

UME-322	資料の出典 (資料名、著者、巻、号、頁など) Piyas Palit, Souvik Das, Jitendra Mathur : Case Studies in Engineering Failure Analysis 4 (2015) 83-87		本資料の作成者名  梅村 文夫
整理番号	資料のタイトル Metallurgical investigation of wire breakage of tyre bead grade		
失敗事例のタイトル ワイヤー製造時に発生したマルテンサイト相に起因するワイヤーの破損			一次原因 (材料要素) 製造欠陥 (材質欠陥)
機種 タイヤ構成部材 線材	部品 タイヤビードワイヤー (ビードワイヤー)	材料 炭素鋼 (高炭素系)	使用環境 大気中
<b>損傷発生時の状況</b> 車のゴムタイヤの内部補強材として使用されているタイヤビードワイヤーが、タイヤ作製時の曲げ加工により、しばしば脆性的に破損した。ワイヤー製作工場においても、ワイヤーの線引きや曲げ加工時に破損を生じていた。ビードワイヤーは、高C系の炭素鋼で作られ、色々のサイズ (断面 1.6-0.8 mm) があり、表面には銅錫合金 (Cu-Sn) が薄くコーティングされていた。 ワイヤーは 5.5mm の線材から、絞り加工して製造しており、2 段階の引き抜き工程が実施されていた。最初の引き抜きは、ドライプロセス (粉末潤滑剤を使用)、次の引き抜きは湿式プロセス (液体潤滑剤を使用) で行い、引き抜き後、応力緩和処理を行い、つづいて銅錫合金をコーティングした。			
<b>調査内容とその結果</b> 1. 目視観察の結果 破損したワイヤーをアセトンで洗浄して汚れを除去した後、破損部を目視で観察した。 ワイヤーの欠陥は、いずれも局所的であり、欠陥部は、指の爪の形 (finger nail type)、鳥の足形 (Crow feet like defects)、ボタン状 (button like surface) 等の形態を示していた。 2. ワイヤーの化学分析の結果 2 種のワイヤー (1.6 mm、0.8 mm) について、ワイヤーの成分分析を行った。いずれも高炭素系の炭素鋼 (グレード C-70 : 炭素濃度 0.7 wt.% レベル) であり、規格値を満たしていた。 3. 金属組織学的調査結果 3.1. 金属マイクロ組織 光学顕微鏡及び走査型電子顕微鏡 (SEM) で欠陥部のマイクロ構造を観察した。その結果、3% ナイタル液 (3 mL HNO <sub>3</sub> 、97 mL エチルアルコール) でエッチング処理を行うと、欠陥部には褐色の相が観察された。褐色相の厚さは約 30~40 μm であった。マイクロ構造の観察から、褐色相はマルテンサイト組織であると断定された。また、欠陥部に沿って激しい結晶粒の流れが観察され、欠陥部では局所的に激しい塑性変形が生じた事が分かった。欠陥部以外の母材部のマイクロ組織は、通常の冷間引き抜きで発生するパーライト組織を示していた。 3.2. ミクロ硬さ測定の結果 母材の平均硬度は約 461HV であったが、欠陥部の褐色相の平均硬度値は約 624HV であった。褐色相の硬さが硬い事は、この相がマルテンサイトであることと一致している。 3.3. エネルギー分散型 X 線分光法 (EDS) による分析結果 母材部と欠陥部の褐色相 (マルテンサイト相) について EDS 分析を行った結果、マルテンサイト相には、母材には含まれない、タングステン (W) が 2% 以上含まれていた。母材に含まれていない W がワイヤーに含まれる原因は、ワイヤーの引き抜き加工時に、引き抜き工具中に含まれる W が、ワイヤーに移動 (拡散) したためである。工具に含まれる元素がワイヤーに拡散した理由は、次のように考えられた。引き抜き工程で使用されていた潤滑剤が局所的に欠乏し、欠乏した個所では、引き抜き工具とワイヤー間で、激しい凝着・滑り摩擦が生じ、工具とワイヤーの両者において、局所的に高温に加熱された。また、マルテンサイト相が生成されたのは、局所的にオーステナイト域 (高温域) に急熱された後、バルクのマス効果 (mass effect) により急冷され、マルテンサイト変態が生じたためである。			
<b>損傷発生のシナリオ</b> ワイヤー製造時に、潤滑剤が局所的に欠けていた個所で、ワイヤーと工具間で激しい凝着・滑り摩擦が生じ、工具とワイヤーの両者において、局所的に急熱・急冷され、マルテンサイト変態が生じた。マルテンサイトは硬いが脆いため、延伸時や曲げ加工時に亀裂を生じ、亀裂が主にパーライト/マルテンサイト界面に沿って伝播した。			
<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> ワイヤー引き抜き加工時に、潤滑剤を均一に分布させ、局所的な潤滑剤の欠乏を防止する。			

<b>教訓</b>			
潤滑剤の重要な役割の認識不足が製造欠陥を招いた。			
<b>備考</b> Journal homepage: <a href="http://www.elsevier.com/locate/csefa">www.elsevier.com/locate/csefa</a>			
<b>主要因</b>		<b>教訓とすべき対象者</b>	
チェックボックス		チェックボックス	
	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/意識不測		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