

プラントの試運転準備作業

株式会社マニュアル

笠 公人

プラントの試運転準備作業

はじめに

この資料は、化学プラントの試運転準備について、1991年4月より1年間、ペトロテックに掲載した「実用講座プラントの試運転準備作業」の一部に手を加え、さらに現在進めているエンジニアリング振興協会によるプロジェクトマネジメント講習の「試運転および引渡し業務」のテキストおよびプレゼンテーション資料の一部を付け加えて作成した。

なお、配管洗浄については1993年にエンジニアリング振興協会から「プラント一般配管の管内洗浄指針に関する報告書」(ENAA Standard 1302-93 エンジニアリングに関する標準の策定)がまとめられた。ここでは、その資料も一部掲載した。

2005年5月

1 試運転準備作業とは

試運転準備作業とは何か。契約により、その内容はいろいろである。エンジニアリング振興協会の ENNA STANDARD 1301-81 が分かりやすい。

「メカニカルコンプリーション(メカコン)のあと、コミッショニングに備えて、プラントを構成する単一機器ごと、またはシステム単位ごとに実施される一連の準備作業である。」

と定義づけている。

またメカコンとは、

「プラントを構成する機器および資材類が設計図面および仕様にしたがって、据え付けまたは組み立てられ、所定の静的な機械的性能を証明する個別の試験及び検査が完了した状態である。」

これを図に示せば下図のごとくなる。

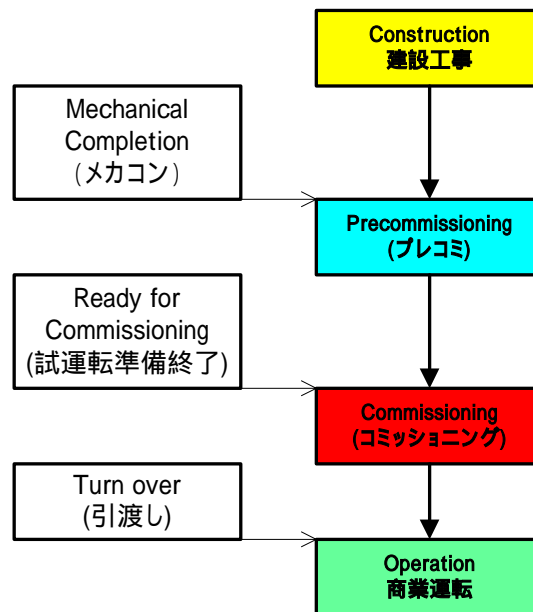


図 1-1 試運転準備作業とその前後の作業

また、プラントの試運転準備作業の内容は、表 1-1 のごとく分類できる。

表 1-1 試運転準備作業の概要

作業項目	目的	注意事項
フラッシング (水による洗浄)	配管工事により、外部から侵入する異物、加工によって生じる管内残留物を除去して、プロセス流体の汚染、配管の閉塞、機器の性能障害を未然に防止する。	1. 清澄真水を使用する。 2. 流速を考慮する。 3. 汚れが機器へ侵入することを防止する。 4. 塔、槽類に満水設計がされているかチェックする。 5. 調節弁、オリフィス、安全弁、フィルターエレメントを取り除いて作業する。
エアブロー スチームブロー	同上	上記 2, 3, 5
水循環	<ul style="list-style-type: none"> ポンプの予備テスト 計器および調節弁等の作動テスト 系の最終クリーニング 運転員のトレーニング 	1. 清澄真水を使用する。 2. ストレーナーの管理 3. ポンプのオーバーロードの事前チェック 4. ポンプ空引きに注意する。
回転機	ポンプは水、コンプレッサーは空気を用いて運転し、機械的な異常の有無をチェックする。	1. ユーティリティが使用可能であること 2. 計装設備が試運転により円滑に作動することを確認する。 3. 実液、実ガスを用いることもある。
加熱炉乾燥	耐火断熱材中に含まれる自由水、結晶水が、高温にさらされ、蒸発による急膨張により耐火断熱材が破壊されないように本運転の前に乾燥させる。さらに、耐火断熱材の組織を安定させる。	点火前の注意と点検 自然乾燥 昇温、保持、降温プログラムの遵守
系の乾燥	残留水が運転に影響を与える場合、水分の除去	乾燥法の選択 乾燥の終点の設定と判定
触媒充填		充填方法 充填の終点と充填密度のチェック
薬品類の充填	運転に必要な薬品類を貯槽に受け入れる。 必要に応じて系内に張り込む。	火災爆発防止 人身災害防止 薬品取扱上の注意事項の遵守
総合気密テスト	可燃性、毒性ガスまたは液が系外へ漏洩しないように、系の気密性をチェックする。 系がバキュームの場合は、系外からの漏洩をチェックする。	圧力媒体の選択 加圧系の分割の考え方と媒体の再利用
エアパージ	可燃性ガスまたは液を系内に導入する場合、系内での爆発、燃焼を防止するため当該系から空気を除去する。	窒素置換、スチームアウト、減圧、水置換法等の選択 最終残存酸素量の設定

これらの作業をどのように進めるか、作業終了の判断基準をどうするか、順を追って記述する。

ここにあげる試運転準備作業以前に、運転担当者が現場でメカコン前に行う作業に機器内部点検とラインチェックがある。

ラインチェックの要領は、エンジニアリング振興協会 ENAA Standard 603-90 「プラントの通行性、操作性、保守性に関する標準」を参考にするとよい。

2 配管洗浄法の区分

建設後の設備の中には、いろいろな異物が入っている。ボルト、ハンマーの類から食べ残しの弁当の残骸、溶接の屑、錆など、クリーニングの対象はいろいろである。これを除去するための洗浄作業が十分でないと、スタートアップ後のトラブルの原因となる。

運転前にこれらのゴミを取り除くことは、装置の機器の性能を低下させないように、また回転機の円滑な運転のために重要な作業である。

2.1 配管洗浄法

配管の洗浄法は、利用できる媒体の種類と装置に要求される洗浄の度合によって選択される。この基準により洗浄計画を早い時期に作り、配管系の設計条件と照らし合わせる。設計条件と合わない場合は、洗浄法を変更する必要がある。注意深い計画が必要である。

2.1.1. 流体による洗浄

管内に流体を通し、残留している異物を除去する。通常、下記の方法で洗浄する。

(1) フラッシング（水洗浄）

水を塔槽に一旦貯め、あるいは消火栓から直接水を導入し、配管を洗浄する方法である。配管の洗浄に広く適用される。慣習として、液体配管への適用が多い。

(2) 水循環

装置に据え付けられたポンプを使って通水または循環できる系に適用する。ただし、ポンプの水運転が可能か否かの検討を行う必要がある。

(3) エアブロー

空気を系内に蓄圧し、配管中をブローする方法である。フラッシングと同様に配管の洗浄に広く適用される。空気、ガスの配管への適用が多い。残留水がプロセスまたは装置の運転に悪影響を与える洗浄には、水のフラッシングに代わって適用される。

(4) ブロウ、コンプレッサーによるエアブロー

装置に据え付けられたブロウ、コンプレッサーの空気による運転を行って、その関連系の洗浄ができる場合に適用される。ただし、ブロウ、コンプレッサーの空気運転が可能である場合に限られる。¹

(5) スチームブロー

ボイラーのスチームを利用して系をブローする方法で、主としてスチーム系の配管洗浄に適用される。

(6) オイルフラッシング

回転機械の潤滑油やシールオイル系の洗浄に適用される。実際に使用する油を貯槽に貯め循環させる。

(7) 実液洗浄

プラントのスタートアップのとき、設備に実液を通し、あるいは循環して配管の洗浄を行うもので、化学洗浄または機械的洗浄を採用する程の洗浄度を要求されないが、水フラッシングのみでは満足できない場合に適用される。

