

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ, МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ И МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАЗОПРИЕМНЫХ КОРПУСОВ И СОПЛОВЫХ АППАРАТОВ ТУРБОНАДДУВОЧНЫХ АГРЕГАТОВ С РАДИАЛЬНО-ОСЕВОЙ ТУРБИНОЙ

Н.И. Николаев, проф., Ф.М. Березовский, проф., А.И. Епихин, аспирант НГМА

Рассматриваются характерные неисправности турбонаддувочных агрегатов типа NR (MAN B&W) и RR (ABB) судовых дизелей, связанные с эксплуатацией на тяжелых сортах топлива. Выполнено исследование химических, металлографических и механических свойств газоприемных корпусов и сопловых аппаратов турбонаддувочных агрегатов. Результаты исследования сравниваются с рекомендуемыми изготовителями характеристиками.

В настоящее время в составе энергетических установок большинства судов промыслового и морского флота в качестве главных и вспомогательных двигателей применяются дизели с наддувом. От эффективности и надежности работы турбонаддувочных агрегатов (ТНА) во многом зависят технико-экономические показатели и надежность всей силовой установки. Снижение КПД агрегатов наддува, любые изменения его технического состояния неизбежно влекут за собой изменения параметров продувочного воздуха и эффективности работы дизеля. Современные дизели часто эксплуатируются на тяжелых топливах вязкостью 180–380 сСт и более, что, несомненно, оказывает заметное влияние на работу как самого дизеля, так и ТНА.

Фирмы-изготовители в своих отчетах заявляют о высокой надежности ТНА и их элементов (газоприемных корпусов, лопаточного аппарата, ротора и подшипников) в период эксплуатации, равный 32 000 ч [1]. Однако, как показал опыт эксплуатации ТНА с радиально-осевой турбиной на судах ряда компаний, уже при наработке 2–10 тыс. ч появляются отказы и повреждения элементов ТНА, зачастую весьма серьезные [2, 3]. Неисправности проявляются в виде нарушения геометрии лопаточного аппарата (рис. 1) и ограничивающих поверхностей турбины, появление «щели» в газоприемном корпусе турбины (рис. 2), ускоренного износа подшипников и т. д.

В процессе исследования был проведен химический анализ, исследование микроструктуры и определение твердости двух газоприемных корпусов (с лопаточным и безлопаточным направляющим аппаратом) и соплового аппарата турбины ТНА. Образец № 1 от газоприемного корпуса ТНА фирмы АВВ типа RR с безлопаточным направляющим аппаратом; образец № 2 от газоприемного корпуса ТНА фирмы MAN B&W типа NR с сопловым направляющим аппаратом и образец № 3 от соплового аппарата ТНА типа NR.



Рис. 1. Повреждение соплового аппарата ТНА типа NR

Химический анализ образцов был выполнен спектральным методом по программе CHU-GUN и ST в режиме РА по трем прожигам на каждом образце с определением среднего значения полученных данных. Исследование микроструктуры образцов было осуществлено на шлифах, травленных 4%-ным раствором HNO_3 при 100- и 500-кратном увеличении на микроскопе Carl Zeiss Vision. Твердость исследуемых образцов определялась по методу Бринелля с помощью прибора TLL 2 (ГОСТ 9012-59).

Анализ химического состава и структуры образцов № 1 и 2 исследуемых корпусов ТНА показал, что они изготовлены из серого чугуна с шаровидной формой графита. При этом имеются отклонения по содержанию некоторых

химических элементов от спецификационных характеристик. Так, для образца № 1 от корпуса ТНА типа RR с безлопаточным направляющим аппаратом содержание кремния Si превышено на 0,68 %, содержание хрома Cr ниже на 0,22 %, а содержание никеля Ni — на 0,7 %; кроме того, наблюдается присутствие большого количества молибдена Mo — 0,76 % (табл. 1). Структура состоит из шаровидного графита правильной формы. Металлическая матрица — ферритная, с содержанием 96,4 % феррита и 3,6 % перлита (рис. 3).

Твердость образца № 1 составляет HB200–220. Сравнение с рекомендуемым значением (HB230) показывает, что по твердости он соответствует спецификационным характеристикам фирмы-изготовителя (ABB).

У образца № 2 от корпуса ТНА типа NR с сопловым направляющим аппаратом также наблюдается отклонение содержания химических элементов от спецификационных характеристик. Содержание углерода C превышено на

0,3 %, в то время как содержание Cr и Ni занижено на 0,21 и 0,74 % соответственно. Молибден, в отличие от образца № 1, отсутствует (табл. 1). Структура состоит из шаровидного графита. Металлическая матрица содержит 91,7 % феррита и 8,3 % перлита (рис. 4).

Твердость образца № 2 составляет HB180.

Данные по химическому составу и структуре нетравленного шлифа образца № 3 от соплового аппарата ТНА типа NR свидетельствуют о том, что сопловый аппарат изготовлен из хромо-никель-молибденовой стали аустенитного класса (табл. 1, рис. 5) с твердостью HB100. По химическому составу образец № 3 может соответствовать стали марки 25X15H26M5Г2.

