

発電所における蒸気凝縮液中のエチレングリコール漏れの早期検出

背景

火力発電所や原子力発電所では熱交換器を使用して蒸気を凝縮させて液体に戻します。

熱交換器には、ある媒体(蒸気)から別の媒体(空気 / 水 / エチレングリコール)に熱を伝達する役割があります。閉鎖型冷却水システムでは、熱伝導性が高いエチレングリコール(C₂H₆O₂)が冷媒として多く使用されています。

エチレングリコールは熱伝導性が優れていますが、復水器から凝縮液中に漏れると深刻な問題を引き起こす可能性があります。高温・高圧の条件下では、エチレングリコールは有機酸に分解し、酸性化して設備を腐食させる恐れがあります。有機酸の増加は、イオン交換樹脂や脱塩槽にも重大な損傷を与える可能性があります。

熱交換器のピンホールからのエチレングリコール漏れを早期に検出することは、発電所の設備を保護するために最も重要です。多くの工場では、循環蒸気のpHを制御するために、腐食抑制剤として中和性アミンを投与します。中和性アミンには二酸化炭素から生成した炭酸を制御する役割があります。ただし、エチレングリコールが漏れて有機酸が大量に流入するとpH制御が追いつかず、凝縮液の著しい酸性化を引き起こす可能性があります。

課題

一般的に発電所では、pHと導電率により循環蒸気の水質を監視しますが、エチレングリコール漏れを早期に検出する対策としては不十分です。エチレングリコールは、高温・高圧の条件下で分解します。熱交換器に漏れが発生しても、pHと導電率の変化はエチレングリコールの分解後に生じるため、漏れを検出するのが遅れてしまいます。この時点で、脱塩槽 / イオン交換樹脂 / 復水器過装置 / ボイラー / タービンなどの設備は、酸性の凝縮液や蒸気に曝されてしまいます。エチレングリコールの炭素含有率は38.7%であるため、オンラインTOC分析によって検出できます。TOC計 Sievers* Mシリーズ オンライン型は、エチレングリコールが凝縮液中で分解する前に、早期にエチレングリコール漏れを検出できます(図1)。



図1. TOC計 Sievers Mシリーズは、エチレングリコールを直接測定し、pHや導電率よりも早くリークを検出できます

解決策

実験室の検証では、TOC計 Sievers Mシリーズは、TOC 0.5 ppm~25 ppm(エチレングリコール濃度: 1.3 ppm~ 64.7ppm)に対して、97.3 %~99.1%の回収率を示しました(表1)。

表1. エチレングリコールのTOC回収率

TOC 濃度	エチレングリコールの濃度	TOC回収率
0.5 ppm	1.3 ppm	97.6 %
1 ppm	2.6 ppm	99.1 %
5 ppm	12.9 ppm	99.4 %
10 ppm	25.9 ppm	98.0 %
25 ppm	64.7 ppm	97.3 %

エチレングリコールのTOC測定において、高い回収率(≥97.3%)と優れた直線性(R² = 1.0000)が得られたため、TOC計 Sievers Mシリーズは凝縮液中のエチレングリコールを広範囲で検出するのに適していると言えます(図2)。

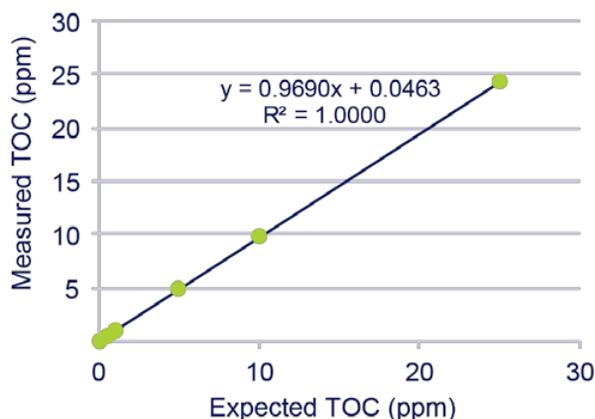


図2. TOC範囲 0.5 ppm ~ 25 ppmにおけるエチレングリコール溶液のTOC濃度の直線性

EPRI / VGB / Eskomなどの組織は、ボイラー補給水の適切な水質をTOC 100 ppb～300 ppbであると提案しています。TOC計 Sievers Mシリーズは、エチレングリコールの漏れが起きた場合に正確に検出することができます。

エチレングリコール漏れによる設備故障の経済的損失は、設備の修理やダウンタイムにより数千億円に及ぶ可能性があります。エチレングリコールは有害であるため、汚染された凝縮水の処理コストも相当な金額になります。TOC計 Sievers Mシリーズオンライン型は、凝縮液を2分ごとに測定し、熱交換器へのエチレングリコールの漏れを検出することができます。

references

1. Berry, D. and Browning, A. Guidelines for Selecting and Maintaining Glycol Based Heat Transfer Fluids. 2011. Chem-Aqua, Inc.
2. EPRI Lead in Boiler Chemistry R&D. Personal Communication. January 28, 2015.
3. Ethylene vs. Propylene Glycol. www.dow.com. Accessed January 22, 2015.
<http://www.dow.com/heattrans/support/selection/ethylene-vs-propylene.htm>.
4. Heijboer, R., van Deelen-Bremer, M.H., Butter, L.M., Zeijseink, A.G.L. The Behavior of Organics in a Makeup Water Plant. PowerPlant Chemistry. 8(2006): 197-202
5. Faroon, O., Tylenda, C., Harper, C.C., Yu, Dianyi, Cadore, A., Bosch, S., Wohlers, D., Plewak, D., Carlson-Lynch, H. Toxicological Profile for Ethylene Glycol. 2010. US Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ASTDR).
6. Maughan, E.V., Staudt, U. TOC: The Contaminant Seldom Looked for in Feedwater Makeup and Other Sources of Organic Contamination in the Power Plant. PowerPlant Chemistry. 8(2006):224-233.
7. Rossiter, W.J. Jr., Godette, M., Brown, P.W., Galuk, K.G. An Investigation of the Degradation of Aqueous Ethylene Glycol and Propylene Glycol Solutions using Ion Chromatography. Solar Energy Materials. 11 (1985): 455-467.
8. Vidojkovic, S., Onjia, A., Matovic, B., Grahovac, N., Maksimovic, V., Nastasovic, A. Extensive Feedwater Quality Control and Monitoring Concept for Preventing Chemistry-related failures of Boiler Tubes in a Subcritical Thermal Power Plant. Applied Thermal Engineering. 59(2013): 683-694.

(翻訳: セントラル科学株式会社)