

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Небојша М. Катанић

**Превентивно одржавање и могућност његове примене на
реалном техничком систему**

завршни рад

Крагујевац, 2014.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Индустријски инжењеринг

Предмет: Инжењеринг одржавања

Број индекса: 6/2011

Небојша М. Катанић

Превентивно одржавање и могућност његове примене на
реалном техничком систему

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

- Проф. Др Петар Тодоровић
- _____
- _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да сагледа и опише теоријске основе процеса одржавања, са посебним акцентом на превентивно одржавање. Након теоријских разматрања, кандидат треба да опише начин примене превентивног модела одржавања на реалном техничком систему, као и да на основу практичких запажања, предложи могућа побољшања.

Препоручена литература:

[1] Тодоровић П., Јеремић Б., Мачужић И., Техничка дијагностика, Универзитет у Крагујевцу, 2009

[2] Адамовић Ж., Јевтић М., Превентивно одржавање у машинству, Грађевинска књига, Београд, 1988

Крагујевац,

ментор:

др Петар Тодоровић, ванредни проф.

Резиме рада: У овом раду су изложене теоретске основе и дата примена основних активности превентивног одржавања на реалном техничком систему - четворовретеној машини за дубоко бушење. Циљ рада је упознавање са превентивним одржавањем и његовим значајем за повишени ниво ефективности техничких система у индустрији. Дат је опис компаније која примењује превентивно планско одржавање, детаљно појашњен принцип рада датог техничког система, као и њен план превентивног одржавања на овај систем. Размотрено је који су то критични откази датог техничког система, узети у обзир трошкови примене, као и важност имплементације овог одржавања. Предложено је увођење превентивног одржавања према стању на поменути систем и указано на значај примене најзаступљенијих метода техничке дијагностике у оквиру истог.

Кључне речи: четворовретена машина, превентивно одржавање, откази, трошкови...

Abstract: This paper presents the theory and application of basic data for preventive maintenance activities on a real technical system – four-spindle machine for deep drilling. The aim of the paper is to introduce preventative maintenance and its significance for an increased level of effectiveness of technical systems in the industry. The description of the implementing company planned preventative maintenance, clarified in detail the working principle of a given technical system, as well as its plan for preventive maintenance on the system. It was considered that these are critical failures of a given technical system, take into account the costs of implementation, and the importance of implementation of this maintenance. It was suggested that the introduction of preventive maintenance according to the situation of the said system and stresses the importance of the application of the most common methods of technical diagnostics in the same.

Keywords: four-spindle machine, preventive maintenance, failures, costs ...

Садржај:

1. Увод.....	6
2. Планирање технологије одржавања.....	9
2.1. Поступци технологије превентивног одржавања.....	9
2.1.1. Планови превентивних периодичних оправки.....	12
3. Важност имплементације превентивног одржавања.....	14
4. Примена превентивног одржавања на реалном техничком систему.....	17
4.1. Предлог унапређења одржавања у погону за израду цеви (калибра од 5,56mm до 12,7mm) компаније „Застава оружје“	28
5. Закључак.....	39
6. Литература.....	40

1. Увод

Одржавање средстава за рад посматрано као надгледање животног века система, односно уређаја, има примарни значај у свим компанијама. Оно директно утиче на све факторе производње, а самим тим и на продуктивност и на постизање добрих пословних резултата. Одржавање и ремонт захтева рационалну организацију и добру опремљеност средствима и кадровима. Организација одржавања мора бити превентивна, корективна и редовна, правовремено се треба спроводити да би се постојећа производња несметано одвијала, а опрема поуздано обављала своју функцију [1].

Одржавање средстава за рад у производном стању као и спречавање и отклањање отказа основни су задаци службе одржавања. Служба одржавања као радна јединица у оквиру предузећа побољшава средства за рад или мења њихову функцију, израђује нова радна средства и брине се о снабдевању електричном енергијом и другим енергентима (водом, паром, пливима итд.). Основни циљ службе одржавања је остварење максималне расположивости, сигурности функционисања опреме уз настојање да се, при томе, остваре што мањи трошкови одржавања. У основне активности службе одржавања спадају:

- поправке изненадних кварова,
- превентивни прегледи, чишћење и подмазивање,
- проналажење и отклањање слабих места,
- контролни прегледи,
- планске поправке (мале, средње и велике) [2].

Техничко одржавање система као један од задатака службе одржавања обухвата све мере које улазе како у подручје произвођача система, тако и корисника машине. Циљ овог одржавања је да технички системи буду што дуже у исправном стању, да у животном циклусу раде са дозвољеним нивоом поузданости, продуктивности и економичности, а самим тим повећава се ниво ефикасности пословања предузећа [3].

Дијагностика представља важан саставни део техничког одржавања, пошто омогућује да се без демонтаже одреди стање техничког система и предвиди ресурс његовог сигурног рада. Појам дијагностика (дијагноза) јавио се најпре у медицинским наукама где има широко значење. Потиче од грчке речи „*диагносис*“, која означава оцењивање и препознавање. Под овим појмом подразумевају се све активности које се спроводе у циљу оцене тренутног техничког стања система, у циљу предузимања планираних активности одржавања или прогнозе техничког стања система у будућности [4].

Неке од најзаступљенијих метода техничке дијагностике данас су:

- контрола вибрација и буке (нивои вибрација, ударни импулси и др.);
- контрола термичког стања (мерење температуре);

- анализа продуката хабања у уљу за подмазивање;

Поред поменутих користе се и стандардне контроле (броја обртаја, притиска, протока, обртног момента, снаге, влажности, времена и др.).

Техничка дијагностика као саставни део процеса одржавања према стању има за задатак да утврди техничко стање саставног дела система са одређеном тачношћу у одређеном тренутку времена, из чега произилази да је то наука која се бави препознавањем техничког стања система [5].

Како не би дошло до отказа неког производног система примењује се превентивно одржавање (одржавање пре отказа). Превентивно одржавање подразумева неки поступак којим се обнавља саставни део и/или систем. Након превентивне активности одржавања техничко-експлоатационе карактеристике саставних делова и/или система су доведене у границе које се траже од новог техничког система.

Превентивним активностима одржавања се врши замена (обнављање) неисправног саставног дела система (дотрајалог) идентичним исправним (новим или раније поправљеним), у циљу благовременог спречавања појаве отказа [4].

Постоје две методе превентивног одржавања:

- превентивно планско и
- превентивно одржавање према стању

Превентивно планско одржавање представља одржавање које се обавља на опреми према унапред дефинисаном календарском времену. То значи да је време „окидач“ за овај тип одржавања. План одржавања који се саставља за део опреме треба редовно извршавати. Планови одржавања се изводе када је то распоредом предвиђено.

Превентивно одржавање према стању представља стратегију одржавања која на основу стварног стања техничког система одлучује како и које одржавање треба спровести. Ово одржавање треба применити када одређени параметри техничког система показују знаке смањених перформанси или предстојећи отказ. Провера машина са оваквим стањем укључује визуелну инспекцију, податке о перформансама, планиране тестове, итд. Циљ превентивног одржавања према стању је да уочити предстојећи кварове на опреми тако да одржавање може да се проактивно испланира када је то потребно - и не пре. Ова стратегија одржавања је ефикасна и изискује мање трошкове одржавања и трошкове животног века [6].