Проведенные исследования показывают:

- низкое содержание Cr и Ni в исследуемых корпусах ТНА могут способствовать снижению механических свойств чугуна;
- корпуса ТНА изготовлены из высокопрочного чугуна с шаровидной формой графита. При этом у газоприемного корпуса ТНА типа RR

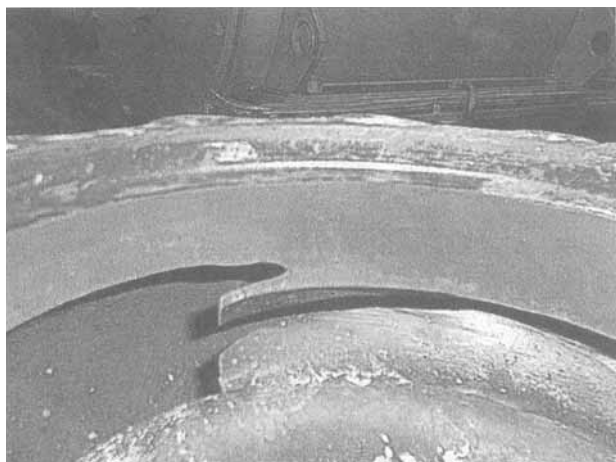


Рис. 2. Дефект в виде «щели» в газоприемном корпусе турбины ТНА типа RR

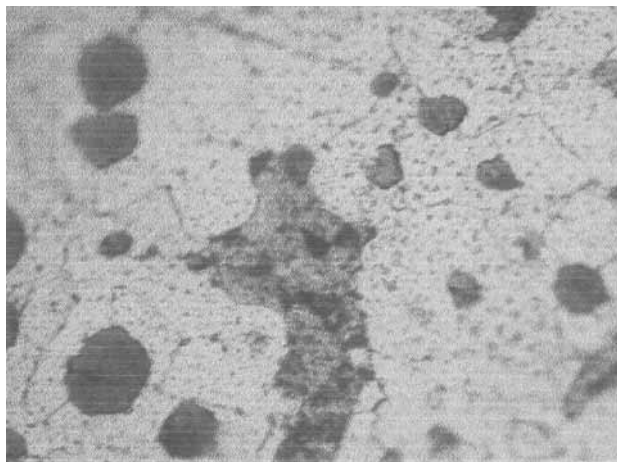


Рис. 4. Микроструктура материала газоприемного корпуса ТНА типа NR при 500-кратном увеличении

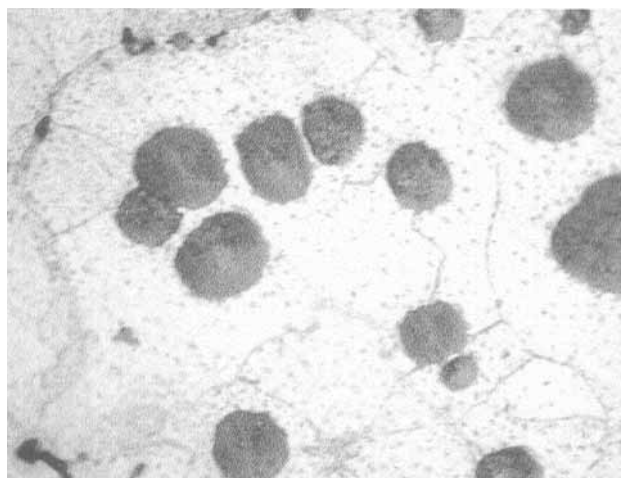


Рис. 3. Микроструктура материала газоприемного корпуса ТНА типа RR при 500-кратном увеличении.

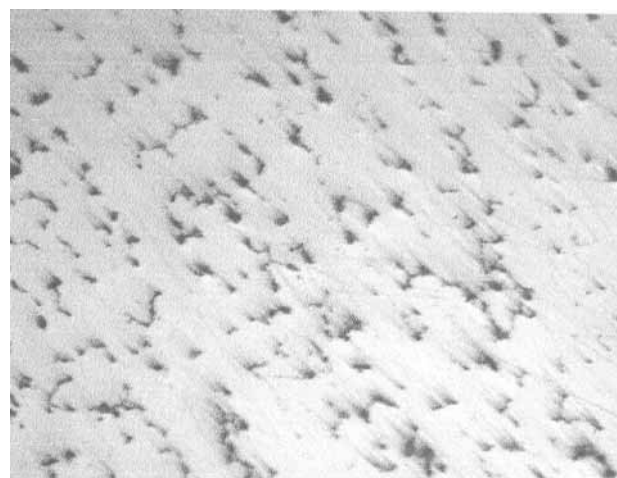


Рис. 5. Микроструктура материала соплового аппарата ТНА типа NR при 500-кратном увеличении

