

**О результатах специального исследования двигателя
ТВЗ-117ВМ вертолета Ми-8АМТ RA-22429**

**Авиарегистра России, А.А.Тушенцов, А.А.Шанявский,
А.П.Солдатенков, М.А.Солдатенкова, С.В.Ростовцев,
М.Г.Борисов**

23 февраля 2024 на вертолете Ми-8АМТ RA-22429 АО «ЮТэйр-Вертолетные услуги» при выполнении рейса по маршруту Мирный – Карьер №2 в горизонтальном полете произошло загорание табло «СТРУЖКА ЛЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ».

Двигатель ТВ3-117ВМ № 3877882002065 выпуска 21.06.2010 АО «Мотор-Сич» наработал с начала эксплуатации 6192 часа 54 минуты, в том числе 1291 час 30 мин после последнего 3-го ремонта, произведенного 30.12.2021 на АО «УЗГА».

Вид исследованного двигателя и его номер



В результате разборки и оценки технического состояния двигателя ТВЗ-117ВМ № 3877882002065 установлено.

Узлы двигателя: входной направляющий аппарат, лопатки ротора и статора компрессора, лопатки турбины компрессора, лопатки свободной турбины, а также подшипники I-III и V опор находятся в удовлетворительном техническом состоянии.

Причиной срабатывания сигнализации «Стружка левый двигатель» явилось разрушение подшипника 35-126218Р инд. № 147г IV опоры (первая опора свободной турбины).

Вид шарикового подшипника, поступившего на исследование



Вид (а) начального и (б) на всю дорожку качения усталостного
выкрашивания



а



б

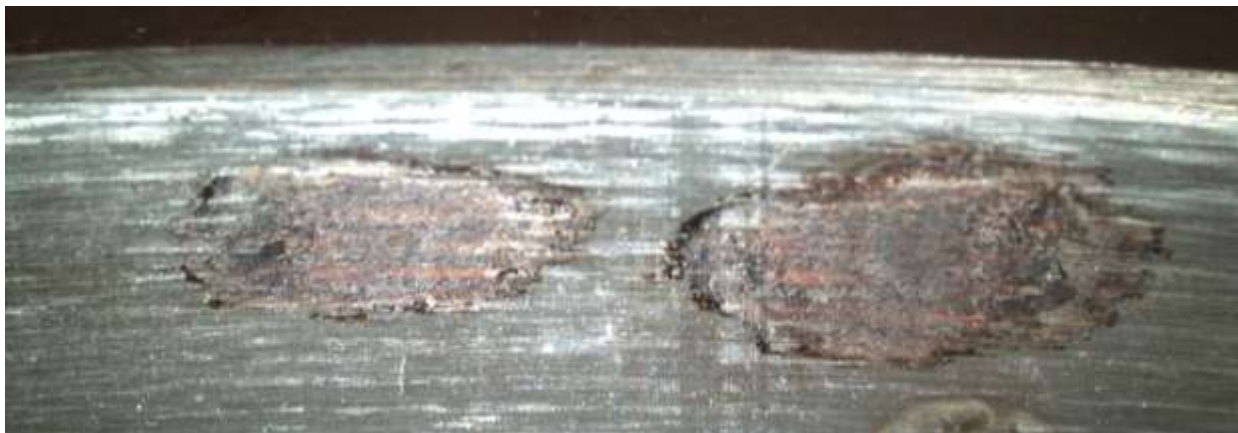
Наружное кольцо подшипника имеет выкрашивание материала дорожки качения в двух местах, на всю ширину дорожки, и два участка с начальной стадией выкрашивания, на которых имеются первоначальные поперечные трещины, а также на всей поверхности дорожки качения имеются микросколы и намины вследствие попадания частиц выкрашенного материала под тела качения. Выкрашивание материала дорожки качения кратно с шагом сепаратора. На боковых поверхностях наружного кольца присутствуют следы фреттинг-коррозии

Внутренние полукольца подшипника имеют маркировку номера 35-126218Р по ЕТУ-100 инд. № 147 – противобазовое кольцо и 35-126218 по ЕТУ-100 инд. № 147Г, помеченное галочкой "V" - базовое кольцо (рис. 7). На дорожках качения обоих полуколец по всей окружности имеются частичное выкрашивание материала, микросколы материала, вмятины (намины) и следы проскальзывания шариков. На внутренней стороне полуколец следы фреттинг-коррозии.

