

S/N	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など）		本資料の 作成者名 尾崎
CB0059033	尾崎敏範、石川雄一：材料と環境、38,534(1989)		
整理番号 ozaki -0033	資料のタイトル： 13Cr系マルテンサイト系ステンレス鋼製ポンプ軸の折損		
失敗事例のタイトル： 鋭敏化あるいは高硬度 13Cr 鋼は割れ易い。		一次原因（材料要素）：鋭敏化、高硬度、 粒界応力腐食割れ、腐食疲労	
機種：高圧ポンプ、 使用期間：数年間	部品：ポンプ軸、スリーブ 寸法；	鋼種：13Cr、マルテンサ イト系ステンレス鋼	使用環境：高温純水 水質：高純度水
<p>損傷発生時の状況：</p> <p>①図1は、13Cr マルテンサイト系ステンレス鋼製ボイラー給水ポンプ軸に発生した割れである。a)は破断面、b)はその切断面、c)は孔食直下の破断面（粒界応力腐食割れ）、d)は平坦な割れ（腐食疲労）の拡大である。</p> <p>②本損傷は1mm程度の腐食孔を起点とし、粒界応力腐食割れ、それに続く腐食疲労により進行している。</p>			
<p>調査内容とその結果：</p> <p>①図2は上記部品の割れ発生寿命と材料硬さの関係である。材料硬さが Hv270～340 の鋭敏化材は短期間に割れが発生し、鋭敏化域を外れた低硬度域で寿命が延びているのが特徴である。したがって、本部品の損傷原因は、その破壊形態からも明らかなように、材料の鋭敏化に伴う粒界応力腐食割れと推測される。</p> <p>②図3は同一機種、同一鋼種で製作したスリーブ（摺動部材、Hv=450～550）に発生した割れ発生寿命と硬さの関係であり、この場合の割れ発生寿命は硬さ依存性が見られない。なお本部品では、表面に発生した微小な腐食孔（～0.1mm）を起点として脆性的（平坦な割れ）に割れが発生している。したがって、本部品の損傷原因は、破壊形態からも明らかなように高硬度材固有の孔食を起点とした水素脆化割れと判断される。</p>			
<p>損傷発生のシナリオ：</p> <p>①ポンプ軸における損傷ストーリーは、〔鋭敏化材の使用〕→〔孔食の発生と進行〕→〔粒界応力腐食割れ〕→〔腐食疲労割れ〕→〔軸破断〕、へと進行したものと推測される。</p> <p>②一方、スリーブの損傷ストーリーは、〔高硬度材の使用〕→〔孔食の発生と進行〕→〔水素脆化割れ〕→〔脆性破壊〕→〔スリーブ破断〕、へと進行したものと推測される。</p>			
<p>対策（損傷発生時にとられた対策あるいは現在とるべきと考えられる対策）：</p> <p>① 本機械構成では、使用環境条件と付与応力条件を変更することが困難であり、材料条件の変更が望ましい。</p> <p>②具体的なポンプ軸の折損防止策は、高温焼き戻しすることで鋭敏化を回避することが有効である。</p> <p>③スリーブの割れ防止には、摺動特性を確保する目的で低硬度に設定することが出来ない。したがって、摺動部品固有の突発的な摺動異常が生じないように部品構造の変更やメンテナンスを重視すべきである。</p>			
<p>教訓：</p> <p>13Cr系マルテンサイト系ステンレス鋼製部品は鋭敏化材の場合、粒界応力腐食割れが発生しやすい。一方、高硬度材の場合は水素脆化割れが発生しやすいので、共に熱処理条件と付与応力に配慮すべきである。</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

