oなどの、その反応系における分圧を示しています。またTは反応が行われている系の絶対温度(T=°C+273)です。またAc₁、Ac₂、……などは、炭素の活量係数と呼ばれるもので、その温度におけるオーステナイトへの炭素の固溶限における炭素の活量(a₁)を基準にした、実際の表面炭素量に対する炭素の活量(a₂)の比、すなわちAc=a₂/a₁です。

K₂についてはK₁とK₄からつぎのようにして求めることができます。K₁とK₄は多くの報告があるのでこの方が信頼性がより高いと考えられます。

Ac₁とAc₂は同一時点では等しいから、式(1-1)および(2-1)から、

$$\text{Ac}_1 = \frac{(\text{CO})^2}{(\text{CO}_2)} \cdot \frac{1}{K_1} = \text{Ac}_2 = \frac{(\text{CO})(\text{H}_2)}{(\text{H}_2\text{O})} \cdot \frac{1}{K_2}$$

これより

$$\frac{1}{K_2} = \frac{1}{K_1} \cdot \frac{(\text{CO})^2}{(\text{CO}_2)} \cdot \frac{(\text{H}_2\text{O})}{(\text{CO})(\text{H}_2)} = \frac{(\text{CO})(\text{H}_2\text{O})}{(\text{CO}_2)(\text{H}_2)} \cdot \frac{1}{K_1} = \frac{K_4}{K_1}$$

したがって

$$K_2 = \frac{K_1}{K_4}$$

表8-1 各温度における平衡常数Kの計算値

| °C | T | K ₁ | K ₂ = $\frac{K_1}{K_4}$ | K ₃ | K ₄ |
|------|------|----------------|------------------------------------|----------------|----------------|
| 700 | 973 | 1.073 | 1.643 | 0.1358 | 0.6531 |
| 800 | 1073 | 7.644 | 7.931 | 0.0475 | 0.9638 |
| 850 | 1123 | 17.83 | 15.64 | 0.0301 | 1.140 |
| 900 | 1173 | 38.62 | 29.04 | 0.0199 | 1.330 |
| 930 | 1203 | 59.53 | 41.08 | 0.0157 | 1.449 |
| 950 | 1223 | 78.38 | 51.20 | 0.0136 | 1.531 |
| 1000 | 1273 | 149.76 | 85.77 | 0.00951 | 1.746 |
| 1050 | 1323 | 273.1 | 138.7 | 0.00687 | 1.968 |
| 1100 | 1373 | 474.2 | 215.3 | 0.00508 | 2.203 |

各温度におけるK₁~K₄の計算値を表8-1に示しました。

Acはa₁およびa₂を別々に計算してAcを求める(例えばR. P. Smithの式)のがオーソドックスな方法ですが、一方、H. Schenk (Archiv für das Eisenhüttenwesen, 31(1960)227)は1回の計算でAcを与える式を提案しています。すなわち、

$$\log \text{Ac} = \log \left(\frac{\text{NC}}{1-5\text{NC}} + 0.9\text{NC}^2 \right) + \frac{2105}{T} - 0.6735$$

ただし

NC: γ-Fe中の炭素の原子率で

$$\text{NC} = \frac{\text{C}}{21.5 + 0.785\text{C}} \cong 0.045\text{C}$$

ただし Cはγ-Fe中のC%、T=°C+273

この式を用いて計算した、炭素鋼のAcとオーステナイト中へのグラファイトの固溶限を、表8-2に示しました。

表8-2 オーステナイト (炭素鋼) における炭素の活量係数Acとグラファイト固溶限

| ℃ | Ac | % C | | | | | | | 固溶限 % C |
|-----|----|------|------|------|------|------|------|------|------------|
| | | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | |
| 800 | | 0.74 | 0.88 | | | | | | 0.86 |
| 850 | | 0.61 | 0.72 | 0.83 | 0.95 | | | | 1.02 |
| 900 | 値 | 0.51 | 0.60 | 0.69 | 0.79 | 0.90 | | | 1.18 |
| 930 | | 0.46 | 0.54 | 0.62 | 0.71 | 0.81 | 0.91 | | 1.28 |
| 950 | | 0.43 | 0.50 | 0.58 | 0.67 | 0.76 | 0.85 | 0.96 | 1.35 |

合金鋼のAcは炭素鋼のAcとは若干異なり、F. Neumann らは、炭素鋼のAcに乗ずるつぎのような修正係数を報告しています。

$$f = 1 + 0.15Si + 0.033Si^2$$

$$+ 0.0365Mn$$

$$- 0.13Cr + 0.0055Cr^2$$

$$+ 0.03Ni + 0.00365Ni^2$$

$$- 0.025Mo - 0.01Mo^2$$

$$- 0.03Al - 0.02Al^2$$

$$- 0.016Cu - 0.0014Cu^2$$

$$- 0.22V + 0.01V^2$$

左の式中でSi、Mn、Crなどはそれぞれ合金元素の含有率%です

一般に浸炭用として多く用いられている鋼種についてこの式を用いてfを計算するとつぎのようになります。

$$SCr420 \text{ では } f = 0.93$$

$$SCM420 \text{ では } f = 0.92$$

以上の諸式から、所定の表面炭素%に対するAcが求められ、浸炭雰囲気中のCO%が判明していれば、K₁が一定になるようCO₂%を制御すれば浸炭雰囲気の炭素濃度を一定に保つことができます。あるいはこのCO₂%と平衡関係にあるH₂O (水蒸気) %を露点その他の手段で測定してもこの目的を達することができます。幸い、RXガス中のCO%は、原料ガスの組成と、RXガス発生機に送入する時の原料ガスと空気の混合比と、発生機の触媒層の温度が、いずれも一定であれば、変動がありませんから、CO₂あるいはH₂O%を制御することによって、炭素濃度を一定に保つことができます。

