Introductory Note: Compensated Furnace Trajectory Normalization for Redox Control in LPG–O_2 Combustion Sapphire Heat Treatment

AUTHOR: Ted Themelis
AFFILIATION: Independent Researcher, Gemlab Bangkok, Thailand
ORCID: 0000-0002-4493-6623
Email: ted@themelis.com

Keywords: *LPG–O_2 Combustion, Redox Control, Sapphire Heat Treatment, FIFI Factor, Flowmeter Normalization, Titration Point, Defect Chemistry*

1. Abstract

Manual LPG–oxygen furnaces typically rely on independent rotameter control of fuel and oxidizer, yet nominal settings frequently fail to maintain a stable oxygen partial pressure (pO_2). This note re-affirms the application of Furnace Indicator Factor Integration (FIFI, Φ)—a parameter established in industrial combustion—to stabilize the sapphire heat treatment environment. By recalibrating indicated gas mixture ratios, the FIFI framework compensates for operational drift. The efficacy of this model has been proven experimentally across three separate heating runs, establishing a repeatable redox trajectory for sapphire enhancement.

2. The Integrated Normalization Formula

The FIFI framework serves as a dimensionless precision stabilizer for Fe-Ti defect chemistry. It integrates lab-verified combustion variables with gemstone-specific parameters to maintain the required redox window:

$$\Phi = (\alpha) * (\beta) * (\gamma) \ldots (\chi\text{-}1) * (\chi\text{-}2)\ldots$$

- (α): Normalizes for fuel composition and stoichiometric demand.
- (β): Corrects for temperature-related delivery sensitivity at the fuel source.
- (γ): Compensates for volumetric flowmeter bias in manual rotameters.
- (χ-1): Accounts for internal Fe-Ti ratios and the Magnesium (Mg) ceiling.
- (χ-2): Represents material features such as silk density and other attributes.

3. Experimental Observations (UFT, CFT, SFT)

The framework was validated by comparing Uncompensated (UFT), Compensated (CFT) and Stoichiometric Furnace Trajectories (SFT) at peak soak temperatures of 1650 ^{o}C. The stability of the CFT model was verified across three independent experimental trials**.**

Uncompensated (UFT): Demonstrated significant operational drift, resulting in inconsistent chromatic development across batches.

Compensated (CFT): By implementing specific set-points—notably Φ = 0.86 and Φ = 0.94—the furnace atmosphere was successfully stabilized. Lab trials, supported by a documented physical inventory of specimens, confirm that these precise coordinates yield superior color consistency and reliable redox stabilization repeatedly over three separate runs.

Stoichiometric Furnace Trajectory (SFT): The SFT represents the ideal, theoretical thermodynamic limiting case of the LPG–oxygen combustion system, where Φ=1.

4. Trajectory Mapping

By mapping furnace trajectories, this methodology identifies the Titration Point and the Soot Disappearance Boundary (SDB) to locate the optimal "sweet spot" for specific batches. The model transforms the combustion process into a data-driven chemical trajectory based on empirical lab data.

5. Conclusion

Variability in sapphire heat treatment is largely a product of unrecognized operational drift. The F normalization framework provides a robust method for stabilizing redox control within manual system architectures. The successful completion of three separate heating runs at 1650 degrees C confirms that 0.86 and 0.94 represent critical titration points for Fe-Ti defect compensation. This framework offers a high-accuracy engineering pathway for repeatable gemstone enhancement. A comprehensive study detailing the full dataset and methodology will follow.

හැඳින්වීම් සටහන: LPG–O2 දහන මැණික් තාප පිරියම් කිරීමේදී Redox පාලනය සඳහා සමඛර කරන ලද පෝරණු ගමන් මග ප්‍රමිතිකරණය (Normalization)

කර්තෘ: ටෙඩ් තෙමෙලිස් (Ted Themelis)
අනුබද්ධය: ස්වාධීන පර්යේෂක
ORCID: 0000-0002-4493-6623

ප්‍රධාන වදන්: LPG–O_2 දහනය, Redox පාලනය, නිල් මැණික් තාප පිරියම් කිරීම, FIFI සාධකය, ප්‍රවාහමාන (Flowmeter) ප්‍රමිතිකරණය, Titration Point, දෝෂ රසායන විද්‍යාව (Defect Chemistry).

1. සාරාංශය (Abstract)

අතින් ක්‍රියා කරවන LPG–ඔක්සිජන් පෝරණු සාමාන්‍යයෙන් ඉන්ධන සහ ඔක්සිකාරක පාලනය සඳහා ස්වාධීන රොටමීටර (rotameter) මත රඳා පවතී. කෙසේ වෙතත්, මෙම පාලන සැකසුම් බොහෝ විට ස්ථාවර ඔක්සිජන් පීඩනයක් (pO2) පවත්වා ගැනීමට අසමත් වේ. මෙම සටහන මගින් කර්මාන්ත ක්ෂේත්‍රයේ පිළිගත් **Furnace Indicator Factor Integration (FIFI, Φ)** පරාමිතිය මැණික් තාප පිරියම් කිරීමේ පරිසරය ස්ථාවර කිරීමට භාවිතා කළ හැකි බව නැවත තහවුරු කරයි. වායු මිශ්‍රණ අනුපාත නැවත ක්‍රමාංකනය කිරීමෙන්, FIFI ක්‍රමය මගින් ක්‍රියාකාරී දෝෂ (operational drift) සමනය කරයි. මෙම ආකෘතියේ සාර්ථකත්වය වෙන් වෙන් වශයෙන් සිදුකළ පරීක්ෂණ වාර තුනකදීම සනාථ වී ඇති අතර, එමගින් මැණික් වර්ණ ගැන්වීම සඳහා නැවත නැවතත් භාවිතා කළ හැකි නිවැරදි රෙඩොක්ස් (redox) ගමන් මගක් සකසා දෙයි.

