



水素化分解装置のメイクアップコンプレッサ用タービンが過速度となりケーシング破壊

基本事項	
事例番号	00175
投稿日	2007/04/02
タイトル	水素化分解装置のメイクアップコンプレッサ用タービンが過速度となりケーシング破壊
発生年月日	2004/02/28
発生時刻	13:35
気象条件	天候： 気温： 湿度：
発生場所（国名）	オランダ
発生場所（都道府県、州、都市など）	
プロセス	石油精製

事故事象		
事故事象	概要	2004年2月28日、水素化分解装置メイクアップ・コンプレッサC01の高圧スチームタービンが過速度となり崩壊した。操作中のオペレータはコンプレッサ棟から避難したため無事であった。コンプレッサ棟が被害を受けた。 【事故事象コード】機器・装置の破損
	経過	<p>(1) 水素化分解装置（DHC）では3台の往復動式水素メイクアップ・コンプレッサを並列運転している。内1台はモーター駆動、2台は高圧スチームタービン駆動であり、機械式調速機を備えている。通常は調速機の最低速度（5,400 r p m）に保持し、コンプレッサのリサイクル・フローを変更することによりプロセスを制御している。</p> <p>4台目のコンプレッサはスチームタービン駆動の遠心式リサイクル・ガスコンプレッサである。高圧スチームタービン3台は全て共通のスチーム供給ラインに設置されている。</p> <p>(2) 事故の11日前にボイラー給水用の脱塩装置が不調になって重大なフォーミング事故が発生し、高圧スチームシステムに塩が含まれている可能性のあるボイラー水が流入した。</p> <p>(3) スチームタービン駆動の遠心式リサイクルコンプレッサC03は、ゆっくりではあるが徐々に処理能力が落ちていたとの報告があった。</p> <p>(4) スチームタービン駆動メイクアップコンプレッサC01も、時々タービン速度</p>



水素化分解装置のメイクアップコンプレッサ用タービンが過速度となりケーシング破壊

	<p>が調速機の最低速度に落ちるとの報告があった。</p> <p>(5) 2月27日、タービンCT03を水洗する計画が立てられた。</p> <p>(6) 2月28日、C01をシャットダウンして調速機を交換する計画が立てられた。通常のシャットダウン手順に従って操作していたところ、0%ロードに切り替わったときタービン速度が上昇した。</p> <p>(7) 自動および手動操作によりトリップを試みたが失敗し、タービンがジェットエンジンのような音を発したので、オペレータは避難した。20秒以内にタービンは過速度により破壊。パネルでは速度14,000rpmを越えていることが記録されていた。</p>
原因	<p>(1) C01のタービンのトリップ&スロットル・バルブ(T&Tバルブ)およびスチーム・コントロールバルブのどちらにもマグネタイトが堆積しバルブが閉止できなかった。</p> <p>(2) 3台のスチーム・タービンを解体した結果、2種類の堆積物、マグネタイトと塩が発見された。塩のほとんどはタービン・ブレードで見つかった。故障したタービン(CT01)のT&Tバルブでは、多量のマグネタイトとナトリウム塩が発見された。</p> <p>(3) スチーム及びボイラー給水システムの不調により、マグネタイトの微粒子が流出した結果、T&Tバルブに過剰に堆積したと推定する。バルブ・ステムと軸受筒の間隔が通常より狭かった。このT&Tバルブを最後に使用したのは3ヶ月前のスタートアップ時であった。</p> <p>(4) この事故によってスチーム・バルブは大きな被害を受けた、一方、分析結果からマグネタイトと塩の堆積量が予想以上に高かった。被害を受けたバルブはバランス・シリンダー内の堆積物によって動かなくなっていた。バルブが動かなくなったのはバランスピストンとバルブ・ステムの軸受筒の間にずれが生じていたことによる。</p> <p>(5) 第2タービン(CT02)のT&Tバルブは完全な閉止状態でなかった。事故後、このバルブは手動で閉止され、何度か試験を行ったが問題はなかった。このタービンが過速度とならなかった理由は、スチーム・バルブが閉止していたためである。</p>