原料ガスとしてCH₄を使った場合、基本的にRXガス中のCOは20%、H₂は40%となります。この値を基

準として計算してつくったグラフが図8-1(CO₂%)、および図8-2(露点)です。露点と水分%との関係を図8-3に示しておきました。

また、全浸炭深さと浸炭時間の関係については実用的にはF. E. Harrisの式があります。

$$\text{浸炭深さ} = \frac{802.6\sqrt{t}}{10^{\left(\frac{T}{273}\right)}} \text{ [mm]}$$

ここにtは加熱時間(h)、Tは絶対温度(℃+273)です。

この式による計算結果を図8-4に示します。

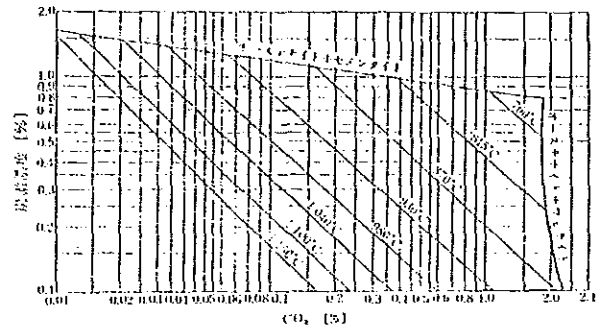


図8-1 CO₂%と炭素濃度の関係

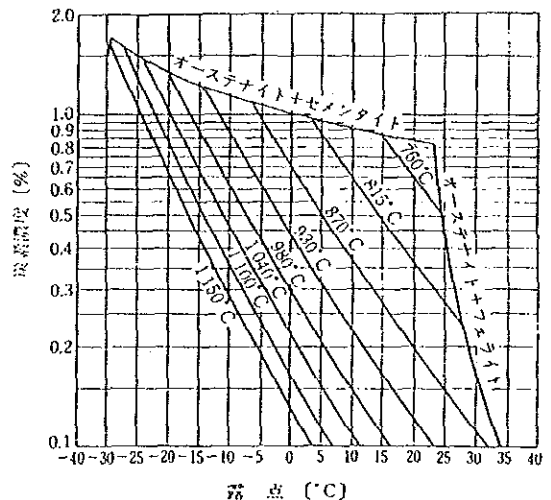


図8-2 露点と炭素濃度の関係

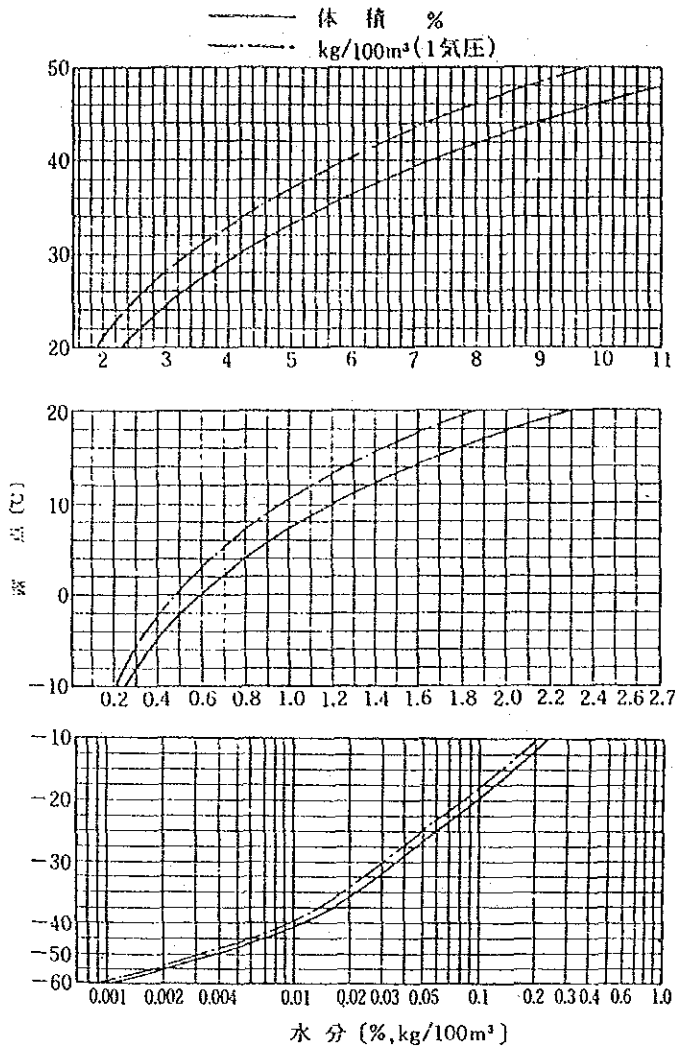


図8-3 露点と水分との関係

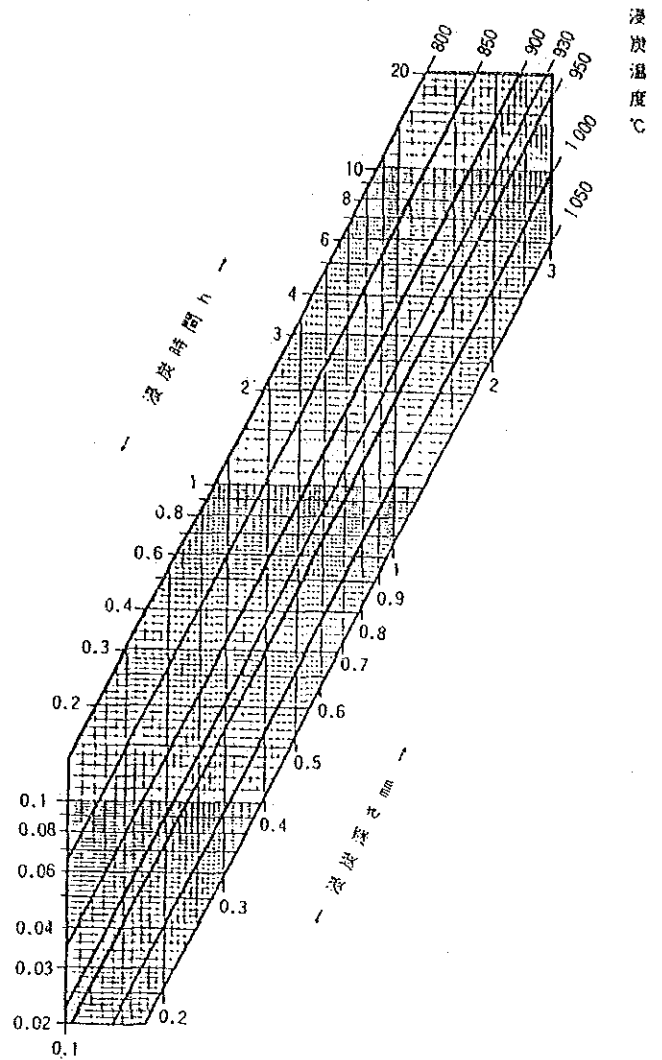


図8-4 浸炭温度、浸炭時間と全浸炭深さの関係 (F.E.Harrisの式より)

3) 雰囲気ガスの測定

前項で、ガス浸炭を例にとって、金属熱処理における雰囲気ガスのはたらきを説明しました。

雰囲気ガス成分とその含有率が熱処理効果を大きく左右することは、ガス浸炭はもちろん、雰囲気ガスと各種金属の酸化還元平衡についてさきに 18 頁で説明

したことからよくわかりのことと思います。そこで、雰囲気ガスを制御するには、まず各成分ガスの含有率を正確に測定することが必要であることに気付かれるでしょう。

(1) H₂O

雰囲気ガス中の水分%の測定は、一般に露点(°C)を測定し、換算表あるいはグラフから%を求める方法で行われています。露点の測定はもつともかんたんなものとして露点カップがあり、自動的に行なう電気変換方式として、塩化リチウム式とアルミナ式があります。

露点カップは図8-5に示すような断面構造、寸法のもので、ポットは外側がクロムメッキされており、雰囲気入口から入ったサンプルガスが噴出管を通してこのメッキ鏡面に吹きつけられます。ポット内に四塩化炭素、エーテルなど氷結点の低い液体を入れ、そこへドライアイスや氷片などを入れ、棒状温度計で攪拌しながらサンプルガスの吹きつけられる鏡面を観察します。鏡面に露が発生した時の温度を露点とし、読みとります。その露点から図8-3を用いれば水分(%あるいはkg/100m³)を知ることができます。原始的ともいえる測定方法ですが、慣れれば相当精度の高い(約±2°C)露点を測定することができます。