2.1.2. 化学洗浄

(1) 酸洗

母材に付着している錆、スラグあるいはミルスケールを、酸によって化学的に溶解し、除去するもので以下の系に適用される。通常、次のごとき一連の洗浄工程から成り立っている。

水洗 アルカリ洗浄 水洗 酸洗 水洗 中和洗浄 水洗

¹ ユーティリティ設備から供給される空気を使用せずに、装置内に据え付けられたコンプレッサーを使い直接ブローする。(3)のエアブローとは異なる点である。

詳しい方法、工程は、機器の製造会社や洗浄の専門会社と相談する必要がある。

適用例

- 往復動コンプレッサーの吸込配管
- 回転機械の油系統
酸洗を行ったあとオイルフラッシングを行うのが普通である。ただし、最近では油圧システムの配管をステンレス鋼で製作し、酸洗の工程をはぶく場合もある。
- その他プロセスライセンサーや機器製造会社が、特別に要求する系

(2) アルカリ洗浄

系内の油、グリースおよび防錆塗料をアルカリ水溶液によって除去するもので、下記のごとき系に適用される。

- ボイラー
ソーダ煮が実施される。
- アシッドガス吸収装置
通常、下記の洗浄工程によっている。
水洗 アルカリ洗浄 水洗
- その他、プロセスライセンサー、機器製造会社が特別にアルカリ洗浄を要求する系

2.1.3. 機械的洗浄²

特殊な用具を使って洗浄する方法である。

(1) ピグ洗浄

洗浄用のピグを用いて配管を洗浄する方法である。パイプラインまたはプラント間の移送ラインの洗浄に適用される。ただし、同一配管系で異径度が30～40%を超える場合は、ピグ洗浄ができない。洗浄用のピグにはいろいろの種類があり、専門業者と相談するのがよい。

(2) プラスト洗浄

砂を用いるサンドブラスト、鋼球を用いるショットブラスト、角のある鋼粒を用いるグリットブラストがある。

さびと水分が触媒毒となる反応系のごとく、これらの除去が厳しく要求される場合に適用される。

(3) ハンドクリーニング

人がパイプ内に入って手作業で行うもので、他の方法が困難な大口径パイプ(18B以上)の洗浄に適用される。ただし、配管が長くなると安全面の問題があるので限定される。

(4) 水圧ジェットクリーニング

機械的洗浄法には、水圧ジェットによる方法も利用される。

以上の適用例をまとめると表2-1のごとくなる。

さらにその実施要領を、表2-2として添付する。

² 機械的洗浄については上記以外にもいろいろな方法があり、「ユーザーのための工業用洗剤と洗浄技術(衛生技術会版)」に詳説されている。

表 2-1 洗浄方法表とその適用対象

(ENAA Standard 1302-93 プラント一般配管の管内洗浄指針に関する報告書より抜粋)

対象区分	洗浄法	液体洗浄						化学洗浄				機械洗浄				
		水 フラッシング	エア ブロー	スチーム ブロー	水 循環	空気 循環	実液 洗浄	オイル フラッシング	アルカリ 洗浄	酸洗	溶剤 洗浄	硝・弗酸 洗浄	ピグ 洗浄	プラスト 洗浄	ハンド クリーニング	電動工 具洗浄
プロセス	一般流体															
	ガス/ペーパー															
	嫌水性液体	*														
	低温液体 (0 以下)	*														
	嫌油液体	1			2				3							
	嫌重合性液体															
	粉粒体															
	酸素															
ステンレス配管																
ユーティリティ/オフサイト	大口径配管 (28B 以上)															
	パイプライン															
	冷却水															
	海水															
	ボイラー供給水/コンデンセート	1						2								
	汚水															
	飲料水															
	窒素配管															
	防火配管															
	純水	1						2								
	温水															
	エア															
	熱媒															
	冷媒															
スチーム																
薬液																
燃料 (ガス)																
燃料 (油)																
蒸気発生系統	給水系統 (100kgf/cm ² 以下)	1						2								
	給水系統 (100kgf/cm ² 以上)	1						2								
	蒸気発生系 (100kgf/cm ² 以下)							2		1						
	蒸気発生系 (100kgf/cm ² 以上)							3		1	2					
	蒸気配管															
回転機	潤滑油/シールオイル配管							4	3	1	2					
	レシプロコンプレッサー吸込配管		(3)							(1)	(2)					

記号 : 最適洗浄方法

: 適合洗浄法

添字 1, 2, 3: 一連の洗浄操作における実施順位

* ドライング要

** 特殊用途のステンレス配管については、プロセスライセンスの指定する洗浄方法に従う。

表 2-2 各洗浄法の実施要領

(ENAA Standard 1302-93 プラント一般配管の管内洗浄指針に関する報告書より抜粋)

洗浄方法	目的	媒体/薬品/工具	施工要領				判定基準			
			方法	温度	時間	圧力/流量/流速	測定項目	測定方法	判定基準	
流体洗浄	水洗浄	配管工事中、外部から侵入する、または加工によって生じる管内残留物を除去し、運転に支障を来さないようにする。	清澄な真水 (オーステナイト系ステンレス配管は塩素イオン濃度に注意する。) 仮設ポンプ 消火用水	作業系統図の上にフラッシングを行う配管ルートを描きし、また水の導入法と排出口を決めた上で実施する。 1. 塔槽類に蓄圧 2. 供給源から直接フラッシング 3. 水槽から仮設ポンプで導入する	常温	断続的に繰返し行う。	運転時の実液以上の流速	排出水中の異物	20 メッシュの金網	20 メッシュの金網に異物が無いこと
	エアブロー	同上	エア 本設コンプレッサー 仮設コンプレッサー	同上 1. 塔槽類に蓄圧 2. 空気源から直接ブロー 3. パッキングブロー	常温	4~5 回	15~20 m/sec	排出エアの透明度	目視	エアが透明であること
	スチームブロー	同上 主として、スチーム配管の洗浄に適用される。	スチーム 本設ボイラー 仮設ボイラー	同上 1. ヘッダータンクに蓄圧 2. スチーム源から直接ブロー 3. 通気・放熱	運転温度	間欠ブロー (4~5 分/回) 30 分から 1 時間以上連続	20~30 m/s	排出スチーム中の異物	目視 アルミ、銅版ターゲットプレート上の傷の大きさと数により判定	表面の傷の有無 原則として、蒸気タービン入口側配管は機器メーカーの基準による。
	水循環	系の最終クリーニングを行うとともに以下の目的をもつ。 1. ポンプの慣らし運転 2. 計器の作動テスト 3. 運転員のトレーニング 4. 運転上の問題の早期把握	清澄な真水 本設ポンプ	作業系統図を用いて、ルートの設定、バルブの開閉、仮配管を確立し、本設ポンプを使用して水循環を行う。	常温	連続	本設ポンプの機能に準じる	循環水中の異物	40 メッシュの金網	40 メッシュの金網に異物が無いこと
	実液洗浄	系の最終クリーニングを行うとともに以下の目的をもつ。 1. ポンプの慣らし運転 2. 計器の作動テスト 3. 運転員のトレーニング 4. 運転上の問題の早期把握	実液	作業系統図を用いて、ルートの設定、バルブの開閉、仮配管を確立し、本設ポンプを使用して実液循環を行う。	常温	連続	本設ポンプの機能に準じる	循環実液中の異物	40 メッシュの金網	40 メッシュの金網に異物が無いこと
	空気運転	本設コンプレッサーまたはブロワの空気を運転し、系のブローを行う。 その他に水循環と同様の目的を持つ。	エア 本設コンプレッサー またはブロワ 仮設コンプレッサー またはブロワ	作業系統図を用いて、ルートの設定、バルブの開閉、仮配管を確立し、コンプレッサー/ブロワを運転してブローを行う。	常温	連続	本設コンプレッサー/ブロワの機能に準じる	空気中の異物または放出エアの透明度	60 メッシュの金網	60 メッシュの金網に異物が無いこと
	オイルフラッシング	酸洗後、回転機器の潤滑油やシールオイル系の微細なごみなどを除き、運転に支障のないようにする。	実作動油またはフラッシングオイル	実際に使用する油を貯槽に貯め、油の循環ポンプを使用してフラッシングする。	常温	連続	運転する実作動油の流速以上	油中の異物	100 メッシュの金網	100 メッシュの金網上に残る異物が基準以下であること