起回事象・進展事象		
起回事象		メイクアップコンプレッサタービンの調速機不調 【起回事象コード】動機器の停止・機能低下・破損
起回事象の要因	1	スチーム及びボイラー給水システムの不調により、マグネタイトの微粒子が流出 【要因コード】直接要因>物質要因>危険物質・不純物の生成・蓄積
進展事象・進展事象の要因	1	負荷低下にも関わらずスチーム・コントロールバルブ開状態



水素化分解装置のメイクアップコンプレッサ用タービンが過速度となりケーシング破壊

		<p>【事象コード】動機器の停止・機能低下・破損</p> <p>要因一覧</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>要因(テキスト)</th> <th>要因(コード)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>スチーム・コントロール・バルブにマグネタイト又はナトリウム塩が堆積</td> <td>直接要因>物質要因>危険物質・不純物の生成・蓄積</td> </tr> </tbody> </table>	No	要因(テキスト)	要因(コード)	1	スチーム・コントロール・バルブにマグネタイト又はナトリウム塩が堆積	直接要因>物質要因>危険物質・不純物の生成・蓄積			
No	要因(テキスト)	要因(コード)									
1	スチーム・コントロール・バルブにマグネタイト又はナトリウム塩が堆積	直接要因>物質要因>危険物質・不純物の生成・蓄積									
	2	<p>メイクアップコンプレッサタービン過速度</p> <p>【事象コード】動機器の停止・機能低下・破損</p> <p>要因一覧</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>要因(テキスト)</th> <th>要因(コード)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>自動および手動操作によりトリップを試みたが失敗</td> <td>直接要因>保守・点検要因>保守・保全不良</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>タービンブレード、トリップ&スロットル・バルブ(T&Tバルブ)、スチーム・コントロール・バルブにマグネタイト又はナトリウム塩が堆積</td> <td>直接要因>保守・点検要因>保守・保全不良</td> </tr> </tbody> </table>	No	要因(テキスト)	要因(コード)	1	自動および手動操作によりトリップを試みたが失敗	直接要因>保守・点検要因>保守・保全不良	2	タービンブレード、トリップ&スロットル・バルブ(T&Tバルブ)、スチーム・コントロール・バルブにマグネタイト又はナトリウム塩が堆積	直接要因>保守・点検要因>保守・保全不良
No	要因(テキスト)	要因(コード)									
1	自動および手動操作によりトリップを試みたが失敗	直接要因>保守・点検要因>保守・保全不良									
2	タービンブレード、トリップ&スロットル・バルブ(T&Tバルブ)、スチーム・コントロール・バルブにマグネタイト又はナトリウム塩が堆積	直接要因>保守・点検要因>保守・保全不良									
	3	<p>メイクアップコンプレッサタービンの崩壊</p> <p>【事象コード】動機器の停止・機能低下・破損</p>									
	4	<p>高圧スチーム漏洩</p> <p>【事象コード】漏洩・噴出</p>									
事故発生時の運転・作業状況		装置・機器の点検・保全中									
起回事象に関係した人の現場経験年数		不明・該当せず									

装置・系統・機器		
起回事象に関連した装置・系統		重質油水素化脱硫・水素化分解装置>水素系
起回事象に関連した機器		動機器>タービン>タービン 【補足説明】水素メイクアップ用往復動コンプレッサタービン
発災装置・系統	1	重質油水素化脱硫・水素化分解装置>水素系
発災機器	1	動機器>タービン>タービン 【補足説明】タービンケーシング
事故に関連したそ	1	動機器>タービン>タービン



水素化分解装置のメイクアップコンプレッサ用タービンが過速度となりケーシング破壊

他の機器		【補足説明】調速機
	2	動機器 > コンプレッサ > 往復動式コンプレッサ 【補足説明】タービン
	3	その他の機器 > その他の機器 > その他の機器 (テキスト入力) 【補足説明】不明
運転条件		温度:400 4.5MPa
主要流体		高圧スチーム
材質		

被害状況	
被害状況 (人的)	死者：不明 負傷者：不明
被害状況 (物的)	物損額：50万ユーロ以上
被害状況 (環境)	
被害状況 (住民)	

