

AMP154 PWR 加圧器 (2020 年版)

プログラムの概要

一部の事業者 (WWER、CANDU など) が AMP の開発に用いるアプローチは、部品 (RCP、RPV、SG、加圧器など) に焦点を当て、個々の劣化メカニズムに焦点を当てたものではない。これらの“umbrella”型プログラムは、特定の部品に関連するすべての劣化メカニズムの理解に基づいており、経年劣化を管理するために必要なすべての活動を記述している。このようなアプローチの主な利点は、部品の全体的な状態に関する知識である。

この経年劣化管理プログラムは、加圧器の部品特有の AMP であり、加圧器が受ける可能性のある複数の劣化メカニズム、及び経年劣化メカニズムを管理するために必要な活動を網羅している。そのため、この AMP は、特定の劣化メカニズムや経年劣化の影響に対処する劣化に特化した他の AMP やモニタリングタイプの AMP を参照する。

加圧器の圧力バウンダリは安全クラス 1 の部品であるため、IAEA Safety Report Series No.57[1]に準拠し、LTO の対象範囲に含まれる。

評価と技術的根拠

1. 劣化の理解に基づく経年劣化管理プログラムの範囲:

本プログラムでは、加圧器の経年劣化を管理する。本 AMP では、以下の経年劣化メカニズムを考慮する (表 1 及び図 1 参照)。

- 疲労
- 全面腐食
- ホウ酸腐食
- 応力腐食割れ
- 摩耗
- 予圧の損失
- 熱時効

加圧器の疲労に重要な箇所の例としては、ノズルとフランジ接続部がある。

加圧器の全面腐食の重要な箇所の例としては、外面と支持構造が挙げられる。

加圧器に使用されるボルトと支持構造は炭素鋼である可能性があるため、ホウ酸腐食は潜在的な劣化メカニズムである。

応力腐食割れは、加圧器のノズル、コレクター、サージラインなど、腐食の影響を受けやすい滞留局部で発生する可能性がある。

摩耗や応力緩和による劣化は、ボルトや加圧器の内部部品のようなはめあわせ接合部に発生する可能性がある。

予圧の損失による劣化は、ボルトやキーのようなはめあわせ接合部に発生する可能性がある。

劣化メカニズムが考えられる重要な箇所の例を表 1 にまとめた。

表 1. 加圧器の重要な箇所と劣化メカニズムの例

#	重要な箇所	疲労	全面腐食	ホウ酸腐食	局所腐食 (含 SCC)	摩耗	熱脆化	予圧損失
1	シーリングとボルト接続の マンホール		+	+	+	+	+	+
2	熱遮蔽管付き水噴射ノズル				+		+	
3	注水コレクターとその箇所	+			+	+		+
4	熱遮蔽と接合支持体				+			
5	加圧器ケーシング (溶接、クラッド、特に水－蒸気境界を含む)	+			+		+	
6	容器外面、接合された支持構造 体及び耐震部品		+	+	+			
7	底部ノズルとサージライン	+(内径クラッド)			+	+(異種溶接 の場合)	+	
8	加熱バッテリー支持遮蔽と固定 要素					+		
9	電熱式バッテリーノズル、バッテ リー内張、ノズル位置被覆	+		+	+	+	+	
10	測定ノズル	+		+	+		+	

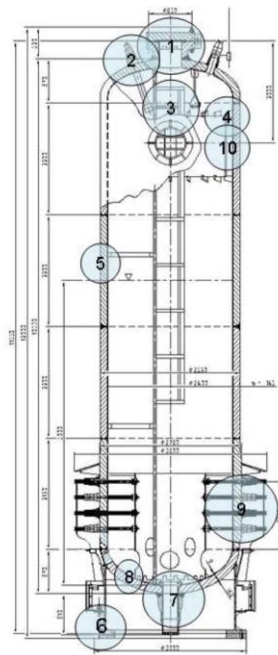


図 1. 加圧器とその重要な箇所

2. 経年劣化を最小限に抑え、管理するための予防措置:

予防措置は、水質条件の監視と管理を通じて、通常運転中に実施される。これらの措置により、水質が経年劣化メカニズムに及ぼす潜在的な悪影響を排除することができる。原子炉冷却水の水質を監視・維持するためのプログラムの記述、評価及び技術的根拠は AMP103 に記載されている。

その他の予防措置は、承認されたスケジュールに準拠した定期保守である（一般修理、シーリングスクリューの気密性検査、密閉領域の検査プログラムなど）。

低サイクル疲労の予防措置には、過渡事象の低減、限界と条件の維持も含まれる。

3. 経年劣化の検出:

加圧器は、AMP102 の要求事項に準拠して検査・試験される。目視検査、表面亀裂を検出するキャピラリー試験、寸法管理、超音波検査などの非破壊試験が用いられる。AMP102 内で実施される目視検査、表面検査、または体積検査によって、SCC、疲労、製造欠陥の成長による亀裂が、または接続部の緩みや部品欠落の検査によって一般的な摩耗が検出され则认为られる。

