

AMP 134 機械部品の外面モニタリング (2021 年版)

プログラムの概要

機械部品の外面モニタリングプログラムは、システム検査と現場確認に基づいている。このプログラムは、配管、配管部品 (特に溶接継手)、ダクト、ポリマー部品及びその他の経年劣化管理レビュー (AMR) の対象となる部品などの金属及びポリマー部品を対象とした、定期的な目視検査、物理的操作及び測定検査で構成されている。予定された稼働期間中、このプログラムでは、材料損失、亀裂及び材料特性変化の兆候を外面の目視検査により、経年劣化の影響を管理する。表面の不連続部分の大きさが測定され、その許容性が確認される。目視検査後に条件付き測定を実施する。部品の形状及び幾何学的寸法の適合性を確認するため、また目視検査で特定された不連続性 (寸法、位置、数) が関連規格の要件に照らして許容可能であるかを確認するために、部品の測定検査を実施する。部品及び材料に適している場合、エラストマーの硬化や強度の低下がないことを確認するために、強化版の目視検査が用いられる場合がある。ホウ酸腐食による材料損失は、AMP110 によって管理される。

評価及び技術的根拠

1. 劣化の理解に基づく経年劣化管理プログラムの範囲:

この AMP は、対象期間内の運用範囲内のシステムにおける、対象範囲内の機械部品の外面の目視点検及び金属部品の外面の監視を行い、材料損失及び漏えいについて AMR の対象とする。ハロゲン化物を含む空気環境に曝されるステンレス鋼部品の亀裂も管理対象となる可能性がある。また、このプログラムでは、AMR が適用される機械システムのうち、意図された運転期間の範囲内にあるポリマー部品の外面について、材料特性の変化 (硬化や強度の低下など)、亀裂、摩耗による材料損失などを目視で検査・監視する。このプログラムでは、ポリマーが曝されるあらゆる環境における材料の経年劣化の影響を管理する。

このプログラムは、材料と環境の組み合わせが内面と外面で同じであり、外面の状態が内面の状態を表している状況において (AMP135 を参照)、金属製部品の内面からの材料損失の管理、及びポリマー部品の内面からの材料損失、亀裂、材料特性の変化の管理にも適用できる。このプログラムが適用される場合、部品の内面環境と、検査された類似部品の外面環境が記載される。

通常運転中またはアクセスが制限されていない燃料交換停止中にアクセス可能な地下部品の検査は、本 AMP の範囲内で行われる。その他の地下配管の経年劣化は、AMP125 により管理される。

検査範囲及び経年劣化の影響の監視は、リスクベースの検査技術を使用して決定することができる。

リスクベース検査は、故障による影響と故障の可能性 (材料の経年劣化による) の決定に基づいている。劣化メカニズムに対して脆弱であることが判明した SSC については、最も影響を受けやすい箇所が対象となる。高リスクの箇所には、水が浸入する可能性のある箇所が含まれ、特徴的な兆候として以下が挙げられる。

- 腐食による変色
- 被覆の設計不良
- 被覆の損傷
- シーリングの欠落または損傷

水の浸入箇所が特定されると、その周辺部分の保温材が取り除かれる。これには、浸入箇所の周辺及び水が溜まる可能性のある場所も含まれる。配管及び配管支持の 6 時の位置は劣化が起こりやすい箇所であり、常に検査範囲に含める必要がある。

リスクベース検査の重要な側面は、劣化が発見された場合、すべての劣化が特定され、それ以上劣化が進行しないまで検査を継続することである。リスクベース検査のアプローチから、リスクが完全に理解され、的を絞った検査を実施できることが推測される。

外部塗装は、AMP308 により管理される。

2. 経年劣化を最小限に抑え、管理するための予防措置:

これは状態監視プログラムであり、予防措置は含まれない。

3. 経年劣化の検出:

機械部品の外面モニタリングプログラムでは、プラントシステムの定期的な検査と現場確認により、材料の劣化と漏えいを監視する。このプログラムでは、配管、配管部品、ダクト、エラストマー部品、ポリマー部品、その他の部品などを検査する。金属部品の場合、塗装の劣化は潜在的な劣化を示す兆候となる。柔軟性ポリマー部品の経年劣化は、目視検査と材料の手動または物理的操作を組み合わせて監視できる。「材料の手動または物理的操作」とは、材料に触れる、押し付ける、曲げる、折り曲げる、またはその他の方法で材料に手で作用することを意味する。手動操作の目的は、硬さなどの材料特性の変化を明らかにし、亀裂などの経年劣化を視覚的に検査するプロセスをより効果的にすることである。

これらの検査に関する指針は、参考文献[1-5,9]に記載されている。

金属製部品の検査パラメータの例としては、以下が挙げられる。

- 腐食及び材料の消耗 (材料損失)
- 外面からの漏えい、または外面への漏えい (材料損失)
- 摩耗、剥離、または酸化被膜で覆われた表面 (材料損失)
- 断熱材上の腐食による汚れ (材料損失)
- 保護塗装の劣化 (亀裂、剥離、ふくれ)
- ハロゲン化物を含む空気環境に曝されたステンレス鋼部品の外面の亀裂を検出するための漏えい

