

Daniel DETERRE

Organiczna technologia płynów chłodzących dla silników gazowych. Jaka korzyść?

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu zastosowania płynu chłodzącego Coolelf Supra na stan wybranych części konstrukcyjnych silnika po jego długotrwałej eksploatacji. Stwierdzono, że płyn chłodzący ze składnikami organicznymi powoduje mniejsze zużycie tych elementów i poprawę właściwości chłodzących, co prowadzi do wydłużenia okresu eksploatacyjnego. Wskazano na przydatność systemu Total Dagofluid do monitorowania usterek silnika podczas jego pracy i serwisowania.

Słowa kluczowe: chłodzenie silnika, płyn chłodzący, eksploatacja, kontrola silnika

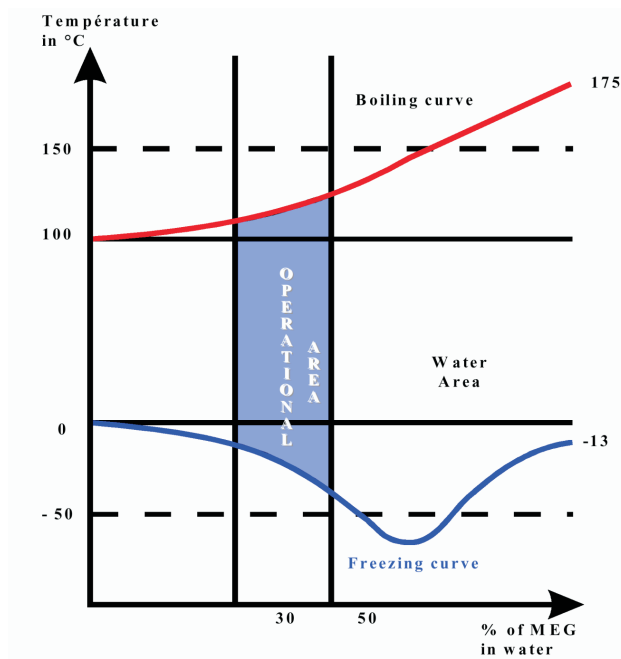
Organic technology coolant for gas engines. What benefits?

Results of investigation of fluid coolant Coolelf Supra application on some engine parts in long-time running conditions have been presented in the paper. It was recognized, that organic additive coolant technology leads to smaller wear of engine parts, better cooling performance and longer engine life. The suitability of the "Dagofluid" system for monitoring of engine running or maintenance troubles has been stated.

Key words: engine cooling, coolant, engine monitoring and maintenance

1. Funkcje składników płynu chłodzącego

Główną funkcją płynu chłodzącego jest transport ciepła ze źródła do chłodnicy (wymienika ciepła). Za spełnienie tej funkcji odpowiedzialna jest przede wszystkim woda dzięki swojej dużej pojemności cieplnej ($1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot \text{K})$ lub $4,18 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$). Drugą grupą składników są komponenty zapobiegające zamarzaniu, np. monoetanol glikolu lub monopropylen glikolu, które mają za zadanie zwiększyć zakres temperaturowy poprzez zmniejszenie temperatury krzepnięcia i zwiększenie temperatury wrzenia (rys. 1).



Rys. 1. Skład płynu chłodzącego

Fig. 1. Coolant matching composition to service temperatures

1. Liquid coolant function-composition

The first function of a cooling liquid is to "carry calories" from the source to the "evacuation device" (radiator, heat exchanger). This first function is dedicated to the water, thanks to its good calorific capacity ($1 \text{ cal} \cdot \text{gram}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ or $4.18 \text{ Joule} \cdot \text{gram}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$). The "antifreeze" component, generally monoethylen-glycol or monopropylen-glycol is used in order to enhance the operating temperature range by decreasing the Freezing Point and increasing the Boiling Point (Fig. 1).

A third category of elements is the "inhibitors" whose action is to avoid corrosion and cavitation of the different parts of the circuit. Traditionally these inhibitors are mineral elements coming from 2 categories:

- oxidants: chromates, nitrites, borates which act through a chemical reaction with the metal surface protecting it;
- "film generating": silicates, phosphates, amines; they form a physical barrier at the metal surface.

This last category of inhibitors is used in cooling circuits of French nuclear plant emergency generating set engines.

