پاکسازی و فلاشینگ در سیستمهای هیدرولیک و روانکاری

چکیده:

با علم به این موضوع که بیش از ۷۰% تخریب و از کارافتادگی ماشینهای هیدرولیک و روانکار به علت حضور انواع آلودگی در سیال هیدرولیک و روغن روانکار می باشد، اهمیت بحث فلاشینگ در مباحث نگهداری و مراقبت از ماشین آلات آشکار می شود.

در فرایند فلاشینگ، سیال فلاش تحت سرعت و دمای بالا تا حصول عدد رینولدز مشخص به جریان درآمده و طی این حرکت متلاطم، انواع آلودگیهایی که در اثر وجود جریان آرام بر روی سطوح و قطعات سیستم ته نشین شده اند، از آن جدا شده و وارد سیال می گردند. سیال فلاش مرتبا توسط فیلتر، تمیز شده و بدین ترتیب آلودگیها از سیستم خارج می شوند.

فلاشینگ در دو حالت قابل انجام است، در مرحله راه اندازی سیستم رو انکاری و به خصوص هیدرولیک، هجوم آلودگیهای حاصل از ساخت و مونتاژ به داخل سیال هیدرولیک باید کنترل شود. پس از راه اندازی سیستم و قرار گرفتن در سرویس نیز در هر مرحله تعمیرات و تعویض قطعات، سیستم مورد هجوم آلودگی قرار گرفته و در این زمان نیز فلاشینگ سیستم توصیه می شود. علاوه بر این رسوبات و سایر آلودگیها در جداره لوله ها، کف مخزن و سایر قطعات نه نشین و می چسبند که این الودگیها پس از تعویض روغن قدیمی وارد روغن جدید می شوند. بنابراین برای پاک کردن سیستم از آلودگیهای مذکور بهتر است هر چند وقت، سیستم را فلاشینگ نمود.

مقدمه

امروزه یکی از مهمترین موارد در بحث نگهداری ماشین آلات، کنترل آلودگی روغنهای هیدرولیک و روانکار می باشد.

لذا با توجه به اهمیت بحث کنترل آلودگی در سیالات هیدرولیک و روغنهای روانکار، در طی سالهای گذشته، روش و تکنیک های مختلفی جهت فلاشینگ این سیستم های توسط استانداردهای بین المللی و سازندگان ماشین آلات ارائه گردیده است.

فلاشینگ یک فرایند گردش سیال است که در طی آن انواع آلودگی موجود در سیستم وارد سیال شده و توسط یک وسیله مانند فیلتر از سیال جدا می شوند.

برای فلاشینگ روشهای مختلفی وجود دارد که ممکن است بر اساس مشخصات فردی هر سیستم طراحی و تعریف شده باشد. معمولاً فرایندهای فلاشینگ زمانبر می باشند. و به طور معمول ۱/۳ زمان مورد نیاز مربوط به خود فلاشینگ می باشند. ۲/۳ بقیه مربوط به زمانهای حمل و نقل تجهیزات فلاشینگ، جداکردن اجزاء حساس،

Novin Ehya

قرار دادن خطوط بای پاس، اتصال شیلنگهای فلاشینگ، پیش تمیز نمودن سیال فلاش، پر و تخلیه کردن سیستم و گرم کردن سیال و پایپینگ می باشد.
در این مقاله به بررسی انواع روشها و مراحل تمیز نمودن و فلاشینگ سیستم و نحوه انجام عملیات فلاشینگ پرداخته شده است.