2. ඒකාබද්ධ ප්‍රමිතිකරණ සූත්‍රය (The Integrated Normalization Formula)

FIFI රාමුව යනු Fe-Ti (යකඩ-ටයිටේනියම්) දෝෂ රසායනය ස්ථාවර කිරීම සඳහා භාවිතා කරන මාන-විරහිත (dimensionless) නිරවද්‍ය දර්ශකයකි. අවශ්‍ය රෙඩොක්ස් කලාපය පවත්වා ගැනීම සඳහා මෙය විද්‍යාගාර මට්ටමින් තහවුරු කළ දහන විචල්‍යයන් සහ මැණික් වලට ආවේණික පරාමිතීන් ඒකාබද්ධ කරයි:

$$\Phi = (\alpha) * (\beta) * (\gamma) \dots (\chi\text{-}1) * (\chi\text{-}2) \dots$$

(a): ඉන්ධන සංයුතිය සහ ස්ටොයිකියෝමිතික දහන අවශ්‍යතාවය සමාන කරයි.
(b): ඉන්ධන මූලාශ්‍රයේ උෂ්ණත්වය මත සිදුවන සැපයුම් වෙනස්කම් නිවැරදි කරයි.
(g): අතින් ක්‍රියා කරන රොටමීටර වල සිදුවන ප්‍රමාණාත්මක ප්‍රවාහ දෝෂ මගහරවයි.
(c-1): මැණික් අභ්‍යන්තරයේ ඇති Fe-Ti අනුපාතය සහ මැග්නීසියම් (Mg) සීමාව සැලකිල්ලට ගනී.
(c-2): මැණික් වල ඇති සිල්ක් (silk) ඝනත්වය සහ අනෙකුත් භෞතික ලක්ෂණ නියෝජනය කරයි.

3. පරීක්ෂණ නිරීක්ෂණ (UFT, CFT සහ SFT)

සෙල්සියස් අංශක 1650 ක උපරිම උෂ්ණත්වයකදී, සාමාන්‍ය ක්‍රමය (UFT), පාලිත ක්‍රමය (CFT) සහ ස්ටොයිකියෝමිතික පෝරණු ගමන් මග (SFT) සංසන්දනය කරමින් මෙම ආකෘතියේ ස්ථාවරත්වය තහවුරු කරන ලදී. පාලිත ක්‍රමයේ (CFT) ස්ථාවරත්වය වෙන් වෙන් වශයෙන් සිදුකළ පරීක්ෂණ වාර තුනකදී සනාථ විය.

- **සාමාන්‍ය ක්‍රමය (UFT):** ක්‍රියාකාරීත්වයේ සැලකිය යුතු අස්ථාවර බවක් පෙන්නුම් කළ අතර, එම නිසා එක් එක් වාරයේදී ලැබුණු වර්ණ ප්‍රතිඵල එකිනෙකට වෙනස් විය.
- **පාලිත ක්‍රමය (CFT):** විශේෂිත දර්ශක අගයන් (විශේෂයෙන් **Φ = 0.86 සහ Φ = 0.94**) භාවිතා කිරීමෙන් පෝරණුව තුල වායුගෝලය සාර්ථකව ස්ථාවර විය. වාර තුනකදීම ඉතා ඉහළ වර්ණ ගැන්වීමක් සහ විශ්වාසදායක රෙඩොක්ස් තත්වයක් ලබා ගැනීමට මෙමගින් හැකි වන බව තහවුරු විය.
- **ස්ටොයිකියෝමිතික පෝරණු ගමන් මග (SFT):** SFT මගින් LPG–ඔක්සිජන් දහන පද්ධතියක පවතින පරමාදර්ශී තාප ගතික සීමාව නියෝජනය කරයි (මෙහිදී **Φ = 1** වේ).

4. ගමන් මග සිතියම්ගත කිරීම (Trajectory Mapping)

පෝරණුවේ ගමන් මග සිතියම්ගත කිරීම මගින්, එක් එක් මැණික් කාණ්ඩය සඳහා වඩාත් සුදුසු "Sweet Spot" එක හඳුනා ගැනීමට මෙම ක්‍රමවේදය උපකාරී වේ. මෙම ආකෘතිය මගින් දහන ක්‍රියාවලිය දත්ත මත පදනම් වූ රසායනික ගමන් මගක් බවට පරිවර්තනය කරයි.

5. නිගමනය (Conclusion)

මැණික් තාප පිරියම් කිරීමේදී සිදුවන අස්ථාවරත්වය බොහෝ විට හඳුනා නොගත් ක්‍රියාකාරී දෝෂ (operational drift) වල ප්‍රතිඵලයකි. **Φ** ප්‍රමිතිකරණ රාමුව මගින් රෙඩොක්ස් පාලනය සඳහා ශක්තිමත් ක්‍රමවේදයක් සපයයි. සෙල්සියස් අංශක 1650 දී සිදුකළ පරීක්ෂණ මගින් 0.86 සහ 0.94 යන අගයන් Fe-Ti දෝෂ නිවැරදි කිරීමට නිරූපාත්මක වන බව තහවුරු විය. මෙය මැණික් තාප පිරියම් කරන්නන්ට ඉතා නිවැරදි ඉංජිනේරුමය මාවතක් විවර කර දෙයි. පූර්ණ දත්ත ඇතුළත් විස්තරාත්මක ලිපිය ඉදිරියේදී ප්‍රකාශයට පත් කෙරේ.