

高ろ過効率 ATF ストレーナの開発

Development of High-Filtration-Ratio Automatic Transmission Fluid Strainer

鈴木 雅 晴*
Masaharu SUZUKI
西 尾 佳 高**
Yoshitaka NISHIO

犬 飼 浩一郎*
Kouichirou INUKAI
松 原 一 樹**
Kazuki MATSUBARA

古 田 武 男*
Takeo FURUTA

要 旨

自動変速機の機能を維持するために、油圧制御バルブの作動精度が低下する要因となる異物に対する ATF ストレーナのろ過効率に注目した。まずろ材について、粒子径 10～40 μm の異物に対するワンパスろ過効率を現行不織布の 2 倍に向上したものを開発した。次に圧力損失増加防止とダスト捕捉容量低下防止のため、必要なろ過面積を確保できるよう、ろ材をひだ折りにした。ひだの密着を防止するため、ろ材の表面に格子状ネットを接着し、合成樹脂で成形したエレメントを合成樹脂製の上下ケースに挟み込み、外周部を振動溶着して収納した。この ATF ストレーナを適用した結果、自動変速機の油圧制御バルブの作動精度を正常に保つことができる許容異物量を 50% 拡大することができた。

ABSTRACT

This development project approached the objective of maintaining AT functionality by focusing on the filtration ratio of the ATF strainer with respect to contaminants that are primary factors in reducing the operating accuracy of the oil pressure control valve. First, a filter medium was developed that raised the one-pass filtration ratio for contaminants that are 10–40 μm in diameter to twice the ratio achieved by the current nonwoven fabric used for the purpose. Next, the filter medium was made with pleats so that it would provide the filtration area required both to prevent increasing pressure loss and to prevent reduction of dust holding capacity. In order to prevent the pleats from adhering, a lattice-shaped net was bonded to the front of the filter medium, the molded plastic element was clamped inside a plastic case that fits over the top and bottom, the outer edges were vibration welded, and the filter was put in place. The results from application showed that this ATF strainer was able to achieve a 50% increase in the quantity of contaminants that the oil pressure control valve for an AT can tolerate while maintaining its normal operating accuracy.

1. まえがき

自動変速機の機能の向上に対する市場からの要望により、変速あるいはロックアップクラッチ容量制御にリニアソレノイドを多用するなど、従来と比べ制御がより高精度化してきた。反面、機能の劣化は顧客コンプレインに直接結びつくため防止措置が必要である。劣化する要因の一つに、異物による油圧制御バルブの作動精度低下があり、異物の製造時混入及び稼動時発生を完全に防止することが困難である現状を考えると、ATF ストレーナによる効果的な捕捉が重要となってくる。

* 栃木研究所

** 豊田紡織(株)

今回は、油圧制御システムに悪影響を与える異物に対するろ過効率を向上したろ材の開発と、現行のレイアウトスペースに収まる ATF ストレーナケースにろ材を収納する技術の開発を行なった。また、この ATF ストレーナを適用した場合の効果について検証した。

上記技術内容について報告する。

2. 現状把握

2.1. 不具合要因異物の解析

実際に油圧制御バルブに作動不良が発生したリニアソレ

ノイドパルプボデーを分解解析し、不具合要因となった粒子の粒子径毎の発生比率を集計した結果を Fig. 1 に示す。現行不織布では粒子径100 μm 以上の粒子はワンパスで100%捕捉できるので、100 μm 以下の異物について集計した。この結果、粒子径10～40 μm つまりパルプクリアランスと同程度の大きさの異物噛み込みによる発生比率が高く、この粒子径に対するろ過効率を向上させる必要があることが分かった。