2. Problems in service solved with Coolelf Supra in power generation

In nuclear plants on 4 MW/1500 rpm engines

- precipitate forming of iron phosphate and sodium around the preheating elements;
- plugging of the preheating heat exchanger tubes, which eventually set the engine preheating out of order (Fig. 2, 3).

In nuclear plants on 8 MW/514 rpm engines

Corrosion and almost erosion of "water pipes" due to a too high liquid speed in some parts of the piping. This phenomenon could lead to sudden leaks in the piping (Fig. 4).

Trzecią grupę dodatków stanowią inhibitory (katalizatory ujemne), które przeciwdziałają korozji i kawitacji części silnikowych będących w kontakcie z płynem chłodzącym. Typowymi inhibitorami są składniki mineralne, które można podzielić na dwie kategorie:

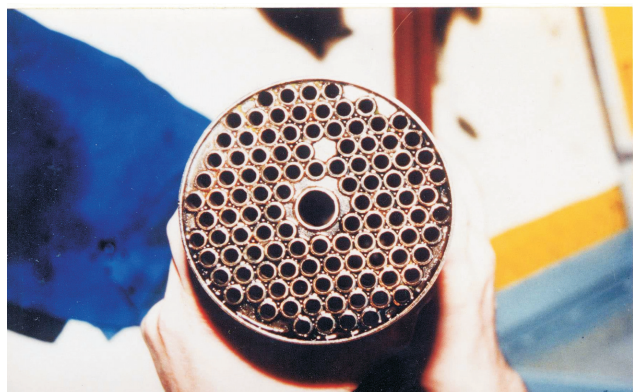
- utleniacze: chromiany, azotyny, borany, które chronią powierzchnie metalowe wchodząc z nimi w reakcję chemiczną;
- składniki tworzące powłokę: krzemiany, fosforany, aminy; związki te tworzą fizyczną barierę na powierzchni metalowej.

Ostatnia kategoria inhibitorów używana jest do chłodzenia francuskich reaktorów atomowych.

2. Problemy z serwisowaniem w elektrowniach rozwiązane za pomocą płynu chłodzącego *Coolelf Supra*

W silnikach o mocy 4 MW/1500 obr/min stosowanych w elektrowniach dochodzi do:

- wytrącania się fosforanów żelaza i sodu dookoła podgrzewanych elementów;
- zablokowania wymienników ciepła, co w konsekwencji prowadzi do awarii silnika (rys. 2, 3).



Rys. 3. Ten sam wymiennik ciepła, który został pokazany na rysunku 2, po stosowaniu nowego płynu chłodzącego *Coolelf Supra GF NP*, całkowicie opartego na technologii organicznej, po 18 miesiącach stosowania

Fig. 3. The same heat exchanger tubes as in Fig. 2 after 18 months with “*Coolelf Supra GF NP*” new liquid coolant using the fully organic technology

W elektrowniach z silnikiem 8 MW/514 obr/min

Korozja oraz erozja w układzie chłodzenia jest spowodowana zbyt dużą prędkością przepływu płynu w niektórych częściach układu. Te zjawiska mogą prowadzić do powstania niespodziewanych nieszczelności w instalacji układu chłodzenia (rys. 4).

3. Powody do testowania płynu *Coolelf Supra* stosowanego w trakcji kolejowej

Wymagania szczególne:

- uzdatnianie wody przez mieszanie z płynem chłodzącym: rozwiązaniem problemów z jakością wody w różnych miejscach, uproszczeniem konserwacji i problemów z zarządzaniem miejscami przygotowania mieszanki chłodzącej



Rys. 2. Czteromegawatowy wymiennik ciepła zablokowany przez osady powstałe pod wpływem inhibitorów organicznych zawartych w konwencjonalnym płynie chłodzącym po 18 miesiącach użytkowania

Fig. 2. 4 MW engine preheating heat exchanger tubes plugged by deposits coming from mineral inhibitors of a conventional liquid coolant after 18 months



Rys. 4. Zniszczone przez erozję części awaryjnego obwodu chłodzącego silnika 8 MW w reaktorze atomowym

Fig. 4. Eroded parts of a pipe coming from the 8 MW emergency generating set engine cooling circuit of a 1300 MW nuclear reactor. This circuit was fitted with “conventional mineral based” (phosphate) liquid coolant

3. Reasons for testing *Coolelf Supra* in rail traction applications

Situation-needs:

- With water treatment mixed in water: problems due to water quality in different locations in addition to research of blending sites management and maintenance simplification; a solution could be adopting a ready-to-use liquid coolant.
- With ready-to-use liquid coolant: the liquid adopted was a conventional product with mineral inhibitors, but its per-

cej mogą być gotowe do zastosowania płyny chłodzące;
– gotowy do użycia płyn chłodzący to zwykle konwencjonalny produkt zawierający mineralne dodatki; charakteryzuje się jednak małą wydajnością i niewystarczającą ochroną przed kawitacją.

