

連 載

トライボロジーにとりつかれた男の遊油ぶらぶらトーク⑫

油圧回路の設計に起因する問題

＝油圧システムの月曜病 その2＝

(株)クリーンテック工業 佐々木 徹

1. 油圧機械の月曜病

先月号に続いて油圧システムの月曜病のうち、油圧システムの立ち上がりの悪さの原因について述べる。TPM活動がゼロ化を目指している6大ロスの中にこの機械の立ち上がりの悪さによるロスが含まれていることから、読者の中にも油圧の立ち上がりの悪さを何とかしたいと考えている方が少なくないと思う。

先月号で述べたように、油メーカーの人が、この現象は油の粘度が高いからだと言っていた。確かに油が冷えて油の粘度が高くなったことが原因と考えられることもある。しかし、この現象は冬に起こるだけでなく、夏でも起こるし、4月号で述べたように、インドや東南アジアのような常夏の国でも、休日明けに機械の立ち上がりが悪くなっている。それだけではなく、北欧の某社では休日でもヒーターで油を温めているにもかかわらず、月曜病が起こることがあるという。このことを考えると、必ずしも油の粘度が高くなって月曜病が起こるとは言えない。そこで油圧回路に焦点を当てて月曜病といわれる現象のメカニズムを考えてみることにする。

2. 油の汚染と油圧システムのトラブル

油圧システムのトラブルは、BHRAの調査ではその85%⁽¹⁾、スペリー・ピッカースの調査では70%以上⁽²⁾が汚染物に起因すると言われている。これらの調査を待つまでもなく、油圧システムのトラブルが油の汚染によって起こることは昔から経験的に知られており、油圧システムを油の汚染から守るためにいろいろな研究や工夫がなされてきた。その対策の1つに油

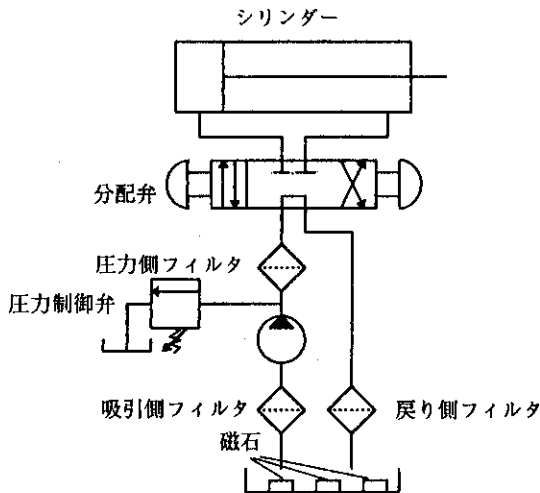
圧回路上にフィルタを組み込む設計がある。

バイパスで浄油をした場合、油の全量がフィルタを通るわけではないので、フィルタを通らなかった油の中の汚染物が機器の中に入り込んで機器に損傷を与えるかもしれないとの心配が残る。そのため重要な機器の前にフィルタを取り付けて、油が全量フィルタを通過するようにすれば、機器に入る前に汚染物が除去されて油圧トラブルの起こる可能性が減るのではないかと期待する。このような期待が油圧回路の中にフィルタを組み込む設計の背後にあると考えられる。ところが問題はそんなに簡単でないことはフィルタの歴史を見ればわかる。油圧システムの回路にフィルタが組み込まれてから、すでに50年近く経っている⁽³⁾。誤解を避けるために言えば、その間フィルタにも多くの技術革新が行われてきたし、かなりの成果をあげてきたが、それでも油圧の汚染問題が解決していないのが現実であり、この現実を謙虚に受け止めなければならない。

見落とされていたフィルタの問題の1つである帯電問題について、本誌1996年10月号に書いたが、別の面からフィルタの問題を検討してみる必要がある。それは第1図のようにフィルタを油圧回路上に組み込むことに起因する起動時における油圧システムの立ち上がりの悪さである。

3. 何故、油圧システムの起動時に立ち上がりが悪くなるのか？

まず結論から先に言うと、油圧機器を守ろうとする善意から出た設計にこの問題の一端がある。油圧システムが起動時に立ち上がりが悪くなる理由は、油圧回



第1図 油圧回路上のフィルタ位置の例

路上にフィルタを組み込んだからである。油圧回路上にフィルタを組み込むということには技術的な矛盾があるが、この矛盾については残念ながら、議論されてこなかったように思われる。以下にこの問題を考えるために、新油を使った実験時のフィルタの目詰まりと長期間使用された油の場合におけるフィルタの目詰まりから検討する。

