

HODNOCENÍ POŠKOZENÍ CHLADÍCÍCH KROUŽKŮ DIESELGENERÁTORU 6ZL40/48 NA JE DUKOVANY

DAMAGE ASSESMENT OF THE COOLING INSERTS OF DIESELGENERATOR 6ZL40/48 AT NPP DUKOVANY

Miroslava Ernestová^{a)}, Miroslav Krpec^{a)}, Petr Brabec^{a)}, Dana Tonarová^{a)} a Zdeněk Čančura^{b)}

^{a)} ÚJV Řež, a. s., Hlavní 130, Řež, 250 68 Husinec

^{b)} ČEZ a. s., JE Dukovany

Abstrakt

Opakovaná poškození chladících kroužků koruny pístu DG (v 2013 a 2017) vyvolala program na hodnocení mikrostruktury, mechanických vlastností a ověření chemického složení materiálu poškozených i nepoškozených chladících kroužků za účelem stanovení příčiny poškození a doporučení pro provoz.

Abstract

Repeated damages of cooling inserts at DG piston crown in 2013 and 2017 lead to experimental program in UJV. Microstructure evaluation, mechanical properties measurement and chemical analysis were carried out on damaged and undamaged cooling inserts as well for to assess the root damage and to give recommendation for operation.

Úvod

Dieselgenerátory (DG) slouží na JE jako zálohy pro případ, že by elektrárna přišla o veškeré způsoby napájení. Nejsou tedy trvale v provozu, jejich připravenost k zálohování je pravidelně ověřována. DG typu 6ZL40/48 je řadový šestiválec s přeplňováním vzduchem o přetlaku 0,05 – 0,22 MPa.

Předmětem destruktivních UJV analýz byly 30 let provozované chladící kroužky havarované v roce 2013 (2QX/6) a 2017 (2QX/5), dále 30 let provozované nehavarované kroužky (2QX/3, 1QX/6) a jeden kus neprovozovaného kroužku pro srovnání (ND), tabulka 1 [1]. V ÚJV byly prováděny i nedestruktivní analýzy na dalších neprovozovaných chladících kroužcích za účelem stanovení typu použité litiny pomocí replik [1, 2].

Vzhled a funkce chladícího kroužku DG

Litinový chladící kroužek je součástí DG, šrouby M12 je přichycen ke koruně pístu a dalšími šrouby k horní kulové polovině pánve ustavené v plášti pístu (tabulka 1). Radiální otvory v kroužku umožňují odvod teplého oleje a chlazení komponenty. Vzhled kroužků je na obr. 1.

Destruktivní analýzy a použité metody hodnocení

Po základní vizuální prohlídce a fotodokumentaci byly kroužky podrobeny destruktivním analýzám za účelem ověření chemického složení jejich materiálů metodou optické emisní spektrometrie (OES), hodnocení mikrostruktury na metalografických výbrusech a stanovení mechanických vlastností. U chladícího kroužku havarovaného v roce 2017 byla provedena detailní vizuální kontrola doplněná o fraktografické hodnocení lomových ploch za účelem stanovení mechanismu poškození. Pro fraktografické hodnocení lomových ploch byl použit rastrovací elektronový mikroskop VEGA TS 5130 XM od firmy TESCAN.

Stanovení chemického složení

Složení materiálů bylo stanoveno metodou optické emisní spektrometrie. Upřesnění obsahu C a S bylo provedeno spalovací spektrometrickou metodou. Obsah naměřených hodnot chemických prvků je uveden v tabulce 2. Kroužky odpovídají svým chemickým složením materiálu litin s obsahem uhlíku v rozmezí 3,37 – 3,7 %.

Hodnocení mikrostruktury

Mikrostruktura litin byla hodnocena na metalografických výbrusech, obr. 2. Struktura poškozených kroužků 2QX/5 a 2QX/6 obsahuje grafit ve tvaru lupínků. Jedná se o litinu s lupínkovým grafitem (LLG). Mikrostruktura obou kroužků je převážně perlitická (85 – 92 %), místy byl patrný ferit (8 – 15 %). Kroužky se liší v obsahu grafitu (15,4 % u 2QX/5; 20,4 % u 2QX/6).

Struktura nepoškozeného kroužku 2QX/3 a struktura nového kroužku ND obsahuje převážně grafit ve tvaru červíků s menším zastoupením grafitu ve tvaru kuliček, v obou případech se jedná o vermikulární litinu s červíkovitým grafitem (LVG). Kroužek 2QX/3 obsahuje dokonale a nedokonale zrnitý grafit, kroužek ND obsahuje více nedokonale zrnitého než dokonale zrnitého grafitu. V naleptaném stavu (2QX/3) je patrna feriticko-perlitická struktura (80/20 %) s místy se vyskytujícími lamelárním perlitem a s velmi ojedinělou přítomností globulárního perlitu, popř. feritická struktura s množstvím perlitu pouze 2 % (ND).

Struktura chladicího kroužku 1QX/6 obsahuje kuličkový grafit (tvárná litina s kuličkovým grafitem, LKG). Ve struktuře převažuje nedokonale zrnitý grafit. Mikrostruktura je feriticko-perlitická s obsahem perlitu 20 – 30 %. Místy je patrný tzv. Chunky grafit (rozpadnutý grafit).

