

# Istrošenja košuljice cilindara, klipa, klipnih prstenova na sporohodnim diesel Sulzer »4 RLA 90«

UDK 621.436—222

Hiroviti porast cijena goriva 70-tih godina na svjetskom tržištu uzrokovao je njegov značajni udio u dnevnim troškovima broda. Vodeće firme - proizvođači propulzijskih diesel motora za pomorstvo osmislile su tada diesel motor takove konstrukcije koji za sad dava maksimalni toplinski učinak, tako da je firma SULZER — Winterthur s motorom svoje konstrukcije tip RLA dostigla taj stupanj iznad 50% ( $\eta_i = 0,5$ ).

Konstruktori su bili svjesni teškoća na koje će se naići u eksploataciji motora s visokim maksimalnim tlakovima (iznad 110 bara), ekstremno dugačkim hodom klipa, nižim okretajima i upotrebom goriva lošije kvalitete, sadržajem sumpora iznad 3%, a specifične težine vrlo blizu 1.

Tad se to sve moglo opravdati visokim termodinamičkim stupnjem djelovanja.

Padom cijena goriva na svjetskom tržištu koncepcija eksploatacije broda u načelu se izmjenila, jer gorivo više ne dominira u dnevnim troškovima broda, a sva loša svojstva motora kao: —trošenje vitalnih dijelova, visoka cijena održavanja i učestalost između intervencija, koja tada nisu zabrinjavala ni konstruktora ni brodarar, ostala su.

Košuljice cilindara, klip i klipni prstenovi su elementi motornog mehanizma koji su u uvjetima rada ovih motora izloženi povećanom trošenju uslijed trenja i kemijskih procesa.

Teorija trošenja radnih površina — tribologija — u ovom slučaju u radnom cilindru razlučuje efekte na KOROZIVNO, ADHEZIVNO I ABRASIVNO djelovanje.

Svaki od spomenutih pod određenim uvjetima može biti više ili manje zastupljen, ali redovito se javljaju u sprezi, pa im se učinci kumuliraju.

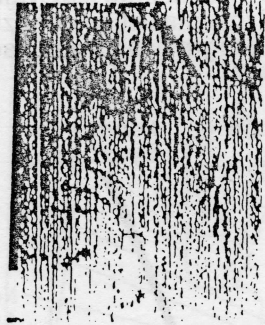
Bitno je poznavanje uzroka pojedinih efekata, a potom ih identificirati na osnovi pregleda radnih površina košuljice cilindara, glave i plašta klipa te klipnih prstenova, da bi se moglo pristupiti rješavanju problema.

## ISTROŠENJA USLIJED KOROZIVNIH DJELOVANJA:

Taloženje čestica sumpora iz goriva na čelu glave klipa i gornjem dijelu košuljice postaje osobito štetno ako su napadnute oko ili ispod temperature rosišta (kondenzacije), što uvjetuje stvaranje sumporaste kiseline. Ovaj proces je još potpomognut visokim tlakovima koji su prisutni u gornjem dijelu košuljice.

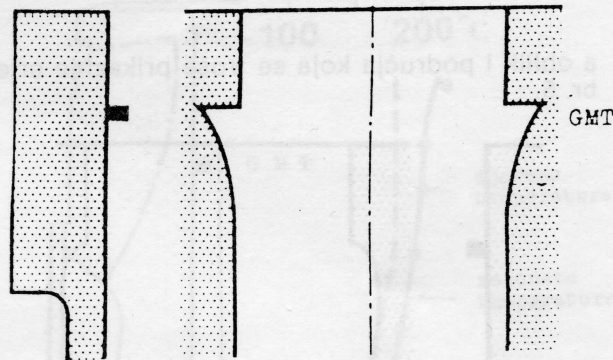
Agresivna sumporasta kiselina »nagriz« stjenke te se penetracijom stvaraju rupice (krateri) nepravilnih oblika i različitih dubina kao što prikazuje slika br. 1.

Distribucija korozivnog djelovanja i oblik istrošenja prikazani su na slici br. 2, a slika br. 3 prikazuje odnos između normalnog istrošenja košuljice

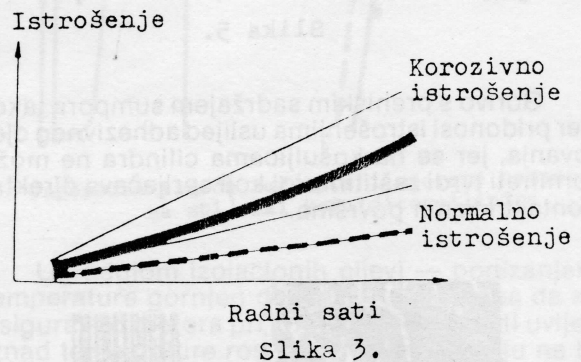


Slika 1.

cilindara i istrošenja uslijed prisustva sumporaste kiseline



Slika 2.