検出・発見	
事故の検出・発見時期	1 作業中・作業後に気がつく
事故の検出・発見方法	1 五感 (異音、異臭、振動、目視など) 【補足説明】タービンがジェットエンジンのような音を発した

想定拡大と阻止	
重大事故への拡大阻止策・処置	コントロールルームの手動トリップ操作 コンプレッサ棟より緊急避難
想定重大事故	破壊による人身障害

再発防止と教訓	
再発防止対策	現状の設備対策 ・製油所内の高圧スチーム配管系を水洗。 ・タービンCT02、CT03のT&Tバルブとスチーム・バルブを検査、清掃、オーバ



水素化分解装置のメイクアップコンプレッサ用タービンが過速度となりケーシング破壊

- ホール。
 - ・タービンCT02、CT03を水洗。
 - ・タービンCT02、CT03の過速度保護システムの機能試験実施。
- 保守・保全計画の変更
- ・大規模な変更時はスチーム・バルブ、T&Tバルブ及び付属制御装置を全面的に点検、オーバーホール。
 - ・スチーム・バルブとT&Tバルブの運転中試験技術に関する調査を実施。
- 操作手順の変更
- ・T&Tバルブの機能試験を毎週実施。
 - ・スチーム・バルブを長期間静止位置に置かないようにする
 - ・タービンのスタートアップ前に過速度保護システムの機能試験を実施。
 - ・コンプレッサの計画停止前にT&Tバルブとスチーム・バルブのストローク試験を実施。
 - ・高圧スチーム・タービン保護システムの全バルブの試験を定期的実施。
- 設計の改善
- ・汚れの影響を受けにくい改良設計のスチーム・バルブ、T&Tバルブの検討。
 - ・タービンの過速度保護防止措置の検討（例：高圧スチーム・シャットダウンバルブの追加、速度の変更）。
 - ・コンプレッサのトリップなどの考え方を再評価。
- 人的行動
- ・非正常操作に対する危険意識の向上。
 - ・ボイラー給水システム不調に対し注意を喚起。

教訓

安全専門家のコメント

安全専門家のコメント

「オペレータは自動および手動操作によりトリップを試みたが失敗し、タービンがジェットエンジンのような音を発したので避難した。20秒以内にタービンは過速度により破壊」との記述がある。また、参考文献では、回転数が5200rpm 6680rpm 7700rpm 8216rpmと上昇する記述がある。それを確認しながら停止ができないオペレータの気持ちはどうだっただろうか。推測であるがスチームの取り出しバルブの閉止をしようにも近辺にはなかったらうから、避難するのが当然である。

しかしこの事故を未然に防止する方法はあった。フォーミングの発生、複数のタービンの调速機不調が事前に確認されていた。タービン停止の危険予知で「もしトリップ&スロットル・バルブおよびスチーム・コントロールバルブが機能を発揮できないときは、スチーム取り出しバルブに人をつけ対応しよう」となる。その背景にはスチームの取り出しバルブ トリップ&スロットル・バルブ スチーム・コントロールバルブの機構を理解していることが前提となる。



水素化分解装置のメイクアップコンプレッサ用タービンが過速度となりケーシング破壊

添付資料・参考文献・キーワード

参考資料（文献など）

・ TNO, FACTS, No.20665

▶ 添付資料

▶ キーワード(>同義語)

- 🔑 重質油水素化脱硫装置 > 直脱,IDS,残油水素化脱硫装置,間接脱硫装置,間脱,直接脱硫装置,重脱,ゴーフアイナー
- 🔑 水素系
- 🔑 間接脱硫 > IDS,間脱,MHC,減圧軽油水素化脱硫,VGO-HDS
- 🔑 直接脱硫 > 直脱,LR-HDS,DDS,重油水素化脱硫,ARDS,RDS
- 🔑 水素化分解装置 > ハイドロクラッキング
- 🔑 タービン
- 🔑 コンプレッサ > 圧縮機
- 🔑 往復動式コンプレッサ > レシプロコンプレッサ,往復動コンプレッサ,往復動圧縮機

▶ 関連情報