Ponadto, nowe pociągi i lokomotywy wyposażone w nowoczesne silniki muszą spełniać stawiane przez producenta dodatkowe wymagania ze względu na wyższe temperatury i obecność bardziej wrażliwych metali w układach chłodzenia. Z tego względu od 3 lat trwają badania nad bardziej wydajnym płynem chłodzącym. Dotyczy to silników: Caterpillar, MAN, MTU, Perkins, Renault Trucks, SEMT-Pielstick, Wartsila-SACM.

4. Płyny chłodzące pochodzenia organicznego dla silników gazowych

Specjalne wymagania dla silników gazowych

Wysokie temperatury, zwłaszcza w zastosowaniach typu elektrociepłownie i w silnikach ostatniej generacji, prowadzą do zwiększonego ryzyka:

- powstawania osadów wywołujących erozję, miejscowego nagrzewania materiału izolacyjnego, zatykania wymienników ciepła,
- korozji w miejscach na nią podatnych,
- degradacji płynu chłodzącego spowodowanej przedmuchami gazów (przede wszystkim w silnikach z komorą wstępną).

Stan części silników gazowych chłodzonych za pomocą konwencjonalnego płynu chłodzącego oraz za pomocą płynu CoolElf Supra z dodatkami organicznymi

W porównaniu do konwencjonalnego płynu chłodzącego, płyn CoolElf Supra oparty na technologii organicznej, zapewnia lepszą ochronę przed korozją i kawitacją oraz lepiej zabezpiecza aluminiowe części silników gazowych (bloki główne, tuleje cylindrowe, zob. rys. 5 do 8). Organiczny płyn chłodzący zapewnia lepszą ochronę korozyjną wrażliwych na nią części, np. komory wstępnej, ponieważ zapobiega występowaniu osadów mineralnych zapewniając jednocześnie dobre chłodzenie części najbardziej obciążonych. W ten sposób zapobiega przedwczesnemu zużyciu lub też pozwala uniknąć nieoczekiwanej awarii, obniżając jednocześnie koszty.

Te właściwości płynu chłodzącego CoolElf Supra były z powodzeniem przebadane w silnikach takich koncernów jak: Caterpillar, Deutz-MWM, GE Jenbacher, Guascor, Iveco-Aifo, MAN, MTU, Perkins, R-R Bergen, Wärtsilä, Waukesha.

Stosowany w elektrociepłowniach płyn CoolElf Supra jest używany także w systemach odzyskiwania energii ze spaliny i umożliwia – w zależności od wymaganej ochrony przed zamarznięciem – dobrą wymianę ciepła w bezpiecznych warunkach.

Oprócz zwiększenia stabilności cieplnej silnika, uzyskania wyższego stopnia zabezpieczenia silnika oraz spełnienia norm zdrowotnych i bezpieczeństwa, dodatki organiczne zawarte w płynie chłodzącym powodują wydłużenie okresu eksploatacji płynu chłodzącego prowadzące do wydłużenia okresów pomiędzy jego wymianą, co prowadzi także do

formances level was too low and cavitation protection not enough.

In addition to this facts, new trains and locomotives are appearing with new engines introducing additional requirements coming from the manufacturers, due to higher temperatures and presence more sensitive metals in the cooling circuit. Then a more performant coolant has been searched, tested in service during 3 years. Engines concerned: Caterpillar, MAN, MTU, Perkins, Renault Trucks, SEMT-Pielstick, Wärtsilä-SACM.

