

添加剤追添による CVT 油の性能回復技術

Technology to restore the performance of used CVT fluid by adding additives

ジヤトコ（正）*杉村 晃 ジヤトコ（非）加藤 豪 ジヤトコ（正）前田 誠

Akira Sugimura*, Gou Katou*, Makoto Maeda*

*JATCO Ltd

1. まえがき

低炭素・循環型社会の実現に向けて、製品のライフサイクル及びサプライチェーンにおける CO₂ 削減が求められている。当社の無段変速機（CVT）で使用する潤滑油（以下、CVT 油）は、「Fill for life」を謳っており交換の必要はない。しかしながら、お客様の使い方によっては、油の一部の性能が劣化し、新油に交換する場合がある。この交換により、廃油が発生し、廃棄処分にて焼却されると CO₂ が発生する。また、潤滑油の再生技術の開発も進められているが¹⁾、再生時に使用するエネルギー等が CO₂ を発生するという課題も抱えている。そこで油を交換せずに劣化した性能を回復させることは、廃油量削減に繋がり、低炭素・循環型社会に貢献すると考え、添加剤の追添による CVT 油の性能回復技術の開発に取り組んだ。

2. 本開発の狙いと課題

CVT 油は、CVT の前後進切り替えや副変速部の変速の際、湿式クラッチの締結・解放を滑らかに行う機能が必要である。しかし、油が過度に劣化すると、締結・解放時にショックが発生し、運転者が不快に感じることがある。その原因は、主に CVT 油の添加剤の消耗であり、最も早く影響を受けるのは湿式クラッチの摩擦性能（以下、湿式クラッチ μ 性能）である²⁾。一方、その他の性能（金属部品の摩擦性能、油圧性能、冷却性能など）は十分維持できている。このため、湿式クラッチ μ 性能のみを回復させるために新油交換を行うことは、約 8L の廃油が発生し、交換費用や作業時間などの点でお客様に大きな負担をかけることになる。そこで、湿式クラッチ μ 性能の回復に必要な添加剤を基油で希釈し、CVT 内の油に追添することで、廃油量の削減およびお客様負担を軽減しつつ、ショックを改善する追添剤の開発を狙った。

本開発における主な技術課題を以下に設定した。

課題 1：湿式クラッチの締結・解放時のショックの改善と、新油交換並みに改善効果が持続（以下、耐久性）すること。

課題 2：ベルト、ブーリなどの金属部品の摩擦性能（以下、金属間 μ 性能）が変化しないこと。

課題 3：新油や規定以上に添加剤を追添しても CVT 油の性能が変化しないこと。

3. 解決策の検討

各添加剤の機能を整理し（Table 1），追添する添加剤の種類と追添量を検討した。

課題 1 に対する解決方策

添加剤の消耗メカニズムは、部品のしゅう動発熱により生成する基油の酸化劣化物³⁾が添加剤を捕捉し、消耗することである。具体的には、酸化劣化物の生成と湿式クラッチ μ 性能を制御する清浄分散剤と摩擦調整剤（以下、FM 剤）が消耗する。そのため消耗した分の添加剤を追添する必要がある。

しかし、酸化劣化物は、走行時のユニット部品のしゅう動で生じる金属イオンが触媒となり、生成が促進される。そのため、新油交換並みの耐久性を確保するためには、この影響を考慮し、清浄分散剤の追添量を決める必要がある。

課題 2 に対する解決方策

金属間 μ 性能を発現する潤滑環境は、しゅう動面温度が高いため、分子量が低い FM 剤はブラウン運動が活発になり、金属表面に吸着しにくくなる。しかし、FM 剤が金属間 μ 性能を制御する極圧剤に比べ多量に存在すると、金属表面に吸着し、金属間 μ 性能を低下させる。このため、極圧剤は FM 剤との比率を考慮し追添量を決める必要がある。

課題 3 に対する解決方策

新油や規定以上に添加剤を追添すると油中の添加剤量は過剰となる。しかしながら、添加剤が金属表面に吸着する状態は、その存在比率によって決まる。そのため、追添剤に含まれる添加剤の比率を適正化できれば、新油に追添しても耐久性以外の性能は新油並みとなる。

Table 1 Main functions of additives

Additives	Function
Friction modifier	Wet clutch friction adjustment
	Steel-on-steel friction adjustment
Detergent dispersant	Disperses contamination
	Neutralize any acid contents
	Wet clutch friction adjustment
Extreme-pressure additive	Steel-on-steel friction adjustment
	Prevents wear and seizure
	Steel-on-steel friction adjustment
Anti-oxidant	Prevents oxidation
Viscosity index improver	Viscosity index adjustment

そこで、各添加剤の追添加量を以下のように決定した。まず、市場回収油および耐久試験終了油の中から添加剤の消耗量が最も多い油を基準油とし、それらに追添加後、性能が回復し、耐久性が新油交換並になるように設計した。結果的に、FM 剤は新油と同量とし、清浄分散剤は基準油に追添加した時に新油と同じ清浄性が得られる量に調整した。次に、それらを新油に追添加して、FM 剤と清浄分散剤が過剰に存在する油を試作し、予備実験を行って、その油の金属間 μ 性能が新油並になるように極圧剤の量を調整した。