洗浄方法	目的	媒体/薬品/工具	施工要領				判定基準			
			方法	温度	時間	圧力/流量/流速	測定項目	測定方法	判定基準	
機械 洗浄	ピグ洗浄	一般にパイプラインまたは、プラント間の移送ラインのごみ、異物の除去、および水圧テスト後の排出等を目的とする。	各種ピグ エアコンプレッサー	通常、ピグ挿入口にランチャー、吐出側にレシーバーを設け、空気または窒素ガスによりピグを走行させる。	常温	間欠 2~4回	走行圧、ポリピグの場合 1~2 kgf/cm ² G 流速 0.5~1.5m/sec	排出物	目視	排出物の量および目視によって判断
	ブラスト 洗浄	さびや水分の除去がプロセス的に厳しく要求される場合に適用。	珪砂 (3~4号) 鋼球	エアコンプレッサーおよびサンド/ショットブラスト機で直接管内表面に噴射して洗浄する。	-	連続	エア7:珪砂3	表面のダスト・異物の有無	目視 サンプルピースとの照合	NECE, SSPC, SIS などのあらかじめ決められたグレードに適合すること
	ハンドク リーニング	他の洗浄方法が困難な大口径パイプ(28B以上)の洗浄に適用される。	ウェス ハンマー スクレーパー ワイヤブラシ	ワイヤブラシ等を用いて、人が管内に入り手作業で洗浄する。	-	-		表面のダスト・異物の有無	目視	表面の肌色 手の感触
	電動工具 クリーニング	配管の溶接内面の突起、スラッグスケール、さび等を主体に除去する。	電動ワイヤブラシ 電気サンダー 電動クリーナー	電動工具を使用して対象物を削り取り洗浄する。	-	-	電動クリーナーは同一部分に5 sec 以下として使用	ダスト・異物の有無	目視、鏡	表面の肌色
化学 洗浄	アルカリ 脱脂	油分の除去	苛性ソーダ 炭酸ソーダ 燐酸ソーダ 界面活性剤 メタ珪酸ソーダ	薬品の数種を混合した水溶液を循環。 または水溶液中に浸漬。	80~90 (循環) 40~60 (浸漬)	6~12 hr (循環) 4 hr 以上 (浸漬)	0.3~3 m/sec (循環)	アルカリ 濃度 油分 (循環)	定量分析 重量法	油分が一定になること 洗浄時間が所定時間経過したこと
	洗剤洗浄	油分の除去	界面活性剤	0.1~5%水溶液を循環	10~80	6~12 hr	0.3 m/sec 以上			洗浄時間が所定時間経過したこと
	酸洗浄 (浸漬)	さびの除去	塩酸 3~5% 硫酸 10~15% 硝酸 0.5%	薬品の混合液中に浸漬	常温	0.5~6 hr				目視にてさびがないこと
	酸洗浄 (循環)	さびの除去	クエン酸 3% アンモニア 還元剤 0.1% 硝酸 0.3%	薬品の混合液を循環させる。	80~90	4~6 hr	0.3~3 m/sec (循環)	酸濃度 鉄イオン 濃度	定量分析 定量分析	残留酸濃度が十分あり、 鉄イオン濃度が平衡に達していること
	硝・弗酸 洗浄	ステンレス鋼の酸化物の除去	酢酸 13% 弗酸 4%	薬品の混合液を循環、または混合液に浸漬。	常温	0.5~3hr	0.3~1 m/sec			目視にて酸化物が除去されていること
	溶剤洗浄	油分の除去	アルコール類 シンナー	薬品を循環、張込み、浸漬 ふき取り、またはスプレー(不燃性溶剤)	常温	1~4 hr		油分	重量法または 油分計	油分が平衡に達していること 目視にて油分がないこと

3 フラッシング

洗浄法の中でもよく利用されるものに、水によるフラッシング、エアブローおよびスチームブローがある。その中でも、このフラッシングが最も多く用いられる。水を使った洗浄法には、装置に設置されたポンプを使って水循環を行う場合、高圧ジェットを使う洗浄法などがあるが、ここでは、水を装置内に貯め、あるいは消火栓や工業用水の配管から、直接、取水して配管を洗浄する方法について述べる。この方法を、通常、フラッシングと呼んでいる。

3.1 水によるフラッシング

3.1.1. 対象

水の入手が容易なところでは、このフラッシングが配管の洗浄にひろく用いられている。ただし、下記の左の欄の配管については、右側の欄に示した方法によって洗浄することが多い。

配管種別	洗浄法
空気、スチームなどの用役配管	空気、スチーム
残留水を嫌う配管	空気、その他
大口径配管	空気、その他
パイプライン	ピグ

3.1.2. 方法

フラッシングは、作業系統図の上にフラッシングを行う配管のルートを線引きし、また水の導入法と排出口を決めた上で実施する。この計画は、図面の上だけでなく、実施に先立ち現場を見た上で具体的な計画を立てることが、実際の作業を円滑に進める上での鍵となる。

フラッシングに際しては、立ち上り配管は上から下へ水を流してごみを取る。

3.1.3. 使用する水

通常、清澄な真水を使用する。

冷却水として海水を使用している場合、その冷却水ラインのフラッシングには海水を使用する。

配管材にオーステナイト系のステンレスを使用している場合、塩素イオンによる応力腐食割れを防止するため、水中の塩素イオンの濃度を 150ppm 以下に押さえる必要がある。

3.1.4. 水の導入

水の導入法には、次の方法がある。

- (a) 塔、槽類に水を貯めて、そのヘッドによりフラッシングする。
- (b) 消火用水、工業用水を、直接、配管に導入する。
- (c) 水槽から仮設ポンプを用いて、配管に導入する。

3.1.5. 水の排出

水の排出は、配管の端末にある盲フランジをはずし、機器の入口フランジと配管のフランジをゆるめて開口部を作り、それらを排出口として行う。小口径の配管では、ドレンバルブを開いて排出口とする場合もある。

排水口には、水を排出する際に周囲に悪影響を与えない場所を選ぶ。例えば、水溜りができて他の作業に支障を来すことがないように、あるいは水流により養生の終わっていないコンクリートの基礎を壊したりすることのないように配慮する。

3.1.6. フラッシング時の流速

フラッシングを行う際の流速を規制している文献は見あたらないが、運転する実液の流速以上の流速を取ることが望ましい。(厳密には、実際に流れる流体の運動エネルギーとの比較である。)