چه چیزهایی در فلاشینگ جدا می شوند؟

همه مواد آلاینده که به سیستم و سطوح چسبیده و یا در داخل آن وجود دارد و برای روغن روانکار یا سطوح حساس و قطعات سیستم مضر باشد، باید توسط فلاشینگ جداسازی گردد. این مواد تشکیل شده اند از کلیه آلودگیهایی که در داخل سیستم تولید می شود و یا از طریق منابع خارجی به داخل سیستم راه پیدا می کنند و عبارتند از:

* ذرات جامد نظیر ذرات زنگ، ذرات فلزی حاصل از سایش و براده های ماشین کاری و جوشکاری وذرات گرد و غبار با پایه سیلیکا، ذرات پلاستیکی و لاستیکی ناشی از تخریب آببندی ها
* رطوبت و آب
* کربن، وارنیش، مواد شیمیایی، لجن و رسوباتی که ممکن است در ته مخازن، لوله ها و سایر قطعات ته نشین شده و یا به آنها بچسبند.

این نمونه ها ازیک سیستم هیدرولیک در دریای شمال اخذ گردیده اند. این سیستم دارای تاریخچه طولانی تخریب قطعات بوده است. نمونه بالایی از داخل مخزن بعد از گذشت ۱۵ سال از آخرین پاکسازی گرفته شده است. نمونه پایینی مربوط به زمان پس از فلاشینگ می باشد.پس از گذشت دو سال از فلاشیتگ، هیچگونه تخریبی گزارش نشده است.

چه زمانی یک سیستم فلاش می شود؟

✓ **مرحله راه اندازی سیستمThe fabrication stage**

Novin Ehya

در یک ماشین نو و فابریک یا یک ماشین بازسازی شده، سیال داخل سیستم ممکن است به سبب آلودگی قطعات اسمبل شده، ذرات حاصل از جوشکاری و ماشین کاری، گرد و خاک و سایر ذرات محیطی، آلوده گردد. سیستم نو بسیار آلوده است و عدم توجه به فلاشینگ، ممکن است خسارات زیادی را به همراه داشته باشد.

- ✓ **برای سیستم در حال کار For System in service**

۱-پاک سازی بعد از شکستBreak down، تعمیرRepair یا نگهداری بر اساس زمانTime base maintenance

a. در سیستم هایی با طراحی مناسب، آلودگیهای ناشی از تخریب پمپ و موتور به وسیله فیلترهای In-line محدود می گردند. در این موارد باید مخزن، لوله ها و اجزاء شامل نواحی آلودگی فلاش گردند.

b. در غالب موارد، آلودگی های ناشی از تخریب به درون سیستم راه پیدا می کنند. اگرچه ممکن است قسمتی از آلودگی به وسیله فیلتر کنار گذر جریان برگشت جدا شود و قسمتی در داخل مخزن ته نشین شود ولی کل سیستم باید فلاش شود.

c. در نگهداری time-based ، به حداقل رساندن مقدار آلودگی ورودی به سیستم حائز اهمیت می باشد. لذا استفاده از پوششهای مناسب تا زمانیکه سیستم اسمبل و آببندی شود، توصیه می شود. برای تعویض جزء کامل (مثل یاتاقان ها یا پمپها)، سیستم می تواند بدون نیاز به فلاشینگ کامل استارت شود. لازم است که سیستم بدون بار (فشار) راه اندازی شود تا سطح آلودگی به حدود مجاز آن برسد.

۲- فلاشینگ بعد از اعمال اصلاح و تغییرات در سیستم یا به روز کردن آن

در این حالت از همان روشهای سیستم فابریک می توان بهره جست

۳- فلاشینگ proactive (بر اساس CM)

سرعت پایین سیال در سیستمهای هیدرولیک و روانکاری اجازه می دهد آلودگی در ته لوله ها و مخازن ته نشین شود. .این لایه های ته نشین شده آلودگی می تواند سبب شکست یا تخریب گردد. کمبود فیلتراسیون به این موضوع دامن می زند. به عنوان مثال در هاوسینگ گیربکسها و یاتاقانهایی که فاقد فیلتراسیون می باشند، توصیه می شود هرچند وقت یکبار فلاشینگ انجام شود. آب، لجن، زنگ، وارنیش و رسوبات باید در فلاشینگ دوره ای جدا شوند. چراکه حضور فقط ۱۰% از روغن قدیمی آلوده در سیستم برای تخریب روغن نو و ادتیوهای آن کفایت می کند. به خصوص در مواقعی که باز کردن اتصالات تخلیه کار مشکلی است، خروج آلودگیهای ته نشین شده فقط از طریق فلاشینگ قابل انجام است.