塩化リチウム式はデューセル(Dewcel)とかデュープローブ(Dewprobe)という名で市販されていて、塩化リチウムの吸湿性を利用するものです。測定露点は-45°C~+60°Cですが、センサー部の温度を測定露点範囲に対してある温度範囲に保つ必要があります。(例

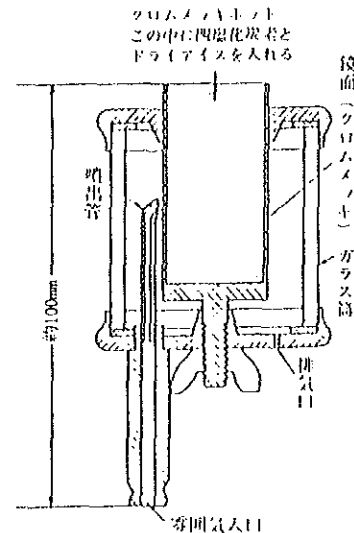


図8-5 露点カップ

えば露点-5°Cでは0~25°C)

アルミナ式は、アルミナ(Al₂O₃)のアドミッタンス出力が水蒸気分圧の変化に伴って変化するという原理を利用して、露点測定範囲は-80°C~+20°Cです。測定点の温度や圧力の影響を受けないので、測定点に直接とりつけることもできます。

塩化リチウム式、アルミナ式とも、露点を電気信号に変換して伝達することができるので、現場から離れたところで表示・制御することができます。

(2) CO₂(炭酸ガス)、CO(一酸化炭素)、H₂(水素)、

CH₄(メタン)、O₂(酸素)

①オルザット式ガス分析器

手動式ですが、慣れれば比較的高い精度で測定値を得ることができます。コストが他の自動式にくらべて安いことが何よりの利点です。吸収液は自分で作るのが安上りですが、急ぎの時などのた

めに既製品が市販されているので便利です。使い方その他は別項の「オルザット式ガス分析方法」を参照して下さい。(88頁)

②赤外線吸収式「オートカーブ」

被測定ガス中のCO₂、CH₄などが持つ固有の赤外線波長域の吸収特性を応用したもので、原理を図8-6に、また開欠比例制御に用いたときのフローシートを図8-7に示します。

二つの赤外線光源から放射されるビームはそれぞれ試料セルと比較セルを通過します。試料セルにはサンプルガスが連続的に流れており、一方比

較セルにはN₂ガスが密封されています。

試料セルを通過する赤外線ビームには、測定成分の濃度に応じた吸収が起こり、比較セルを通過した赤外線ビームには吸収が起こりません。したがって両者の光量に差を生じ、これが回転するセクタによって断続光となって検出セルに入ります。検出セル内には測定する成分と同じガスが封入さ