流速が不足する場合の対策としては、貯水する容器に圧力をかける方法や、流水中に空気を吹き込む方法がある。

3.1.7. フラッシングの手順

配管の始点から終点まで水を流してフラッシングするのであるが、継続して長時間行うよりも、断続的に繰り返して行う方が洗浄効果を上げる。

図3-1のごとく、分岐ラインのある配管では、先ず、ヘッダーのフラッシングを行い、次に枝管を元の方から順番にフラッシングして行く。

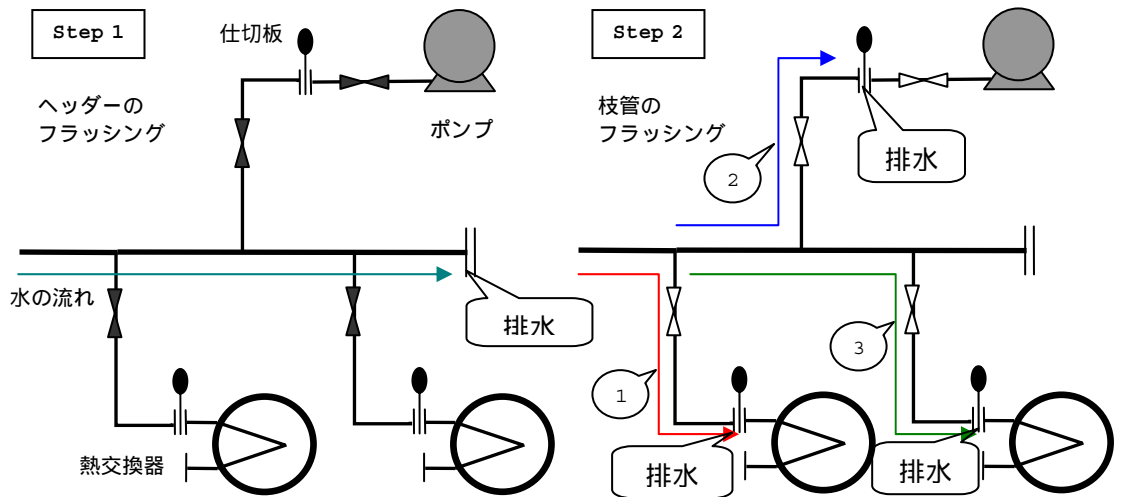


図3-1 フラッシングの順序

3.1.8. 時期

フラッシングは、配管工事終了後の耐圧試験の前後に行う。

フラッシングを行ったあと、運転開始までの時間が長い場合には、洗浄した配管に錆が発生し、再度、洗浄が必要となる場合がある。これを避けるには、フラッシングの時期をずらすなり、フラッシングしたあと管内を乾燥し、さらに乾燥空気を封入するなり、あるいは防錆剤を入れておくなどの処置が必要となる。

3.1.9. 注意事項

(1) 工事中的ゴミの除去

フラッシングをやってみると、配管工事の際、取り残したゴミが多いのに驚かされる。これらのゴミが簡単に除去できる場合はよいが、ハンマーなどの重い金属工具のごときものは、そのまま配管中に残ることとなる。

工事のあと、忘れ物がないように注意をしておくことが、先ず、第一である。

(2) 取りはずしておく機器類

計器類、その他下記の物は、とりはずしてフラッシングを行う。

調節弁
安全弁
遮断弁
流量計
オリフィスプレート
サーモウェル
スプレーノズル

また、圧力計のようにバルブで縁切りが出来るものは、バルブを閉めておく。

(3) 塔、槽、熱交換器に対する注意

フラッシングを行うラインに塔、槽、熱交などの機器が入っている場合は、まず、その機器の入口までの配管をフラッシングする。この際、機器の入口フランジ側に仕切板を

入れ、ゴミを機器に入れないようにする配慮が必要である。機器の下流の配管は、上流の配管洗浄の後フラッシングする。

また、機器に水を貯めてフラッシングする場合は、機器から水が抜き出されることにより、それらの機器が負圧となる。これを避けるため、塔槽類の機器のベントを開けて、外圧による破壊を避ける。

(4) 寒冷時の作業

寒冷時の作業には、水の凍結を考慮する必要がある。フラッシングするラインが凍結しない場合でも、ドレンや導圧配管などの細い配管が凍結し、思わぬトラブルを起こすので注意を要する。

凍結の恐れがあり、その時期を避けられない場合は、フラッシングの代わりに、エアブローを採用するなどの対策が必要となる。

(5) 終了後の作業

作業に使用した仮配管や、ホースなどの後片付けは当然のことながら、機器や配管に残った水の排出を忘れてはならない。ドレン弁を水が切れるまで何度も開け閉めして、排水しておく。配管中の水は、なかなか抜けきれないため、空気によるパージが必要となり、場合によっては、計装用空気や窒素ガスによる乾燥も必要となる。これらのことも事前に計画しておくことが重要である。

(6) 運転時に高温となるライン

加熱炉や熱媒の使用により、運転中、高温となる設備は、フラッシングをていねいにやっても、運転を開始して昇温する時、配管内に付着していた錆や異物が大量に出てくる。このためにポンプストレナーの交換などに、大変な苦勞をさせられる。