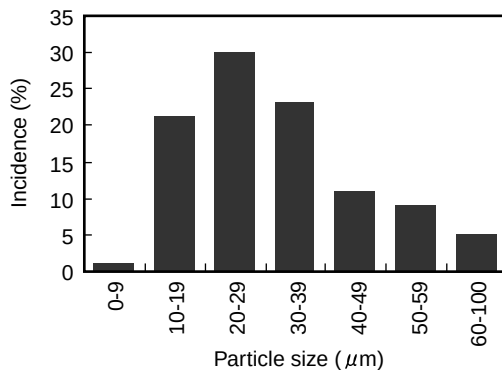


Fig. 1 Incidence of occurrence

2.2. 試験ダストの選定

対策効果を確認するためには試験ダストを選定しておく必要がある。試験ダストは、できるだけ自動変速機の中に実際に存在する異物に近いものを選定するのが良い。

一般市場を走行した自動変速機を分解解析し、異物の粒径分布を調査した結果を Fig. 2 に示す。今回は、ギア破損等のメカニカルトラブルの発生が報告されていない自動変速機についてのみ集計した。新品時でも長距離走行後でも大差無く、また市販試験ダストの ACCTD (AC Coarse Test Dust) と近似であることが分かった。

以上の理由より、試験ダストとしてACCTDを選択した。

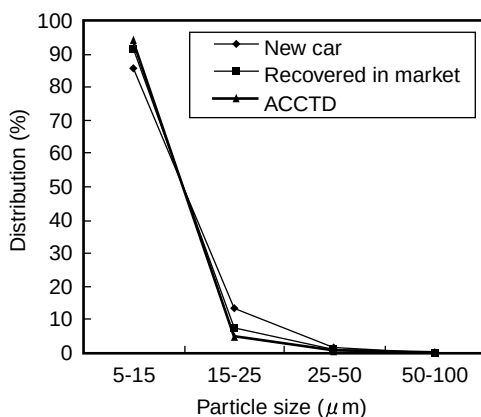


Fig. 2 Particle size distribution

2.3. 現行ろ材のろ過効率

ACCTD を使用し、現行不織布のろ材ワンパスろ過効率試験を行なった結果を Fig. 3 に示す。粒子径10～40 μm の粒子に対しては、ワンパスでは10～45%程度のろ過率であり、この粒子径に対するろ過効率を向上したろ材の開発が必要であることが分かった。

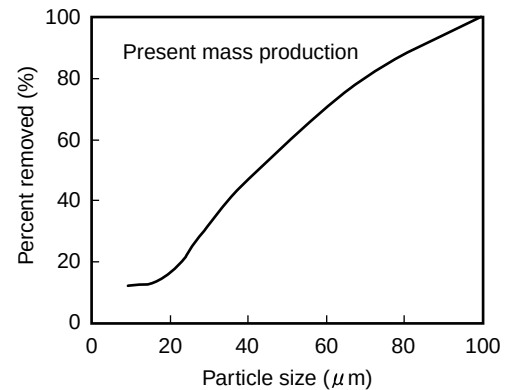


Fig. 3 Particle removal efficiency of filter medium

3. 基本構造と基本性能

3.1. 開発の目的

今回はろ材の開発と、ATF ストレーナケースへのろ材の収納方法の開発を行なった。

目的は次の通りである。

- (1) 現行不織布と比べ、粒子径10～40 μm の異物に対するろ過効率を向上する。
- (2) ATF ストレーナとして、圧力損失を現行品と同等に抑え、ダスト捕捉容量を現行品と同等もしくは同等以上確保する。

3.2. ろ材の組成

今回開発したろ材は、現行不織布と比べ、成分と繊維径の違う4種類の繊維の混抄による複合構造として、

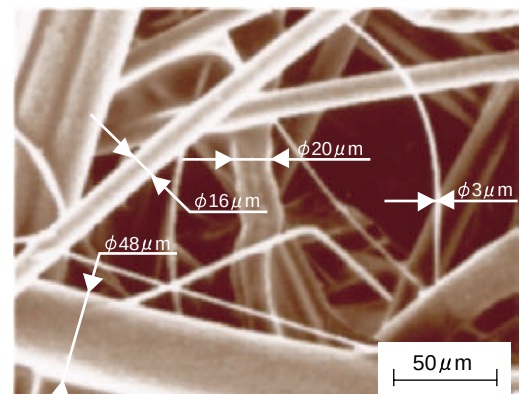


Fig. 4 Fiber composition of new filter medium

- (1) 細い繊維によるろ目の細分化により、ろ過効率の向上を図った。
 - (2) 太い繊維でかさ高性を確保する一方、細い繊維で油路面積を確保して、圧力損失上昇を抑えた。
- ろ材の繊維組成を Fig. 4 に示す。