Slika 3.

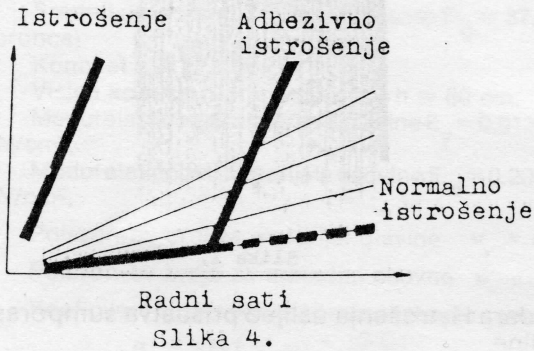
Općenito se smatra da je istrošenje uslijed korozivnog djelovanja pet puta više od normalnog.

Osim što se djelovanjem kiselih produkata pospešuje istrošenje košuljica cilindara njen produkt postiže i abrazivno djelovanje. Pojava se korozije suzbija upotrebom cilindričnog ulja određene bazične gradacije (TBN) koji neutralizira prisustvo sumporastih kiselina.

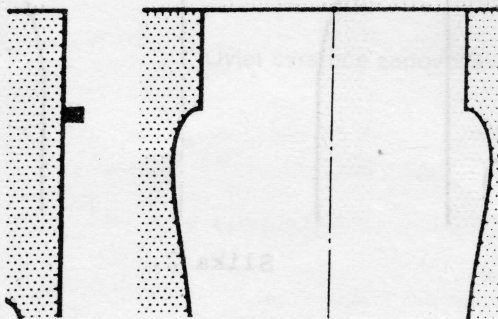
## ISTROŠENJE USLIJE ADHEZIJE

Ova vrsta istrošenja uglavnom nastaje uslijed prekida uljnog filma na stijenama košuljice cilindra što uzrokuje direktni kontakt površina klipnih prstenova i plašta košuljice.

Razlog prekida uljnog filma na stijenama košuljice cilindra su veliki specifični pritisci klipnih prstenova na radnu površinu, te visoka temperatura stijenki koja utječe na izmjenu potrebnog viskoziteta mazivog ulja. Visoki specifični pritisci klipnih prstenova izazivaju visoke vršne temperature kliznih površina koje izazivaju lokalna mikro zavarivanja. Trošenja uslijed adhezivnih djelovanja imaju veoma progresivan trend kao što je prikazano slika br. 4.



a oblik i područja koja se troše prikazuje crtež br. 5.



Slika 5.

Gorivo s pre niskim sadržajem sumpora također pridonosi istrošenjima uslijed adhezivnog djelovanja, jer se na košuljicama cilindra ne može formirati tvrdi zaštitni sloj koji sprječava direktni kontakt kliznih površina.



Slika 6.



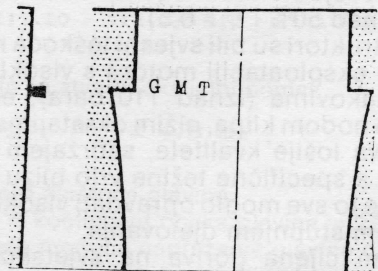
Slika 7.

Slika br. 6. — površina košuljice cilindra koja je istošena djelovanjem athezije pokazuje da se radi o vrlo progresivnom »ljuštenju« površine košuljice cilindra.

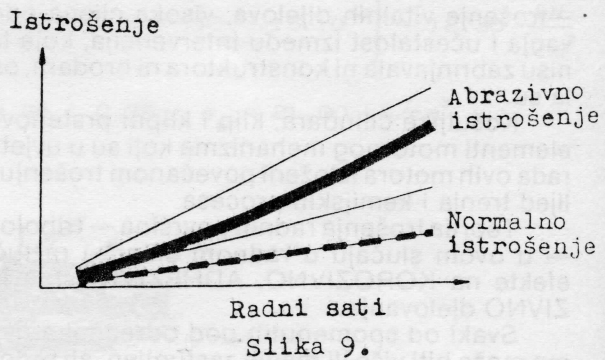
## ISTROŠENJA USLIJED ABRAZIJE

Najčešći uzročnik abrazije u radnom cilindru je uglavnom sadržaj krutih čestica (kao vanadija) u gorivu koji se uštrcava u cilindar.

