

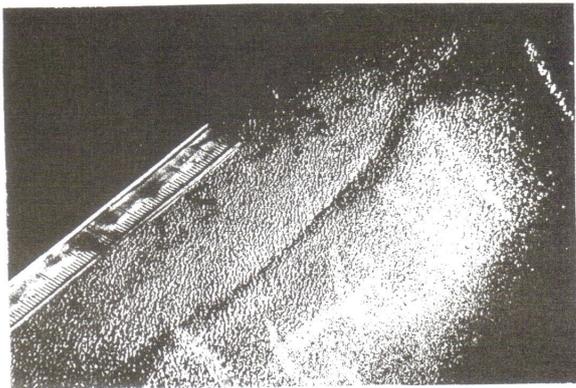
CB0058058	資料の出典（資料名、著者、巻、号、頁など） 武川哲也、石丸裕：化学工学協会、「高温反応系における機器と配管の材料と保守」に関するシンポジウム要旨集、5,23 (1980)		本資料の 作成者名  武川哲也
整理番号 TKW-058	資料のタイトル 水蒸気改質炉およびエチレン製造分解炉における材料と損傷		
失敗事例のタイトル 水蒸気改質炉触媒反応管のクリープ損傷			一次原因（材料要素） クリープ損傷
機種 水蒸気改質炉	部品 触媒反応管	材料 オーステナイト系耐熱鋼 ① HK40 ② HP 改良 MORE 1	概略の寸法
<b>損傷発生時の状況</b> ① 初期のアンモニアプラント一次改質炉反応管に、内面鑄肌のままで用いていた HK40 遠心鑄造管が、9700 時間経過の時点で、内面き裂状の欠陥を起点としてクリープ現象により軸方向の貫通割れを生じた（図 1）。 ② 二次改質炉を持たないため、より高温で使用していたメタノールプラント改質炉反応管 HP 改良材(MORE 1)が、1000℃を越える温度で 6700 時間経過で最大 6 mm の膨れを生じ、材料強度を著しく低下させた。			
<b>調査内容とその結果</b> ① 貫通割れを生じた HK40 反応管（外径 125mm,肉厚 21mm, 0.4C-25Cr-20Ni）は、直径方向対称の位置に深い割れを生じており、10mm 近い偏円が認められた。マイクロ組織観察では、割れ周辺に炭化物の粗大化と浸炭が認められたが、それ以外は微細炭化物が様に分布する健全な組織を示し、マイクロボイドは存在しなかった。欠陥深さと偏円度との間には相関性が認められた。貫通割れは、鑄造欠陥を起点としていた。 ② 使用材（MORE 1 0.4C-25Cr-35Ni-W）を抜出し、マイクロ組織と短時間クリープラプチャー(1038℃、3.5 kg/mm <sup>2</sup> ,50hr 破断目標)の関係を調査した。最高温度付近は二次炭化物が完全に固溶し、一次炭化物は塊状粗大化し、マイクロボイドも観察された（図 2）。この部分の短時間クリープ強度は 5 hr と新材の 1/10 に低下していた。破断 7hr 以下を寿命レベルと設定し、取替え範囲の基準とした。			
<b>損傷発生のシナリオ</b> ① 直径方向対称の位置に深い鑄造欠陥を伴った HK40 遠心鑄造管が含まれて使用されており、そのうち欠陥の大きな管が、内面出口温度 790 °C、内圧 34 kg/cm <sup>2</sup> で 9700 hr 経過した時点で切欠きクリープ破壊により、貫通割れを生じた。内圧による応力は 1 kg/mm <sup>2</sup> で応力主導型のクリープ現象であった。 ② MORE 1 反応管表面の最高温度が 1000 °C を越える温度条件で使用していたところ、6200 hr 経過した時点で、目視で識別できるほどの膨れ（最大 6mm）を生じたため、運転を停止した。最高温度部付近はマイクロ組織が極度に変化し、短時間ラプチャー強度は 1/10 まで低下していた。過熱によるクリープ損傷。			
<b>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）</b> ① 内面鑄造欠陥深さと管の偏円度（外径編差）の関係を求め、偏円度の測定により 5 mm 以上を抜管更新した。多少の鑄造欠陥の存在はクリープ強度に影響せず、62,000 hr 経過で寿命と判断し全面更新した。更新に際しては、強度変化と対応させたマイクロ組織変化（二次炭化物の分布状況、一次炭化物周辺の無析出物域（deplet zone）、一次炭化物の塊状化、マイクロボイドの出現状況など）を判断基準とした。 ② 短時間クリープラプチャー強度と対応させたマイクロ組織変化（二次炭化物の固溶状況、一次炭化物の塊状化、マイクロボイドの出現状況）観察により抜管し、溶接性を確認して部分更新した。使用温度は 1000 °C を越えないように操業することとした。			
<b>教訓</b> ① 受入検査不十分で、深い内面鑄造欠陥を有したままの粗悪管を使用に供したことで、切欠きクリープ破壊をもたらした。とくにはじめて使用する材質については、念入りの材質確性検査が必要である。 ② 高級耐熱材料の耐熱強度を過信して、使用温度でのクリープ強度劣化の事前検討不十分のままで使用したことが災いした。1000 °C に近い高温領域では例え 10 °C の上昇でもかなりの寿命低下に繋がることを認識しておかねばならない。			
<b>備考</b> 改質炉反応管のクリープ損傷に関する損傷事例は、枚挙にいとまがないほど公表されている。また、有限寿命で使用に供されている関係上、寿命予測に関する方法も数多く報告されている。ここでは、異常な損傷の本の一例を紹介した。			
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）	
<input type="checkbox"/>	当時の技術レベルでは不可抗力	<input type="checkbox"/>	設計者
<input type="checkbox"/>	情報伝達不備・不足	<input type="checkbox"/>	製作者 / 建設担当者
<input type="checkbox"/>	担当者不勉強/教育不十分/意識不足	<input type="checkbox"/>	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