3.3. ろ材のろ過効率の向上

粒子径 10 ～ 40 μm の試験ダストに対するろ材のワンパスろ過効率を Fig. 5 に示す。現行不織布に比べろ過効率を2倍に向上した結果、ワンパスで通過するダスト量は約40%削減可能となった。

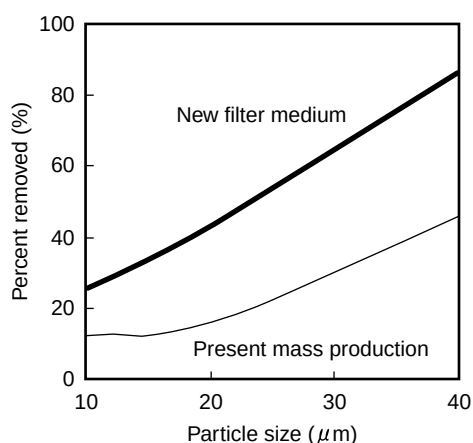


Fig. 5 Particle removal efficiency of filter medium

3.4. 必要な有効ろ過面積

ろ材のろ過効率向上に伴う圧力損失増加やダスト捕捉容量低下は逆に機能低下の要因となるため、必要な有効ろ過面積を確保する必要がある。

現行品と内部形状を同一としたATFストレーナのジグを製作し、ろ材の有効ろ過面積と圧力損失との関係を測定した結果を Fig. 6 に示す。

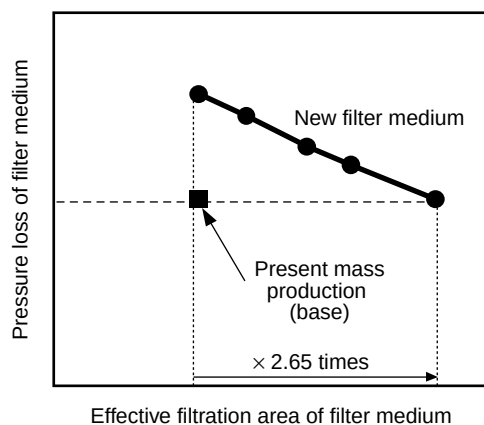


Fig. 6 Pressure loss of filter medium

この結果、ATF ストレーナ単品として圧力損失を現行品同等とするためには、有効ろ過面積が2.65倍必要であることが分かった。

ろ材の収納方法のイメージ図を Fig. 7 に示す。

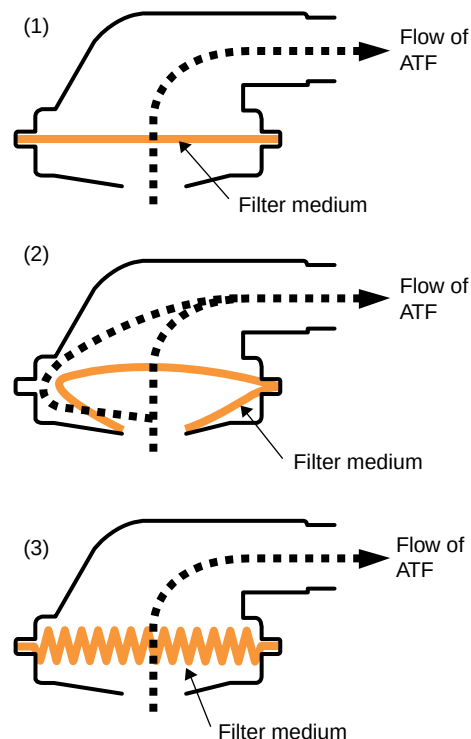


Fig. 7 Cross-sectional view of ATF strainer

有効ろ過面積を現行品の2.65倍確保するには、(1)単板あるいは(2)現行品のような二つ折り袋形状では成立せず、(3)ひだ折り収納が必要であることが分かった。

3.5. 有効ろ過面積の確保