エラストマー及びポリマーの検査パラメータの例としては、以下が挙げられる。

- 表面の亀裂、蟻付け、すり減り及び寸法変化 (例えば、「バルーン現象」及び「くびれ」)
- 変色
- 強化エラストマーでの内部補強材の露出
- 部品や材料が操作に適している場合、操作中に柔軟性が失われることで明らかになる硬化

この AMP は、目視検査により、材料損失、亀裂、材料特性の変化による経年劣化を管理する。塗装された表面については、塗料または塗装の健全性を確認することが、金属表面の腐食の影響を管理する効果的な方法である。

劣化のメカニズムには以下が含まれる。

- ホウ酸腐食
- 隙間腐食
- 異種金属接触腐食
- 全面腐食
- 孔食
- 応力腐食割れ

規制要件で規定されている場合、検査は該当する要件に準拠して実施される。適用要件が存在しない場合は、プラント特有のプログラムで資格を得た検査員が実施するプラント特有の手順を用いて、金属及びポリマーの表面に対してプラント特有の目視検査が実施される。この検査では経年劣化を検出することができ、検査は 1 回の燃料交換サイクルを超えない期間に実施される。プラントの運転中及び燃料交換停止中に容易に目視できない表面は、アクセス可能になった時点で、また、部品の意図された機能が維持されることを確認できる間隔で検査される。

絶縁または被覆された表面は、外面が露出したときに (すなわち、保全時に)、その部品の意図された機能が維持されることを確認できる間隔で検査される場合がある。検査の間隔は、プラント特有の検査結果及び業界の運転経験に基づいて、必要に応じ調整される場合がある。参考文献[5]によると、絶縁され、凝縮に曝される部品表面、及び絶縁された屋外部品は、その後の延長運転期間において、10 年ごとに定期的に検査される。検査対象は、運転期間、運転条件の厳しさ、設計安全裕度の最も低い箇所などから、最も経年劣化の影響を受けやすい箇所に重点を置く。検査の頻度、検査のサンプリング、初期検査後の絶縁除去の代替方法に関する詳細情報は、参考文献[5]の XI.M36 に記載されている。アクセスできない部品については、通常、保守や修理作業中に部品が露出した際に、外面の臨時検査を行う。

プラント特有の運転経験により、ステンレス鋼や Al に亀裂が認められた場合、亀裂管理の代替方法については参考文献[5]の XI.M36 に記載されている。

目視検査では、柔軟性ポリマーの硬化や強度低下の間接的な指標を特定し、表面の亀裂、蟻付け、変色及び内部補強材を有するエラストマーの場合は補強繊維、メッシュ、または下地の金属の露出などを確認する。目視検査は、アクセス可能な部品の 100%を対象とする。目視検査では、

摩耗による材料損失の直接的な指標として、寸法変化、すり減り、内部補強材を有する柔軟性ポリマーの場合は補強繊維、網目、または下層の金属の露出などを特定する。柔軟性ポリマー (HVAC 用の柔軟接続剤、水システム用ゴム製伸縮継手など) については、必要に応じて、目視検査を補強するために手動または物理的操作を行い、硬化または強度低下がないことを確認することができる。操作の対象となるサンプルの大きさは、利用可能な表面積の少なくとも 10 パーセントとする。柔軟性ポリマー材料の硬化または強度の低下、更に摩耗による材料損失は、意図された機能の喪失が発生する前に検出できることが期待される。

このプログラムは、以下の経年劣化の影響を管理できるとされている。

- 外面の材料損失及び亀裂
- 外面と同じ環境に曝された内面の材料損失
- 柔軟性ポリマーの亀裂及び材料特性の変化 (硬化または強度の低下)

4. 経年劣化の影響のモニタリング及び傾向分析:

目視検査及び手動または物理的操作が実施され、関連する要員は現場管理手順及びプロセスに準拠して認定される。このプログラムでは、標準化されたモニタリング及び傾向分析活動を使用して劣化を追跡する。不具合は承認されたプロセス及び手順を使用して文書化され、結果は傾向分析される。

しかし、このプログラムには正式な傾向分析は含まれていない。検査は、本 AMP の 3 節に記載された頻度で実施される。

5. 経年劣化の影響の緩和:

このプログラムは状態監視プログラムであり、緩和措置は含まれていない。

6. 許容基準:

各部品／経年劣化の組み合わせについて、意図した機能が損なわれる前に是正措置の必要性を確認できるように、許容基準が定義される。金属表面については、検出された劣化の兆候がすべて評価される。例えば、検出された不連続性の大きさを測定する方法は参考文献[6]に記載されている。ステンレス鋼表面については、清潔で光沢のある表面を想定している。変色の外観は、材料損失、ステンレス鋼表面における炭素鋼不純物の混入、または溶接時の過剰な熱の発生が考えられる。海洋または工業環境に曝される Al 及び Cu 合金については、意図された機能に影響を与える可能性のある劣化の兆候が評価される。柔軟性ポリマーについては、設計上想定したもの以外は寸法変化のない均一な表面外観及び均一な色を想定している。金属及びポリマーの表面状態に異常がある場合は、経年劣化の兆候である可能性がある。柔軟性素材については、物理的特性 (硬さ、柔軟性、物理的寸法、色など) が新品であったときから変化している場合は、是正措置プログラムの下で継続的な使用の是非について評価される。材料内に亀裂がない。硬質ポリマーの場合、エロージョン、亀裂、蟻付け、白亜化などの性能に影響する表面の変化については、さらに調査を行う。許容基準には、設計基準、手順要件、現行の許認可基準、民間の規

格・基準及び工学的評価が含まれる。

7. 是正措置:

測定されたパラメータが許容基準を逸脱している場合、是正措置が取られるか、または追加検査が実施され、その事例が調査される。

兆候または劣化の関連条件が許容できるものであることが実証できない場合、関連する管理統制要件またはガイダンス文書に準拠して、現場での是正措置プログラム、品質保証手順、現場での審査・承認プロセス、及び管理統制が実施される。

8. 運転経験のフィードバック及び研究開発結果のフィードバック:

本 AMP は業界全体における一般的な経験を対象としている。プラント特有の関連運転経験は、プラント AMP がプラントに適切であることを確実にするために、プラント AMP の策定において考慮される。プラントはフィードバックプロセスを実施し、プラント及び業界全体の運転経験と研究開発 (R&D) 結果を定期的に評価し、必要に応じてプラント AMP を修正するか、または追加の措置 (例えば、新たなプラント特有の AMP を策定する) を講じ、経年劣化管理の継続的な有効性を確保する。

定期監視及び保全活動中に外面を検査することは、多くのプラントで実施されており、プラント部品の信頼性プログラムを支援している。これらの活動は、プラントシステム、構造及び部品の材料状態を維持する上で効果的であることが証明されている。これらの検査を構成する要素 (検査の範囲や検査技術など) は、業界の慣行と一致している。しかし、検査頻度はプラント特有であり、プラントの運転経験に依存するため、運転期間の延長を意図する場合には、プラント特有の運転経験または適用可能な一般的運転経験をさらに評価する。事業者は、最近の運転経験を評価し、経年劣化の影響が適切に管理されているという結論を裏付ける客観的証拠を提示する。

研究開発の取り組みと効果的な運転経験 (OE) に関する情報交換は、本プログラムにおける継続的な改善の実施と適切な是正措置を定めるうえで重要な要素である。

この AMP が作成された時点では、関連する研究開発は特定されていない。

2008 年 9 月、事業者が、汽水にさらされた Al 青銅製ストレナードラムの脱合金化を確認した。これは、予定されていたオフサイトの修理施設での保全作業中に予期せぬ材料の故障が発生した後に確認された。保全作業では、機械加工作業のためにストレナードラムを所定の位置に固定した。固定作業中に、ストレナードラムの材料がストレナーへの固定箇所で破損した。このストレナードラムの故障により、ドラムの内部部分が露出し、検査中にドラムの脱合金化が目視で観察された。

9. 品質管理:

サイトの品質保証手順、レビュー及び承認プロセス、並びに管理上の統制は、様々な国家の規制要件 (例えば、10 CFR 50, Appendix B [7]、NP-090-11 [8]) に準拠して実施される。

References

- [1] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, EPRI Technical Report 1007933, Aging Assessment Field Guide, EPRI, Palo Alto, CA, December 2003
- [2] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, EPRI Technical Report 1009743, Aging Identification and Assessment Checklist, EPRI, Palo Alto, CA, August 27, 2004
- [3] INSTITUTE OF NUCLEAR POWER OPERATIONS, Good Practice TS-413, Use of System Engineers, INPO 85-033, INPO, May 18, 1988
- [4] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report, NUREG-1801, Revision 2, XI.M36, “External Surfaces Monitoring of Mechanical Components,” USNRC, December 2010
- [5] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, Generic Aging Lessons Learned for Subsequent License Renewal (GALL-SLR) Report — Final Report (NUREG-2191), USNRC, 2017
- [6] PNAE G-7-016-89, Methodology for controlling of basic materials, welding joints and surface cladding of equipment and pipelines of NPP. Visual and measurement control
- [7] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION, 10 CFR Part 50, Appendix B, Quality Assurance Criteria for Nuclear Power Plants, Office of the Federal Register, National Archives and Records Administration, USNRC, Latest Edition
- [8] NP-090-11, Requirements on quality assurance programme for nuclear power plants, ROSTEXNADZOR, 2012
- [9] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE, EPRI Technical Report 3002011822, Long-Term Operations: Subsequent License Renewal Non-Class 1 Mechanical Implementation Guideline and Mechanical Tools EPRI, Palo Alto, CA, April 2018