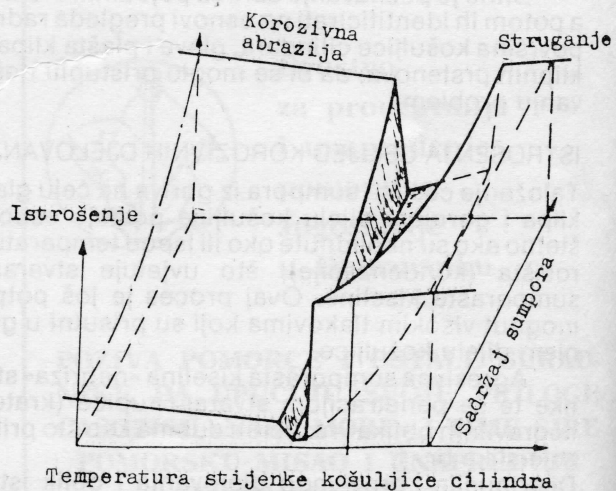
Također proizvod korozije djeluje kao sekundarni izazivač abrazije u vidu čestica vrlo fine granulacije koje djeluju kao brusna past između površina klipnih prstenova i košuljice cilindra. Forma istrošenja na košuljici cilindra je prepoznatljiva po vertikalnim paralelnim brazgotinama, slika br.7. Raspored djelovanja abrazije i njeno područje je prikazano kao na slici br. 8, a intezitet je prikazan na slici br. 9.



Slika 8.



Slika 9.



Trodimenzionalni dijagram

Slika 10.

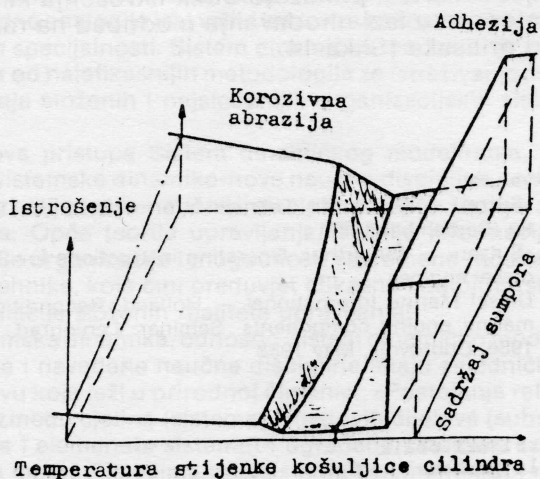
Da bi se smanjio primarni uzročnik abrazivnog djelovanja potrebno je maksimalnu pažnju posvetiti odstranjivanju krutih čestica koje su prisutne u gorivu — najprije u taložnim tankovima prirodnom sedimentacijom, a potom intenzivnim centrifugiranjem u separatorima uz regulaciju što manjeg protoka.

Ako bismo željeli pojave istrošenja košuljica cilindara prikazati u funkciji temperature stijenke cilindra, sadržaja sumpora i nastanka uvjeta adhezije možemo se poslužiti slijedećim trodimenzionalnim dijagramom (Slika 10).

Iz dijagrama se vidi da je kod nižih temperatura stijenki cilindra više zastupljeno korozivno istrošenje, dok rastom ono opada, a nastupa proces adhezivnog trošenja uslijed smanjenja uljnog klina i prekidanja uljnog filma.

Unutar ova dva temperaturana područja, postoji jedan prostor s niskim indeksom istrošenja gdje niti korozivno niti adhezivno trošenje nije naglašeno.

Povećavanjem sadržaja sumpora u gorivu kritična temperatura athezivnog trošenja dobija uzlazni trend, ali dodatnim poboljšavanjem svojstava cil. ulja (TBN) područje niskog indeksa trošenja znatno se produžuje, kao što ilustrira modificirani trodimenzionalni dijagram sl. br. 11.



Slika 11.

Modificirani trodimenzionalni dijagram sa produženim područjem niskog indeksa istrošenja stijenke cilindra

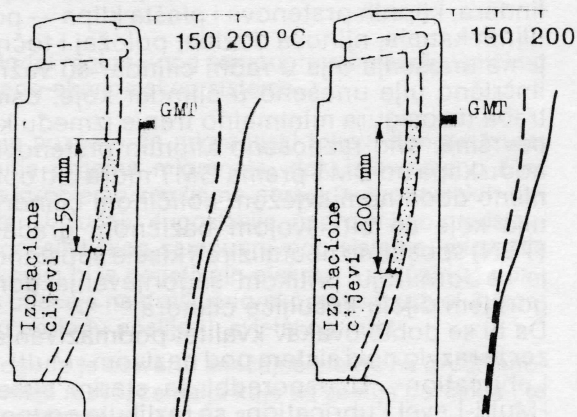
Doduše temperatura stijenki cilindra je promjenljiva veličina i u ovisnosti je od opterećenja motora, pa održavanje željene temperature stijenke košuljice mora biti zadatak posebno instaliranog upravljačkog sistema i modificirane izvedbe rashladnog prostora gornjeg dijela košuljice.