Mechanické vlastnosti

Tahové zkoušky za pokojové teploty byly provedeny na zkušebních tělesech (ZT) o \varnothing 4 mm, vyrobených z vyříznuté části každého kroužku ve směru osy kroužku. Mechanické zkoušky jednoznačně potvrdily nízkou mez pevnosti pro oba havarované chladicí kroužky 2QX/5 a 2QX/6 z LLG (< 100 MPa), střední mez pevnosti pro chladicí kroužky 2QX/3 a nový kus ND z LVG (250 – 350 MPa) a zvýšenou mez pevnosti pro chladicí kroužek 1QX/6 z LKG (480 MPa). Souhrn naměřených mechanických vlastností je v tabulce 3.

Chladicí kroužek je ke koruně pístu přichycen šrouby M12 (tabulka 1). Ze 2 nových a 2 provozovaných šroubů bylo vyrobeno po dvou ZT, z nejméně poškozeného šroubu chladicí vložky 2QX/5 havarované v 2017 bylo vyrobeno jedno ZT (tabulka 4). Mechanické zkoušky jednoznačně potvrdily vysokou mez pevnosti pro oba šrouby (provozovaný x neprovozovaný), (> 900 MPa). Mez pevnosti u šroubu z poškozené chladicí vložky 2QX/5 havarované v 2017 byla o cca 170 MPa nižší. Souhrn naměřených mechanických vlastností je v tabulce 4.

Fraktografické hodnocení lomových ploch

Fraktografické hodnocení bylo provedeno na lomových plochách poškozeného kroužku 2QX/5 a na poškozeném šroubu M12. Lomové plochy kroužku kolmé na osu kroužku a procházející otvory pro odvod teplého oleje byly mechanicky zhmožděné. Morfologie lomu obsahovala znaky transkrystalického štěpného porušení s občasným výskytem interkrystalického lomu, byla patrna štěpnost zrn lupínkového grafitu. Z lomové plochy šroubu je patrné, že k poškození šroubů došlo pravděpodobně torzí (krutem). V detailu je viditelné tvárné poškození charakteristické přítomností důlků, ukazující na poškození šroubů náhlým přetížením. Ani v jednom případě nebyly nalezeny znaky únavového poškození.

Závěr

Metalografické hodnocení, provedené destruktivní metodou na chladících kroužcích DG, ukázalo použití nevyhovující litiny s lupínkovým grafitem u obou havarovaných kroužků. Mechanické zkoušky potvrdily nízkou mez pevnosti v tahu u této litiny. Další chladící kroužky byly vyrobeny z vermikulární litiny s červíkovitým grafitem a z tvárné litiny s kuličkovým grafitem, obě tyto litiny vykazují výrazně vyšší mez pevnosti.

Pro ověření mikrostruktury materiálu chladících vložek bez nutnosti destruktivního zásahu byl v ÚJV stanoven pracovní postup odběru tzv. metalografických replik. Tato metoda umožňuje bez porušení integrity chladící vložky stanovit, jedná-li se o litinu s lupínkovým grafitem jako u havarovaných vložek.

Literatura

- [1] Krpec, M., Ernestová, M., Brabec, P., Tonarová, D. (2018): *Hodnocení mikrostruktury, mechanických vlastností a chemického složení chladících vložek z DG 6ZL40/48 EDU*, zpráva ÚJV DITI 2302/547.
- [2] Brabec, P., Tonarová, D. (2018): *Využití metalografických replik při nedestruktivní identifikaci materiálu chladících kroužků pro dieselgenerátory JĚ Dukovany*. Sborník 13. konference Zvyšování životnosti komponent energetických zařízení v elektrárnách, str. 167-170.

Tabulka 1: Seznam chladících kroužků pro destruktivní analýzy, vzhled koruny a kroužku