4. Organic technology liquid coolant for gas engines applications

Gas engines specific requirements

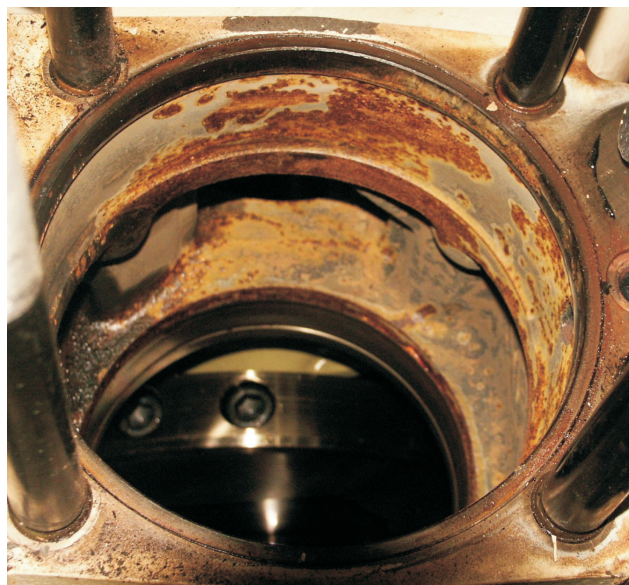
High temperatures particularly in CHP applications and on last generation engines lead to higher risks of:

- deposits formation inducing erosion, hot zones insulation, heat exchangers plugging,
- corrosion of sensitive parts,
- coolant degradation due to gas leakages (mainly pre-chamber engines).

Condition of parts in gas engines cooled by usual coolant and by organic additive technology coolant CoolElf Supra

Compared to usual liquid coolants, CoolElf Supra organic technology fluid provides improved corrosion & cavitation prevention in gas engines (block, liner, see Fig. 5 to 8) and higher aluminium preservation. It also provides the highest corrosion protection of other sensitive parts like pre-combustion chamber and avoid the mineral deposits which bother a good hot part cooling where it's highly demanded. Then it helps avoiding premature failure or unexpected replacement and the induced costs.

All these CoolElf Supra performances have been successfully tested on engines from the following brands: Caterpillar, Deutz-MWM, GE Jenbacher, Guascor, Iveco-Aifo, MAN, MTU, Perkins, R-R Bergen, Wärtsilä, Waukesha.



Rys. 5. Kadłub silnika przy zastosowaniu konwencjonalnego płynu chłodzącego po 12 980 godzinach pracy

Fig. 5. After using usual coolant during 12 980 operating hours



Rys. 6. Kadłub silnika przy zastosowaniu płynu chłodzącego Coolelf Supra po 10 490 godzinach pracy

Fig. 6. After using Coolelf Supra organic technology coolant during 10 490 operating hours



Rys. 7. Tuleje cylindrowe przy zastosowaniu konwencjonalnego płynu chłodzącego po 7080 godzinach pracy

Fig. 7. After using usual coolant during 7080 operating hours



Rys. 8. Tuleje cylindrowe przy zastosowaniu płynu chłodzącego Coolelf Supra po 10 490 godzinach pracy

Fig. 8. After using Coolelf Supra organic technology coolant during 10 490 operating hours



Rys. 9. Aluminiowa osłona wymiennika ciepła przy zastosowaniu konwencjonalnego płynu chłodzącego po 12 980 godzinach pracy

Fig. 9. After using usual coolant during 12 980 operating hours



Rys. 10. Aluminiowa osłona wymiennika ciepła przy zastosowaniu płynu chłodzącego Coolelf Supra po 7240 godzinach pracy

Fig. 10. After using Coolelf Supra organic technology coolant during 7240 operating hours

zmniejszenia kosztów serwisowych i eksploatacyjnych. Dokładny czas przydatności płynu chłodzącego musi być określony przez specjalistów z serwisu.

Kontrola płynu chłodzącego

Jak już wspomniano, konieczne jest dokładne określenie stanu płynu oraz czasu jego eksploatacyjnej przydatności. Za pomocą analizy Dagofluid można ustalić czas przydatności płynu CoolElf Supra. Jeżeli ze względu na zmianę właściwości czas wymiany płynu nie jest tak długi jak zakładano, analiza płynu chroni w efekcie układ chłodzący

CHARACTERISTICS		
pH	8,4	---
A.R. pH 3,5	32,93	---
Water Hardness	9	---
Densité	1,051	---
PROTECTION		
Glycol	37	---
Water %	63	---
Freez. Temp. °C	-20	---
Boil. Temp. °C	106	---
POLLUTION		
Iron	<5	---
Led	<5	---
Copper	<5	---
Tin	<5	---
Chromium	<5	---
Aluminium	<5	---
Nickel	<5	---