Први део завршног рада се односи на уводна разматрања о одржавању средстава за рад/ техничких система, службу одржавања и техничку дијагностику - њеној важности за откривање тренутног стања одређеног техничког система и њене најзаступљеније методе.

У другом делу рада биће теоријски појашњено планирање технологије одржавања и планови превентивних периодичних оправки, наведени основни поступци технологије

превентивног одржавања. Теоријски део у овој глави односи се на савремене компаније и не примењује се сасвим у пракси, што је случај са компанијом „Застава оружје“ на коју се делимично односи овај текст.

Трећи део рада указује на важност имплементације и теоријски појашњава трошкове превентивног одржавања, а у четвртом делу објашњена је примена превентивног одржавања на реалном техничком систему - четворовретеној машини за дубоко бушење и предложено је увођење превентивног одржавања према стању на поменути систем.

У петом делу дата су закључна разматрања, а у шестом делу дат је преглед литературе која је коришћена у овом раду.

2. Планирање технологије одржавања

Планирање је нераздвојиви део механизма управљања неким послом. Оно наступа по дефиницији циља тог посла. У оквиру управљања још постоји контрола извођења, уз евентуално покретање акција и на крају анализа начина рада како би се извукле поуке.

Често се мисли да је планирање технологије одржавања производ надахнућа, а у ствари то је упоран методолошки рад и као такво реализује се корак по корак.

Најосновније правило планирања технологије гласи: СВЕ МОРА БИТИ МЕРЉИВО И МЕРЕНО. На бази овог приступа дефинишу се АКТИВНОСТ, КОНТРОЛНЕ ТАЧКЕ И АКЦИЈЕ- превентивне и корективне [3].

2.1. Поступци технологије превентивног одржавања

Могући поступци технологије одржавања могу бити све оне активности које треба спровести да би се технички систем одржао у радно способном стању на захтеваном нивоу експлоатационе поузданости, готовости и погодности одржавања.

У основне поступке одржавања спада:

- **Основно одржавање од стране руковаоца**

Оно обухвата све оне поступке које по правилу обавља (у највећем обиму) сам руковалац техничког система, односно поступке који могу да се обаве на лицу места, приликом преузимања техничког система (примопредаје смене) од стране претходног руковаоца, или у току смене (коришћења), без неких посебних уређаја и алата. У ове поступке спада:

- 1) дијагноза основних саставних делова система, визуелно или помоћу једноставних елемената ;
- 2) чишћење и прање;
- 3) замена и доливање горива, мазива и других течности;
- 4) притезање олабављених спојева;
- 5) надзор рада постројења коришћењем расположивих инструмената уграђених у контролну таблу;
- 6) антикорозиона заштита;
- 7) примопредаја техничких система.

- **Превентивни периодични прегледи**

То су поступци превентивног одржавања чија је намена да се правовремено уочи настајање оштећења и неисправности саставних делова система без посебних инструмената. Ови прегледи се изводе у читавом животном циклусу система. Циљ им је одређивање нивоа функционалности, физичке истрошености и оштећења ради правовременог спречавања отказа. Превентивни периодични прегледи обично обухватају:

- 1) преглед техничког стања саставних делова система;
- 2) преглед функционалности;
- 3) чишћење и прање

- **Контролни прегледи регулисани прописом или законом**

Њих врше обучени стручњаци из одржавања, стручњаци из других служби унутар предузећа (из техничке контроле) или стручњаци изван предузећа из специјализованих институција (нпр. институције заштите на раду, инспекцијске службе општине и републике). Циљ контролних прегледа је утврђивање способности техничког система за одређену производњу и утврђивање сигурности за околину. Ови прегледи се могу користити за:

- 1) испитивање судова под притиском;
- 2) противексплозивних уређаја;
- 3) испитивање дизалица и лифтова;
- 4) релејне заштите итд.

- **Подмазивање**

То је поступак којим се смањује трење и трошење материјала увођењем мазива између површина у релативном кретању. Обухвата активности:

- 1) чишћење – испирање клизних (мазајућих) површина разводне инсталације мазива, агрегата за дотур мазива (пумпе, филтери);
- 2) проверавање стања мазива;
- 3) доливање мазива;
- 4) замена мазива, и
- 5) регенерација истрошеног уља.

- **Техничка дијагностика**

Она као саставни део одржавања према стању треба да утврди техничко стање саставног дела система са одређеном тачношћу у одређеном тренутку времена. Дијагностиком се врши:

- 1) провера исправности;
- 2) провера радне способности;
- 3) провера функционалности, и
- 4) истраживање отказа (место, облик и узрок отказа).

- **Превентивне замене саставних делова техничког система** се изводе у циљу задржавања експлоатационе поузданости система на потребном нивоу, односно када треба непосредно мењати вероватноћу појаве отказа. Замена се могу вршити:

- 1) у унапред дефинисаним временским роковима;
- 2) према специјалној намени;
- 3) према дефинисаној старости саставних делова система;
- 4) према техничком стању саставног дела система, и
- 5) када се укаже најповољнија прилика (у времену застоја система).

- **Тражење и отклањање слабих места на техничким системима** као посебна превентивна активност одржавања се заснива на праћењу отказа, застоја и трошкова самог техничког система. Често се слабо место на системима не може препознати, јер се отказ уклони, а слабо место остаје и може поново изненадити. Неки основни узроци појаве слабих места су:

- 1) слабо конструкционо решење и слаба израда техничког система;
- 2) неодговарајуће руковање или одржавање;
- 3) технолошки процес рада није одговарајући (режим рада није добар, слаб материјал и сл.), и
- 4) утицај услова околине (влага, температура, механички удари).

- **Поправљање и обнављање истрошених делова** имају за циљ да врате својства употребљивости, односно пројектовани ниво поузданости једног саставног дела система који је постао погонски неупотребљив. Поправљање представља оспособљавање делова за даљу употребу, када је на њима дошло до ломова, напрснућа раздвајања нераставивих веза и сл.

- **Генералне превентивне периодичне оправке** обухватају оправку или замену саставних делова система који имају најдужи радни век. Овом интервенцијом се обнавља (враћа) изгубљена радна способност система на нормалан ниво, који је систем имао када је био нов. Код генералне превентивне оправке врши се тотална демонтажа техничког система до нивоа елементарних делова.
- **Превентивне периодичне оправке** представљају комплекс техничких операција за оправку и замену похабаних делова, а такође и за општу проверу (дијагностику) и подешавање машине у циљу обезбеђивања нормалног рада у међуремонтном циклусу. Примењују се две типа оправки:

- 1) мале (лаке) оправке;
- 2) средње оправке.

Мала оправка се врши обично, на месту уградње техничког система (опreme) и под њима се подразумева делимично расклапање механизма, техничка дијагностика, маркирање, чишћење и ревизија делова, одређивање степена хабања делова, замена делова, замена уља, замена заптивача, чишћење радних површина, итд.

Средње превентивне оправке подразумевају замену или оправку саставних делова система са дужим радним веком. То је шири радни захват у односу на мале оправке, који обухвата све радове мале оправке и додатне који спадају у средње оправке, као што су: дијагностика стања делова пре демонтаже, демонтажа саставних делова система, прање и чишћење саставних делова система, дијагностика стања растављених делова, регенерација саставних делова система, обезбеђење нових саставних делова неопходних за замену дотрајалих резервних делова, итд. [3].