ろ材を単純にひだ折り形状で収納した場合には、ATFの流量が大きい、又は粘度が高い低温時では、通油抵抗が高くなり、ひだ折り形状のひだの密着が発生する。ひだの密着が

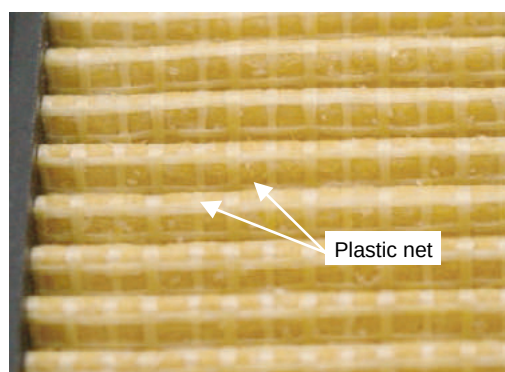


Fig. 8 Surface of new filter medium

発生すると実質的な有効ろ過面積が減少し、またひだが密着した部分で圧力損失が生じるため、高ろ過効率のろ材を採用できなくなる。そこで、ひだ折り形状を確実に保持し、ひだの密着を防止するため、ろ材自体の強度および剛性確保と、ろ材を保持する部分の剛性確保の2つを行なった。

ろ材については、ATFの流出口側の表面に合成樹脂製の格子状ネットを接着し、ろ材と一体化した。ろ材の表面の様子を Fig. 8 に示す。格子状に見えるのが合成樹脂製のネットである。

合成樹脂製のネットによるろ材の強度の向上を Fig. 9 に示す。ろ材を 150°C の ATF に 100 時間浸漬した後にミューレン低圧形試験機にて破裂強度試験を実施した結果、ネットを接着することにより、ネットを接着する前に比べ 5.13 倍、現行不織布と比べ 19 倍の強度を確保できることが分かった。

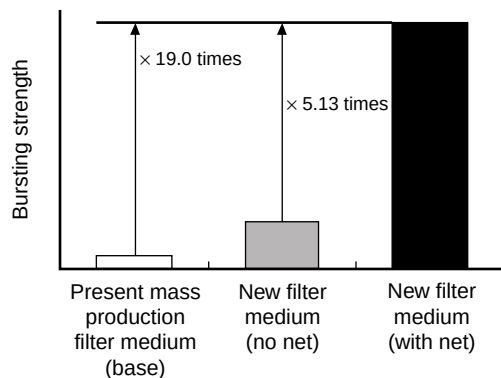


Fig. 9 Bursting strength of filter medium

ろ材を保持する部分については、ろ材の周縁部、およびひだ稜線と垂直に交差する方向に貫く補強リブを、合成樹脂で成形し一体化したエレメントを作成した。合成樹脂製エレメントの外観図を Fig. 10 に示す。中央部でろ材のひだ稜線と垂直に交差しているのが補強リブである。

