

## ПРОБЛЕМИ С НИСКОТЕМПЕРАТУРНАТА КОРОЗИЯ ПРИ КОРАБНИТЕ ТУРБОКОМПРЕСОРНИ АГРЕГАТИ

### PROBLEMS WITH THE LOW TEMPERATURE CORROSION ON THE MARINE TURBOCHARGERS

доц. д-р инж. Йосифов Й. Н.<sup>1</sup> инж. Христов Д. Д.<sup>2</sup>  
Трансървиз – Т<sup>1</sup>; ВВМУ „Н.Й. Вапцаров“ – Варна<sup>2</sup>

E-mail: trans-t@vega.bg<sup>\*</sup>; d.hristov@nvna.eu

*Извършеното от авторите литературно проучване показва, че има само няколко случая, в които се разглеждат въпроси свързани с нискотемпературната корозия при корабните турбокомпресорни агрегати. Обикновено се акцентира върху високотемпературната корозия. В публикацията авторите разглеждат случай от своята практика свързан с нискотемпературна корозия при корпусите и турбинните колела на турбокомпресорни агрегати NR20/R, монтирани на главните двигатели 6T23LU на м/к „Бриз“. Извършен е анализ на причината за тази корозия и действията на сервизния персонал при създадалата се ситуация.*

*There are a few cases of marine turbochargers low temperature corrosion investigated. Generally, the focus of the researches is on the high temperature corrosion seen on the marine turbochargers. In this publication, the authors focus on the low temperature corrosion of the turbine rotors and the gas casings of the turbochargers NR20/R on which they have maintenance carried out. The turbochargers were mounted to the both main engines 6T23LU of m/v "Briz". The reasons for the low temperature corrosion in this case were analyzed. The actions taken by the servicing personnel were described.*

**КЛЮЧОВИ ДУМИ: ТУРБОКОМПРЕСОРЕН АГРЕГАТ, НИСКОТЕМПЕРАТУРНА КОРОЗИЯ,  
ПРЕВЕНЦИЯ НА НИСКОТЕМПЕРАТУРНА КОРОЗИЯ**

#### 1 Увод

В настоящата публикация се разглежда реален случай на ниско температурна корозия при ТКА NR 20/R на главните двигатели на кораба „Бриз“ построен през 1987г. за превоз на насипни товари. През 2007г. българска фирма закупува кораба от чужд корабособственик след няколко годишен престой в района на делтата на река Дунав. Корабът влиза за преустройство първоначално в КРЗ „ТЕРЕМ“ Варна, като в последствие довършителните работи са извършени във „Варненска корабостроителница“. Той е преоборудван за газовоз, като са монтирани четири резервоара за втечен газ. По време на преустройството е взето решение да се направи основен ремонт на двигателите и турбокомпресорните агрегати/ТКА/.

#### 2 Резултати дискусия

Корабът „Бриз“ е построен през 1987г, дължината му е 88m, ширината му е 12m има GT 2083 ton и товароносимост 1272 ton. Главните му двигатели са два 6T23LU с  $D_{цил}=225\text{mm}$ ,  $S_{б\ddot{y}т}=300\text{mm}$ ; MCR – 460kW при  $800\text{min}^{-1}$ . Те са били оборудвани с ТКА NR20/R на фирмата MAN/фиг.1/.

фигура 1



Двигател 6T23LU с ТКА NR20/R

Максималните параметри в работния диапазон на тези ТКА са :

$$\pi_{к\ddot{y}ма\ddot{x}} = 4,0; n_{ма\ddot{x}} = 44000\text{ min}^{-1}, G_{air} = 1.08 - 2.45\text{ m}^3/\text{s}$$

Схема на ТКА NR 20/R е показана на фигура 2.

фигура 2

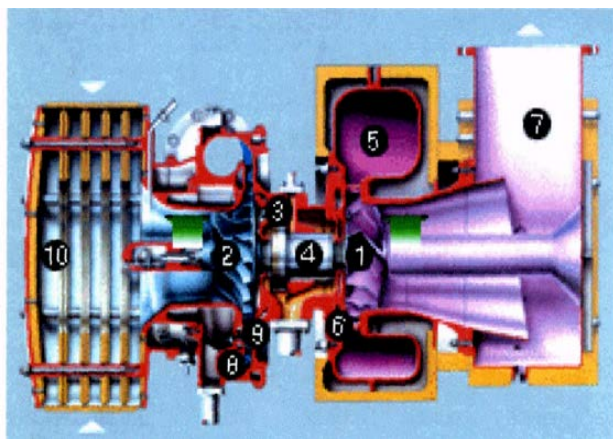


Схема на TKA NR 20/R

Основните части са :