در بعضی مواقع تمیز کردن دوره ای سیستم مثل فلاشینگ proactive بسیار موثر و اقتصادی تر از به کارگیری روشهای پر هزینه به روز کردن و اعمال اصلاحات در سیستم است.

مراحل اصلی فلاشینگ

در شکل انواع روشهای تمیز نمودن و فلاشینگ قابل بررسی است. همانگونه که ملاحظه می شود تمیز نمودن سیستم در چهار مرحله قابل انجام است

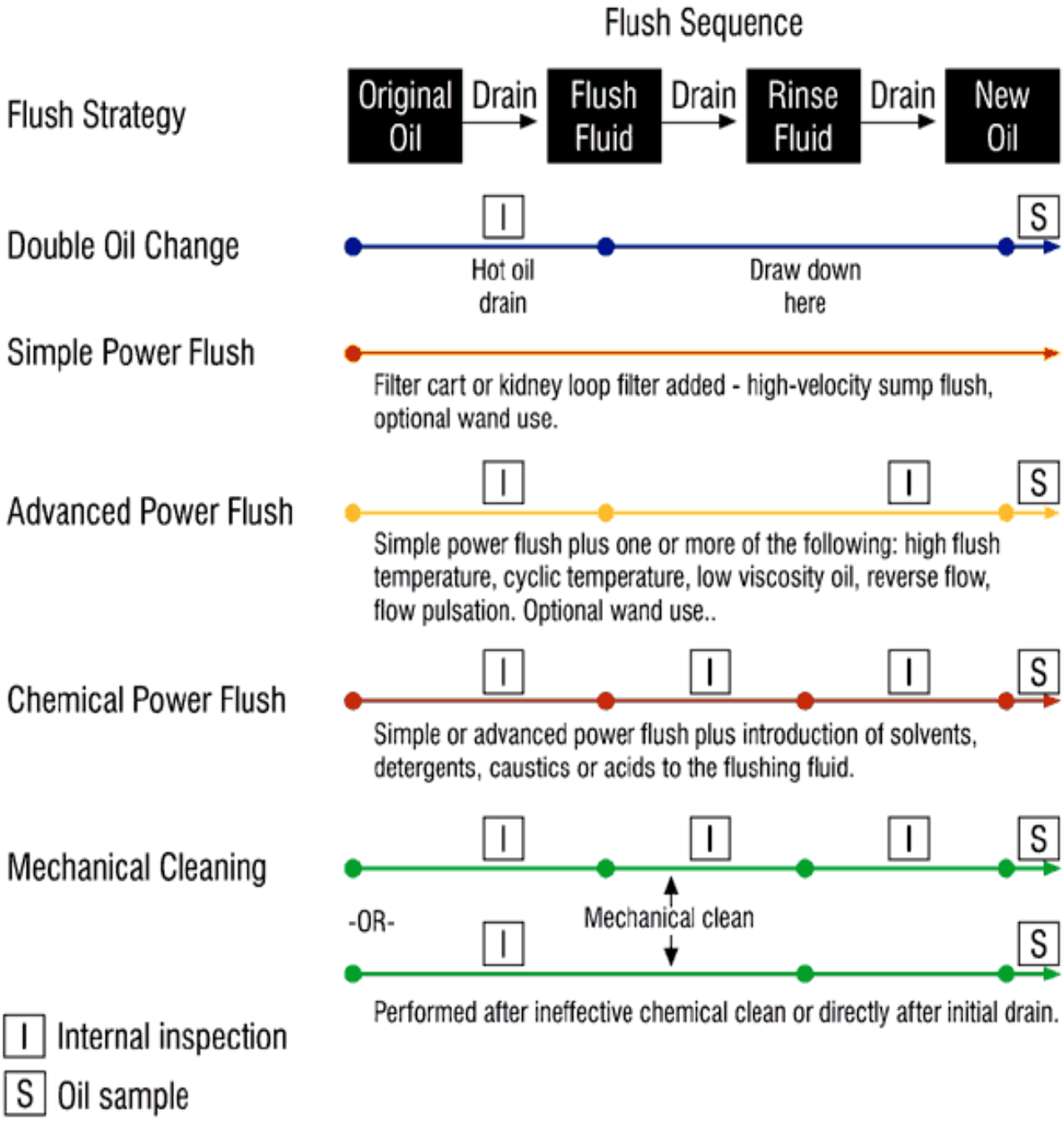
تخلیه روغن اصلی

پر نمودن و تخلیه سیال فلاش

پر نمودن و تخلیه سیال شستشو

Novin Ehya

پر نمودن روغن نو



روغن اصلی Original Oil : روغن قدیمی است که در دستگاه در حال کار کرد می باشد، زمانیکه عملیات فلاشینگ آغاز می شود.

سیال فلاش Flush Fluid : سیالی که جهت فرایند اصلی فلاشینگ در نظر گرفته می شود. این سیال ممکن است یک روغن، یک ماده شیمیایی مثل اسید، باز، دترجنت، حلال و یا ترکیب اینها باشد.

سیال شستشو Rinse Fluid : سیال شستشو جهت شستشو در پاکسازی سیستم از سیال فلاش استفاده می شود. سیال شستشو از نظر خواص به روغن اصلی سیستم نزدیک می باشد (شاید با ویسکوزیته پایین تر)

روغن نو New Oil : روغن نهایی و تمیز قابل شارژ به سیستم جهت راه اندازی آن می باشد .

Novin Ehya

انواع روشهای شستشو و تمیز کردن سیستم

بسته به شرایط داخلی ماشین و نوع آلودگیها، سطح و روش فلاشینگ قابل تعیین است. همانگونه که در شکل واضح است فلاشینگ به سه صورت قابل انجام است. ولی کلیه متدهای تمیزسازی عبارتند از :