Kod diesel motora SULZER — RLA s obzirom na konstrukciju rashladnog prostora košuljice, temperatura stijenki gornjeg dijela je pri normalnom opterećenju ispod kritične točke gdje su stvoreni uvjeti nastanka korozivnog djelovanja.

Da vi se temperatura stijenki podigla iznad kritične (rosišta) SULZER preporuča ugradnju te-

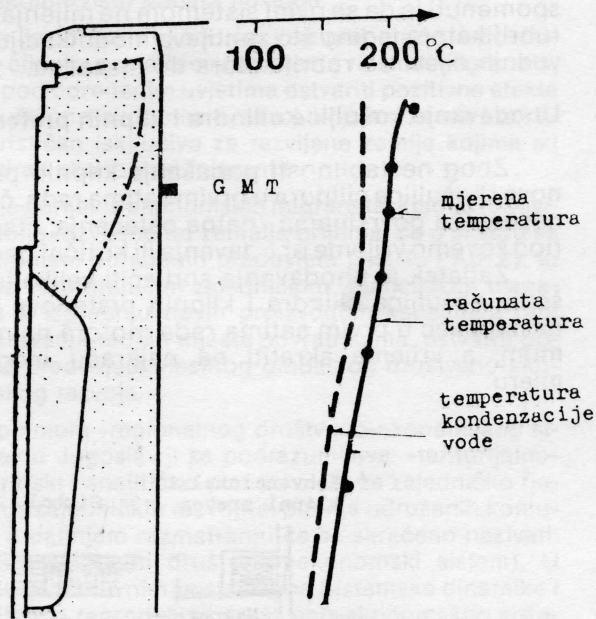
flonskih umetaka koji vrše funkciju toplinske izolacije (reduciraju prelaz topline) i prigušnice koja smanjuje količinu protoka rashladne vode.

Ispitivanjem rasprostiranja topline u košuljici cilindra u Sulzer-ovom laboratoriju proračunom je utvrđeno da se za određeni režim rada trebaju ugraditi u rashladne kanale izolacione cijevi određene dužine i na određenoj visini — kao što je prikazano slikom br. 12.



Ugrađivanje izolacionih cijevi u kanale za protok rashladne vode košuljice cilindra

Slika 12.



Usporedba između računate i mjerene temperature na stijenki košuljice cilindra

Ugradnjom izolacionih cijevi — podizanjem temperature gornjeg dijela košuljice treba da se osigura rad motora pri kojoj će stijenke biti uvijek iznad temperature rosišta (u ovom slučaju ne bi smjela biti ispod 180°C).

Kako se može pretpostaviti da iz ma kojih razloga ipak može doći do poremećaja u toplotnom toku, SULZER predviđa ugradnju senzora — mjeraca temperature, koji se postave na određenim mjestima, koji će pored alarma kritične temperature bilježiti na ekranu tok temperature za sve režima rada motora. (Liner Wall Temperature monitoring Equipment).

## Novi pristup tehnici podmazivanja košuljica cilindra

Raspoređivanje cilindričnog ulja na stijenku košuljice cilindra je jedan od presudnih faktora koji utječe na kakvoću podmazivanja, a time i na trošenje površina.

Da bi se osigurao dovoljno debeo uljni film koji će spriječiti direktan kontakt stijenki košuljice cilindra, klipnih prstenova i plašta klipa — položaj uljnih kanala, njihova dužina, položaj i točno vrijeme unošenja ulja u radni cilindar su važni. Cilindrično ulje unešeno u cilindar koje, osim što treba da osigura minimalno trenje između kliznih površina, ono raznošeno klipnim prstenovima u hodu klipa od DMT prema GMT mora biti oplemenjeno dodatnom svježom količinom cilindričnog ulja koje će biti svojom bazičnom gradacijom (TBN) sposobno neutralizirati kisele supstance koje se formiraju prilikom sagorijevanja goriva u gornjem dijelu košuljice cilindra.