この種のラインは、スタート時の宿命と諦めざるを得ないであろう。

ただし、加熱炉に点火して水を加熱してフラッシングすることも効果がある。このことは 6. ポンプによる水循環運転を参照されたい。

3.1.10. フラッシング作業終了の判断

フラッシングの終了の判断は、通常、排出口から出てくる水の清澄さを目視により判断している。この方法は個人差が出てきて判断に困ることがある。

排水をビーカーに取り異物の有無をチェックし、20 メッシュから 40 メッシュぐらいの網を排水口におき、この網に異物が残らなくなったときを終了とする場合もある。

フラッシングは、清浄度を厳しく求められる洗浄法ではないため、いたずらに厳格な判定法を採用する必要はない。人の目による判断で十分であろう。

3.2 オイルフラッシング

ポンプ、コンプレッサー、タービンなどの潤滑油系、シールオイル系、油圧系の洗浄には、オイルフラッシングを行うのが普通である。

これは、潤滑系、シールオイル系などの運転に使用する油に水の混入を防ぐために行う洗浄である。この作業を短縮するため、その系の配管に sus を使用する場合もある。

オイルフラッシングの方法と判断基準は、その機械のベンダーから示されるので、それに従う。

3.2.1. オイルフラッシング時の注意事項

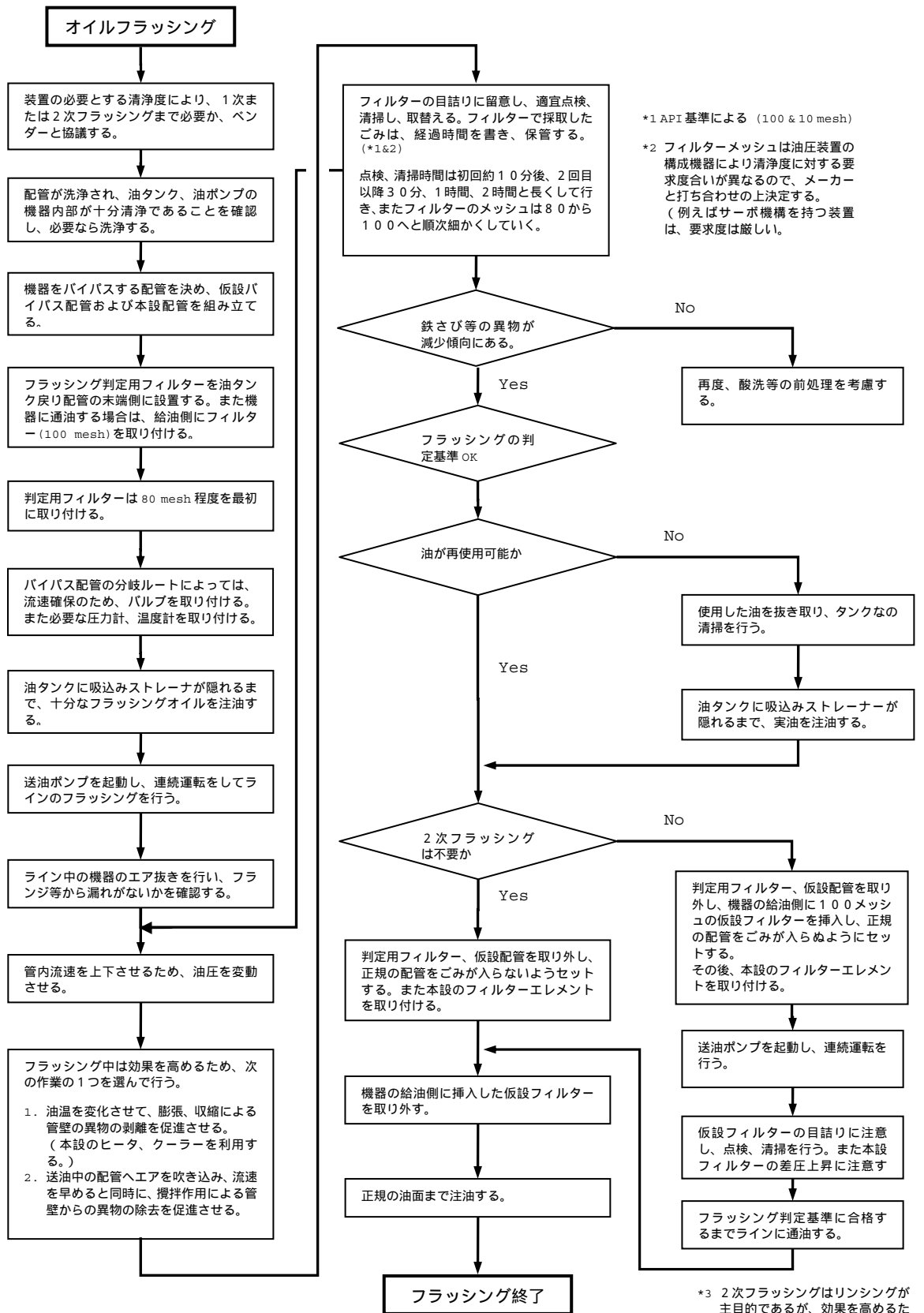
オイルフラッシングは、通常、酸洗を行った後、1 次フラッシングと 2 次フラッシングを行う。1 次フラッシングには、添加剤のないフラッシングオイルを使用するか、実際に使用する油を使用する。2 次フラッシングには、実際の油（共油）を使用する。

配管の洗浄を行う前に、油タンクを清掃し、タンク内の異物を取り除く。この場合、清掃には布は使用しない。スポンジ等を使用する。また、揮発性の溶剤も使用してはならない。

配管中にたまりの部分があったり、行き止まりの枝管があったりすれば、その部分の異物がいつまでたっても取り除けないので、事前にブローするなどして取り除いておく。洗浄に時間を要す

る場合は、いったん、洗浄を中止し、たまりの部分を再度ブローする。
油の汚染基準の資料としては、API-614-1984 がある。
オイルフラッシングの作業手順を次ページに示す。

3.2.2. オイルフラッシングの作業手順



*1 API基準による (100 & 10 mesh)

*2 フィルターメッシュは油圧装置の構成機器により清浄度に対する要求度合いが異なるので、メーカーと打ち合わせの上決定する。(例えばサーボ機構を持つ装置は、要求度は厳しい。)

*3 2次フラッシングはリンシングが主目的であるが、効果を高めるためハンマリング等を適宜行う。

*4 フラッシング後の油の再使用可能か否かの検査は行う。

4 エアブロー

エアブローとは、容器または配管を空気で加圧し、その空気を配管を通して大気中へ放出するときの流速を利用して洗浄する方法である。

エアブローに本設のコンプレッサーを用いる場合には、電気、冷却水などのユーティリティー設備が使用できる状態でなければならない。

装置の洗浄法としては、水によるフラッシングについて多く用いられている。

4.1 エアブローの対象

エアブローは、空気、ガスのラインに用いられることが多い。水の入手が困難な場所では、水フラッシングの代わりに用いられることもある。

計装用空気の配管は、ドライヤーを通した計装用空気を用いてブローする。

また、水分の残留を厳しく制限される系に対しては、水によるフラッシングの代わりにこのエアブローを用いる場合がある。

4.2 方法

事前に、ブローする系統を作業系統図に記入することは、他の準備作業と同様である。

作業担当者は、下記の点に注意を払い、事故を起こさないように作業を進めて行かなければならない。

- エアブローでは、フラッシング時の水の流速に比べ、放出口から出る空気の流速がはるかに大きい。したがって、放出口の周りは、危険区域となることを認識しておく。
- 空気を蓄圧する際、内部に保有されるエネルギーが大きいため、リークがあれば勢いよく噴出する。しかも、噴出してくる空気には、錆、その他の固形物が含まれるため、噴流が人体に当たれば大けがをする危険性がある。

4.2.1. エアブローの空気源

- (1) ユーティリティー設備のコンプレッサー
通常、プラントエア、計装空気用のコンプレッサーが用いられる。
- (2) プロセス設備に設けられたコンプレッサー
プロセスコンプレッサー、ブロワが、空気で運転できる場合は、このコンプレッサー、ブロワを用いることがある。この場合、ユーティリティー設備のコンプレッサーに比べると、容量が大きいことが多いため、作業時間を短縮できるメリットがある。
- (5) 仮設のコンプレッサー上記(1)(2)が使用できない場合、仮設のコンプレッサーを用いる。

4.2.2. 空気の供給法

エアブローを行う系へ空気を導入する方法

- (1) 塔、槽類の機器へ蓄圧する法
ブローする系が塔、槽に接続されている場合は、空気源からこれらの機器へ空気を導入し、圧力をかけたあと配管のブローを行う。

系が、機器と直接接続されていない場合にも、近くに蓄圧できる塔、槽があれば、仮配管によりこれらの機器と洗浄する配管を接続してブローする。

図4-1の太線部(1)をブローするときは、ポンプの入口バルブのフランジを切り離して行う。(2)の部分をブローするときは、ポンプ出口バルブのフランジをはずし、そこへ仮配管により空気源を接続してブローする。
- (2) 空気源から直接ブローする法
蓄圧する機器がない場合は、空気源からブローする系へ、仮配管、ホースにより直接接続しブローを行う。