recirculation Cleaning یا Double oil change

این روش، ساده ترین روش تمیز کردن سیستم است. زمانیکه سیستم به طور جدی دچار آلودگی حاد و مضر نشده باشد، بهترین روش، تعویض روغن می باشد. در ابتدا ذرات درشت با تخلیه روغن قدیمی از سیستم خارج می شوند. این تخلیه باید زمانی که روغن گرم است صورت پذیرد تا ذرات به صورت سوسپانسیون در داخل روغن باقی مانده و ته نشین نشوند. سپس سیستم از روغن نو شارژ می شود. روغن نو با عبور از یک فیلتر فاین تا رسیدن به درجه حرارت عملیاتی سیرکوله می شود.حداقل زمان تداوم این عمل باید ٤ ساعت باشد. سپس از روغن نمونه گیری شده و آنالیزهای لازم بر روی آن صورت می گیرد. در صورت پاس نمودن خواص مورد نیاز، می توان سیستم را استارت نمود. در غیر این صورت باید جهت تخلیه روغن و شارژ روغن جدید اقدام نمود.

Simple Power Flush

پاور فلاش با استفاده از سیستمهای فیلتراسیون که قادر به تامین سرعت بالا در سیال می باشند انجام می گیرد. پاور فلاش در درجه حرارت بالا و با سیال داغ انجام می شود.در بعضی موارد ممکن است از یک ابزار وند (wand tool) استفاده شود. این ابزار به شیلنگ خروجی متصل می شودو سیال تحت فشار بالا از آن خارج می شود. با برخورد شدید سیال به کف مخازن و دیواره ها، انواع آلودگیهای چسبیده به سطوح ، کنده شده و وارد سیال می شوند. از وند برای فلاشینگ مخازن و هاوسینگها استفاده می شود.

در پاور فلاش ساده نیازی به تعوض سیال و استفاده از سیال فلاش نمی باشد.