ホウ酸漏えいがボルト材料に与える影響については、AMP110 で対処される。

疲労の累積的影響は、AMP101 で対処される。

4. 経年劣化の監視と傾向：

経年劣化の適時的かつ信頼性の高い検出は、本 AMP の 3 節で記載され、信頼性の高い検査方法、及び有資格の検査に準拠した検査及び試験スケジュールの実施によって実現できる。モニタリングと傾向分析は、本 AMP の 3 節に列挙した事項に準拠して実施される。

5. 経年劣化の緩和：

経年劣化の影響を緩和するための推奨は、本 AMP の 3 節、及び起こりうる劣化進展について実施された分析結果に基づいている。

6. 許容基準：

許容基準は、本 AMP の 3 節、及び保全手順の一部である。例えば、参考文献[2-5]のように、劣化の兆候や関連する条件は、管理統制要件やガイダンス文書に準拠して、許容性について評価されることもある。

7. 是正措置：

安全要求事項を満足するために、次の定期検査間隔が終了するまでの間、部品の使用適合性を証明するための更なる評価が必要となる場合がある。検査結果や欠陥が、管理統制要件やガイダンス文書の許容基準を超えている場合は、修理や交換などの措置が必要となる場合がある。

満たされていない各許容基準について、解決手順が明示され、または詳細化され、本 AMP の 3 節に準拠して実施される。プロセスの最後には、基準が満たされ、部品の要求された状態が復元される。部品の技術文書の要件及びプラントのガイド文書に準拠した修理及び交換は、可能な是正措置の一部である。

場合によっては、運転体制の変更も適用される。

8. 運転経験のフィードバックと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。

外部の運転経験の適切な情報源としては、WANO Operating Experience Program、IAEA IGALL Program などがある。

部品の運転履歴は、加盟国の慣行に準拠して、検査または試験サイクルごとに 1 回分析される。内部及び外部の運転経験からのフィードバックを取り入れるためのシステムがある。

経年劣化管理パラメータの値と対応する分析 (実施された場合) は、本 AMP の 3 節に準拠して評価される。

WWER 440 加圧器で観察された劣化には、閉鎖ボルト部品の摩耗も含まれる。これは主に予圧の制御改善やシーリング面の修理によるものである。例えば、マンウェイのボルトと Ni シールリングを別のタイプ (グラファイト、HAEA HA-5549、HA-5554、HA-5560、HA-5605) に交換するなどの予防措置により、経年劣化の影響を防いだ。既存の重要な箇所の状態監視プログラム (ISI、保全プログラム) は、摩耗による経年劣化の影響の程度を検査する。

効果的な経験交換は、このプログラムの継続的改善を実施し、適切な是正措置を明確化するための重要な要素である。

このプログラムには、プラント特有及び業界全体の運転経験、研究開発の結果を継続的にレビューし、プログラムへの影響を評価し、必要な措置やプログラムの修正を実施するための規定が含まれている。

この AMP が作成された時点では、関連する研究開発は確認されていない。

9. 品質管理:

AMP は、例えば様々な国家の規制要件[6-7]、あるいは様々な国家の規格と規制要件[5]に準拠して実施される、サイトの品質保証手順、レビュー及び承認プロセス、並びに管理統制に準拠して実施される。

加圧器の使用前検査 (PSI) と供用期間中検査は、余分なエラーが発生する可能性を減らすため、できる限り同じ機器、装置、ツール、方法、専門家によって実施される。

これらの検査を実施する担当者は、国際的なまたは国家の法的機関によって認定されている。認定プロセスには、必要な教育、実務経験、その他の能力が含まれる。

References

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Safe long term operation of nuclear power plants, Safety Report Series No. 57, IAEA, Vienna, 2008.
- [2] Unified Procedure for Lifetime Assessment of Components and Piping in WWER NPPs during Operation, European Commission, COVERS – WP-D4.10, project VERLIFE, 2008.
- [3] NUCLEAR REGULATORY AUTHORITY OF THE SLOVAK REPUBLIC, Aging management of NPP - requirements, National safety guide BNS I.9.2/2014, UJD-SR, 2014.
- [4] STATE OFFICE FOR NUCLEAR SAFETY OF CZECH REPUBLIC, Aging management of NPP, National safety guide BN-JB-2.1, SUJB, 2015.
- [5] Hungarian Atomic Energy Agency: Guideline 4.12. Ageing management during the operation of NPPs, March 2016.
- [6] STATE OFFICE FOR NUCLEAR SAFETY OF CZECH REPUBLIC, Decree No.132/2008 on Quality Assurance System in carrying out activities connected with utilization of nuclear energy and radiation protection, SUJB, 2008.
- [7] NUCLEAR REGULATORY AUTHORITY OF THE SLOVAK REPUBLIC, Regulation No. 431/2011 on a quality management system, 2011, UJD-SR.