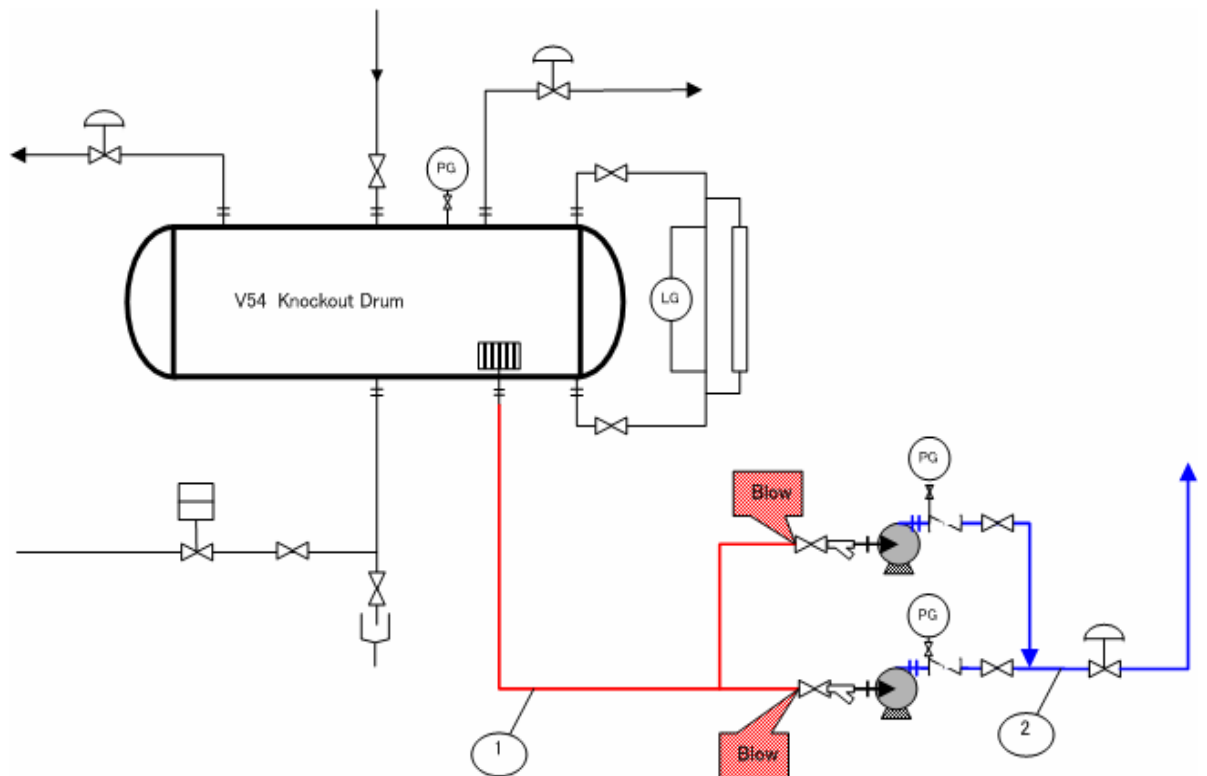


図 4-1 蓄圧によるブロー

(3) パッキンブロー

蓄圧する機器がなく、また、上記(2)の方法では、ブローに必要な流速がとれない大口径配管の場合、配管の末端を紙や薄いガスケットなどのシート状の物でふさぎ、配管内に圧力をかけ、シートが破裂するときの衝撃でブローする。

ただし、この方法では、長い配管の洗浄はできない。

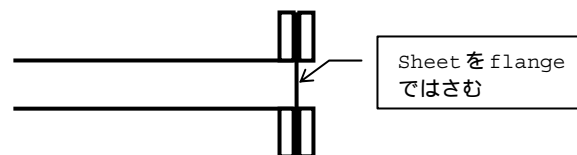


図 4-2 パッキンブロー

4.2.3. ブローの流速と回数の目安

蓄圧法、直接ブロー法ともに、30 m/sec 以上の流速が欲しい。効率よく行うには 50 m/sec 以上が望ましい。

ブローする回数は、その系の清浄度と流速にもよるが、通常、4、5回程度である。ただし、計装用空気の配管は、わずかなゴミも計器作動の障害となるため入念に行わなければならない。

パッキンブローの際は、シートの破裂する圧力に支配されるため流速を大きくとれない。このような場合には、ブローの回数を多くしてカバーする。

4.3 時期

エアブローの時期は、配管の耐圧試験の後とするのが一般的である。特別な事情がなければ、耐圧試験前に行くことは止めるべきである。これは、圧力をかける系に不備な箇所があれば、圧力をかけたとき、そこから空気が噴出し、危険な状態となるためである。

水によるフラッシングと違い、作業後の配管の内部には、水の溜りはないと考えてよい。したがって、ブローの後、長時間放置する場合も、錆の発生は少ない。ただし、この場合は、ブローした系を外部の雰囲気から遮断する必要がある。遮断ができていないと、夜と昼の温度差により気

温が下がったとき、水分を含んだ外気が系内に吸い込まれて系内でその水分が凝縮する。これを毎日繰り返すため、配管の中に大量の水が発生する。このことは、作業が雨期にかかる場合、特に注意を要する。

乾燥を求められる系に対しては、ブローのあと、その系を、乾燥空気や窒素ガスで置換して、外気より多少高めの圧力をかけて保存する。

4.4 注意事項

一般的な注意事項は、フラッシングに対するものと同じである。

(1) 蓄圧する容器

ユーティリティー設備の空気を使用する場合は、コンプレッサー出口の圧力は通常 $7 \text{ kg/cm}^2\text{g}$ である。この圧力が蓄圧する機器の設計圧力より高い場合は、蓄圧する空気の圧力を設計圧力より低くしなければならない。

機器に内装物がある場合、ブロー時の圧力の急激な変動により内装物が壊れることがある。この恐れが考えられる内装物は事前に取りはずす。

(2) 計器、配管部品

水フラッシングと違う点は、圧力をかけるための安全対策と流速が大きいための部品の保護対策である。

蓄圧する機器に取り付けられた安全弁と圧力計は、使用できる状態にしておく。ブローする配管に接続された安全弁、圧力計は、ゴミのつまりを防ぐため、はずすか、元バルブを閉めておく。

ブローする配管に接続されているバルブは、全開の状態にするか、取りはずして短管を挿入する。調節弁、流量計、オリフィスプレートなどの計器は取りはずす。

(3) ブローする際、開閉するバルブ

開閉するバルブは、ブローの際、空気の流速が速いため傷がつきやすい。傷については困るバルブ、例えば、シャットオフ・バルブなどは、ブロー時の開閉用のバルブを別に準備し、正規のバルブと交換して使用するなどの配慮が必要である。

(4) ブローする系の圧力

ブローの際の洗浄効果は、空気の持つ運動エネルギーによって左右される。運動エネルギーは、流速の自乗および質量に比例するため、ブローする系の圧力を低くして流速を大きくしてやった方が効果的である。したがって、開閉するバルブは、系の終点に置くよりも始点に置くことの方が有利である。



図 4-3 挿入

上図はブローする系のバルブの場所を示す。バルブ (a) の下流の配管では、(b) の場合に比べ、空気の圧力が低くなり、流速を大きく取れて有効である。

(5) 仮設コンプレッサー

多くの場合、オイルフリーではないため、コンプレッサーに使用する潤滑油が、ブローする系内に持ち込まれる。ブローする系が、油分の混入を制限される場合、例えば計装空気のラインのごとき場合は使用できない。

また、この油が圧縮された空気中で噴霧状になり、そこに着火源があれば爆発を起こす恐れがある。大容量の系にチェックバルブなどの着火源となる物がある場合は、オイル

フリーのコンプレッサーを使用するか、コンプレッサーの出口に油を取るフィルターを入れて使用しなければ危険である。

(6) 空気の放出口

放出口から、空気がゴミ、異物と共に勢いよく噴出するため、ブローするときは放出口周辺での他の作業は中止する。

また、放出口の近くには安全の監視者を立て、監視者とバルブの操作員はトランシーバーなどで常に連絡できるようにして、緊急時に空気の放出をすぐ止められる体制を取っておく。

放出口の向きは器物のない方向を選ぶ。放出口の先に器物がある場合は、板あるいはキャンバスシートなどで器物の表面を覆って保護する。

(7) 配管の固定

ブローする際、噴出する空気の反力が配管に加わるため、配管を固定する必要がある。固定が十分でなければ、せっかく出来上がった配管や周りの構造物を壊す恐れがある。

(8) ブロー時の騒音

1回のブローの時間は短い、大きな騒音を発生する。

騒音低減の手段としては、サイレンサーを放出口につけるが、これはそれほどの効果は期待できない。

放出口の向きによって音の大きさがかなり変わってくるので、周辺の状況を考慮して、放出口の方向を決める。

外部の騒音によっても、ブロー時の騒音の大きさに対する感じ方が変わってくる。したがって、ブローを行う時間も選ぶ必要がある。また、風向きによっても騒音の大きさが変わってくる。下流に民家がある場合など注意を要する。