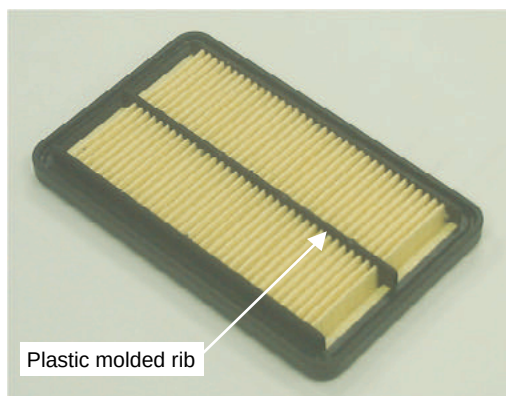


Fig. 10 External view of plastic molded element

3.6. ろ材の収納方法

作成した合成樹脂製エレメントを合成樹脂製の上下ケースにて挟み込み、外周部を振動溶着してろ材を収納した。この収納方法は ATF ストレーナとして世界初である。

ATF ストレーナの構造図を Fig. 11 に示す。

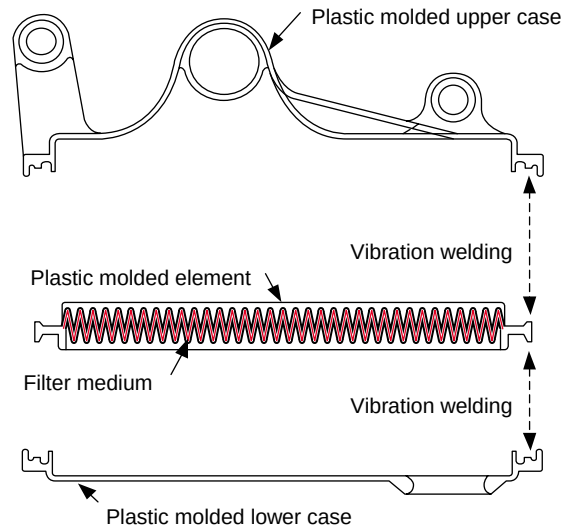


Fig. 11 Structure of new ATF strainer

ATF ストレーナの外観図を Fig. 12 に示す。



Fig. 12 External view of new ATF strainer

3.7. ATF ストレーナの性能

ATF の温度をパラメータとした圧力損失の試験結果を Fig. 13 に示す。ATF ストレーナ単品として現行品と同等の性能であり、ろ材およびろ材を保持する部分の対策効果により、ATF の流量が大きい、又は粘度が高い低温時でも、ひだの密着を防止できていることが確認された。

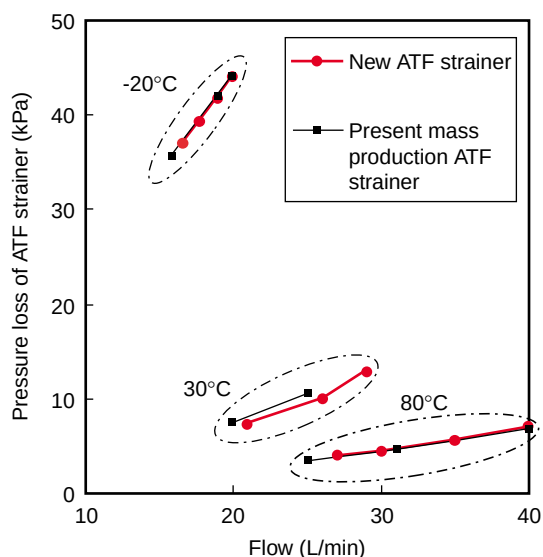


Fig. 13 Pressure loss of ATF strainer

次に、目詰まり迄のダスト捕捉容量の試験結果を Fig. 14 に示す。ATF ストレーナ単品として現行品と比べ 3.45 倍のダスト捕捉容量を確保できることが分かった。

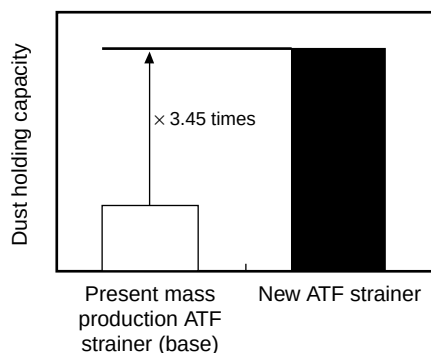


Fig. 14 Dust holding capacity of ATF strainer

以上の結果より、圧力損失とダスト捕捉容量に悪影響を与えることなく、ろ過効率を向上したATF ストレーナを開発できたことが確認された。

4. 現行の自動変速機への適用効果確認

4.1. マルチパスろ過効率の向上

現行の自動変速機に ATF ストレーナを取付け駆動させ、初期に試験ダストを一括投入しマルチパス試験を行なった

時の、リニアソレノイドバルブに到達する粒子径 10 ~ 40 μm の粒子数の低下度合いを比較した結果を Fig. 15 に示す。ろ材ワンパスでの通過粒子削減効果は Fig. 5 に示す通り 40% であるが、マルチパスにより、時間経過とともにワンパス以上の削減効果が得られることが分かる。

