

S/N CB0059032	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） 尾崎敏範、刑部一郎、石川雄一：材料と環境、37,608(1988)		本資料の 作成者名 尾崎
整理番号 ozaki-0032	資料のタイトル： 汚染大気を取扱うターボ圧縮機インペラの応力腐食割れ損傷		
失敗事例のタイトル： 鋭敏化 13Cr ステンレス鋼は粒界応力腐食割れする		一次原因（材料要素）：鋭敏化、 粒界応力腐食割れ、孔食起点	
機種：TO プラント用ターボ圧縮機 使用期間：2年間	部品：インペラ 寸法；φ400～800mm	鋼種：AISI414 鋼、マルテンサイト系ステンレス鋼 硬さ：Hv～300	使用環境：汚染大気 SO ₂ ：0.17ppm
<p>損傷発生時の状況：</p> <p>①TO プラント用ターボ圧縮機は、汚染大気中で運転すると AISI414 鋼インペラのシュラウド羽根付根に付着した堆積物下に腐食孔食が発生し、その底部より割れが発生した。</p> <p>②割れ形態は枝分れの多い微小な割れが複雑形状で進行しており、活性経路型応力腐食割れと思われる。</p>			
<p>調査内容とその結果：</p> <p>①本割れが発生する環境側原因を検討した結果、図 1 の関係が明らかになった。すなわち、ターボ圧縮機構造物内における空気流れは、4 段の圧縮と冷却過程において汚染大気成分が濃縮され、インタークーラ銅管を腐食させる。その銅腐食生成物(Antrerite)がインペラに流入すると、堆積物下に酸性で酸化性の強腐食性環境を形成させる。この環境が、鋭敏化した 13Cr ステンレス鋼の応力腐食割れを発生させるものと考えられる。</p> <p>②一方、応力腐食割れ発生材料側条件を検討すると、表 1 に示すごとく、500～600℃焼鈍において鋭敏化し、低温焼鈍では高硬度（水素脆化割れ発生）に、高温焼鈍では低強度（非鋭敏化）となることが明らかとなった。</p>			
<p>損傷発生シナリオ：</p> <p>①インペラ用 13Cr 鋼の焼鈍条件を、高硬度あるいは低強度を避け決定した結果、不幸にも鋭敏化処理材となっていた。なお、本鋼では Cr 炭化物析出サイトがマルテンサイトラス境界になり、その地点が割れ状に溶解する。</p> <p>②一方、ターボ圧縮機装置内環境は、粒界応力腐食割れが発生しやすい酸性・酸化性条件を形成していた。</p> <p>③また、本インペラは周速 350m/s で回転しており、羽根付根の付与応力は降伏応力程度の値に達している。</p> <p>④これらの結果、材料—環境—応力の応力腐食割れ発生条件を全て満足し本損傷が発生したものと推定される。</p>			
<p>対策（損傷発生時にとられた対策あるいは現在とすべきと考えられる対策）：</p> <p>①本装置における応力腐食割れ防止策は、まづ、環境条件の改良である。すなわち、インタークーラ銅管の腐食生成物が重大な影響を与えると考えられるので、銅管に換えてTi合金管を使用することが有効と思われる。</p> <p>②材料条件については、焼鈍温度を鋭敏化域から低温あるいは高温側に移動させることである。しかし、この方法は高速度インペラとしての脆性破壊や強度不足の懸念が残る。</p>			
<p>教訓：</p> <p>①鋭敏化 13Cr ステンレス鋼は、環境条件によって粒界応力腐食割れを生じることがある。</p>			
備考			
失敗の主要因		誰が判断した結果生じた失敗と考えられるか	
チェックボックス（を記入：複数可）		チェックボックス（直接作業者の場合、監督者の場合△を記入）	
	当時の技術レベルでは不可抗力	△	設計者
	情報伝達不備・不足		製作者 / 建設担当者
	担当者不勉強/教育不十分/意識不足		検査者
	指示ミス		使用者
	うっかり、ぼんやり		メンテナンス者
	その他		その他

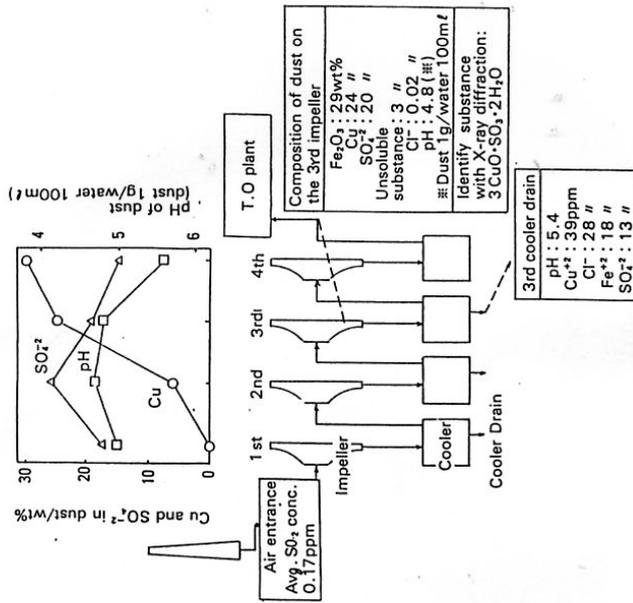


図1 ターボ圧縮機構造物内における汚染大気成分の濃縮状況。
濃縮した汚染大気によりインタークーラークーラ銅管が腐食し、銅腐食生成物 (Antretrite)がインペラに付着し、応力腐食割れ発生環境が形成される。

表 1 13Cr マルテンサイト系ステンレス鋼の焼戻し条件に伴う各種性質。

- II. 500～600℃焼戻し材は鋭敏化し、I. 低温焼鈍では高硬度（水素脆化割れ発生）に、
- III. 高温焼鈍では低強度（非鋭敏化）となる。

No.	Tempering conditions	Metallurgical properties	SCC mode	SCC occurring environments
I	< 500℃ × 5h	High hardness	HE	Sea water, High temperature water, Sulfide solution.
II	500℃～600℃ × 5h	Sensitization	IGSCC	Application of anodic potential (+0.05～+0.35V vs. SHE), High temperature water.
III	650℃～700℃ × 5h	Low hardness, Non-sensitization	Not experienced (*1)	_____

*1 : Except for in MgCl₂ and NACE solution.