2.1.1. Планови превентивних периодичних оправки

Спровођење превентивних периодичних оправки техничких система, врши се према одређеним плановима. Планови превентивних периодичних оправки могу бити: средњорочни, годишњи, оперативни, клизни и радионички планови.

Средњорочни планови (обично петогодишњи) представљају основне планове. Најпре се састављају нацрти планова, а након њиховог разматрања дефинитивни планови. План технологије одржавања се састоји из плана превентивних периодичних оправки основних техничких система и из плана укупне активности одржавања, који садржи осим превентивних оправки и друге активности (израду и репаратуру резервних делова, инвестиције и др.)

Годишњи планови су кориговани средњорочни планови с обзиром на услове године за коју се планира. Формално гледано ради се о истим плановима као што су средњорочни. У пролећним месецима састављају се нацрти планова, а у јесењим месецима дефинитивни планови.

Оперативни планови одређују задатке за кратко раздобље, обично за један месец према годишњем плану уз праћење стварног стања тако, да се што боље искористи радна снага, да посао не буде ометан чекањем на разне делове и материјал и да поједини послови континуално напредују.

Клизни планови се могу користити у оперативним плановима, нпр.месечно се састављају увек обавезни планови за месец и оријентациони за идућих једанаест месеци. На овај начин клизни обавезни план за следећи месец замењује оперативни план, а оријентациони план крајем године је основа плана за идућу годину.

Радионички планови се примењују када се ради о малим, глобално планираним оправкама и пословима које обично изводи Погонско одржавање (без извршилаца из Централног одржавања).

Приликом сваког планирања одржавања мора се придржавати принципа економске ефикасности. То значи да приликом састављања планова треба имати на уму како економичност и продуктивност посла приликом извођења превентивних периодичних оправки (искоришћења капацитета, посебно капацитета радне снаге и сл.), тако и утицаја оправки на производњу (скраћење застоја и сл.) [3].

3. Важност имплементације превентивног одржавања

Успешним интегрисањем и управљањем превентивним одржавањем унутар фабрике, помаже се у остварењу *JIT* - “*Just In Time*” (стратегије смањења трошкова у производњи) циљева фабрике. Многе организације трагају за фикс идејама како би решиле организационе дефиците. Превентивно одржавање не даје брз одговор на овај проблем.

Успешна имплементација зависи од способности предузећа да утврди организационе специфичности и има велики значај за превентивно одржавање. Иако не постоји ниједан специфичан алгоритам имплементације, *Darress* (1988) је предложио неколико општих елемената круцијалних за успешну имплементацију:

- приврженост активностима од стране руководства;
- стварање осећаја укључености запосленог у постојеће активности;
- анкетирање запослених у циљу утврђивања индивидуалне свести о потребама;
- проучавање купаца;
- спровођење пилот пројеката за процедуре превентивног одржавања унутар специфичних зона фабрике;
- поједностављење процеса;
- документовање свих активности и резултата;
- аутоматизација свих процеса који су у поједностављеном стању развоја;
- планирање и развијање у оквиру времена и успостављање одговорности запосленог за имплементацију;
- преиспитивање свих активности, и
- протезање изван пилот пројеката и спровођење превентивног одржавања кроз остатак фабрике.

Исход квалитета у великој мери зависи од превентивног одржавања које спроводи све активности, како би обезбедило израду производа који задовољавају одређене стандарде квалитета [7].

Појам одржавања долази уз сваки појам производње одређених добара. Током времена и употребе долази до старења материјала и средстава за рад, смањује се технолошка ефикасност, а долази и до евидентног технолошког застаревања. Средства се током

времена троше и смањује им се радна способност. Средства за рад су подложна кваровима, ломовима и оштећењима, па се појављују прекиди у раду. То узрокује појаву трошкова због замене и поправке делова, али и трошкове због застоја у процесу производње [1].

Редовним акцијама с циљем да се уређаји или средства за рад задрже или врате у стање у којем извршавају задату функцију директно се смањују трошкови производње и пословања. Због неисправности и кварова до којих неминовно долази свакодневним коришћењем средстава за рад у процесу производње настали би застоји који би нарушили техношки процес производње, а самим тим утицали би и на економику производње пропорционално са временом застоја и средствима уложеним у његово отклањање [4].

Трошкови одржавања чине саставни део трошкова животног циклуса неког система и њих чине трошкови:

- набавке, који укључују и транспорт, допрему, осигурање, друге обавезе итд.;
- рада, који укључују радну снагу, тј. руковаоце, погонску енергију, помоћне објекте и инсталацију нужне за рад, итд.;
- одржавања, који укључују радну снагу на одржавању, резервне делове, алате, уређаје и објекте за одржавање итд.;
- администрације, који укључују управљање, информатику и слично [8].

Када говоримо о трошковима одржавања, морамо разликовати текуће одржавање од инвестиционог одржавања. Трошкове текућег одржавања чине трошкови мањих оправки техничких система који се редовно појављују, а трошкове инвестиционог одржавања чине трошкови већих оправки. Тешко је повући границу између текућег и инвестиционог одржавања. У неким техничким системима инвестиционе оправке се врше у размацима већим и од годину дана. Трошкови инвестиционог одржавања су издаци за одржавање техничких система у њиховом амортизационом веку [4].

Укупни трошкови превентивног одржавања могу бити директни и индиректни.

Директним трошковима припадају сви они трошкови који се односе на потрошан материјал (уље, маст, итд.). Директним трошковима припада:

- извођење активности опслуживања система;
- проналажење неисправних делова на техничком систему;
- подмазивање;
- замена неисправних делова;
- извођење превентивних периодичних оправки, и

- поправка неисправних делова система.

Индиректне трошкове одржавања чине трошкови застоја настали услед одржавања и чине заједничке трошкове за групу производа или цео асортиман. Ови трошкови се односе на:

- непланиране временске губитке;
- оштећења делова техничких система;
- пад квалитета производа, односно шкарт и др.

Са све већом аутоматизацијом индустрије смањују се директни трошкови рада, али повећавају се индиректни трошкове рада.

У погледу трошкова, превентивно одржавање има своје предности и мане у односу на корективно одржавање. У предности спадају могућности предвиђања трошкова одржавања неког техничког система и самим тим лакша контрола. Недостаци се огледају у виду повећаних трошкова одржавања (теоретски, иако често не и стварни отказ уређаја с корективним одржавањем често донесе много веће трошкове), високих трошкова одржавања често узрокованих беспотребном заменом делова, генерално високих почетних трошкова при његовој имплементацији [8].

Од укупних трошкова компаније „Застава оружје“ свега 10% чине трошкови одржавања. Износи укупних трошкова превентивног одржавања наведеног техничког система ове компаније воде се као пословна тајна и нису доступни широј јавности. Сматрам да би једна компанија оваквог ранга требало да улаже више у превентивно одржавање, с' обзиром на значај превентивног одржавања на цео технички систем.

За успешно пословање предузећа веома су важни трошкови одржавања, стога их је потребно планирати, анализирати и контролисати, како не би дошло до отказа техничког система [9].

4. Примена превентивног одржавања на реалном техничком систему

Од оснивања 27. октобра 1853 до данас, „Застава оружје“ АД има статус државне компаније. Аутономна је у свом производном програму 95% (само 5% су увозни ресурси). У савременом периоду, фабрика „Застава оружје“ изграђивала је своје производне и кадровске потенцијале. Број запослених се мењао, сходно друштвено економском развоју земље. Данас у овој фабрици ради око 2278 запослених.