Advanced Power Flush

پاور فلاش پیشرفته از لحاظ مکانیزم شبیه پاور فلاش ساده است با این تفاوت که دارای یک یا چند مرحله بیشتر می باشد در واقع در این نوع فلاشینگ، سیال اصلی تحت درجه حرارت عملیاتی تخلیه و سیستم از سیال

فلاش پر می شود. در بیشتر موارد این روش پاسخگو بوده و نیازی به استفاده از تکنولوزی فلاشینگ شیمیایی که دارای ریسک بالایی است، نمی باشد.

advanced Power Flush

مواد شیمیایی خارجی مانند حلالهاsolvent،پاک کننده هاdetergent، قلیاهاcaustic و اسیدهاacid به عنوان سیال فلاش مورد استفاده قرار می گیرند. معمولا بعد از شستشوی شیمیایی، یک مرحله فلاشینگ با روغن داغ نیز انجام می شود. در استفاده از این مواد باید بسیار دقت نمود چرا که ممکن است برای سیستم تولید اشکال نمایند. به عنوان مثال، ممکن است پوششهای محافظ داخلی را حل نمایند یا بر الاستومرهایی که برای آببندی استفاده می شوند، تاثیر گذارند. همچنین ممکن است چسبهای موجود در ساختار فیلتر المنتها را نرم کرده و کارایی فیلتر را کاهش دهند. باقی ماندن این مواد در داخل سیستم و اختلاط آنها با روغنی که بعد از فلاش وارد سیستم می شود، باعث تخریب روغن و ادتیوهای آن می شود و نهایتا اینکه ممکن است این مواد جذب ساختار دانه ای سطوح ماشین شوند و بعدا مانع از فعالیت ادتیوهای فعال سطحی مانند بازدارنده های زنگ زدگی rust inhibitor و عوامل ضد سایشantiwear شوند.

ولی با اینهمه، ممکن است در بعضی اوقات پاور فلاش شیمیایی تنها راه موثر باشد. در این صورت باید حتما از متدهای خاص و صحیح استفاده نمود. تستهای آزمایشگاهی و استفاده از تحقیقات پیشرفته و بهره گیری از نیروهای متخصص توصیه می شود.

Mechanical Cleaning

استفاده از روشهای مکانیکی در تمیز کردن لوله های استیل جوشکاری شده می تواند مفید باشد. در این روش از قطعات پلاستیکی استفاده می شود. این قطعات به شکل کره یا استوانه های خراشنده بوده و تحت فشار روغن از خطوط و لوله عبور کرده و دیواره لوله ها را تمیز می کند.

عوامل موثر بر فلاشینگ

خواص سیال فلاش Fluid properties

تلاطم سیالFluid turbulence

دماTemperature

فشارPressure

- ✓ خواص سیال فلاش Fluid properties

مهمترین عوامل در انتخاب سیال فلاش، توانایی جداسازی ذرات، آب، هوا و مواد شیمیایی می باشد.اغلب شرکتهای سازنده روغن امکان تولید سیالات ویژه فلاش (شامل روغن با خواص مقاومت در برابر زنگ زدگی Rust inhibitor با قدرت پاک کنندگی و حلالیت بالا Solvency power) را دارا می باشند.

Novin Ehya

باید دقت نمود در صورت وجود روغنهای محافظ ناسازگار با روغن اصلی بر روی سطوح ماشین، لازم است از عوامل چربی زداdegreasing agent استفاده شود. برای این منظور کافی است ۵ تا ۱۰ درصد از این مواد به سیال فلاش افزوده شود.