れ、金属薄膜で隔てられた2室には圧力差が生じ、その結果薄膜は振動し、振動の大小に応じた電気出力が得られます。

検出セルに封入されている測定成分ガスは、その成分に関する波長域の赤外線吸収のみを検出するため、他の成分ガスの影響を受けることはありません。

この「オートカーブ」はガス浸炭炉に広く利用

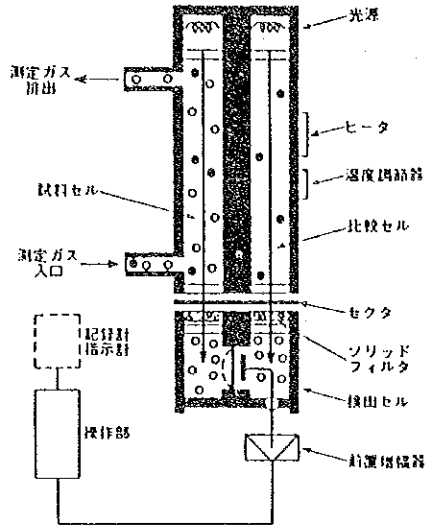


図8-6 赤外線オートカーブの原理図

されており、とくに連続ガス浸炭炉の場合、必要なゾーンを連続的に、あるいは、1台で6点まで雰囲気ガスを自動制御することができます。パッチ式ガス浸炭炉の場合、各時点の炭素濃度に対応した雰囲気ガスのCO₂の濃度を任意に調節することができます。すなわち、浸炭、拡散を含む一連の浸炭雰囲気サイクルを自動的に行います。

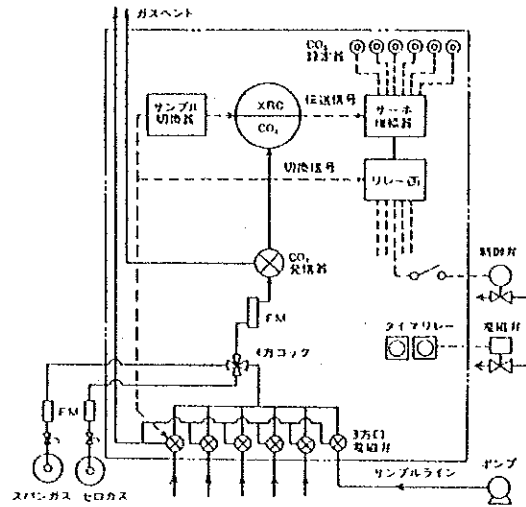


図8-7 間欠比例制御時のオートカーブのフローシート

③酸素センサー「オートカーブ」AO型

ジルコニア式酸素センサーを使用し、マイクロコンピュータを用いて雰囲気ガスの炭素濃度を制御する装置です。

温度および一酸化炭素を補正する機能がついているので、温度が変動しても正確な炭素濃度制御ができるうえ、RXガスの原料として、ブタン、プロパン、メタンなどいずれも使用できます。ま

た酸素センサーは炉内に直接挿入できるので応答が早い利点があります。また、赤外線式やデュセル式にくらべて、メンテナンスが簡単であるという点も現場的に有利でしょう。

「オートカーブ」AO型には6点式のAO-60と1点式のAO-10があります。おもな性能は下の表に示すとおりです。

表8-3 オートカーブAOのおもな性能

| | |
|------|--|
| 測定方法 | ジルコニア式酸素センサー炉内直接挿入 |
| 制御機能 | 炭素濃度高算制御、プロセスアラーム |
| 表示 | デジタル式(CRT) 炭素濃度高算値お1.0、設定値(0.2~1.4%) 温度測定値 調節範囲(0~100%) |
| 測定 | 炭素濃度、一酸化炭素濃度 |
| 制御点数 | AO-60 6点 AO-10 1点 |
| 測定間隔 | AO-60 4秒/6点 AO-10 2.5秒 |
| 診断機能 | 酸素センサーの寿命チェック、マイクロコンピュータの自己診断 |
| 電源 | AC100V±10V、50/60Hz |
| 周囲温度 | 0~50℃ |
| 寸法 | AO-60 幅560×奥行450×高さ1,850mm(制御盤寸法) AO-10 幅144×奥行310×高さ192mm(制御盤寸法) |

10. 安全対策

熱処理炉は高温の設備であり、燃料や、可燃性の雰囲気ガスを使用しているため、作業には十分注意しなければなりません。熱処理炉の事故のうち最も被害が大きいのは爆発です。間接加熱式の雰囲気熱処理炉はもちろん直火式熱処理炉においても、炉内に可燃性ガスが存在する場合の爆発防止にそなえて、対策には習慣的な配慮が必要です。また、浸炭用あるいは光輝・無酸化熱処理用雰囲気ガスの多くは、可燃性で人体に有害な一酸化炭素を多量に含むうえ無色無臭ですから、炉から排出する場合は必ず焼却するなどの対策が必要です。

1) 爆発の基礎知識

爆発は燃焼反応の一種です。可燃ガスと空気の混合物が密閉空間にとじ込められ、そこに何らかの点火源があると爆発が起こります。しかし、密閉空間にある可燃ガスと空気の混合物に点火すると必ず爆発するわけではありません。すべて可燃ガスには燃焼に必要な空気との混合割合があります。これを燃焼限界といい、ふつう上限値と下限値があります。燃焼限界内にある可燃ガスと空気の混合物中に何らかの点火源があると燃焼が起こりますが、それが密閉空間内で行われると燃焼生成物の増加と温度上昇によって急速に圧力が上がり、爆発という現象に発展するわけです。容器の壁がその圧力に耐えられなくなると破裂します。点火源となるエネルギーは火花放電や熱などがありますが、極端な場合は静電放電も点火源になります。一方、点火源がなくても空気があれば燃焼をはじめる温度を着火温度といいます。代表的な可燃ガスの燃焼限界と着

火温度を表10-1に示しました。空気中に4～74%の水素が存在する場合、この混合物に点火すると燃焼することがわかります。一酸化炭素では12.5～74%です。燃焼限界の上限値と下限値の幅が広いほど燃焼する可能性が大きく、したがって爆発の可能性も大きいことが容易に理解できるでしょう。水素が最も危険といわれているのはこの理由によるものです。熱処理に使用する雰囲気ガスは、表10-2に示すように数種類のガスの混合物であり、それぞれの燃焼限界を表中に示しておきました。混合ガスの燃焼限界はつぎのような、ル・シャトリエの式を使って得られます。

$$M = \frac{100}{\frac{a}{A} + \frac{b}{B} + \frac{c}{C} + \dots}$$

ここで

M：混合ガスの燃焼限界 (%)