それでも、騒音が問題となる場合は、ブロー時の流速を遅くするなり、他の洗浄法に替えるなどの対策が必要となる。

(9) ユーティリティー設備の空気使用

ユーティリティー設備がすでに他の設備に使用されていて、そこから空気を取り出す場合、空気を急激に抜き出せば、空気源の圧力が下がって使用中の設備の運転に支障を来す。

運転中の設備を使用する場合は、この種の問題が生じないように、その設備の担当者と空気の取り出し方やブローを止めるときの方法について、よく協議したあと、作業を開始することが必要である。また、作業の開始、終了の際は、必ず連絡をとりユーティリティー設備の運転に支障がないように注意する。

(10) 塔・槽、熱交換器

ブローする系に塔・槽、熱交換器がある場合は、水フラッシングと同様に、機器の上流側のフランジをはずし、上流の配管からブローして、そのあとに下流側のブローを行う。上流側のブローの際は、機器の入口フランジに仕切板を入れておく。

ただし、塔・槽の内部が簡単に掃除できる場合は、機器のフランジを外さずにブローし、ブローのあと、内部の掃除を行うこともある。熱交換器の場合には、この方法は適用できない。

(11) 回転機械

ポンプ、コンプレッサーの回転機械を介して、ブローすることは避けなければならない。回転機周りの配管をブローする際は、機械の出入口フランジに仕切板を入れ、機械を保護してやる。

4.5 作業終了の判断

エアブローでは、最初のブローのとき真っ黒に濁った空気が出てくる。数回のブローで、これが

透明になってくる。この時点をもって終了と考える。

清浄度を、厳しく求められるときは、配管の出口にアルミまたは銅板のターゲットプレートを置き、ブローした後、この表面についた傷により判断する。

5 スチームブロー

スチームブローとは、スチームをブローすることにより配管を洗浄する方法である。ユーティリティ設備のボイラー、または、プロセス設備の蒸気発生器から出てくるスチームを、洗浄の対象となる配管を通して、大気へブローすることにより行う。

5.1 スチームブローの対象

スチームの配管は、スチームブローにより洗浄するのが一般的である。その他、水によるフラッシングやエアブローができない配管の洗浄に用いられる。

スチームブローは、水によるフラッシング、エアブローと違い、高温のスチームを用いるため、ブローする系がその温度に耐えられることが条件となる。このことは、スチーム配管以外の系をスチームブローする場合、特に気を付けなければならないことである。

使用するスチームが高温、高圧であるため、洗浄の度合は水や空気による洗浄に比べると、良好な結果が期待できる。

5.2 方法

高温、高圧の媒体を使用するため、水フラッシング、エアブローのとき以上に入念な計画が必要である。当然のことながら、作業系統図の上にブローするラインを図示し、準備しておく。実際にブローを行うときは、ブローする系統と放出口周りの他の作業は中止し、その確認を行ったあと開始する。

スチームの放出口には、安全の確認と緊急時に対処するため、監視者を立てることはエアブローのときと同様である。

スチームブローではエアブロー時の蓄圧法のごとく、発生源からのスチームを一旦、容器に貯める方法はとらず、スチームヘッダーからブローするラインへスチームを直接供給してブローする。

5.2.1. スチームの供給源

(1) ユーティリティ設備のボイラー

ほとんどの場合、ユーティリティ設備のボイラーが、スチームの供給源として用いられる。これは新設のボイラーだけに限らず、近くに稼動中のものがあれば、そのスチーム系を使用することもある。

ただし、作業性を考慮し、あるいはプレコミの作業に正規のボイラーの運転が間に合わない場合は、下記(3)の仮設ボイラーを使用することがある。

(2) プロセス装置に設置された蒸気発生器

装置の中に設けられた廃熱ボイラー、その他の蒸気発生器に接続された系を洗浄するには、多くの場合、上記(1)のスチームの系と接続されているので、ユーティリティの配管(主蒸気ライン)をブローするときと同じ時期にブローする。

主蒸気ラインの系統と、装置の中で発生するスチームの系統が別系統となっていて、プロセス装置の運転開始後、ブローする時間の余裕がある場合は、それらの蒸気発生器を供給源として使用する。この方法が許されない場合は、仮配管を用いてユーティリティのスチーム配管からのスチームによりブローする。

(3) 仮設ボイラー

スチームブローは、既設のボイラーからスチームを貰う場合と、本設のボイラーができあがってから行う場合があるが、工程上あるいはその他の事情でそれが無理で他の作業に支障を来す場合、仮設のボイラーを使用することがある。このときのボイラーは、リースや中古品で充分である。

5.2.2. ブローのやり方

ブローに先立ち、バルブを小さく開いてスチームを少量流し、ブローする系を暖気してやる。バルブに小口径のバイパスバルブがあるときは、まずそのバイパスバルブを開いて暖気する。一気に大量のスチームを冷たい配管に流すと、配管の中でスチームが凝縮し、ハンマリングを起こす恐れがある。暖気に当たっては、ブローする系のドレンバルブを開き、スチームトラップはバイ

パスバルブを開けて、系内に凝縮水がたまらないように注意する。ブローする系が長いと、末端までの暖気に時間を要する。この場合、本管のバルブをさらに開いて、十分な暖気を行った後ブローする。ブローは、末端のドレンバルブから出てくるスチームに水が入っていないことを目視により確認してから開始する。

ブローする系には、大別して下記の三つがある。実際の作業に当たっては、その系の性格によりいずれのブロー法を取るかを選定する。

(1) 発電用タービンへの接続配管

この系は、一般に高圧スチームを使用し、系が比較的短く、配管サイズが大きい。この種の系をブローするときは、最初、試験的に低圧でブローする。これは、系内の大きなゴミをまず取り除いてやると同時に、ブローに当たって危険性がないことを確認する意味からも必要なことである。

この系のブローは、ボイラーがスチームの発生を開始した直後にやる場合が多い。その場合は、他の設備へスチームを供給してやる必要がなく、この系のブローのみにボイラーを使うことを考えればよい。

ブローは、2、3分行い、しばらく放置した後、またこれを繰り返す。2、3回のブローのあと、ブローにより高温となった系を放置して冷却し、再度、暖気とブローを繰り返す。

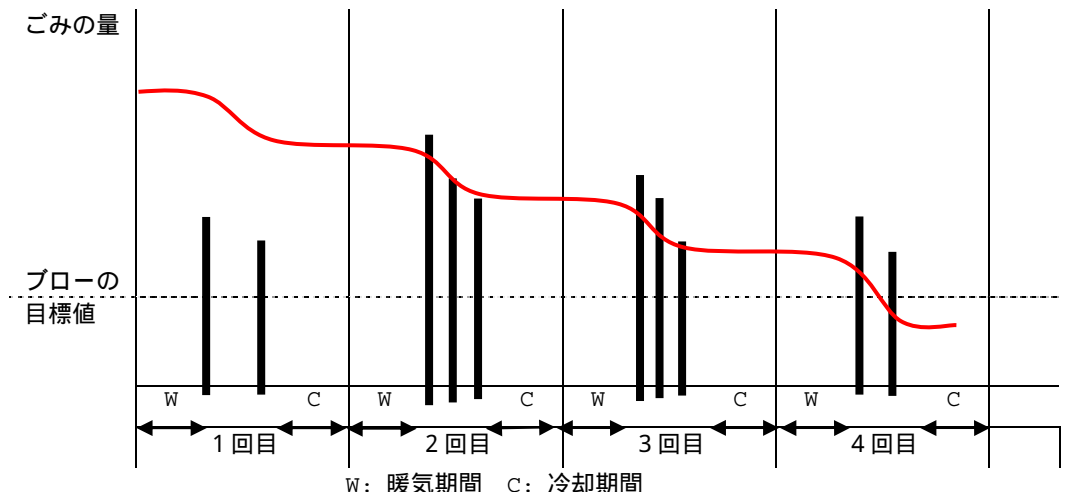


図 5-1 ブローの回数と異物量との関係

(2) 一般のスチーム配管、プロセス配管

中圧、低圧のスチーム配管であり、系が複雑で長い場合が多い。一般には、暖気に時間を要するため、一回の暖気とブローに30分以上の時間がかかっている。ブローしたあと、系を放置冷却し、また、暖気とブローを繰り返す。これは、系の加熱と冷却の繰り返しにより、管壁に付着した異物を剥離させ、洗浄の効果を上げるための手段である。

