



ナフサ水素化脱硫装置反応塔出口熱交換器の破裂による火災爆発

基本事項

事例番号	00537
投稿日	2011/09/21
タイトル	ナフサ水素化脱硫装置反応塔出口熱交換器の破裂による火災爆発
発生年月日	2010/04/02
発生時刻	00:35
気象条件	天候： 気温： 湿度：
発生場所（国名）	アメリカ
発生場所（都道府県、州、都市など）	ワシントン州
プロセス	石油精製

事故事象

事故事象	概要	ナフサ水素化脱硫装置反応塔エッフルエント熱交換器のシェルが水素アタック (HA) により破裂し、ナフサ、水素の混合物が漏洩し火災・爆発となった。この事故により、作業中のオペレーター5名が死亡した。 【事故事象コード】漏洩・噴出
	経過	(1) ナフサ水素化脱硫装置のエッフルエント熱交換器は2系列3シリーズであり、汚れのため運転を継続しながら1系列をロックし清掃した。汚れはチューブ側であり、6ヶ月に1回の頻度で清掃を行っている。 (2) 清掃終了後オンライン操作中に、運転を継続していた他系列の熱交換器シェルが破裂した。ナフサと水素の混合物が噴出し火災爆発となり、オペレーター5名が死亡、2名が重症を負った。このオペレーターのうち4名は、教育実習の目的で配置されていた。 (3) 破裂した熱交換器は3シリーズの真ん中の熱交換器で、シェルの材質は炭素鋼。尚、最上流（高温側）の熱交換器シェルの材質はC-Mn-0.5Mo鋼であった。 (4) 破断箇所は溶接の熱影響部で、溶接後熱処理 (PWHT) は実施されていなかった。事故後破面観察、ミクロ組織観察を実施した結果ミクロフィッシャーや脱炭が認められ、明らかに水素アタックを受けた痕跡が認められた。 (5) 同一の運転条件である他系列の熱交換器（オンライン操作中のもの）は外観上の損傷は認められなかつたが、ミクロ組織観察の結果破裂した熱交換器と同様の損傷が確認された。



ナフサ水素化脱硫装置反応塔出口熱交換器の破裂による火災爆発

	原因	(1) 過去3回コロージョン レビューが行われている。最上流(高温側)の熱交換器については水素アタックの懸念が指摘されていたが当該熱交換器については指摘はなく、従って水素アタックを対象とした検査は実施されていなかった。この原因は、各熱交換器の出入口に温度計、圧力計がなく、運転温度や水素分圧が正確に把握できなかったことによるものと考えられる。 (2) 運転中に熱交換器シェルの超音波肉厚測定が実施されていた。超音波肉厚測定は温度補正(鋼中の伝播速度を補正)が必要なためシェルの表面温度測定が実施され、記録が残っている。これによるとエンドオブラン時の想定温度をかなり超過している箇所があったが、この問題について検討された痕跡はない。
--	----	--

起因事象・進展事象

起因事象	熱交換器のシェルが水素アタックを受けた 【起因事象コード】静止機器の腐食・劣化・破損	
起因事象の要因	1	溶接部のPWHTが未実施 【要因コード】直接要因 > 情報要因 > プロセス特性・危険性の評価・検討不足
	2	運転条件(温度、圧力、水素分圧)が把握されていない 【要因コード】直接要因 > 設計要因 > プロセス設計不良
進展事象・進展事象の要因	1	熱交換器シェルの強度低下、破裂 【事象コード】静止機器の腐食・劣化・破損
	2	炭化水素、水素の混合物漏洩 【事象コード】漏洩・噴出
	3	火災・爆発 【事象コード】火災・爆発
事故発生時の運転・作業状況	定常運転中・ルーチン作業中 【補足説明】 熱交換器清掃後オンライン操作中、但し破裂した熱交換器は定常運転中のもの	
起因事象に関係した人の現場経験年数	不明・該当せず 【補足説明】 通常オンライン操作はフィールドオペレーター2名が実施。事故当時その外にスーパーバイザー1名、教育実習中のオペレータ4名が現場において死傷。	