A, B, C, ……：混合ガス中の各成分ガスの燃焼限界 (%)

a, b, c, ……：各成分ガスの含有率(体積%)、
したがって $a + b + c + \dots = 100$

ただし、この式はCH₄、C₂H₆、C₄H₁₀などの炭化水素ガスの混合物については測定値とかなりよく一致しますが、H₂やH₂Sを含む場合は誤差があるといわれています。

可燃ガスの混合物に窒素(N₂)、二酸化炭素(CO₂)などの不活性ガスを添加すると燃焼限界は一般に狭くなります。図10-1と次式で概略値を知ることができ

表10-1 各種燃料ガスの性質

| 燃料ガス | 沸点(1気圧) | | 室温における燃焼限界 (空気中の%) | | | 着火温度 | | 比重、 空気=1 |
|-------|---------|------|-----------------------|-------|-------|-------|-----|-------------|
| | °F | °C | 下限 | 上限 | 範囲 | °F | °C | |
| メタン | -259 | -162 | 5.50 | 14.00 | 8.50 | 1,170 | 630 | 0.554 |
| エタン | -135 | -93 | 3.20 | 12.50 | 9.30 | 862 | 470 | 1.036 |
| プロピレン | -51 | -48 | 2.00 | 11.10 | 9.10 | 856 | 460 | 1.451 |
| プロパン | -43.8 | -42 | 2.50 | 9.50 | 7.00 | 898 | 480 | 1.520 |
| ブタレン | +19 | -7 | 1.60 | 9.30 | 7.70 | 829 | 445 | 1.935 |
| ペンタン | +11 | -10 | 1.70 | 8.30 | 6.80 | 826 | 440 | 2.07 |
| ブタン | +31.1 | -0.5 | | | | | | |
| 一酸化炭素 | -314 | -192 | 12.50 | 74.00 | 61.50 | 1,128 | 610 | 0.968 |
| 水 | -423 | -253 | 4.00 | 74.00 | 70.00 | 1,065 | 575 | 0.069 |

表10-2 各種雰囲気ガスの組成例と燃焼限界

| 名称 | ガス組成(体積%) | | | | | | 室温での燃焼限界 (空気中の%) | | |
|-------|-----------------|------|----------------|-----------------|---------------------------|----------------|---------------------|------|------|
| | CO ₂ | CO | H ₂ | CH ₄ | H ₂ O (DPP) | N ₂ | 下限 | 上限 | 範囲 |
| RX | 0.18 | 23.1 | 31.7 | 0.01 | 2 | 残(42.2) | 10.4 | 72.5 | 62.1 |
| DX(R) | 7.0 | 10.2 | 8.2 | 0.5 | 5 | 残(73.3) | 37.3 | 72.5 | 35.2 |
| DX(L) | 12.5 | 1.5 | 0.8 | 0.0 | 5 | 残(84.4) | — | — | — |
| NX | 0.05 | 1.8 | 1.0 | 0.0 | -10 | 残(97.15) | — | — | — |
| HNX | 0.05 | 0.05 | 3~10 | 0.0 | -40 | 残 | 44.4 | 76.2 | 31.8 |
| HX | 0.05 | 0.05 | ~99.8 | — | -10 | 残 | 1.0 | 72.1 | 68.1 |
| AX | — | — | 75.0 | — | -10 | 25.0 | 17.5 | 76.0 | 58.5 |
| SAX | — | — | 3~10 | — | -10 | 残 | 44.0 | 76.0 | 32.0 |

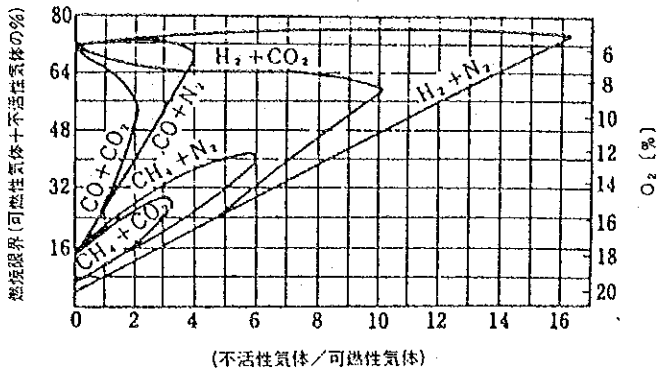


図10-1 H₂, CO, およびCH₄とCO₂, N₂との混合気体の燃焼限界

$$M' = \frac{100}{\frac{a+n_1}{A} + \frac{b+n_2}{B} + \frac{c+n_3}{C} + \dots}$$

- ここで
- M' : 不活性ガスを含む混合ガスの燃焼限界 (%)
 - A, B, C, …… : a+n₁, b+n₂, c+n₃……などの燃焼限界で、図10-1から求める (%)
 - a, b, c, …… : 混合ガス中の可燃ガスの含有率 (体積%)
 - n₁, n₂, n₃, …… : 混合ガス中の不活性ガスの含有率 (体積%)

また、 $a+n_1+b+n_2+c+n_3+\dots=100$ であり、 $a+n_1$, $b+n_2$, $c+n_3$ などの組合せは、図10-1から燃焼限界が最も広くなる組合せを選びます。表10-2の燃焼限界はこのようにして計算して得たものです。

ここで、爆発を防止するうえで、炉の操業上、重要なことがあります。それはつぎのことです；一

「可燃ガスに確実に着火することができる温度は 760℃ (1400°F) 以上である」

このことから、安全上基本的につぎのことがいえます、
 a. 炉の温度が760℃以下では可燃性雰囲気ガスを送入しない。

b. 炉の温度が760℃以上に保たれておれば、炉内に空気があっても、可燃性雰囲気ガスを送入してもよい。

c. (炉を休止する場合) 炉の温度を760℃以上に保った状態で、まず可燃性雰囲気ガスの送入を止め、ついで、

- i) 窒素などの不活性ガスを送入して炉内雰囲気を排出置換する、か、
- ii) 炉扉を開けるか、ヴェントダクトがある場合はそれを開けた後、空気を徐々に送って炉内の可燃性雰囲気ガスを燃焼し切ってしまう。