1-радиално турбинно колело; 2-компресорно колело; 3-лагерен корпус; 4-плъзгащи радиални лагерни втулки; 5-газоподвеждащ корпус; 6-дюзов апарат; 7-газоотвеждаща част с дифузор; 8-спираловидна въздухоотвеждаща част; 9-лопачъчен дифузор; 10-шумозаглушител

Турбокомпресорните агрегати NR/R са с вътрешно разположени между компресорното и турбинното колела плъзгащи лагерни втулки. Газовите и лагерния корпус са неохладяеми, което гарантира висок КПД, при добра надеждност в експлоатация и минимален брой основни части. Компресорната част е центробежна, а турбинната радиално центростремителна. Двигателите конструктивно са пригодени за работа на леко и тежко гориво.

По време на преустройството, ремонта на турбокомпресорните агрегати е възложен на фирмата „Трансервиз – Т“. По първоначална информация ДВГ са експлоатирани на дизелово гориво. Турбокомпресорните агрегати са демонтирани и транспортирани в сервиз, където са разглобени по детайли. При извършения предварителен оглед на корпусите и роторите са открити значителни отлагания по турбинните колела и корпусите /фиг.3,4/, а така също следи от корозия при последните.

фигура 3



Турбинно колело

фигура 3



Корпус на TKA

Корозията по корпусите е изглеждала логична с оглед на материала, от който са изработени – модифициран чугун. След бластирането се оказва, че газоотвеждащия корпус и роторите са с дълбоки повърхностни корозионни повреди / фигура5. и 6/.

фигура 4



Корпус с корозионни повреди

фигура 5



Турбинно колело с корозионни язви

Докато корозията при корпусите първоначално се приема за обяснима, то тази при турбинните колела е била изненада, тъй като те са изработени от лигирана стомана и при първоначалното твърдение на обслужващия персонал, че двигателите са работили на леко гориво не е имало обяснение за нея.

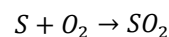
По време на демонтажа на ТКА, на специалистите прави впечатление наличието на топлообменни апарати свързани с горивната система, без обосновано предназначение. След внимателно разглеждане под увеличение на пораженията по турбинните колела, възниква съмнение относно експлоатацията в годините преди продължителното извеждане от експлоатация на ДВГ на леко гориво.

След основен преглед на наличната документация на борда оставена от предния корабособственик се установява, че двигателите са работили на тежко гориво и непосредствено преди продажбата са подготвени за работа само на леко гориво. Независимо от експлоатацията на тежко гориво, би следвало високотемпературната корозия да не е причина за пораженията. Авторите си задават въпроса, дори при работа на тежко гориво с повишено съдържание на сяра е ли логично да има корозия при условие, че съгласно

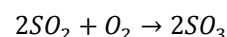
записите в машинния дневник температурите на газовете не са били по-високи от 360-380 °С? Условието за протичане на високотемпературна корозия са наличието във горивото на Na, Va и задължително висока температура на изходящите газове - над 550°С[1]. Режимите на работа на турбините отхвърлят възможността за достигане на такива температури на изходящите газове. Възниква въпроса на какво се дължи повърхностното разрушаване на турбинното колело, след като е отхвърлена високотемпературната корозия като причинител?

Извършеното литературно проучване показва наличието на оскъдна информация за нискотемпературна корозия по турбокомпресорните агрегати. Това наложи вниманието да бъде насочено към уточняване на същността на този тип корозия.

Условието за протичане на нискотемпературна корозия се срещат при използване на тежки горива с високо съдържание на сяра, вода и механични примеси. При попадане на отлагания върху метална повърхност, сярата се окислява до серен диоксид.

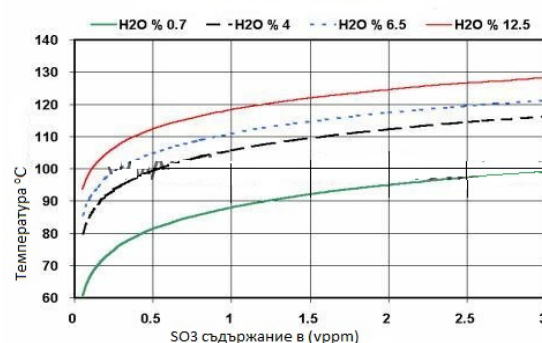


Той е неустойчиво съединение и част от него се окислява до серен три оксид



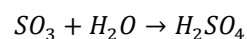
Известно е, че серният триоксид активно реагира с водните пари, съдържащи се в изходящите газове, като образува сярна киселина. Наличието в изходящите газове на пари на сялната киселина от своя страна води до повишаване на температурата на точката на росата. Гранична се явява температурата на точката на росата на сярна киселина в изходящите газове при по-висока относителна влажност на въздуха - фиг.7.