Застава оружје је акционарско друштво затвореног типа, којим управља Скупштина предузећа, Надзорни одбор и генерални директор. Фабрика „Застава оружје“ поседује QMS сертификате, SRPS ISO 9001:2008 и SORS 9000/05, ресертификованих до 2016. године.

Мисија компаније је:

- тежња ка лидерској позицији у производњи оружја и неговање традиције;
- високо професионални кадар;
- континуиран рад на подизању достигнутог нивоа квалитета и имплементирање; савремених научних достигнућа у технолошке процесе који чине пословни систем;
- сачувати и даље јачати поверење купца и партнера, и
- ширити дистрибутерску мрежу и мреже овлашћених сервиса.

У „Застави оружју“, развијен је широк асортиман производа, који чине: ловачки карабини, ловачке пушке, малокалибарско и ваздушно оружје, пиштољи, револвери и војни програм оруђа и оружја.

Ловачки карабини „Застава оружје“ базирани су на *Mauzer* систему прављења и производе се у широкој палети од 24 различита калибра. Цеви ловачких карабина „Застава оружје“ су високог квалитета, израђене методом хладног ковања, од хром - вандијум челика. Варијанте ловачких карабина „Застава оружје“ омогућавају избор једног од три типа механизма за окидање, три типа кундака, уградњу оптичких нишана, гравуре различитих стилова... Позиционираност ловачких карабина „Застава оружје“ је у самом светском врху што је резултирало сарадњом са фирмом *Remington* и данас са фирмом *Century International Arms*, која се реализује од 2006. године, односно 2011. године.

Садашња стратегија развоја предузећа је да је позиционирање бренда „Застава оружје“ на светском тржишту оружја, а дугорочна изградња бренда „Застава оружје“ као једног од водећих на укупном светском тржишту. „Застава оружје“ има изграђене партнерске односе са бројним компанијама у земљи и свету. Присутна је на свим континентима, у преко 40 земаља света [10].

За већину техничких система (преко 1000) се не врши превентивно одржавање, осим за највитаљније техничке системе.

У овој глави говориће се о примени и указаће се на значај превентивног одржавања у компанији „ЗАСТАВА ОРУЖЈЕ“, на једној од назајчанијих операција - дубинског бушења цеви војног и цивилног оружја помоћу четворовретене машине (*DB4-20/1000 RK-AD*).

На слици 1 приказан је погон за израду цеви (калибра од 5,56mm до 12,7mm) војног и цивилног оружја. У погону има око 100 радно способних машина различитих техничких способности. Поред двовретених и четворовретених машина у погону се налазе и специјални копир стругови, чеони стругови за поравнање и *GFM* машина са чекићима за хладно ковање цеви, шестовретене машине за развртање цеви и др.



Слика 1. Погон за израду цеви војног и цивилног оружја

Према произвођачком упутству за одржавање четворовретене машине за дубоко бушење, прописан је следећи начин одржавања:

- Подмазивање машине вршити се према шеми подмазивања, при чему се треба придржавати прописаног интервала подмазивања и користити предвиђена мазива, односно одговарајуће замене од других произвођача. Витални делови машине подмазују се једноводним системом централног подмазивања. Систем се активира увек при учључивању главног напона, а даљи циклус подмазивања зависи од бројача команда, односно од електропритисног прекидача PPZ.
- Клизна јединица – према потреби проверити и подесити косу лајсну на столу клизне јединице. Такође проверити и по потреби заменити истрошене брисаче клизних стаза.
- Погонска јединица – замена уља врши се према шеми подмазивања. За варијатор користити само уље фирме „Неупау“ предвиђено проспектом.

- Бушачка јединица – по потреби извршити затезање зупчастог каиша и преконтролисати зазор у предњим лежајевима. Зазор се може отклонити пристезањем навртки, подизањем електро-мотора преко затезача каиша.
- Обртни прикључак - након сваких 5.000 радних часова обновити пуњење машћу у лежајевима. Проверити стање 0-прстенова и заптивних прстенова од тврдог метала.
ПАЖЊА: Обртни прикључак после сваке монтаже обавезно испитати на испитном столу на притисак и цурење (дренажу).
- Резервоар – потребно је два пута годишње детаљно очистити и прегледати резервоар. Свакодневно, а најдуже недељно очистити и проверавати стање уливног филтера. Расхладно средство треба три пута годишње пречистити у филтерском постројењу од воде, емулзије и др. материјала.

На слици 2 приказан је изглед четворовретене машине за дубоко бушење цеви. Простор који заузима једна оваква машина је 15 квадратних метара.



Слика 2. Четворовретена машина за дубоко бушење цеви

Основне компоненте које чине четворовретену машину за дубоко бушење су:

1. постоље машине
2. резервоар за СХП
3. електроорман
4. обрадна јединица
5. клизна јединица
6. обртни прикључак
7. погонска јединица
8. комора за одвођење струготине
9. уређај за аутоматско улагање радних комада
10. сигнална табла
11. командни пулт
12. агрегат за централно подмазивање
13. агрегат за проток СХП
14. фини пречистач струготине
15. магнетни транспортер
16. агрегат за покретање стезног прибора
17. пумпа за претакање СХП
18. хладњак за воду
19. линета
20. обртни ослонац
21. јединица за ротацију
22. корпа за готове радне комаде
23. корпа за струготину

Клизна јединица носи бушачку и погонску јединицу. На њој се налази летва са померљивим граничницима (четири граничника) за избор дубине бушења, почетног и крајњег положаја алата (бушачке јединице). Покретање клизача врши се преко куглично-завојног вретена и навртке корака 10 мм.

Погонска јединица служи за покретање клизне јединице и то брзо примицање и радни ход. Састоји се од једног комбинованог редуктора (пужни и зупчасти) у ливеном кућишту једног варијатора који омогућава промену брзине продирања и погонског електромотора за брзо примицање и одмицање.

Јединица за ротацију комада поседује зупчасти редуктор са десет зупчаника за главно обртно кретање и хидраулични цилиндар. Преко ожебљеног вратила омогућава се пренос обртног момента и несметано праволинијско кретање, тј. стезање и отпуштање. Погонски кочиони електро мотор покреће зупчасти редуктор који на излазу даје обртни момент и број обртаја. При притиску из хидрауличног агрегата од 50 бари на главном вретену остварује се сила стезања од око 9 KN. Аксијално померање главног вретена региструју гранични прекидачи. На овај начин и преко вентила за ограничење притиска у потпуности се држи под контролом, тако да се са сигурношћу може одвијати цео ток рада машине, а истовремено да непосредни послужилац буде у потпуности заштићен.

Подешавање хода јединице за ротацију комада врши се на помичној летви са граничницима. У зависности од промене дужине радног комада и потребног простора за смештај истог на радни сто, крајњи ход јединице износи 40 мм. Регистравање овог хода врше гранични прекидачи. На помоћној летви граничници се могу уздужно померити али се то не чини јер они увек региструју крајње положаје између којих се врши стезање комада.