Следы проскальзывания и фреттинг-коррозия на дорожке качения притивобазового внутреннего полукольца



Вид на внутреннюю поверхность полуколец подшипника
35-126218Р индивидуальный № 147Г со следами фреттинг-
коррозии: а – базовое полукольцо подшипника; б – противобазовое
полукольцо подшипника



а



б

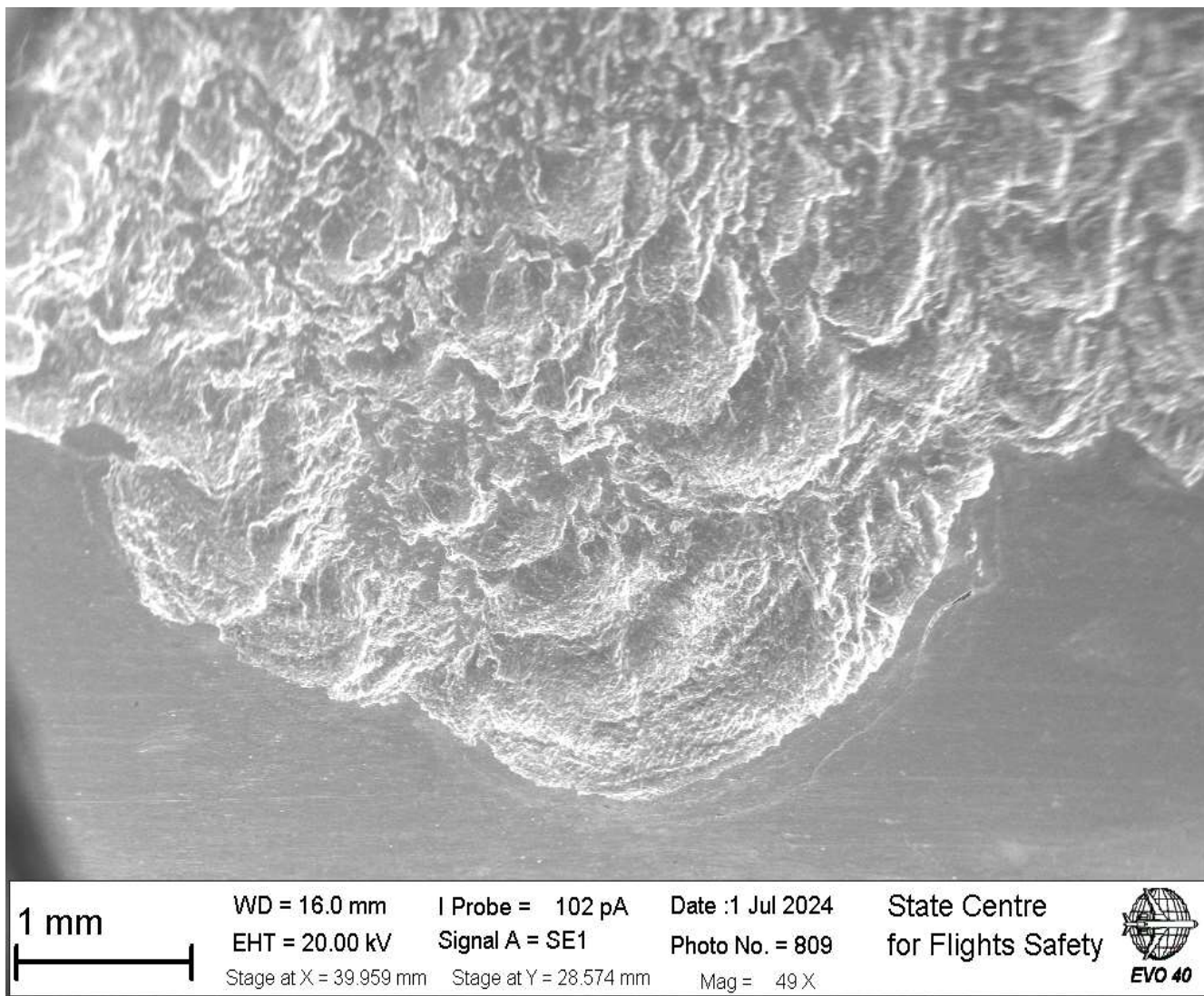
Виды различных видов повреждения шариков в виде наминов, сколов и рисок.