Rys. 11. Fragment raportu systemu Total Dagofluid, w którym wyszczególniono parametry charakterystyki płynu chłodzącego i zawartości metali mogące świadczyć o wystąpieniu korozji w układzie chłodzenia

Fig. 11. A part of Total "Dagofluid" report which indicates either fluid characteristics and fluid metal content which can reflect corrosion and cavitation in the cooling circuit

silnika przed jego niewłaściwym działaniem. Taka analiza pomaga także w odszukaniu przyczyny niszczenia działania płynu, która nie została zasygnalizowana przez jednostkę sterującą pracą silnika (np. nieszczelność i przedmuchy gazu zasila-
jącego lub spalin do układu chłodzącego) lub sprawia problemy w utrzymaniu (np. napełnienie układu

silnika przed jego niewłaściwym działaniem. Taka analiza pomaga także w odszukaniu przyczyny niszczenia działania płynu, która nie została zasygnalizowana przez jednostkę sterującą pracą silnika (np. nieszczelność i przedmuchy gazu zasila-
jącego lub spalin do układu chłodzącego) lub sprawia problemy w utrzymaniu (np. napełnienie układu

In CHP applications, CoolElf Supra organic technology fluid is also used in the exhaust gas heat recovery systems and allows – depending on required anti-freeze protection – high thermal exchanges in safe conditions.

In addition to improved thermal stability and higher engine protection levels, expected health and safety regulation compliance, organic additive technology is providing a longer life to the liquid coolant leading to extended drain intervals, lower maintenance and operation costs. The exact coolant life-time has to be defined from in service product follow-up.

Liquid coolant monitoring

As mentioned just above, liquid coolant follow-up is necessary to know what is the fluid condition and determine the drain time. Through these analysis system called "Dagofluid", CoolElf Supra long life can be determined without risks. When drain period is not as long as expected due to characteristics deviation, coolant analysis is first protecting the engine cooling circuit against a degraded coolant effects and secondly helping to find where this degradation comes from, either an engine running trouble not detected by engine control (for instance fuel-gas or exhaust-gas leakage in the cooling system) or a maintenance trouble (i.e. top-up with only water, another coolant, pure anti-freeze, etc). Like oil follow-up system, "Dagofluid" is also indicating the fluid metal content. These value are only significant if fluid top-up are well monitored, if a big and recent top-up has been made, low metal content value could not reflect the reality.

5. Conclusions

Firstly tested for different reasons (thermal stability, sensitive metals protection, health and safety regulation) in Diesel engines on various applications (Power Generation, Rail Traction), organic technology coolant has been approved by the main engines manufacturers. It has been successfully experienced in gas engines facing the specific requirements of cogeneration applications. Additionally, compared to usual coolants, the product has a longer life which can be defined through in service follow-up. Called Total "Dagofluid", this system also can monitor eventual engine running or maintenance troubles, this is the suitable complement of oil follow-up system which allows to have an overhaul view on the engine running conditions.

Artykuł recenzowany

Skróty i oznaczenia / Abbreviations and Nomenclature

CHP – elektrociepłownia / Combined Heat and Power Plant

Daniel Deterre – Inżynier Rozwoju Produktu, TOTAL Lubricants, Paryż, La Défense CEDEX, Francja.

Mr Daniel Deterre – Product Development Engineer, TOTAL Lubricants, Paris, La Défense CEDEX, France.

5. Podsumowanie

Przebadany pod względem stabilności cieplnej, ochrony materiałów wrażliwych, wymogów zdrowotnych i bezpieczeństwa w silnikach ZS, płyn chłodzący oparty na technologii organicznej został zaakceptowany przez głównych producentów silników. Pomyślnie przetestowano płyn chłodzący z udziałem dodatków organicznych w silnikach gazowych. W porównaniu do zwykłych płynów chłodzących, płyn z komponentami organicznymi odznacza się dłuższym okresem eksploatacyjnym, który można określić podczas kontroli w serwisie. Ponadto, system Total Dagofluid pozwala monitorować usterki pojawiające się podczas pracy silnika lub podczas serwisowania; system ten stanowi właściwy element kontroli oleju umożliwiający dokonanie przeglądu silnika i warunków jego pracy.