Јединица за бушење (слика 3) је опремљена комплетом изменљивих зупчастих каишева и каишника за промену бројева обртаја главног вретена. У зависности од пречника обраде и врсте материјала предмета обраде дефинисана је брзина резања тј. број обртаја главног вретена.

Подешавање дубине бушења врши се на летви са граничницима у зависности од радног комада чиме се остварују потребне дубине бушења, односно почетак и крај бушења (радног хода).



Слика 3. Јединица за бушење

Подешавање температуре расхладног средства врши се на дисплеју сигналне табле преко сонде која је постављена у резервоару и прати температуру расхладне течности.

Хидраулични агрегат служи да обезбеди довољну количину уља под притиском за хлађење, подмазивање и одвођење струготине приликом бушења. Изведен је као систем који се састоји из четири двостујне зупчaste пумпе максималног притиска до 250 бари.

Током процеса бушења радног комада (будуће цеви пушке) на четворовретеној машини за дубоко бушење, средство за хлађење и подмазивање (СХП) пролази кроз два канала унутар бургије под притиском од 70 бари. Настала струготина и СХП креће се дуж правога жљеба бургије и пада у резервоар СХП-а, одатле се струготина односи транспортером струготине о чему ће у даљем тексту бити речи. Радни комад је 600мм дужине. Прстенови за вођење бургије налазе се у линети – смештени унутар сваког кугличног лежаја. Направљени су од тврде гуме и често их је потребно мењати (слика 4).



Слика 4. Прстенови за вођење бургије

Доласком бургије до краја радног комада проток СХП -а зауставља заптивач бургије. Заптивач бургије се прави од тврде пластике и као прстен за вођење бургије захтева често мењање.

Уређај за хлађење расхладног средства (слика 5) налази се у резервоару као измењивач топлоте, а при том користи воду из затвореног циркулационог система помоћу пумпе. Када температура достигне вредност већу од дозвољене, импулс са монитора зауставља машину. Истовремено, сонда на одређеној температури отвара T_{max} , што омогућава хлађење СХП.



Слика 5. Уређај за хлађење расхладног средства

Резервоар средства за хлађење са слике 6, направљен је од челичног лима заваривањем са потребним преградама и каскадама за филтрирање, смиривање и таложење уља. Конструктивно је направљен да на себи носи транспортер струготине, хидраулични агрегат за средство за хлађење, уређај за водено хлађење уља итд.

Око обода резервоара кроз канални развод пролазе каблови за напајање потрошача који су лоцирани на самом резервоару и у његовој непосредној близини.

Капацитет резервоара ове машине је 1650 литара (код других произвођача може бити и до 2800 литара).



Слика 6. Резервоар средства за хлађење

Одвођење струготине врши се помоћу транспортера струготине – слика 7. Уграђивање транспортера струготине врши се на резервоар за расхладну течност. Преко сливника, смеша струготине и СХП -а долази до транспортера струготине, а одатле течност са ситним опилцима, кроз посебан олуц одлази у резервоар. У зависности од магнетичности материјала предмета обраде, транспортер може бити магнетни или грабуљаш за немагнетне материјале.

Са слике 7 видимо и импровизовану „корпу за струготину“, постављену од стране радника ради лакшег одношења струготине помоћу виљушкарa.



Слика 7. Транспортер струготине

После операције бушења радних комада помоћу четворовретене машине за дубоко бушење следи низ других обрада на готовом радном комаду, помоћу машина у овом погону.

На слици 8 видимо ове радне комаде у корпи за готове радне комаде, где се потом транспортују виљушкарком до следеће машине.



Слика 8. Корпа за готове радне комаде

Из разговора са радницима службе одржавања овог погона компаније дошао сам до закључка, да највећи број отказа који се јављају на овој машини чине управо откази:

- зупчастог каиша (често је потребно извршити његово затезање или заменити га);
- котрљајног лежаја (врши се замена);
- бургије и заптивача бургије (врши се замена);
- вретена (потребно је извршити његово затезање);
- прстенова за вођење бургије;
- зупчасте пумпе;
- електро компоненти.

Међу осталим отказима који се јављају на овој машини спадају и откази: микропрекидача, пресостата, црева за ваздух и кочнице, где је углавном потребна замена ових делова. По потреби израђује се ременица кућишта, зупчаници ременице, чаура. Понекад је потребна и дорада ременице.

С'обзиром на важност ове машине за целокупну производњу малокалибарских цеви, учестани су прегледи (према горе наведеном произвођачком упутству) свих оних делова на које је потребно применити овај вид одржавања.

Један од примера неспровођења превентивног одржавања на четворовретеној машини за дубоко бушење дат је на слици 9.

Уколико се чује бука из лежаја вретена јединице за ротацију комада, или се примете рисеви по унутрашњости цеви, служба одржавања у споменутој компанији врши замену лежајева на овом вретену, с' циљем враћања поменутог техничког система у стабилну функцију рада.



Слика 9. Замена лежаја на вретену јединице за ротацију комада

Управо овакви откази изискују непланиране трошкове и скупе застоје у раду овог техничког система.

Превентиван план подмазивања компоненти четворовретене машине дат је од стране произвођача ове машине и њиме је предвиђено дневно, седмично, годишње и на сваке две године подмазивање њених компоненти (табела 1).

Табела 1. Превентиван план прегледа подмазивања четворовретене машине

Превентиван план прегледа подмазивања четворовретене машине				
дневно	уређај за распршивање уља	-	-	-
седмично	носач алата	лежајеви	централни подмазивач	-
годишње	варијатор	редуктор	хидраулични агрегат	-
на сваке две године	пужни пренос	преносна глава течности за хлађење	-	-

4.1. Предлог унапређења одржавања у погону за израду цеви (калибра од 5,56mm до 12,7mm) компаније „Застава оружје“

Тренутно одржавање у компанији “Застава оружје” је превентивно планско одржавање и његове активности одржавања се врше према одређеном плану одржавања (према произвођачком упутству). Велике мана ове методе превентивног одржавања је та да није погодна за машине које су у стању непрекидног рада – као што је то четворовретена машина за дубоко бушење и да план одржавања може да се изведе прерано, или прекасно. Могући су и бројни проблеми који се јављају током растављања саме машине, у које спада примена погрешних метода оправке машине и неправилно инсталирање нових делова, што доводи до смањења перформанси у раду неког техничког система [11].

Док се код превентивног планског одржавања, активности одржавања врше након утврђеног времена, код одржавања према стању врши се дијагностичка контрола одређених техничких параметра стања и интервенише се само ако је техничко стање изван прописаних граница [3].

Неке од предности овог одржавања према *Davies-u* (1990):

- Рано сазнање о предстојећем отказу применом техничких анализа и/или квалитативне инспекције. Раним сазнањем о предстојећем отказу смањује се стопа отказа неког техничког система, а повећава се стопа поузданости опреме истог.
- Сазнање о стварном стању и прецизне процене отказа. На овај начин побољшава се искоришћеност система и минимизирају се случајни откази.
- Дијагностичким методама тачно се одређује предстојећи отказ, као и узрок отказа. Коришћењем дијагностичких метода омогућава се модификација техничког система, како би се отклонили идентификовани модели отказа.
- Флексибилност. У коњукцији са адаптивном контролом система, мониторинг може продужити животни век опреме/постројења, ограничавајући ефекте динамичких отказа механизма унутар техничког система. Ово умањује вероватноћу раног отказа и стога побољшава поузданост техничког система [12].