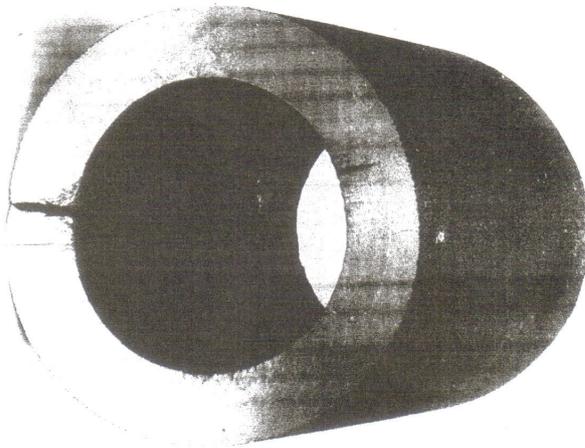
2 ページ以降に写真、図表等を添付してください

事例番号: TKW-058

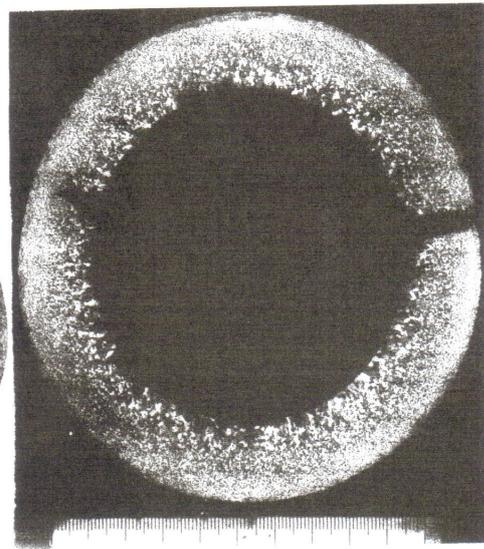
「水蒸気改質炉触媒反応管のクリープ損傷」①



a. 割れ部外面状況



b. 割れ貫通部の断面状況