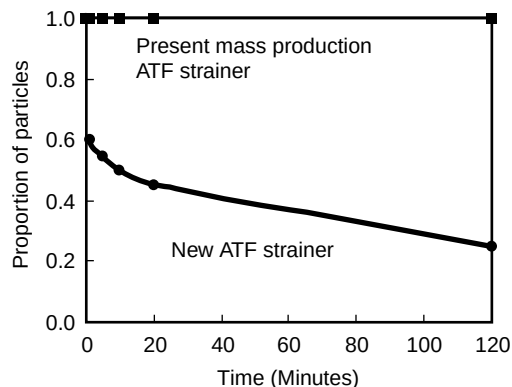


Fig. 15 Decrease of proportion of particles

4.2. 許容異物量の拡大

現行の自動変速機に ATF ストレーナを取付け駆動させ、一定時間毎に試験ダストを一定量投入し、リニアソレノイドバルブの作動精度を正常に保つことができる許容投入ダスト量を比較した結果を Fig. 16 に示す。自動変速機としての許容異物量は 50% 拡大しており、この効果は、マルチパスでの通過粒子削減効果と近似であることが分かる。この結果から、ATF ストレーナのろ過効率の向上は、異物が存在する環境下において、自動変速機の機能の維持に有効であることが確認された。

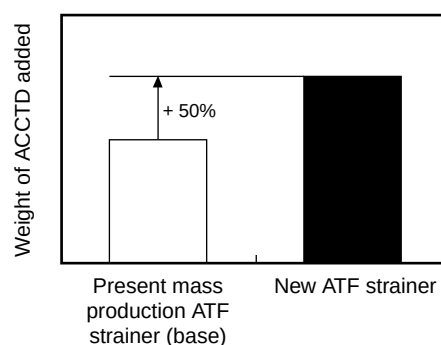


Fig. 16 Effect of lifetime extension by new ATF strainer

5. まとめ

異物に対する ATF ストレーナのろ過効率に注目し、ATF ストレーナが油圧制御バルブの作動精度低下を防ぎ、自動変速機の機能の維持に与える効果について検証した結果、次の成果を得た。

- (1) 粒子径 10 ~ 40 μm の異物に対するろ材のワンパスろ過効率を現行不織布の 2 倍に向上したろ材を開発した結果、ワンパス通過粒子数を 40% 削減できた。
- (2) このろ材を現行のレイアウトスペースに収まる ATF ストレーナケースに収納するにあたり、必要な有効ろ過面積を確保できるよう、ろ材をひだ折りにした。ひだの密着を防止するため、ろ材の表面に格子状ネットを接着し、合成樹脂で成形したエレメントを合成樹脂製の上下ケースで挟み込み、外周部を振動溶着して収納した。この収納方法を採用した ATF ストレーナは世界初であり、圧力損失とダスト捕捉容量に悪影響を与えないこと無く、ろ過効率を向上することができる新しい ATF ストレーナを実現できた。
- (3) この ATF ストレーナを適用した結果、油圧制御バルブの作動精度を正常に保つことができる許容異物量を 50% 拡大することができた。ろ過効率の向上は、異物が存在する環境下において、自動変速機の機能の維持に有効であることが確認された。

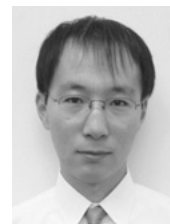
6. 謝辞

本開発にあたり、多大なるご協力をいただきました(株)デンソーおよび豊田紡織(株)の関係者の方々に対し、深く感謝の意を表します。

■ 著 者 ■



鈴木 雅 晴



犬飼 浩一郎



古 田 武 男



西 尾 佳 高



松 原 一 樹