خواص مورد نیاز سیالات فلاش عبارتند از:

سازگاری با اجزاء سیستم و سیال روانکاریا روغن اصلی

عدم ایجاد خوردگی در اجزاء ماشین

ویسکوزیته پایین (کمتر از ویسکوزیته روغن اصلی در شرایط کارکرد معمول)

دانسیته بالا جهت نگه داشتن ذرات به صورت سوسپانسیون

کشش سطحی پایین جهت حذف هوا

پاک کنندگی بالا

خاصیت هیدروسکوپی برای جداسازی آب

غیر قابل اشتعال

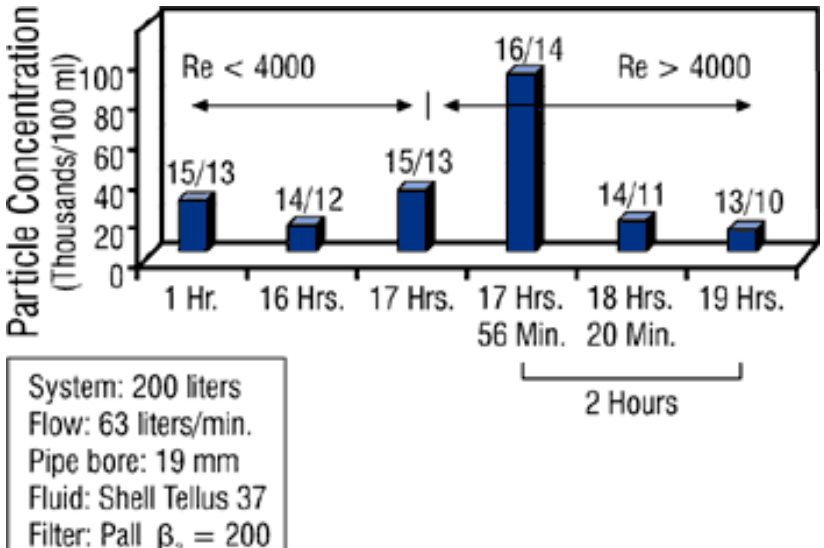
اقتصادی

قابل بازیافت

- ✓ تلاطم سیالFluid turbulence

جداسازی کامل ذرات و آلاینده ها در فرایند فلاشینگ بستگی به نیروی کشش و ضخامت لایه مرزی آرام دارد. برای جدا شدن ذرات چسبیده به سطوح، جریان باید متلاطم باشد. عدد رینولدز تعیین کننده شدت تلاطم سیال است. به طور کلی عدد رینولدز بزرگتر ۴۰۰۰ نشاندهنده حضور جریان متلاطم است. چنانچه این عدد کمتر از ۲۰۰۰ باشد، جریان به صورت کاملا آرام برقرار است. سیستمهای هیدرولیک برای شرایط جریان آرام طراحی میشوند. در یک گیربکس یا یاتاقان با سیستم مرکزی گردش روغن، تلاطم باید برقرار گردد. در سیستمها و هاوسینگهای جداگانه، تلاطم جریان به حرکت آلودگیها کمک می کند.

همانگونه که در شکل واضح است، وجود جریان آرام در ۱۷ ساعت اول باعث باقی ماندن ذرات در دیواره لوله ها گردیده چرا که بعد از برقراری جریان متلاطم، به یکباره مقدار آلودگی افزایش یافته است. پس از آن با ادامه فرایند فلاشینگ و فیلتراسیون، سطح آلودگی در مدت دو ساعت مجدد کاهش یافته است.



$Re=\rho ud/\mu$

از آنجاییکه رینولدز تابع دانسیته سیال، سرعت سیال و ویسکوزیته می باشد، در طراحی فرایند باید این عوامل لحاظ شود.
با ثابت در نظر گرفتن ρ و تبدیل سرعت به شدت جریان می توان به یک رابطه کاربردی جهت تعیین عرر رینولدز در سیستمهای هیدرولیک و روانکاری دست یافت:

Re=3160*GPM/cS*D
GPM=شدت جریان فلاشینگ بر حسب گالن بر دقیقه
cS=ویسکوزیته سیال فلاش بر حسب سانتی استوک در ۴۰ درجه سانتیگراد
D=قطر داخلی لوله بر حسب اینچ

ویسکوزیته سیال معمولا بین ۱۰ تا ۱۵ .cSt در 40°C انتخاب می شود

سرعت سیال نباید کمتر از 2-3 m/s باشد.