熱処理作業中、停電するとか、燃料、空気の供給が止まるという事態が起きた場合は、一般に窒素による急速バージを行ないます。上記c-ii)のように扉を開けるのも大切です。窒素バージのためには窒素タンクまたはポンペを常備し、そこから炉への配管ラインに「通電閉、停電開」の電磁弁を設け、停電、燃料圧低下、雰囲気供給圧低下などの緊急信号によってその弁とヴェントダクトを開き多量の窒素を急送入します。

2) 安全装置

安全装置とは、異常事態が発生した時に対応処置をするための時間を作業者に与える機械装置をいいます。安全装置としては、燃料、空気、雰囲気ガス、冷却水などの圧力異常によって作動する圧力スイッチ、バーナの燃焼監視装置、炉内温度上下限警報装置などがありますが、それらは長時間の連続操業に耐えるとともに確実に作動するものでなければなりません。

安全装置を設けることは大切ですが、これによって爆発その他の事故を防止できると考えてはいけません。大切なのは、有能で熟練した作業者が作業標準どおりに炉を運転することであって、安全装置はこれを補助するに過ぎないと考えて下さい。

安全装置のおもなものは下記のとおりです。安全操業するには、これらの安全装置を常に点検整備して正常に動くよう保っておくための規則をつくり、そのとおり実行しなければなりません。

a. 温度異常警報装置

炉温が設備の許容最高温度以上に上昇した場合、警報を発生し燃料や電力の供給を自動的に停止します。温度調節計や記録計に上限警報接点を持ったものも

あるので、これを利用してもしよるしいが、別のループを設ける方が信頼度は高いでしょう。また、可燃性雰囲気ガスの着火下限温度は760℃ですから、炉温が760℃以下になると警報を出す機能を持つものもあります。

重要な冷却水配管には、圧力スイッチやフロースイッチを設け、冷却水供給量の低下を警報させます。

b. 燃焼安全装置

燃料供給圧、燃焼用空気圧などが、ある限度値以下になると、バーナが正常に燃焼せず失火することがあります。供給配管には圧力スイッチを設け、圧力低下時には燃料配管に設けた安全遮断弁を作動させ、燃料供給を自動的に停止させます。

さらに、供給圧が正常であっても、バーナが失火することがあるので、炎検出器（紫外線式など）をバーナに設けて失火を検出し警報を発するとともに燃料供給を遮断します。

c. ガス洩れ検知器

ガス配管の接続部のゆるみなどから可燃ガスが漏れ、ガスの種類によっては滞留し、爆発の原因となることがあります。ガスの滞留し易いピット底部などにガス検知器を設け、ガス濃度が上昇したら警報を出します。窒素送人、換気装置などによって掃気します。

d. 炉内パージシステム

炉を停止する場合または雰囲気ガスの供給が止った場合、炉内雰囲気ガスを掃気し安全なガスと置換するために窒素ガスなどの不活性ガス供給源を用意します。

e. 地震感知器

炉設置地区の規制により地震感知器を設け、一定震度以上の地震発生時に、燃料、電力、雰囲気ガスなどの供給を自動的に停止するとともに、炉内の雰囲気ガスを迅速に掃気し、窒素ガスなどの不活性ガスと置換します。

工業用燃焼炉の安全通則

燃焼炉の安全についてはJIS B 8415-1982に通則としてくわしく述べられています。その中の燃焼安全装置に関する重要点を抜粋しておきます。

A. 安全遮断弁

- a. 燃焼用空気が断たれる等の状態が発生したとき、直ちに燃料の供給を断つ安全遮断弁を設けること。
- b. 安全遮断弁にはバイパスを設けてはならない。
- c. 作動電源が断たれた場合も燃料を遮断すること。

B. 燃焼監視装置

- a. 燃料の発火点以下で使う炉、ひんぱんに点火消火する炉では燃焼監視装置を設ける。
- b. 複数のバーナを持つ炉ではバーナごとに設ける。
- c. 主バーナに点火しないとき、又はその炎が消えたときは直ちに燃料の供給を遮断する構造で、炉内放射や点火電弧により作動しないもの。

C. 保安制御機器

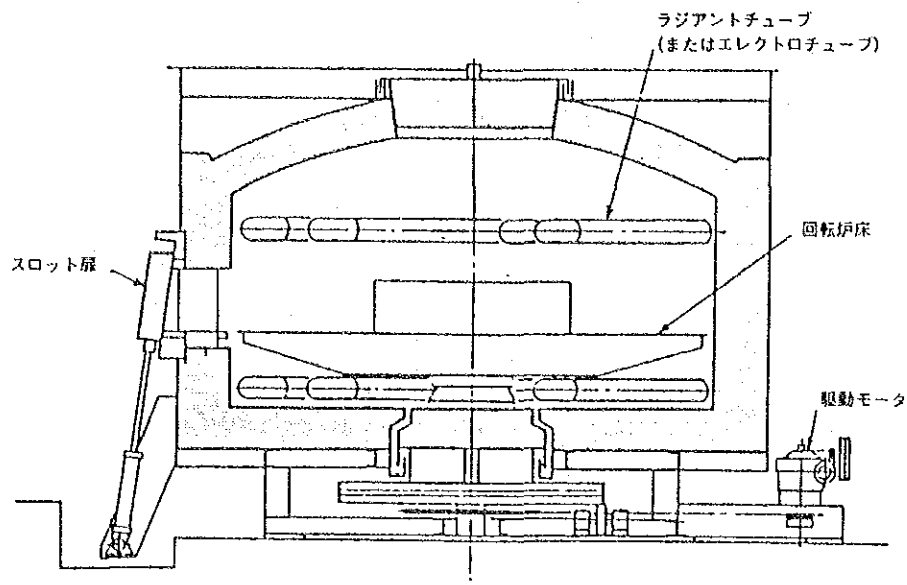
燃焼用空気圧異常、燃料漏れ、燃料供給圧異常、断水、感震などを検出し必要な措置を講じる機器を、必要に応じて設けること。