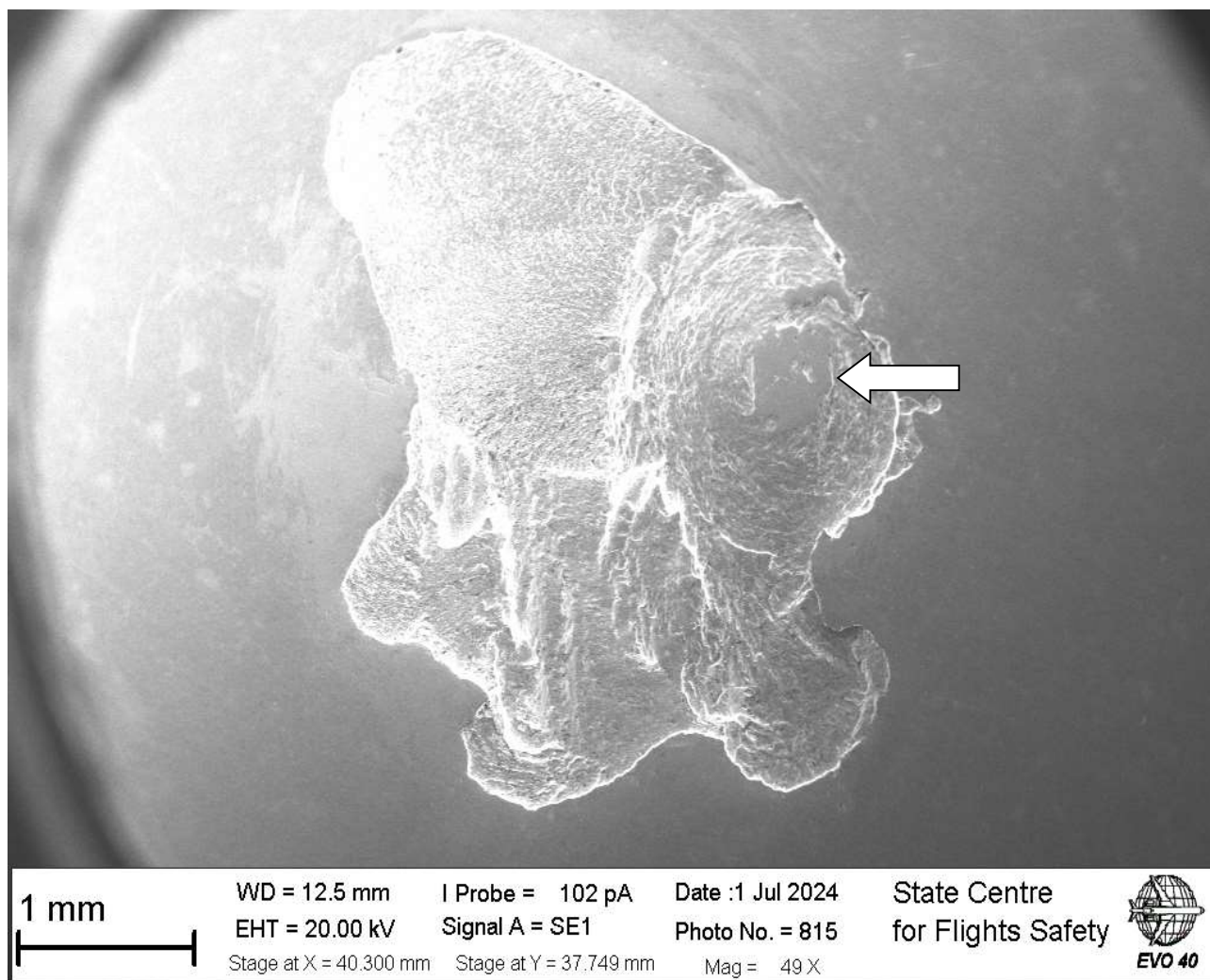
Фрактографическое исследование участков дорожки качения наружного кольца и двух шариков подшипника 35-126218Р инд. № 147г проводилось с применением растрового электронного микроскопа EVO40 немецкой фирмы Карл Цейс.