Таблица 1

| № п/п | Номер образца, наименование детали, твердость НВ | Химические элементы | Содержание химических элементов, % | | |
|-------|--|---------------------|---|------------------------------------|-----------------------------------|
| | | | По данным АВВ (спецификационные характеристики) | По результатам данных исследования | Стандарт РФ для чугуна НВ 140–200 |
| 1 | Образец № 1, корпус ТНА типа RRHB 230 | P | н/д | 0,0363 | < 0,1 |
| | | Mo | н/д | 0,776 | — |
| | | C | н/д | 3,68 | 3,6 |
| | | Cr | 0,2–0,3 | < 0,02 | 0,1 |
| | | V | н/д | 0,003 | — |
| | | Si | 1,7–2,2 | 2,88 | 2,4 |
| | | Ni | 0,6–0,9 | 0,05 | — |
| | | Sb | н/д | 0,009 | — |
| | | Mn | н/д | 0,14 | < 0,4 |
| | | Cu | н/д | < 0,02 | — |
| | | Mg | н/д | 0,003 | — |
| | | S | н/д | < 0,004 | 0,02 |
| | | Ti | н/д | 0,009 | — |
| B | н/д | 0,004 | — | | |
| 2 | Образец № 2, корпус ТНА типа NRHB 180 | P | н/д | 0,0245 | < 0,1 |
| | | Mo | н/д | < 0,01 | — |
| | | C | н/д | 3,9 | 3,6 |
| | | Cr | 0,2–0,3 | 0,04 | 0,1 |
| | | V | н/д | 0,004 | — |
| | | Si | 1,7–2,2 | 1,85 | 2,4 |
| | | Ni | 0,6–0,9 | 0,01 | — |
| | | Sb | н/д | 0,007 | — |
| | | Mn | н/д | 0,21 | < 0,4 |
| | | Cu | н/д | 0,04 | — |
| | | Mg | н/д | < 0,001 | — |
| | | S | н/д | < 0,004 | 0,02 |
| | | Ti | н/д | 0,009 | — |
| B | н/д | 0,002 | — | | |
| 3 | Образец № 3, сопловый аппарат ТНА типа NR | P | н/д | 0,0338 | |
| | | Mo | н/д | 5,266 | |
| | | C | н/д | 0,251 | |
| | | Cr | н/д | 15,650 | |
| | | V | н/д | 0,109 | |
| | | Si | н/д | 1,030 | |
| | | Ni | н/д | 26,581 | |
| | | Mn | н/д | 2,199 | |
| | | S | н/д | > 0,120 | |

(образец № 1) металлическая матрица состоит из феррита, а у газоприемного корпуса ТНА типа NR (образец № 2) — из феррита и 8% перлита, что, на наш взгляд, является нарушением требуемой структуры, которая должна состоять из перлитной металлической матрицы и включений шаровидного графита с твердостью не менее HB230–250;

- корпус ТНА фирмы АВВ типа RR с безлопаточным направляющим аппаратом должен быть изготовлен из высокопрочного чугуна, имеющего структуру, состоящую из перлитной и сорбитной металлической матрицы и включений шаровидного графита, при этом наличие феррита не допускается. В этом случае твердость корпуса должна находиться в пределах HB230–270;

- сопловый аппарат турбины ТНА типа NR (образец № 3), изготовленный из стали аусте-

нитного класса марки 25X15H26M5Г2 твердостью HB менее 100, на наш взгляд, не соответствует условиям эксплуатации, поскольку материал изготовлен из высоколегированной аустенитной жаростойкой стали. Для условий работы данного соплового аппарата ТНА типа NR необходимо применение умеренно легированной жаростойкой стали типа силхрома марки 40X9C2, которая обладает достаточной жаростойкостью и при этом довольно хорошей износостойкостью;

- для разработки мероприятий по «местному» упрочнению деталей ТНА (газоприемных корпусов, сопловых аппаратов) в областях интенсивного износа необходимо выполнить аэродинамические расчеты этих деталей с учетом наличия твердых взвешенных частиц в продуктах сгорания и выбрать технологию для повышения износостойкости.

Литература

1. MAN B&W. Radial Turbochargers 32000 Hours in HFO operation. Onboard Interim Report. Status: AVT-06 / 95.— P. 5.

2. Николаев Н.И. и др. Характерные неисправности и отказы газотурбонагнетателей с радиальной турбиной судовых дизель-генераторов // Морской

транспорт. Серия Техническая эксплуатация флота и судоремонт: ЭИ. —М. 2002. Вып. 4 (916). — С. 1–6.

3. Ципленкин Г.Е., Дейч Р.С. Обзор докладов по турбокомпрессорам. //Двигателестроение. — № 4.— 2001. — С. 55–59.

Ї ĐĀĀĒĀĀĀĀĪ ĐĀÇĪ ĀÛ ĀĪ ĒĀ ĐĀĒĒĀĪ Ū.

Ī ĐĒĀĪ ĐĒĐĪ ĀĪ ×Ī ŪĀ ĐĀĐĒŌŪ

| | | |
|--|--------------|-----------|
| Первая страница обложки | Полноцветная | 8000 руб. |
| Вторая и третья страницы обложки | Полноцветная | 5000 руб. |
| Четвертая страница обложки | Полноцветная | 6000 руб. |
| Внутри журнала из расчета одна страница формата А4 | Полноцветная | 5000 руб. |
| | Черно-белая | 2500 руб. |