ブローを行うに際して、運転中のボイラーを使用する場合、ボイラーの運転に急激な変動を与えないようにバルブを開くことが大切である。ブローを終わる場合も同様である。スチームタービンへ接続された配管の場合、その系のブローは入念に行い、タービンへゴミが入って機械を破損させないように注意する。

(3) その他のスチームライン

上記の(1)、(2)のラインに比べ、洗浄に対する要求の度が低く、口径の小さいラインに対しては、30分ほどスチームをブローし続けるとか、10分ぐらいのブローを3、4回繰り返して終了とする。この種の対象となるものには、下記のものがある。

- ホースステーション用ライン
- 暖房器用スチームライン
- 大気放出用ライン

スチームトレースのブローは、スチームトラップをはずすか、トラップの元バルブを閉

め、バイパスバルブを開けた状態で、トレースラインの入口バルブを開けてブローする。トレースのラインが、途中で分岐したり、2本のラインが合流したりしている場合がある。その場合、スチームが流れないラインが出て来るため、この時期に、それらを発見し、改造工事しておくことも重要なことである。このことは、スチームトレースの入口弁とトラップとの対応を個々に調べることにより発見できる。

5.2.3. ブローのときの流量と圧力

ブローに際しては、圧力を低くして、流速を大きくしてやる方が効果的である。

基本的には、

$${}_bV_b^2 > {}_dV_d^2$$

${}_b$ = ブロー時のスチームの密度

v_b = ブロー時のスチームの流速

${}_d$ = 設計のスチームの密度

v_d = 設計のスチームの流速を満足する条件でブローする。

(1) スチームタービンの接続配管

通常、タービンメーカーから上記の

$${}_bV_b^2 > {}_dV_d^2$$

の式が、ブロー時の条件として求められる。一般には、ボイラーからのスチームが、他の用途に使用されているため、この条件を測定するのが困難な場合が多い。この場合、ブローをしているときと、していないときの、ボイラー出口の流量の差を読み、推定する。

発電用タービンでは、多くの場合、ボイラーを立ち上げた直後にブローするため、ボイラーの圧力がそのままブローの圧力となる。また、流量計の読みも他の影響を受けないため正確なデータが取り易い。

(2) 一般のスチーム配管、プロセス配管

厳格には上記のタービンの場合と同じであるが、通常は、スチームの使用に制限を受けることが多く、時間がかかるため、おおよその条件が満たされればよしとしている。

ただし、メーカーからブローの方法につき指定して来る特殊な機器の場合は、その指示に従う。

5.3 時期

エアブローと同様に、配管の耐圧試験が終わったあとでなければならない。保温工事も、ほとんど終わったあとが好ましい。当然のことながら、スチーム供給の準備ができていることが、絶対条件である。

スチームタービンが接続されている系では、タービンの据え付け、芯出しが終わったあと、スチームブローを行う。その後、配管を取り付け、再度、芯出しを行う。

ブローが終わったあと長期間放置する場合、通常、その系にスチームを入れ、生かした状態で保存する。スチームを抜いて保存する場合は、系内のドレンを抜き、窒素を封入して、装置を外気より高い圧力に保持する。

スチームブローした後の系内にはさびが発生し難いといわれているが、長時間放置する場合は、さびは出てくることを前提に対処する。

5.4 注意事項

(1) 酸洗浄との併用の検討

スチームタービンにつながるラインで、その系が独立しており、配管の口径が大きい場合、酸洗を行ったあとの仕上げとして、スチームブローを行うことがある。スチームブローだけでの洗浄に要する時間と、酸洗に要する時間およびその後ブローする時間の合計時間との比較により、いずれを選ぶか選定する。一般にタービン側からの洗浄作業に

対する要求はかなり厳しく、一見手間がかかるように思える酸洗を行った方が、工期の面からも、金額の面からも有利となる場合がある。この比較は、計画の段階で十分検討しておく価値がある。

(2) 計画

計画は、他の洗浄作業と同じく、事前に作業系統図を用いて準備しておくことは、当然のことである。高温、高圧であるため、安全面からも、より周到な計画が必要である。

洗浄する対象は、通常、閉ループであるため一度その系を生かすと、ブロー時に取りきれなかったゴミは、運転中、そのまま系内に残ることとなる。したがって、水フラッシングやエアブローに比べ、作業終了の判断基準は厳しくなる。特に、スチームタービンと接続される系では、洗浄の度合を厳しく求められるため、終了の基準に達するまで、何度も、何度もブローを繰り返す。

また、スチームブローを行うときは、危険防止のため、周辺の他の作業を中止するなどの処置が必要である。そのため、一時、ブローを中止して他の作業を優先するなどの対処が必要となる。ブローの計画を立てるにあたっては十分な時間を見込んでおき、現場作業全体の進捗に影響が出ないようにしておくことが肝要である。

(3) ボイラー担当者との連絡

ブローするに当たって、ボイラーの担当者と事前に協議して、ボイラーの運転に支障のないようにしておく。事前の連絡事項としては、ブローの開始時間とスチームの使用推定量がある。特にブローの開始に当たっては、ブロー作業ごとに連絡を取り、間違いのないようにする。また、終了後は、その旨連絡する。

途中の段階での予定の変更も、常に連絡を取り、ボイラーの運転、ブロー作業ともに円滑に進められるように常に注意を払うことが必要である。

(4) 計器、配管部品の取り外し

ブローする系は、高速のスチームにさらされるため、エアブロー以上に気を使わなければならない。調節弁、流量計、温度計、オリフィスプレートは取りはずしておき、また、系の途中にあるバルブは全開にしておく。デスーパーヒーターが接続されている場合は、これも取り外し、短管を入れておく。安全弁、圧力計に元バルブがある場合は、そのバルブを閉めておく。元バルブがない場合は、それらの計器は取りはずしておく。

開閉用のバルブは犠牲バルブを使用し、正規のバルブはブロー作業が終了したあと取り付ける。スチームの流量が少ない場合は、バルブの下流に制限オリフィスを入れ、バルブの傷みを低減してやるなどの工夫が必要である。

系のなかにチェックバルブがある場合、本体ごと取りはずすのが好ましいが、それが大変であれば内側の弁体のみを取りはずす。

スチームトラップは、ゴミがつまり易いので、取りはずしてブローした方がよい。トラップを取り外せないときは、ブロー終了後、掃除をしておく。

(5) スチームの放出口

ブローするスチームの圧力にもよるが、放出口から 20-30m ぐらいのところまでは吹出すスチームが簡単にとどくと見なければならない。また、放出口から出るスチームは、 10° ぐらいの角度で広がるため、安全を見て、 20° の視野範囲には障害となるものがないように放出口の向きを選ぶ。この範囲内に障害となるものがある場合は、それなりの保護対策を講じる必要がある。風が強い場合は、これでも間に合わないことがあるので注意を要する。

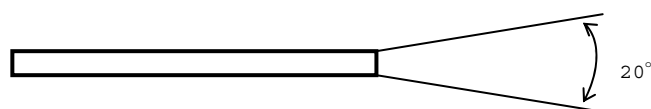


図 5-2 スチームの広がる角度