در سیستمهای هیدرولیک عدد رینولدز فلاشینگ باید حداقل ۱.۲ عدد رینولدز در شرایط کارکرد معمول سیستم باشد. اما همیشه از یک می نیمم ۴۰۰۰ تجاوز نکند.

Re flushing number= 1.2 *Re in service

به عنوان مثال اگر در یک سیستم هیدرلیک در شرایط کارکرد معمول، شدت جریان و قطر لوله عدد رینولدز ۳۴۰۰ را تامین نماید، رینولدز در حالت فلاشینگ نباید از ۴۰۸۰ کمتر باشد.
در سیستمهای روانکاری رعایت حداقل رینولدز ۴۰۰۰ کفایت میکند.

- ✓ دماTemperature

سردترین نقطه در حلقه فلاشینگ باید حداقل دمای 50°C را داشته باشد. برای این منظور می توان درجه حرارت را در 60°C تنظیم نمود.

Novin Ehya

- ✓ فشارPressure

در سیستمهای هیدرولیک در طی عملیات فلاشینگ می بایست فشار بین ۳ تا ۵ bar نگه داشته شود.

تجهیزات مورد نیاز فلاشینگ

تجهیزات اصلی مورد نیاز فرایند فلاشینگ عبارتند از: فیلتر، پمپ، هیترو مخزن

یک سیستم تخلیص خارج از خط روغن و قابل حمل با داشتن پمپی که توانایی تامین رینولدز و سرعت مورد نیاز فلاشینگ را داشته باشد می تواند بسیار مفید واقع گردد. فیلتر مورد استفاده جهت حذف ذرات باید دارای حداقل بازده و توانایی $\beta 3 \geq 200$ باشد.آب به روشهای مختلف نظیراستفاده از کوالسر، فیلترهای جذب آب و تقطیر در شرایط خلا قابل جداسازی می باشد که در حالت عادی فیلترهای جذب آب به راحتی جوابگوی این نیاز می باشند.

در شرایط آب و هوایی سرد استفاده از یک هیتر جهت افزایش دما در سیبستم فلاشینگ ضروری است.

اگر چه در فلاشینگ می توان از مخزن اصلی استفاده نمود ولی سیستم فلاشینگ باید دارای مخزن جداگانه باشد. چه در بعضی موارد نمی توان از مخزن اصلی به عنوان مخزن فلاشینگ استفاده نمودو یا برای زمانیکه حجم سیال فلاش بالا باشد.

یک خروجی و شیر نمونه گیری باید بر روی سیستم فلاشینگ تعبیه شود. نصب یک سیستم شمارنده ذرات داخل خط In line particle counter بر روی پورت نمونه گیری بهترین انتجاب است.در صورتیکه شمارنده ذرات در اختیار نباشد، می توان از روشهای دستی اپتیکال استفاده نمود. در غیر این صورت باید مرتبا نمونه ها به آزمایشگاه ارسال گردد.

فلنجهای مخصوص، چند راهیها و اتصالاتی که ممکن است جهت اسمبل کردن اجزا در حلقه فلاشینگ استفاده شود.

سطح تمیزی مورد نیاز در فلاشینگ

سطح تمیزی مورد نیاز سیال فلاش حداقل باید یک کد زیر سطح تمیزی مورد نیاز سیال عملیاتی قرار گیرد. به عنوان مثال چنانچه سطح تمیزی در عملیات عادی سیستمISO 15/13/11 باشد، در فرایند فلاشینگ باید حداقلISO 14/12/10 تامین شود.