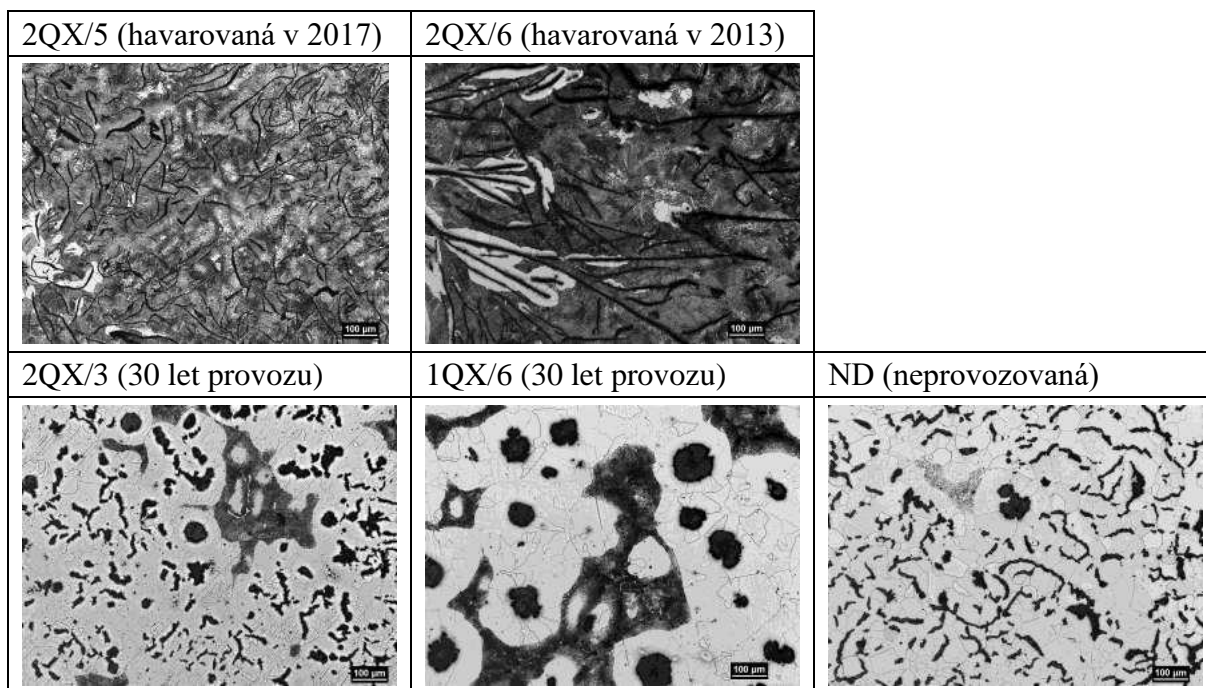
Kroužek č.	Počet let v provozu
2QX/3	30
2QX/5	30 – havarovaný (2017)
2QX/6	30 – havarovaný (2013)
1QX/6	30
ND	bez použití



Obr. 1: Vzhled chladícího kroužku (a, b – nepoškozeného, c – poškozeného)

Tabulka 2: Chemické složení materiálu chladících kroužků (OES)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Cu	Mg	Ti	V
2QX/3	3,60	1,83	0,124	0,023	0,018	0,048	0,003	0,020	0,015	0,034	0,014	0,015	0,014
2QX/5	3,70	1,65	0,173	0,052	0,047	0,065	0,003	0,016	0,007	0,043	0,005	0,017	0,016
2QX/6	3,71	1,70	0,127	0,027	0,037	0,043	0,003	0,014	0,008	0,045	0,006	0,010	0,013
1QX/6	3,37	2,48	0,199	0,023	0,004	0,067	0,003	0,035	0,016	0,045	0,018	0,035	0,017
ND	3,78	1,90	0,083	0,010	0,010	0,031	0,003	0,015	0,015	0,013	0,007	0,005	0,011




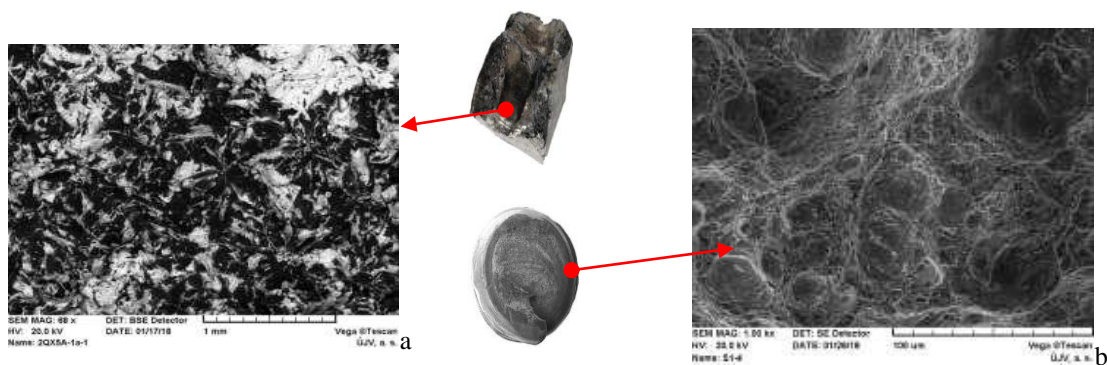
Obr. 2: Mikrostruktura chladících kroužků

Tabulka 3: Mechanické zkoušky – chladící kroužky

Kroužek č.	Počet let v provozu	Litina	R_m (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A (%)
2QX/3	30	LVG	326	260	4
2QX/5	30 – havarovaný (2017)	LLG	89	-	<1
2QX/6	30 – havarovaný (2013)	LLG	98	-	<1
1QX/6	30	LKG	481	350	16
ND	bez použití	LVG	247	200	5

Tabulka 4: Mechanické zkoušky – šrouby

Šroub M12	R_m (MPa)	$R_{p0,2}$ (MPa)	A (%)	
nový	963	880	15	
provozovaný	957	810	16	
provozovaný – z chladícího kroužku 2QX/5 havarovaného v 2017 (30 let provozu)	782	585	20	



Obr. 3: Lomová plocha havarovaného kroužku 2QX/5 (a), lomová plocha šroubů M12 (b)