Најчешћи откази који се јављају на четворовретеној машини, отклонили би се применом најзаступљенијих метода техничке дијагностике у оквиру превентивног одржавања према стању.

1) Мерење и анализа вибрација

Мерењем и анализом вибрација радног комада често пропраћене и вибрацијама кугличног лежаја на вретену јединице за ротацију комада (услед којих долази до хабања елемената у кугличном лежају), отклонио би се један од најчешћих узрока пуцања истог. Услед повећаног нивоа вибрација бургије долази до преноса осцилација на лежајеве бургије (две линете - осам кугличних лежајева), где најчешће отказују лежајеви најближи врху бургије.

Постоје два типа отказа кугличних лежајева: изненадни и постепени. Изненадни се јављају услед неправилног димензионисања елемената лежајева, неадекватном технологијом њихове израде, грешкама у материјалу итд. Постепени се не могу избећи у пракси и могу се правовремено открити распознавањем стања ових лежајева током рада.

Поред вибрација лежаја јављају се и вибрације унутар зупчастих каишева. Међу најчешћим узроцима повишеног нивоа вибрација зупчастих каишника спада: похабаност дела каишника, неправилан међусобни положај каишника, недовољно затегнути или каишеви неједнаке дужине итд.

Све ово није могуће дијагностификовати без употребе одговарајућих инструмената за мерење вибрација. Неки од ових инструмената дати су на слици 10.



Слика 10. Инструменти за мерење вибрација: а) вибрациона оловка (лево), б) *Vibration meter VM110*- ручни уређај за мерење вибрација (у средини), в) *HF-6080 V4*- уређај за мерење вибрација (десно)

Инструменти овог типа пружају могућност мерења основних параметара вибрације као што су: померање, брзина и убрзање. Предности ових инструмената огледа се у њиховој тежини-лаки су, преносни и крајње једноставни за употребу. Неки од ових уређаја могу мерити температуру и број обртаја. Велики недостатак инструмената овог типа је тај што у односу на савременије инструменте не пружају могућност анализе резултата мерења вибрација, помоћу које би смо открили главни узрок осцилаторног понашања машине.

Анализа вибрација врши се када се периодичним праћењем укупних вибрација или буке на техничком систему открије њихово значајно повећање. Највећи број инструмената за анализирање и мерење вибрација чине *Data Collector*. Ови инструменти поседују могућност складиштења великог броја резултата мерења у своју интерну меморију, као и приказ различитих облика фреквентних дијаграма, тендирање резултата мерења и прогностика, подешавање саосности и др. Последња генерација ових уређаја развија се почетком 21-ог века са експанзијом *notebook* рачунара, *tablet* рачунара и преносивих *PDA* рачунара чију основу представљају наведени рачунари (слика 11) [5].



Слика 11. Системи за мерење и анализу вибрација који се заснивају на преносним рачунарима: а) *SKF Microlog Inspector S-Pro* (лево), б) *Trio CX-7* (десно)

Неки најновији модели ових уређаја као што је то *SKF Microlog Inspector S-Pro* у стању су да пренесу очитане податке преко *LAN* и *WiFi* мреже, чак и мобилне мреже (*3G/GPRS*).

2) Метода праћења термичког стања

За праћење термичког стања система користе се контактне и бесконтактне методе. Код контактних метода мерни елемент је у непосредном контакту са средином чија се температура мери. Бесконтактне методе се заснивају на принципу мерења електромагнетне енергије зрачења. Ове методе омогућавају брзо утврђивање радне способности односно термичког стања целог система при периодичним контролама.

Најсавременију бесконтактну методу за мерење температуре представља инфрацрвена термографија (ИЦ), која има изузетан значај у области техничке дијагностике и концепта превентивног одржавања техничких система. ИЦ инструмент може мерити температуре у опсегу од -30°C па све до 2000°C и може приказати минималне и максималне вредности температуре на визуелној слици температурног поља, као и њихову међусобну зависност и распоред. Овај инструмент се може поделити у две групе које чине:

- инструменти за мерење температуре у тачки (радијациони термометри)
- инструменти који имају могућност мерења температуре у више тачака (ИЦ линијски скенери и камере за ИЦ термографију).

ИЦ радијациони термометри намењени су за бесконтактно мерење електро компоненти, термичких уређаја, машинских склопова и компонената тј. мерење на свим оним местима где је немогуће применити контактне методе. Три основна елемента чине ове термометре:

- оптички систем који прикупља и усмерава ИЦ зрачење;
- детектора ИЦ зрачења и
- мерног ланца за обраду сигнала са детектора ИЦ зрачења и приказивање резултата мерења [5].

Радијациони термометри су врло ефикасни, прецизни, једноставни за употребу и веома повољне цене. Често им се додају ласерски показивачи који омогућава прецизно дефинисање тачке у којој се мери температура, као код *Benetech GM1150A* радијационог термометра. Изглед овог термометра приказан је на слици 12.



Слика 12. Преносни радијациони термометри: а) Benetech GM1150A (лево), б) Benetech GM270 (десно)

ИЦ линијски скенери се примењују у одређеним гранама индустрије где је потребно обезбедити континуално праћење температуре дугачких објеката, покретних трака, у производњи тракастих и жичаних производа и сл. Термографска слика овог уређаја преко палете боја указује на температурске разлике по зонама.

ИЦ термографске камере представљају најсавременији инструмент бесконтактнoг мерења температуре преко праћења ИЦ зрачења. Постоје преносне и камере прилагођене за фиксну употребу. Техничке карактеристике ИЦ термографске камере су:

- 1) уграђен детектор ИЦ зрачења;
- 2) резолуција детектора зрачења;
- 3) таласни и температурски опсег мерења;
- 4) температурска резолуција;
- 5) просторна резолуција;
- 6) тачност и поновљивост мерења;
- 7) меморијске и видео карактеристике.

ИЦ термографска камера поседује софтверски пакет који поред термографске слике омогућава и њену накнадну анализу и испитивање, уз прецизно читавање температуре у појединим тачкама, одређивање изотермалних површина, цртање одговарајућих хистограма температуре итд [5].

Најновији типови ових камера *E* - серије (слика 13) се могу повезати на таблет рачунар и смарт телефон путем *Wi-Fi* конекције. Овај уређај поседује *touchscreen* екран са *toolbar* алатима и *auto screen* опцију (вредност мерене температуре дисплеј уређаја увек показује усправно—независно од померања уређаја). Помоћу *FLIR Tools Mobile* апликације термографски снимак могу независно пратити и други корисници (преко телефона), може се лако подешавати контраст и боја, унети радиометричне слике у *JPEG* формату, додати још *toolbar* алата за мерење итд.



Слика 13. ИЦ термографска камера

Редовним праћењем термичког стања четворовретене машине помоћу ИЦ термографске камере, открили би се сви они откази који се појављују услед оштећења лежаја, електричних инсталација (у електроорману), електромотора, пумпе за претакање СХП итд.

Услед хабања врха бургије долази до загревања саме бургије и на крају њеног неминовног лома. Узрок лома бургије може бити нехомогена структура материјала обраде, недовољно довођење СХП путем зупчасте пумпе (слаб притисак), као и губитак способности подмазивања СХП-а. Свакодневним снимањем бургије ИЦ термографском камером од стране службе одржавања и упоређивањем снимака и добијених података о температури врха бургије, на време би се открио могући лом бургије. На овај начин уштедела би се уложена средства за куповину нових и омогућила замена бургије у одговарајуће радно време, како не би дошло до непланираних трошкова на застој машине.