4. 効果の確認

CVT 油(新油)、劣化油(市場回収油)を用いて、追添加前後の清浄性(試験方法: JPI-5S-55-99)、湿式クラッチ μ 性能(試験方法: JASO M349)、金属間 μ 性能(試験方法: JASO M358)を確認した。

4.1 課題 1, 2 に対する確認

追添加後の劣化油の清浄性、湿式クラッチ μ 性能および耐久性は新油並みに回復した(Fig.1,2,3)。一方、金属間 μ 性能も新油並みであった(Fig.4)。

4.2 課題 3 に対する確認

新油に追添加しても湿式クラッチ μ 性能、金属間 μ 性能は新油並みであった(Fig.5,6)。さらに、他の性能も新油並みであった。

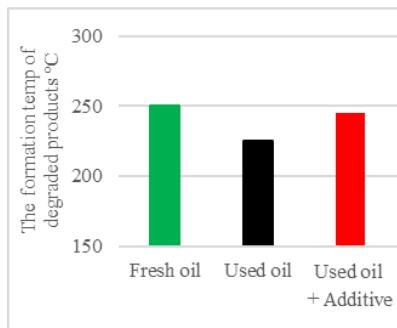


Fig.1 Detergency test results

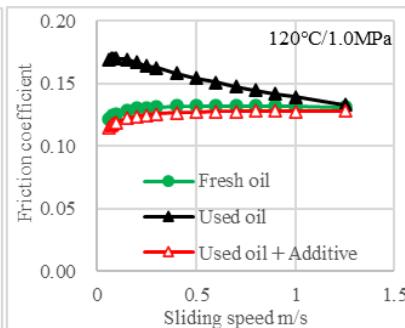


Fig.2 Wet clutch friction test results

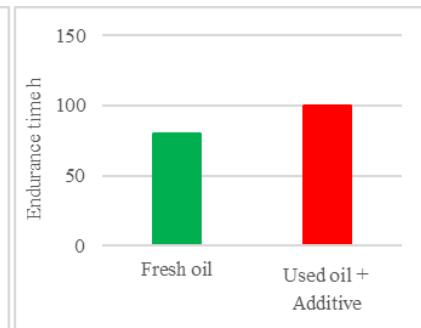


Fig.3 Wet clutch friction endurance test results

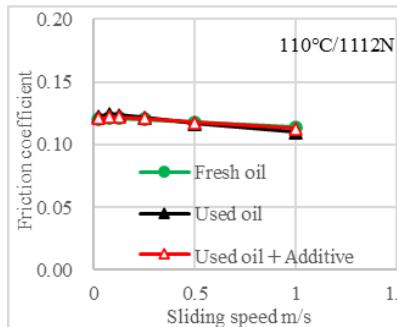


Fig.4 Steel-on-steel friction test results

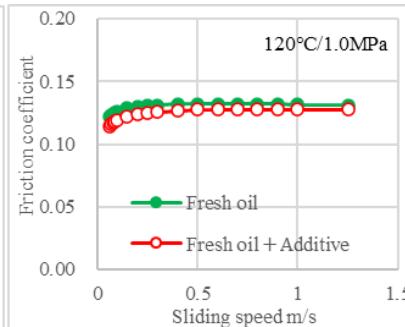


Fig.5 Wet clutch friction test results

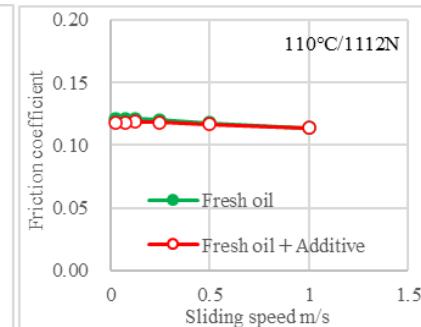


Fig.6 Steel-on-steel friction test results

5. 実車による検証

CVT 油の劣化を促進する条件で実車走行を行い、湿式クラッチ締結・解放時のショックを発生させ、本剤を追添加したところ、実車走行でショックの改善が確認できた。さらに、実車走行を継続した結果、次にショックが発生するまでの走行距離は新油交換時以上であることが確認できた。その後、再度追添加し、ショックが発生するまで走行したが、その効果と耐久性に再現性があることが確認できた。また本剤を複数回追添加しても、CVT のユニット性能(油圧、変速性能)とユニット内の各部品に及ぼす影響(焼き付き、摩耗、破損)がないことを確認した。

6. まとめ

湿式クラッチの締結・解放時のショック改善と新油交換時以上の耐久性を有する追添加剤を開発した。本剤の追添加により、当社 CVT 油の性能に影響を及ぼすことなく、繰り返し性能を回復できる。また、本剤の使用により廃油量は 0.5L になり、新油交換に比べて大幅な廃油量の削減となる。

添加剤の追添加により油性能を回復させる技術は、低炭素・循環型社会の実現に向けて有効な手段であり、この技術の応用により、持続可能な社会の構築に貢献できる。

文献

- 大久保・矢野、他：低炭素・循環型社会に貢献する潤滑油の延命/再生技術の開発、三菱重工技報 Vol.61 No.1 (2024)
- 市橋：クラッチに対する摩擦調整剤の作用とその劣化機構、石油学会、第41回石油・石油化学討論会、(2011) 2F13.
- 豊口：潤滑油酸化防止剤について 有機合成化学、13, 11 (1955) 512-516.