なお、工業炉を設置するに当たってはつぎのような関連法規に従うものであることが必要です。

- 建築基準法 昭25法第201号
- 消防法 昭23法第186号
- 高圧ガス取締法 昭26法第204号
- 電気事業法 昭39法第170号
- ガス事業法 昭29法第51号
- 労働安全衛生法 昭47法第57号
- 公害対策基本法 昭42法第132号
- 工業標準化法 昭24法第185号

それぞれの省令、告示、条例、規格については上記JISの解説(P.7)を参照

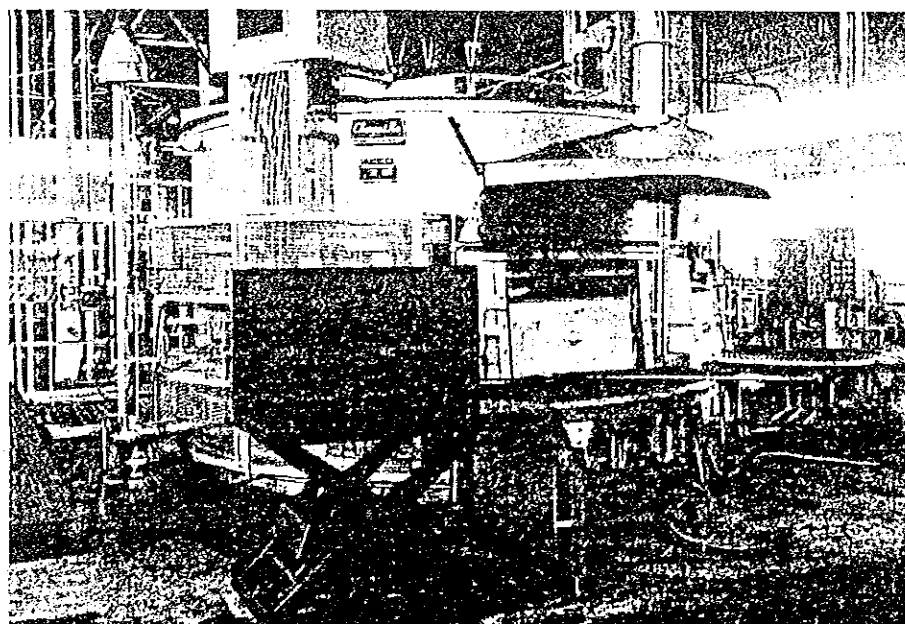
ロータリーハース形 熱処理炉

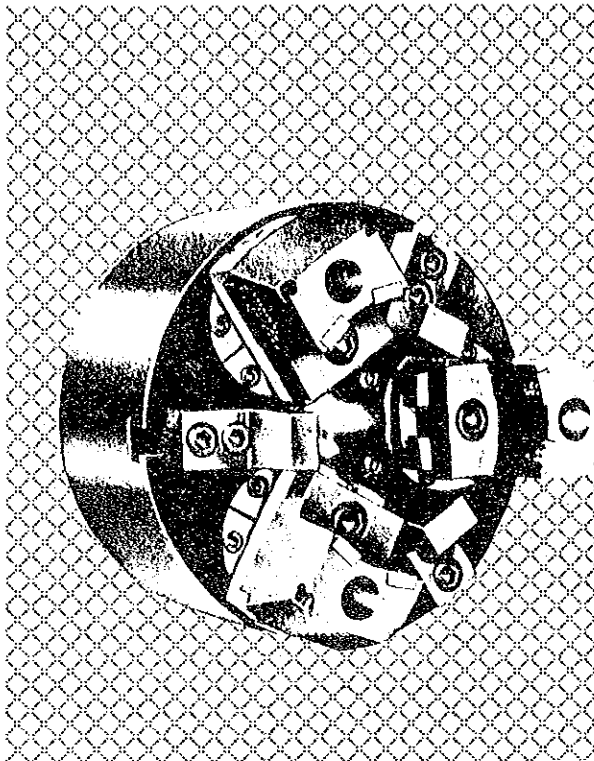


φ200～400mm (1ヶ4～30kg位)のベアリングレースを焼入れするにあたって850℃に無酸化加熱するのに多く使われています。

回転炉床の上・下部にラジアントチューブが配置されており、温度および雰囲気は自動制御されています。

フットスイッチで、スロット扉を空気作動機構で開閉し、加熱された材料 (ベアリングレース) はプレスクエンチされます。この炉の処理能力は、おおよそ100～400kg/hです。