3) Анализа уља за подмазивање и продуката хабања

Савремена машинска обрада резањем се не може замислити без примене одговарајућег средства за хлађење и подмазивање. При процесу резања развија се велика количина топлоте која се распростире једним делом на струготину, другим делом на алат, а трећим делом на предмет обраде. Током овог процеса температуре на врху сечива резног алата досежу 600°C , а на контактним површинама и до 1500°C уз истовремено дејство високих притисака. Ови услови директно утичу на квалитет обрађене површине, хабање алата и уопште на ниво укупних трошкова обраде. Зато је у овим случајевима потребно применити одговарајућа средства за хлађење и подмазивање. Основни задаци СХП су:

- хлађење;
- подмазивање;
- испирање струготине, и
- заштита од корозије [13].

Као средство за хлађење и подмазивање четворовретене машине користи се *FAM DB-32 S* уље количине 1500 литара, које циркулише кроз ову машину. *DB-32 S* је активно неемулгирајуће уље, које садржи одговарајуће количине рафинисаног минералног уља, инхибитор корозије и *EP- i AW-* адитив (једињења на бази хлора, фосфора и активног сумпора). Успешно се користи као средство за хлађење и подмазивање при обради челика и сивог лива свим поступцима дубоког бушења у условима средњих оптерећења. Одликују га следеће особине:

- одлична подмазујућа и хладива својства;
- одлична антикорозиона својства;
- добро пријања на металне површине;
- дуг век трајања;
- добро одводи струготину из зоне резања;
- омогућава висок квалитет обраде;
- дуг век алата у експлоатацији;
- економичан [14].

Температура СХП у резервоару пре стартовања система износи 20°C, а током рада система достиже номиналну температуру од 40°C. Мерач температуре СХП постављен је у његов резервоар и уколико дође до пораста дозвољене температуре СХП-а (температура од 40°C је максимално дозвољена температура СХП), аутоматски се пали црвено светло на контролној табли и након одређеног времена машина се сама гаси. Након ове сигнализације и гашења машина чека се хлађење СХП-а, све док се са термометра мерача температуре не очита оптимална радна температуре истог. Остала уља за подмазивање (за варијатор 0,5l, погонску јединицу 3l и хидраулични агрегат стеге 10l) доливају се по потреби.

Радници службе одржавања у компанији “Застава оружје” не поседују било какав инструмент за анализу ових уља.

У даљем тексту истаћи ће се важност редовне анализе уља због губитка основних својстава или контаминације СХП-а и биће објашњено које су то могуће контаминације, као и узроци њихових настајања.

Сва уља за подмазивање представљају мешавину базних уља којима се додају различити адитиви (синтетичке хемијске материје које се додају у малим количинама), како би се добиле жељене експлоатационе карактеристике истог. Према начину добијања и према пореклу, базна уља могу бити синтетичка и минерална. Минерална базна уља воде порекло из сирове нафте и представљају један од производа у процесу рафинације нафте. Од њих се добијају различите врсте минералних базних уља: парафинска, нафтенска или ароматска. Синтетичка базна уља се добијају хемијским поступком синтезе и њихов поступак добијања је веома сложен. Већина уља за подмазивање добијају се прерадом сировина минералних базних уља.

Карактеристике уља за подмазивање:

- вискозност-особина уља да се супротставља деформацији (клизању својих слојева);
- индекс вискозности-дефинише брзину промене вискозности у функцији промене температуре;
- густина-однос масе и запремине уља;
- стишљивост-промена запремине уља под притиском
- боја-карактеристика која зависи од структуре уља, вискозности и адитива;
- специфична топлота-количина топлоте потребна да се јединична маса уља загреје за 1°C;
- пенушавост-брзина пуцања мехурића ваздуха који се издвајају на површини уља и др [5].

Анализа уља се обавља с циљем утврђивања контаминираниости уља, откривања узрока оштећења делова система чији се симптоми јављају кроз различите неправилности у раду и одређивањем главног узрока отказа. У самом уљу за подмазивање долази до промене својстава под утицајем радних услова или услова околине (нпр. повишене температуре). Мазиво се физички и хемијски мења током употребе. Настале промене могу бити: хемијске промене основног (базног) уља, промене у адитивима и промене као последица контаминације.

Хемијске промене основног уља настају процесом оксидације. Интензитет ових промена зависи од отпорности уља на оксидацију (што се утврђује посебним тестовима) и радних услова којима је уље изложено током употребе. Најутуцајнија величина је температура. Као последица оксидације, настају смоле и киселине.

Садржај адитива у мазиву мења се током употребе, због тога што се исти троше и разлажу.

Контаминација уља доводи до промене његове структуре и функционалне деградације, мањих или већих оштећења и поремећаја функције техничког система [4].

Контаминација мазива може настати из више разлога:

- механичким нечистоћама (чврсте честице различитог порекла, структуре, облика и величине);
- услед процеса израде и монтаже (остаци заваривања, делови боје, лака, метални опилци итд.);
- уношењем новог уља (услед транспорта и складиштењем пре употребе);
- преко околине система (излагањем система контаминатима из околине за време рада);
- водом (услед продора воде у уље или растварањем воде од стране самог уља) и
- генерисањем унутар система (пр. стварање честица чађи у мотору са унутрашњим сагоревањем).

Контролом продуката који долазе у мазиво и самог мазива омогућује да се утврди узрок њиховог настајања и узрок промена у мазиву. Постоји више стотина тестова који су

развијени за потребе спровођења анализе уља. Неки од најпримењиванијих тестова за анализу стања уља за подмазивање су:

- 1) анализа вискозности;
- 2) одређивање броја честица;
- 3) форографија;
- 4) одређивање садржаја воде у уљу итд.

1) **Анализа вискозности** се врши помоћу стаклених капиларних вискозиметара који представљају најједноставније инструменте за мерење вискозности уља или аутоматских вискозиметара намењених за спровођење анализа на великом броју узорaka. Ови инструменти мере кинематску и динамичку вискозност. Кинематска вискозност представља меру отпора коју уље пружа течењу под дејством гравитације при одређеној температуре (најчешће 40°C и 100°C). Динамичка вискозност се мери као отпор протицању уља кроз капилару вискозиметра. Данас се користе *on-line* или *in-line* уређаји који помоћу својих полупроводничких сензора прате промене вискозности. Неки од наведених уређаја за мерење вискозности дати су на слици 14.



Слика 14. Аутоматски вискозиметри: а) дигитални вискозиметар (лево), б) ротирајући вискозиметар (у средини), в) *on-line* вискозиметар (десно)

2) Одређивање броја честица

Уље за подмазивање је чисто само уколико у себи не садржи честице контаминације. Према броју и величини честица класно се одређује ниво чистоће уља. Метода за одређивање укупног број честица контаминације у 100ml уља врши се према стандарду *ISO 4406*. Овај стандард се првенствено користио за испитивање нивоа контаминације у хидрауличним системима и временом је нашао примену на многим другим техничким системима који користе уље за подмазивање. Пре 20 година на тржишту су се појавили први преносиви *on-site* уређаји за одређивање нивоа чистоће уља преко броја и концентрације честица. Ови уређаји се састоје од сензора који се прикључују на уљну инсталацију и дела за обраду сигнала и приказивање резултата. Данас су у употреби *in-line/on-line* уређаји-сензори за контролу контаминације, који се монтирају на машину.