фигура 6



Повишаване температурата на точката на росата в изходящите газове в зависимост от влажността и съдържанието им на серен три оксид.

При температури от порядъка под 130 °С и във влажна среда, неминуемо се стига до образуване на кондензирана сярна киселина по стените на конструктивните елементи[4].





При температура на елементите на ТКА в турбинна част, по-ниска от точката на росата, по тях се образува сярна киселина, която взаимодейства с металните повърхности на компонентите и се получават характерните поражения от ниско температурна корозия.[2]

Посоченото е механизма на ниско температурната корозия по време на експлоатация, която се наблюдава най-често при корабните утилизационни котли.

От посоченото в началните редове става ясно, че всички условия за протичането на ниско температурна корозия са били на лице в конкретния случай на кораба „Бриз“. Двигателите са работили на тежко гориво, след спирането на кораба, ТКА не са били почистени и консервирани, а са оставени с отлаганията продължително време във влажна среда, т.е. на лице са били всички условия за протичането на по-горе посочените процеси.

Язвените разрушения по роторите бяха на площ над 30% с дълбочина на поражение от 0,5-0,8 mm.

Причината за по-дълбоките язви по корпусите е материалът за изработката им – чугун, който е по-слабо устойчив на подобна корозия.

По време на ремонта на кораба, поради техническа и финансова невъзможност да бъдат доставени нови ротори, корабособственика настоява да се извърши ремонт на съществуващите. Отхвърлен е и варианта за напластяване, поради рисковете които крие и е прието предложението роторите да бъдат прецизно динамично балансирани съгласно изискванията на производителя. По време на ремонта се сменят само лагерните втулки. Корабът в продължение на три години успешно се експлоатира като са изработени над 12 000 часа без проблеми.

Новото състояние на работа на ТКА с тези корозионни разрушения води до влошено КПД на турбинната част на ТКА и като цяло влошава съгласно [3] КПД на целия турбокомпресорен агрегат до 5-6%. Преразхода на гориво за една експлоатационна година и цената на горивото около 500 \$ за тон оправдават замяната на ТКА с нов по-ефективен модел. По желание на корабособственика и тенденцията за експлоатация на кораба, е решено ТКА да бъдат заменени с нови. Интересно е, че при контролното отваряне на ТКА по време на извършването на смяната им с нови /“retrofit“/ се установи, че лагерните възли са в идеално техническо състояние и, че допълнително поражения по корпусите и роторите няма. Посоченото може да се обясни с извършеното динамично балансиране и работата на двигателите на леко гориво. Интересно е да се отбележи, че в този период е имало случаи на работа на кораба в плитки води и ледова обстановка, т.е. в режими на увеличени динамични натоварвания за лагерните възли. При посочените условия не е наблюдавана и неустойчива работа /помпаж/ на ТКА.

### 3. Заключение

3.1 Може да се отбележи, че това е първият материал, акцентиращ върху въпроса за нискотемпературната корозия при корабните ТКА у нас. Той е и един от малкото, които могат да се открият в литературните източници.

3.2 В подобна ситуация, проблема с корозионните разрушения по роторите на ТКА може да бъде решен с прецизния им балансиране.

3.3 Въпросът с нискотемпературната корозия е изключително важен за кораби, чиито двигатели работят на частични режими (slow steam) при използване на високо сернисти горива. Това съчетано с извеждане от експлоатация на кораба, може да създаде поредица от проблеми в това число и върху ТКА.

3.4. Важно за корабните механици е да знаят, че задължително при спиране за повече от шест месеца на кораба е необходимо да се консервират ТКА. А при възможност, за предпочитане е те да се снемат на брега за съхранение при по-благоприятни условия.

3.5. При продължително висока цена на горивото и възможност на корабособственика е оправдана смяната на ТКА с по-модерен такъв. Това трябва да се прави на база прецизен икономически анализ.

### 4. Литература

1. S.Bludszweit, H.Jungmichel, B. Buchholz;; K. Prescher, H. G. Büniger; Mechanisms of high temperature corrosion in turbochargers of modern four-stroke marine engines; Motoren und Energietechnik GmbH, Universität Rostock, Institut für Energie und Umwelttechnik, Motor Ship Conference 2000
2. Doug Woodyard; Pounder's Marine Diesel Engines and Gas Turbines; ISBN 978-0-7506-8984-7
3. Межерицкий А.Д. Турбокомпрессоры судовых дизелей. JL: Судостроение, 1971.
4. Philippe Marcus; Corrosion Mechanisms in Theory and Practice, Third Edition