装置・系統・機器

起因事象に関連した装置・系統	軽質油水素化脱硫装置 > 原料油供給・反応系
----------------	------------------------



ナフサ水素化脱硫装置反応塔出口熱交換器の破裂による火災爆発

起因事象に関連した機器	静止機器 > 热交換器（ヒーター、コンデンサー含む）> シェル&チューブ热交 【補足説明】リアクター エッフルエント热交換器
発災装置・系統	1 軽質油水素化脱硫装置 > 原料油供給・反応系
発災機器	1 静止機器 > 热交換器（ヒーター、コンデンサー含む）> シェル&チューブ热交
事故に関連したその他の機器	
運転条件	354 ~ 376 (反応塔出口) 4.2MPa (反応塔入口)
主要流体	ナフサ、水素
材質	炭素鋼（溶接後熱処理未実施）

被害状況	
被害状況（人的）	死者： 5 負傷者： 2
被害状況（物的）	製油所が半年以上停止
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 その他（テキスト入力） 【補足説明】火災爆発時に発見
事故の検出・発見 方法	1 五感（異音、異臭、振動、目視など）

想定拡大と阻止	
重大事故への拡大阻止策・処置	装置の緊急停止
想定重大事故	火災の拡大

再発防止と教訓	
再発防止対策	1.耐水素アタックという観点で材料および設計を見直し、熱交換器を更新する。 2.各熱交換器の出入口に温度計と圧力計を設置し、水素分圧と温度が把握できる



ナフサ水素化脱硫装置反応塔出口熱交換器の破裂による火災爆発

	<p>システムを確立する。</p> <p>3.高温水素環境で使用されるPWHT未実施の機器について、検査計画を見直す。</p> <p>4.高温水素環境で使用される機器について、ネルソンカーブに対する運転の余裕度を見直す。</p> <p>5.スペックブレークの箇所について、低グレード側が設計条件内で運転されていることを確認する。</p>
教訓	<p>1.水素アタックはLBB（リーク ビフォー ブレイク）にならず脆性的な破壊となるため、重大な災害となる可能性が高い。したがって安全域で運転されていることを、常に確認することが必要である。</p> <p>2.ネルソンカーブは科学的な裏付けがあるものではなく、実績を反映したものである。事故のたびに修正されており、運転の余裕度が必要である。</p>

安全専門家のコメント	
安全専門家のコメント	<p>最近ネルソンカーブの安全域で使用されているPWHT未実施の炭素鋼製機器について、水素アタック（HA）の事例が数件報告されており、検査計画および運転の余裕度を見直す必要がある</p> <ul style="list-style-type: none">2010年7月ASMEの会議で配管のHA事例が報告され、ネルソンカーブに対して 50 °F / 50 psia の運転の余裕度を取ることが提案された2011年5月のAPIの会議で、石油3社からHA事例が報告された

添付資料・参考文献・キーワード	
参考資料（文献など）	Naphtha Hydrotreater E-6600E Failure (Anacortes Refinery, Washington Top Investigation Team Report Incident Tracking#1004020PR038)

▶ 添付資料

▶ キーワード(> 同義語)

- ━o 炭素鋼 > CS
- ━o 溶接後熱処理
- ━o 水素侵食
- ━o 破裂
- ━o 原料油供給反応系

軽質油水素化脱硫装置 > HF,水素化精製装置,ナフサ水素化脱硫装置,灯油水素化脱硫装置



ナフサ水素化脱硫装置反応塔出口熱交換器の破裂による火災爆発

■ HDS,水添脱硫装置,UF,軽油水素化脱硫装置

■ 热交換器 > 热交

■ シェル&チューブ热交

■ 水素アタック

▶ 関連情報