Da bi se dobio ovakav kvalitet podmazivanja Sulzer je razvio novi sistem pod nazivom »Multi-Level Lubrication«. U usporedbi sa starijim sistemom »Multi-Level Lubrication« se razlikuje po tome što se njime unosi cilindrično ulje u dva reda uljnih kanala. U gornji red kanala razvodi se 30%, a u donji red kanala 70% od ukupne potrebne količine što znači da se ne mijenja ukupni kvantum. Za spomenuti je da se ovim sistemom ne mijenja broj rubrifikatora jedino što zahtijeva modifikaciju dovodnih cijevi od rubrifikatora do mazalica.

## Uhodavanje košuljice cilindra i klipnih prstenova

Zbog nestabilnosti ponašanja klipnih prstenova i košuljice cilindra u prvim satima rada, često nastaju na površinama znatna oštećenja, i taj period zovemo vrijeme uhođavanja ili kritični period.

Zadatak je uhođavanja spriječiti velika istrošenja košuljice cilindra i klipnih prstenova koja nastaju već u prvim satima rada motora na minimum, a vrijeme skratiti na najkraću moguću mjeru.

Pored upotreba specijalne vrste mineralnih ulja za vrijeme uhođavanja od osobite je važnosti kvalitet obrade kliznih površina košuljica cilindra i klipnih prstenova te njihov geometrijski oblik.

Sto su klizne površine glatkije, vrijeme uhođavanja je kraće, a time su i početna istrošenja u normalnim granicama. Visoki specifični pritisak klipnog prstena na stijenku košuljice obično nastaje uslijed nepravilnog nalijeganja na sjedište u utoru glave klipa koja se često izvitoperi radi nepravilnih termičkih dilatacija. Zbog nepravilnog oblika utora u glavi klipa, klipni prsten pritisnut tlakom plinova prema dolje naliježe na plaštu košuljice cilindra samo svojim gornjim bridom.

Pa kako su elastična sila klipnog prstena i tlak plinova koji razapire klipni prsten raspoređeni na malu dosjednu površinu, nastaju veliki specifični pritisci koji prekidaju uljni film na stijenci košuljice te dolazi do suhog trenja.

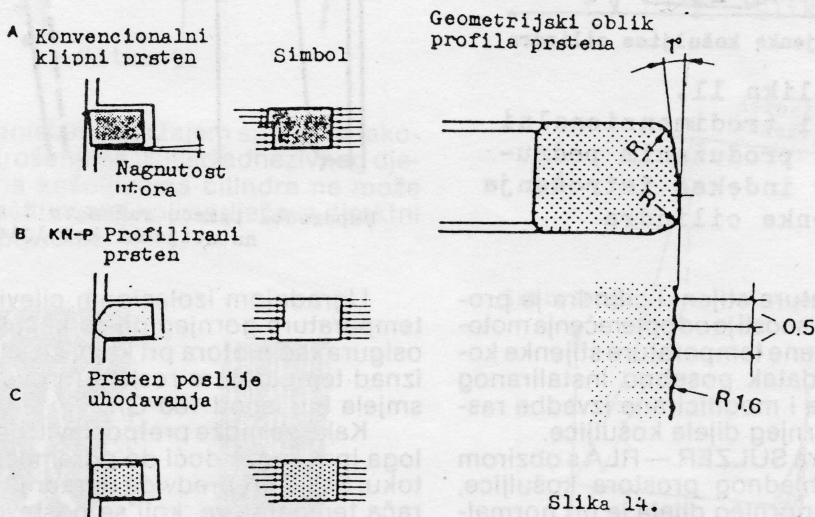
Ako je već jednom u početku nastupilo istrošenje ove prirode ono se kasnije progresivno nastavlja do krajnje faze oštećenosti.

Konstrukcijom Pre-Profiliranog klipnog prstena (KN — P) reduciran je specifični pritisak na stijenku košuljice cilindra na razumnju granicu i svojim geometrijskim oblikom omogućuje formiranje hidrodinamičkog uljnog klina između kliznih površina koji osigurava kratko vrijeme uhođavanja i pouzdan rad.

Slijedeći crteži prikazuju oblik istrošenja klipnih prstenova u fazi uhođavanja u odnosu na raspored pritisaka (Slika 14).

### Literatura:

1. »Sulzer« — Winterthur, Technical Information Diesel Bulletin (September 1987)
2. »Sulzer« — Winterthur, Operating instructions for Sulzer diesel engines
3. Diesel Marine International — Holland, Reconditioning marine engine components, Seminar: Leningrad, June 1986, Dubrovnik, May 1988



Slika 14.