3-1 新油で実験した場合のフィルタ目詰まり

新油の中に標準ダストを添加した試料油を使ってフィルタの目詰まり実験をすると、油がフィルタの目を通過するとき、フィルタの目より大きな汚染物はフィルタによって捕らえられ、それと同時にフィルタの目が小さくなる。そうすると、最初にフィルタの目を通過した粒子の中にも、小さくなった目を通れないものが出てきて捕らえられ、さらにフィルタの目は小さくなる。これを繰り返しているうちに、フィルタはかなり小さい粒子まで除去するようになるが、最終的にフィルタは目詰まりする。フィルタが汚染物を除去するという面からいうと、このメカニズムが働けば、フィルタは立派にその役割を果たしていると言える。しかし従来は、フィルタのことだけを考えた議論がなされ、何のためにフィルタを使うのかという最も重要なフィルタを使用する目的の議論が忘れられていた。油圧システムのトラブルのほとんどが油の汚染物によって起こるため、フィルタは油圧システムを保護する役目を担っているということまでは誰にでも分かる。しかし、油圧システムを保護する最重要目的とは、単に油圧システムを故障から守るだけでなく、「お金を稼ぐため

に設備投資された油圧システムが計画どおりに、お金を稼げるような環境を整える」ことであるはずだ。

この原点に立ち返って考えるとき、果たしてフィルタは最重要目的を満たしているかを改めて考えてみる必要がある。

月曜日の朝に油圧システムを起動させるとき、油は冷えていて油の粘度は高くなっている。そのとき、フィルタが目詰まりしてフィルタの目が小さくなっていると、油メーカーの人が言うように油圧システムの立ち上がりが悪くなる。この現象は油のレオロジーとの関連で認識されていた。

フィルタがゴミを捕集すれば、フィルタが目詰まりすることは自明のことであり、油圧システムがその性能を発揮するには、油が自由に流動しなければならない。しかるにフィルタが目詰まりすると油圧システムが性能を低下させることを承知で油圧回路上にフィルタを取り付けることは、技術的な矛盾であると考えられる。

その影響を考えると、単に月曜日の朝の立ち上がり時に限ったものではない。油圧回路に組み込まれたフィルタが汚染物を捕集すると、フィルタの目が詰まって油の流動抵抗が増大し、単位時間当りの油の流量が減少する。そのため、油圧システムが稼働している間中、エネルギーの消費が増大し、油圧システムの動きが遅くなる。すなわち、サイクル時間が長くなり、生産性が低下する。これは日夜コスト削減に努め、事務室の電灯まで減らしている企業のコスト・ダウンのニーズに逆行し、企業経営者にとって望ましくないことである。

3-2 使用油を使ったときのフィルタの目詰まり

油は化学製品であり、機械の中で長期間使用すると油の分子の一部が熱で酸化変質する。本誌の1996年11月号から3回にわたって述べたように、油の酸化変質物は極性をもっており、酸化変質が進むにつれて次第に高分子化する。また、10月号でフィルタは油との摩擦で静電気を発生させることを述べた。これらをお読みいただいた読者は、これから述べようとするを容易にお分かりいただけると思う。

極性をもっている油の酸化変質物は第2図に示すように、金属の表面に吸着して厚い膜を作る。この吸着膜は本誌の1997年2月号で述べたように、「蠅取り紙」のような働きをして他の汚染物を付着させるし、フィルタの金属網を絶縁させることもある。絶縁物の繊維もフィルタに捕捉される。フィルタが汚染物を付着さ



第2図 フィルタのメッシュの金網に吸着した油の酸化変質物



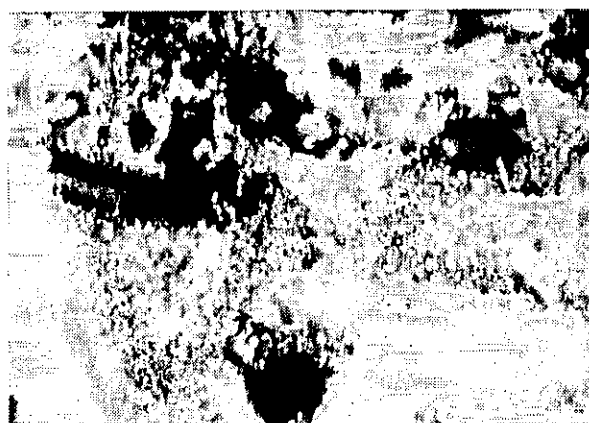
第3図 帯電した繊維に付着した油の酸化変質物

せて目が詰まってくると、フィルタの開口部での油の流速は一層速くなり、フィルタに捕捉された繊維と油との摩擦が一層大きくなって絶縁物であるフィルタ繊維に静電気が帯電し、絶縁物である高分子化した油の酸化変質物等の汚染物を第3図のように付着させる。これが進行すると、第4図のようにフィルタは目詰まりする。