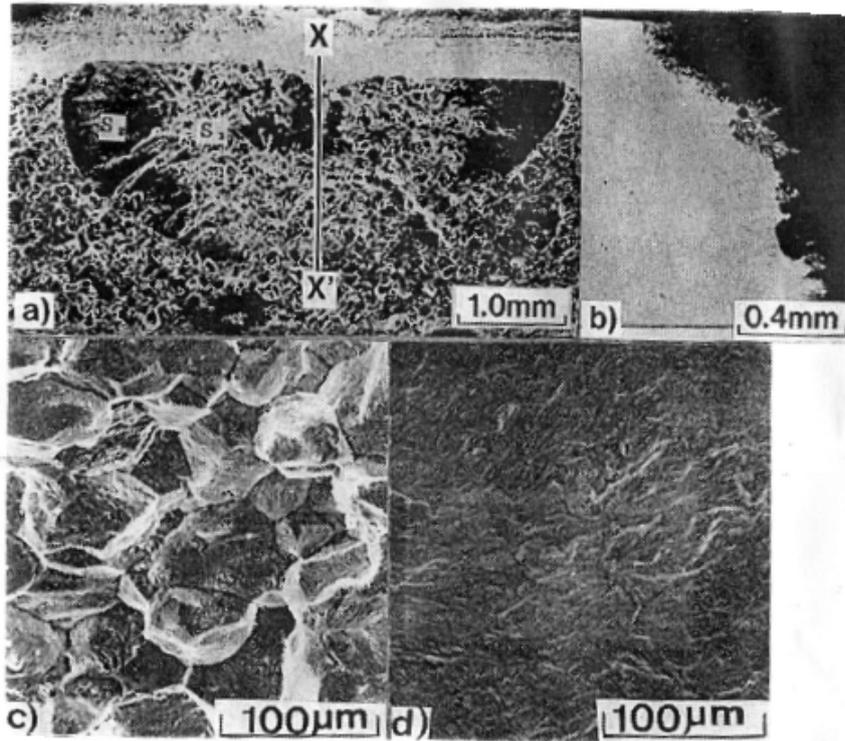


図1 13Crステンレス鋼製ポンプ軸材の破損状況、 a) 破断面、b) X-X'地点切断面、
c) 孔食直下の破断面(粒界応力腐食割れ)の拡大、d)平坦部分(腐食疲労)の拡大

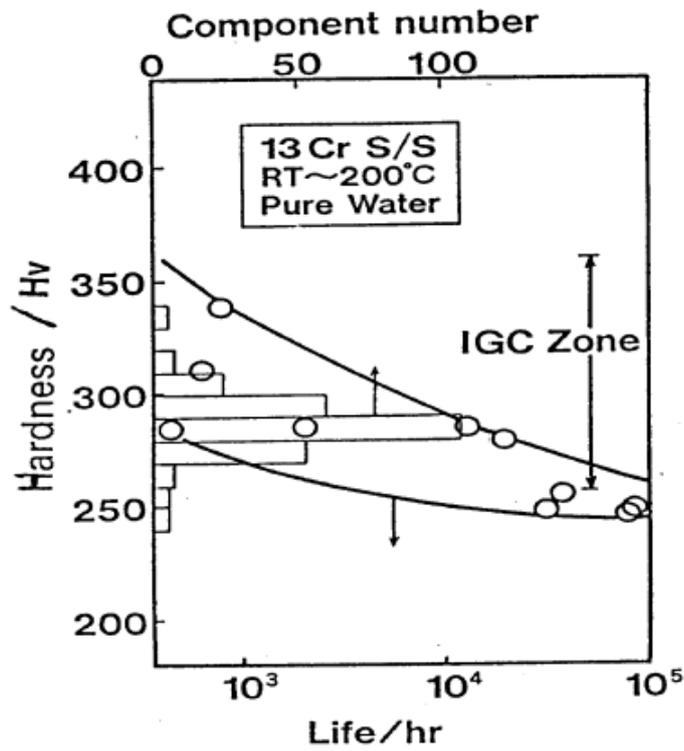


図2 13Crステンレス鋼製ポンプ軸材における破損寿命と材料硬さの関係
 図中の IGC Zone は鋭敏化材料の材料硬さ範囲

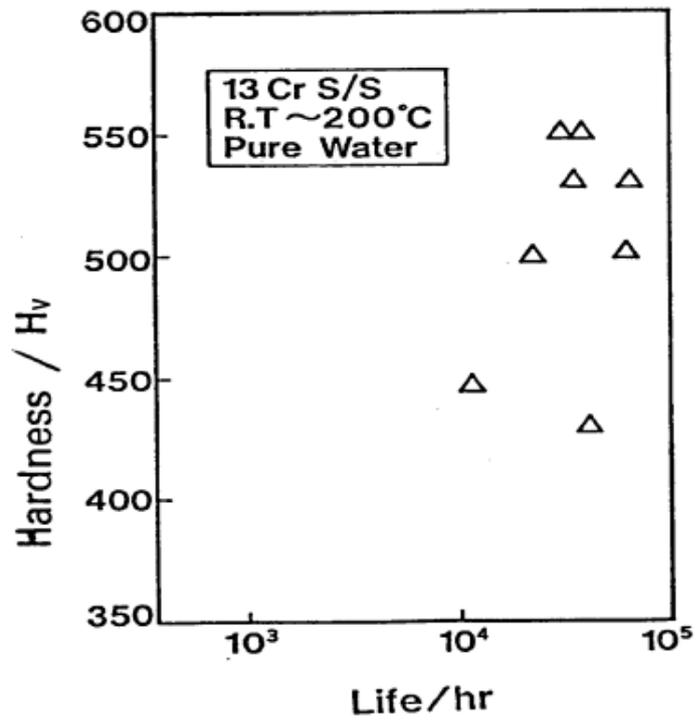


図3 13Crステンレス鋼製ポンプスリーブ（摺動材、高硬度）における破損寿命と材料硬さの関係