c. 割れ貫通部断面マクロ組織

図1. 管内面鑄造欠陥を起点とするHK40反応管のクリープ破壊

事例番号: TKW-058

「水蒸気改質炉触媒反応管のクリープ損傷」②

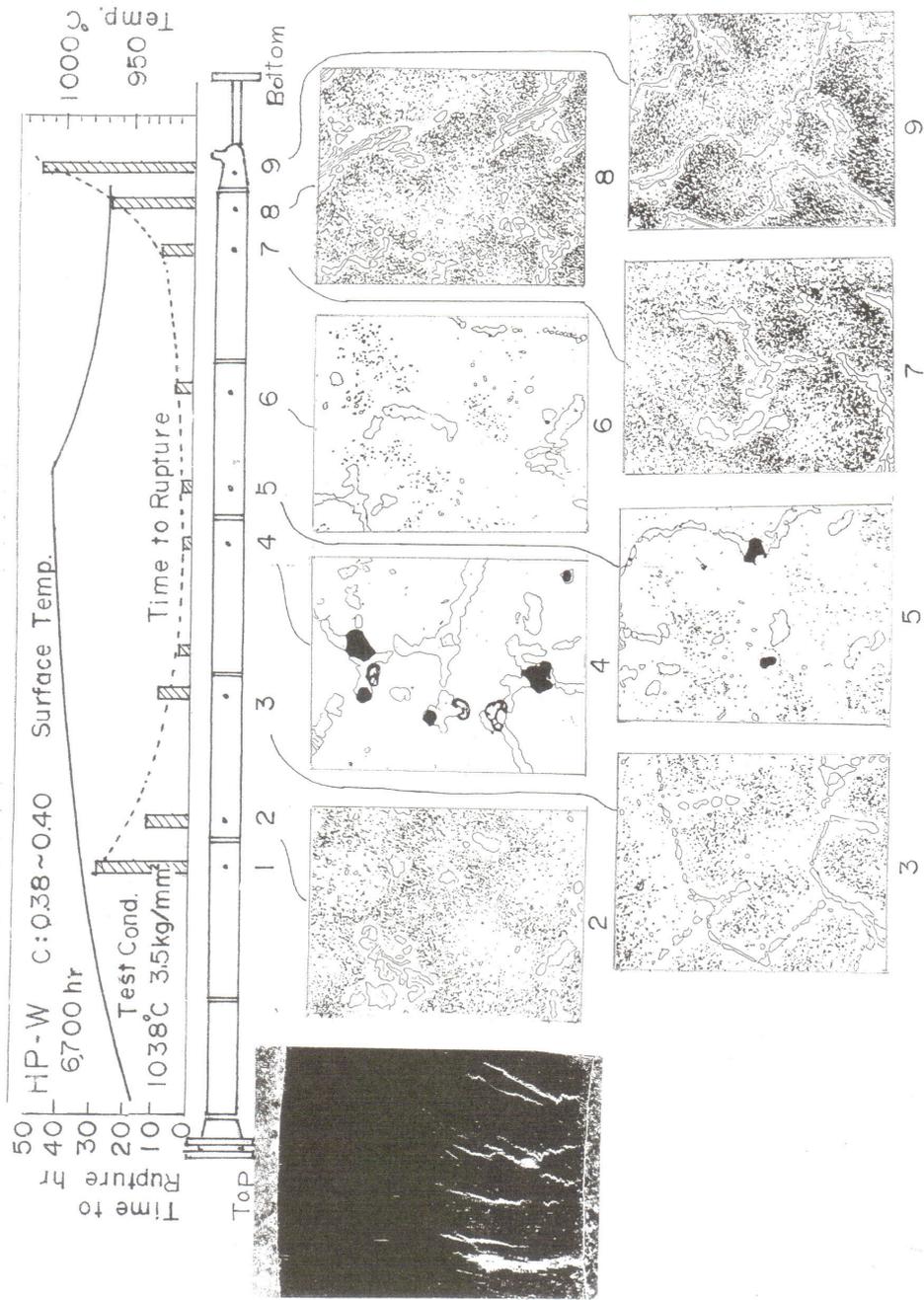


図2. MO-RE 1 触媒反応管軸方向温度分布と強度およびミクロ組織劣化状況