3) **Ферографија** обухвата низ тестова који квалитативно и квантитативно анализирају продукте хабања у уљу за подмазивање. Овом методом се прво одвајају и групишу различити продукти хабања, а затим микроскопски анализирају како би се одредио тип, величина, порекло и број. Постоје два типа тестова којима се за анализирају продукти хабања: тестови за испитивање густине ферографских честица и аналитичка ферографија. Тестови за испитивање густине ферографских честица су квантитативни тестови који се свode на одвајање честица феромагнетног порекла од осталих честица, а затим на анализу њихове величине и бројности. Аналитичка ферографија се заснива на издвајању појединачних честица из уља и детаљној квалитативној микроскопској анализи њихових облика, величине, структуре, текстуре и састава, све у циљу одређивања њиховог порекла и узрока настајања.

4) Одређивање садржаја воде у уљу

Садржај воде различит је за различите типове уља, па се према томе одређују тестови, методе и инструменти који ће се користити за спровођење анализе у конкретном случају. Најједноставнија метода за испитивање присуства воде у уљу је *crackle* тест-мала количина уље се загрева на око 120°C и затим посматрају промене у самом уљу. Ако се после неколико секунди не појаве мехурићи на површини капљице уља, у њему нема веће концентрације воде. Мали мехурићи (0,5mm или мањи) на капљици уља који брзо нестају указују на присуство воде у уљу у границама од 0,05% до 0,1%. Уочавање великих мехурића (2-3mm) који се појављују на површини, расући до 4mm и затим нестајући, указује на присуство воде у уљу у границама од 0,1% до 0,2%.



Слика 15. Инструменти за *in-line/on-line* одређивање садржаја воде у уљу: а) EESIFLO's EASZ-1 (лево), б) Zelen Tech ZT-100 (у средини), в) Drexelbrook's Universal IV CM (десно)

Како би смо са прецизношћу одредили садржај воде у уљу за подмазивање користе се методе инфрацрвене апсорпције, инфрацрвене рефлексије, центрифугирања, дестилације итд. Уређаји (*in-line/on-line*) за одређивање садржаја воде у уљу (слика 15), састоје се од сензора базираног на полупроводничком осетљивом елемент и показују проценат засићености уља водом [5].

Због важности анализе уља за подмазивање на правилан рад компоненти четворовретене машине за дубоко бушење, потребно је применити поменуте анализе и инструменте за спровођење истих, како би се утврдило тренутно стање уља за подмазивање или једноставно послати узорак уља његовом произвођачу (који поседује ове инструменте) на анализу, више пута у току године.

Узимајући у обзир високе трошкове застоја кључних машина у овом погону компаније „Застава оружје“ и постизањем велике уштеде са становишта укупних трошкова производње, дошао сам до закључка да је исплативије применити управо превентивно одржавање према стању на поменуте машине. Применом ове методе превентивног одржавања (открићем ране фазе настанка отказа неког дела машине), ова компанија би направила високе почетне трошкове одржавања, али без застоја кључних машина у овом погону и то би јој се на дужи временски период исплатило. Издвајањем одређене суме новца за куповину наведених инструмената, омогућила би се примена основних метода техничке дијагностике (у оквиру превентивног одржавања према стању) не само на четворовртену машину, већ и на друге машине у погону за израду цеви (калибра од 5,56mm до 12,7mm) компаније „Застава оружје“.

5. Закључак

Са све чешћом механизацијом и аутоматизацијом техничких система за производњу, изводи се закључак да они морају радити што поузданије. Због тога се нагло шири појам одржавања, при чему се данас може рећи да је одржавање процес који омогућава управљање техничким стањем и поузданошћу у току читавог животног циклуса система.

Циљеви одржавања се временом нису много изменили и обично се истичу следећи захтеви: да се обезбеди потребна расположивост машина и постројења, да планирани захтеви не утичу на производни процес, минимални радови на одржавању машина, минимални трошкови одржавања и сл.

Савремена предвиђања, дају одржавању у будућности, одлучујућу улогу у производњи са циљем да се остварују оптимални производни резултати уз увођење нових технологија одржавања. У будућности ће у фабрикама, углавном радити само радници у Одржавању [8].

Служба одржавања у компанији „Застава оружје“ не врши превентивно одржавање на мање важним машинама, већ корективно одржавање. Превентивно одржавање примењује се само на кључним машинама (према произвођачком упутству), стога се јављају застоји свих оних маргиналних машина у процесу производње чије поправке изискују додатне трошкове ове компаније (на време застоја машине, трошкова који се јављају услед замене и поправке делова, итд).

За сада, служба одржавања у компанији „Застава оружје“ не издваја новчана средства за примену превентивног одржавања на све машине у овом погону компаније. Сматрам, са становишта укупних трошкова производње, да је потребно применити превентивно одржавање и на остале машине у овом погону компаније.

Применом активности превентивног одржавања према стању у споменутом погону компаније „Застава оружје“, периодичним мониторингом машине од сувишних вибрација, температуре, разградње мазива или посматрањем било којих нездравих трендова који се појављују временом, постепено би се открили проблеми машина током одређеног временског периода.

Успешним превентивним програмом одржавања би се отклонио проблем који има машина, што би за последицу имало значајно продужен животног век машине, скраћен период застоја и повећан производни капацитет.

Постојеће организационе структуре морају показати одређен степен одговорности и вршити драстичне промене, како би повећале ефикасност одржавања, јер је одржавање услов опстанка предузећа у будућности.

6. Литература

[1] <http://www.rgf.bg.ac.rs/> , приступљено 14.7.2014

[2] <http://www.kalinic.info/> , приступљено 27.7.2014

[3] Адамовић Ж., Бешић Ц., Одржавање техничких система, Академија инжењерства одржавања, Београд, Друштво за техничку дијагностику „ТЕХДИС“, Београд, ЖЕЛНИД, Београд, Београд, 2008

[4] Адамовић Ж., Јевтић М., Превентивно одржавање у машинству, Грађевинска књига, Београд, 1988

[5] Тодоровић П., Јеремић Б., Мачужић И., Техничка дијагностика, Универзитет у Крагујевцу, 2009

[6] <http://www.maintenanceassistant.com/>, приступљено 10.7.2014

[7] *Podolsky S., Cheng T., Jarvis P., Just-in-Time Manufacturing: An Introduction, London, 1996*

[8] <http://www.tfzr.uns.ac.rs/> , приступљено 15.7.2014

[9] <http://www.odrzavanje.unze.ba/>, приступљено 29.7.2014

[10] Богдановић Б., Грујовић Д., Росић Д., Колевка српске индустрије, Сто шездесет година Фабрике оружја, Крагујевац, 2013

[11] *Piotrowski J., Shaft Alignment Handbook, New York, 2006*

[12] *Williams J.H., Davies A., Drake P.R., Condition-based Maintenance and Machine Diagnostics, London, 1994*

[13] Стојилковић М., Средства за хлађење и подмазивање у обради метала, Нови Сад, 1997

[14] <http://www.fam.co.rs/>, приступљено 3.9.2014