نحوه انجام فلاشینگ

* روغن داخل دستگاه را در حالیکه گرم می باشد، تخلیه نمایید. چرا که در زمان گرم بودن روغن به علت افت ویسکوزیته ذرات به صورت معلق و سوسپانسیون در داخل روغن قرار گرفته و تخلیه می شوند

Novin Ehya

* پورت تخلیه مخزن را چک کنید. اگر پورت تخلیه در پایین ترین نقطه مخزن نباشد، ذرات سنگین، آب و امولسیون در ته مخزن تجمع می کنند که با فلاشینگ معمولی وارد سیال فلاش نمی شوند. لذا در این صورت حتما فلاشینگ مخزن را به صورت وند انجام دهید. بهتر است مخزن به صورت مجزا فلاش شود و در حلقه فلاشینگ قرار نگیرد.(در صورت استفاده از مخزن اصلی به عنوان مخزن فلاشینگ، بهتر است که ابتدا به صورت مجزا فلاش شود.)

* فیلتر المنتهای داخل خط را خارج نمایید. فلاشینگ هاوسینگهای فیلتر هم در حلقه فلاشینگ و هم به صورت مجزا امکانپذیر است. با این اجزا باید مانند مخازن رفتار شود.
* پمپها، عملگرها، یاتاقانها، دنده ها و سایر اجزایی که در آنها حرکت وجود دارد، باید به صورت جداگانه فلاش شوند.
* اجزاء حساس باید مسدود یا بای پاس شوند. مانند شیرهای حساس هیدرولیکی
* اگر لازم است سیستم به چند بخش تقسیم شود.
* سیستم فلاشینگ به حلقه یا حلقه های فلاشینگ متصل گردد.
* فرایند فلاشینگ تحت شرایط اعلام شده انجام شود. مرتبا سطح تمیزی سیال را چک کنید. پس از رسیدن به سطح تمیزی مورد نیاز اجازه دهید حداقل ۱۵ دقیقه سیرکولاسیون ادامه یابد.
* سیال فلاش را تخلیه کنید.
* اتصالات فلاش جدا شده و قطعات جدا شده از سیستم به آن متصل و اسمبل شود.
* هاوسینگهای فیلتر تخلیه و فیلتر المنت جدید نصب گردد.
* اگر از مواد شیمیاایی در سیال فلاش استفاده شده است، سیال شستشو به سیستم شارژ شده ، سیرکوله و فیلتر گردد.
* روغن نو به داخل سیستم شارژ شده و حداقل هفت ساعت قبل از شروع عملیات اصلی، سیرکوله و فیلتر گردد. در صورت مثبت بودن تستهای کیفی روی نمونه روغن، می توان سیستم را استارت نمود.

روشهای نگهداری بعد از فلاشینگ

۱- ممانعت از ورود آلودگیهای جدید به داخل سیستم
   - ✓ نصب فیلتر هواکش که قادر به جذب ذرات ریز و رطوبت از هوای ورودی به مخزن باشد
   - ✓ بازرسی و تعمیر آببندی سیستم

۲-استفاده از یک سیستم تخلیص(فیلتراسیون) مناسب که قابلیت حذف ذرا ت فاین و رطوبت را از روغن داشته باشد. توصیه می شود فیلترهای خارج خط off line در کنار مخازن نصب شده و فیلتراسیون پیوسته را بر روی روغن انجام دهد. چرا که فیلترهای داخل خط به تنهایی قادر به تامین سطح تمیزی مورد نیاز روغنهای هیدرولیک و روانکار نمی باشند.

مراجع

Novin Ehya

1. Tom Odden. "Cleaning and Flushing Basics for Hydraulic Systems and Similar Machines." - *Machinery Lubrication* magazine, July 2001. .
2. Jim Fitch. "When to Perform a Flush." *Machinery Lubrication* magazine, May 2004.
3. Jim Fitch. "Navigating the Maze of Flushing Tactics." *Machinery Lubrication* magazine, July 2004.
4. Jim Fitch. "Flushing Strategy Rationalization." *Machinery Lubrication* magazine, September 2004.
5. Jim Fitch. "Flushing and the Voice Within Your Oil." *Machinery Lubrication* magazine, November 2004Top of FormBottom of Form
6. Mike Johnson, Noria Corporation, "How to Flush Gearboxes and Bearing Housings". *Machinery Lubrication* Magazine. March 2006

Novin Ehya