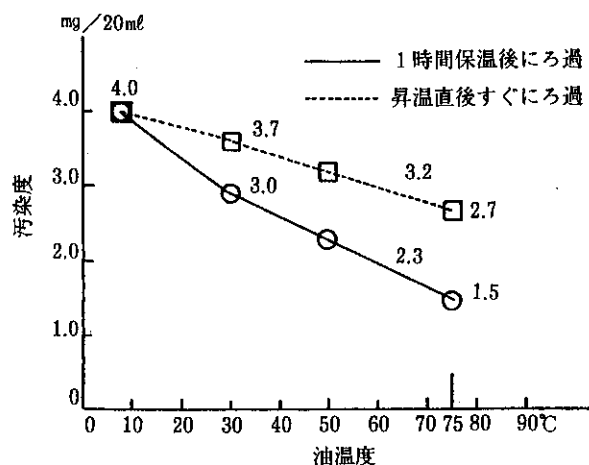
高分子化した油の酸化変質物は温度によって、その性質が変化する。すなわち、高分子化した油の酸化変質物は油の温度が低いと固化し、油の温度が高くなると柔らかくなる。これを実験で調べた結果を第5図に示す⁽⁴⁾。

長期間使用して酸化変質物のある油を10℃で24時間保管し、その試料油を各20ccに小分けして、毎分2℃で昇温するように加熱した。第一のシリーズの試験は油温が30℃、50度、75℃に到達すると、すぐに0.8ミクロンのメンブラン・フィルタで溶剤で希釈することなくろ過した。もう1つのシリーズの試験は、油温が30度、50℃、75℃に到達すると、その温度に1時間保温してから、溶剤で希釈せずに0.8ミクロンのメンブラン・フィルタでろ過したものである。この試験で、油の酸化変質物は、油温が高くなれば油に溶けやすくなり、同じ温度でも長時間暖めると溶けやすくなることが確認できた。

この実験結果を基に考察すると、油圧システムが長時間停止して油の温度が低くなると、フィルタに付着している高分子化した油の酸化変質物が固化し、他の汚染物をしっかりとフィルタに固着させてしまう。そのため月曜日の朝に油圧システムを起動しようとしたとき、油圧システムがすぐに立ち上がれない。油圧シ



第4図 油の酸化変質物が糊となって目詰まりしたフィルタのメッシュ



第5図 油の酸化変質物の温度による溶解度の変化

ステムが通常の動きをするまでには、かなりの時間の暖機運転が必要になる。企業はそれまで暖機運転をして待つ訳にはいかないので、機械によってはコンピュータの設定時間を長くして、製造を始めるのが普通であ

る。そのためいろいろな問題が起こっている。後日このような設定の問題を詳しく検討するつもりである。

油が冷えなくてもこのような現象が起こる。北欧で経験したことであるが、週末に機械を停止している間、油をヒーターで加熱していたにもかかわらず月曜病が起こった。目詰まりしたフィルタを油が流れると、フィルタには一定の流路が確保されている。このような油圧システムが停止して、フィルタに油が流れなくなると、近接している高分子化した油の酸化変質物の分子同士が分子間力で引っ張り合い、遠慮なくフィルタの目を塞いでしまう。そのため、月曜日の朝に油圧システムを起動させようとしても、フィルタの目が通るようになるまで、暖機運転をしなければならない。もう1つ付け加えると、油槽の油を加熱していても、配管やライン・フィルタの中の温度は油槽の油温より低くなっていた。もしフィルタが目詰まりしていなかったり、フィルタがなければ、このような現象は起こらない。

4. 油圧回路上にフィルタを組み込むことの問題

一連のぶらぶらトークは、筆者の経験と研究を通してみた問題を率直に書くことを目的としているのだから、単刀直入に言うと、「油圧回路上のフィルタに汚染物をくっつけて入れて置くのは、家庭の台所から出たゴミをビニール袋に入れて台所に積んで置くようなもの」であり、もし家庭の奥様がこのような不衛生なことをしておれば、家庭に病人が出るだろう。油圧

システムの立場から考えても不衛生この上もない。お金を稼ぐ油圧システムが病気にかかるような状態に置くのは感心できない。機械の設計者はもっと高度な分野の専門家であって、ゴミのようなくだらないものの専門家ではないので、他に方法がなく仕方なしにやっておられることと思うが、それにしても油圧回路上にフィルタを取り付けるのは、本当の意味で「高価でお金を稼ぐ」油圧システムを守るとは言えない。その意味で、最近バイパス浄油が広まっているのは歓迎できる。

「家庭の主婦が愛する家族が病気にならないように家庭を清潔に保つように、我々も愛情を持ってお金を稼ぐ機械が病気にならないようにしたいものです。」

<参考文献>

- (1) Lee, R.D., "Statical Investigation of Hydraulic Systems", BHRA Research Report RR 1208, BHRA, Sept. 1973.
- (2) Spencer, J.B. & Balmer, C, "Effective Contamination Control in Fluid Power Systems", Sperry & Vickers, 1977.
- (3) Fitch, E.C., "Fluid Contamination Control", F.E.S.Inc. siltwater, OK 1988, p.148.
- (4) Sasaki, A., et al, "A Study of Hydraulic Valve Problems", Lub. Eng.45, 3, (1989), pp.140-146.

筆者連絡先

佐々木 徹

(株)クリーンテック工業 常務取締役

〒140 東京都品川区東大井2-7-7 品川テクノビル4F

TEL:(03)3740-4141 FAX:(03)3740-4966