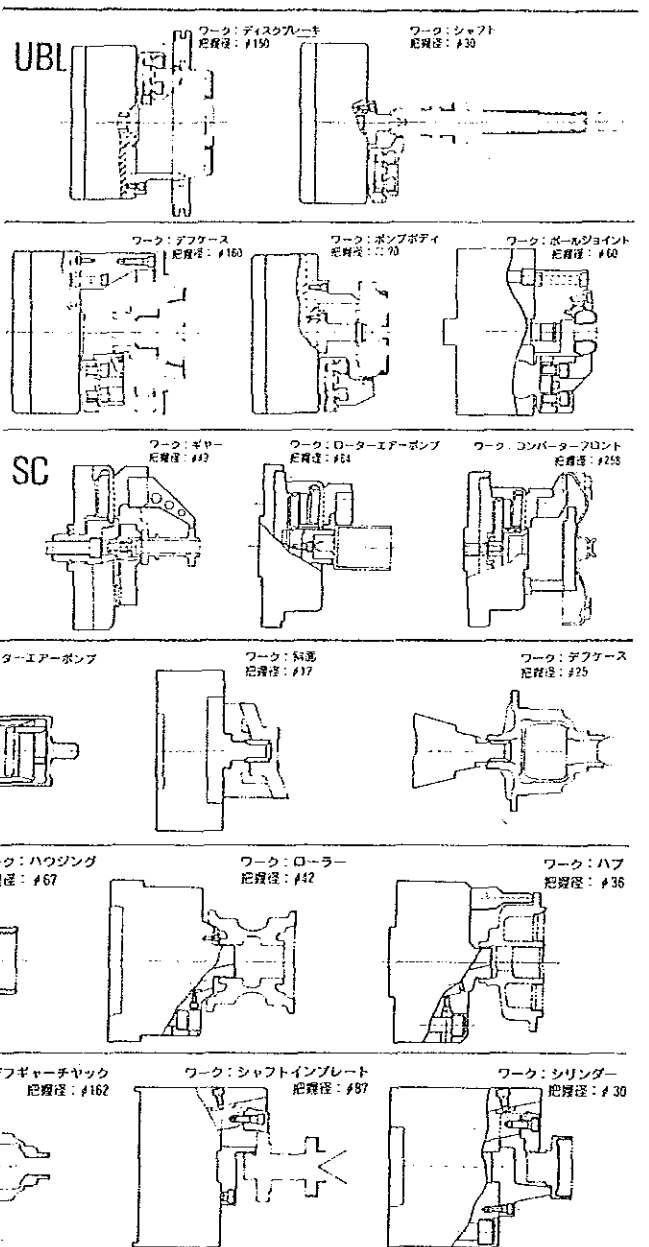


FIRST IN WORK-HOLDING WORLD-WIDE

弊社では、パワーチャックによるあらゆる加工物保持のご用命に応え、外づかみ・内径張り・前面押えなどの保持機能をそなえた多くの機種のパワーチャックを設計製作致しております。

ご注文の際には、殆んどの場合、部品図の提示、若しくはワークサンプルの持ち込みが行われ、それに応じて、単品または複数機種の組合せによる最適な保持機器を設計製作しております。そして、ご要望に応じ、取付工事などのエンジニアリングサービス業務も併せ、行っています。

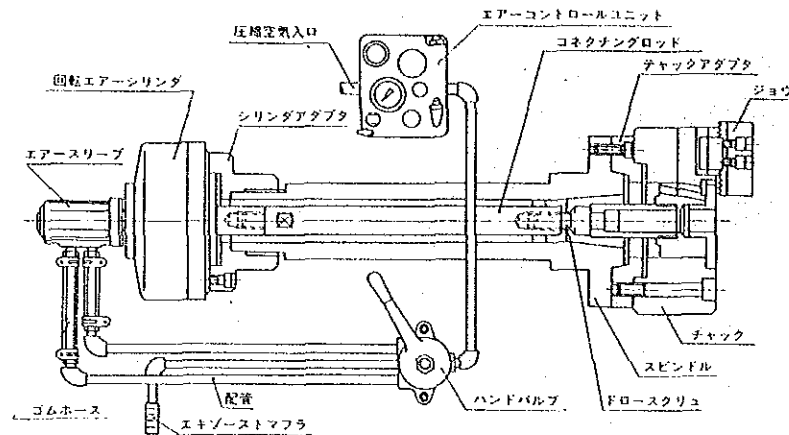
この部門は、特に自動車生産ラインに於て、数多くの施行実績を持ち、絶大な評価を得ています。



● パワーチャックの構成

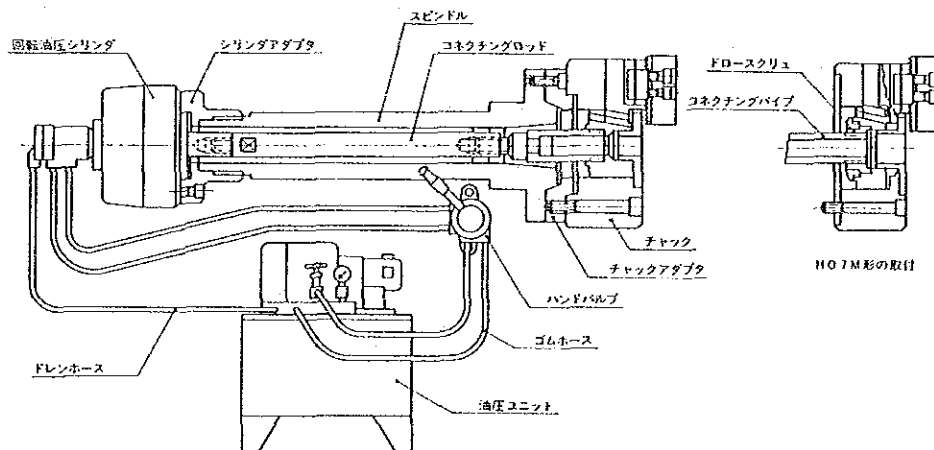
● パワーチャックは下図に示すようにチャック、回転シリンダ、切換弁、圧力制御機器の4部分により構成されています。スピンドルの前部にはチャックを、後部には回転シリンダを取付け、両者はたがいにコネクティングロッド（コネクティングパイプ）で連結されており、圧縮空気や圧油は圧力制御機器と切換弁を通して回転シリンダに供給されます。

エアチャック



圧縮空気はエアコントロールユニットに入り、空気圧フィルタを通過して浄化され圧力調整弁で必要な使用空気圧に減圧されます。この圧力は圧力計の指針に示され、さらに潤滑油を伴って切換弁に入ります。

油圧チャック



油圧ポンプユニットで浄化、調圧された圧油は切換弁を経て回転シリンダに入り、戻り油はタンクに還元されます。

● 回転シリンダ内のピストンの左行、右行の運動と出力は回転シリンダとチャックを連結しているコネクティングロッド（コネクティングパイプ）を経てチャックに伝達されます。

このピストンの運動と出力は楔またはクランクにより増力されると同時にハ握爪の開閉運動とハ握力になります。

切換弁はエアコントロールユニットより送入された圧縮空気を回転シリンダ内のピストンの右または左側へ導入すると同時に左または右側の空気を大気中に排出します。

油圧シリンダはエアシリンダと異なりドレンを排出しませんので、ドレンポートとタンクはビニールチューブなどで接続してください。

JICA