Выявлено, что по дорожке качения наружного кольца имеется зона развитого процесса выкрашивания материала и ориентированными следами постепенного удаления материала по механизму, сочетающему в себе сдвиг и отрыв материала. На первом шарике (условно №1) усталостное выкрашивание началось с формирования конусообразной зоны. От её границы происходило постепенное удаление материала в разные стороны с формированием ориентированного строчечного рельефа, который характерен для усталостного разрушения высокопрочного материала. Разрастание зоны усталостного выкрашивания материала происходило по тому же механизму, сочетающему постепенное удаление, материала при сдвиге и отрыве, как и по дорожке качения.

Вид зоны усталостного выкрашивания материала по дорожке качения наружного кольца подшипника



Вид зоны усталостного выкрашивания материала шарика с первоначальным формированием конусообразной зоны (указана стрелкой).



В результате проведенного **металлографического анализа материала шариков**, наружного и внутренних колец шарикоподшипника 35-126218Р инд. № 147г установлено, что признаки перегрева материала отсутствует, о чем свидетельствует микроструктура указанных деталей, соответствующая исходной микроструктуре, стали ЭИ-347 и представляет собой мелко игольчатый мартенсит с равномерным распределением карбидов. В зоне начального этапа усталостного выкрашивания материала дорожки качения наружного кольца подшипника присутствует поперечная трещина глубиной ~ 1,5 мм. Микроструктура сепаратора подшипника соответствует микроструктуре материала БрАЖМц.

Спектральным анализом материала внутренних полуколец, наружного кольца и тел качения подшипника 35-126218Р установлено, что детали изготовлены из высоколегированной стали, которая по содержанию основных легирующих элементов вольфрама, хрома, ванадия, марганца и молибдена соответствует стали типа ЭИ347.

Сепаратор подшипника изготовлен из медного сплава, который по содержанию основных легирующих элементов алюминия, железа и марганца относится к бронзе типа БрАЖМц.

Измерением твердости материала деталей подшипника 35-126218Р инд. № 147г установлено, что фактические значения твердости составляют:

- наружного кольца HRC = 61 (по ТУ HRC - 58 ÷ 62);
- внутреннего противобазового полукольца HRC = 61 (по ТУ HRC - 58 ÷ 62);
- внутреннего базового полукольца HRC = 61 (по ТУ HRC - 58 ÷ 62);
- тел качения (шариков) HRC = 63 (по ТУ HRC - 61 ÷ 64);
- сепаратора HB = 117 (по ТУ HB ≥ 110).

Анализ результатов исследования показывает, что детали и Агрегаты двигателя ТВЗ-117ВМА № 3877882002065 вертолета Ми-8АМТ RA-22429 находятся в удовлетворительном техническом состоянии.

Причиной срабатывания сигнализации «Стружка левый двигатель» явилось разрушение подшипника 35-126218Р инд. № 147г четвертой опоры двигателя (первая опора свободной турбины).

Разрушение дорожки качения наружного кольца и двух шариков подшипника 35-126218Р инд. № 147г четвертой опоры (первая опора свободной турбины) двигателя произошло по механизму усталостного выкрашивания.

Первоначально, наиболее вероятно, в материале дорожки качения возникли поперечные трещины от карбидов и от них распространялись усталостные трещины в плоскости, перпендикулярной направлению качения шариков под действием сжимающих и растягивающих напряжений. После прорастания трещин в глубину материала дорожки качения наружного кольца стало возможным развитие процесса отслаивания материала вдоль дорожки качения под действием преимущественно касательных напряжений, возникающих при вдавливании вращающегося катящегося шарика в поверхность дорожки. Именно в этом случае происходит формирование волнистого рельефа в зоне усталостного выкрашивания, так как решающее значение в разрушении материала имеют касательные напряжения.

В исследованном Авиарегистром России случае разрушения подшипника 35-126218Р и в большинстве случаев, отбракованных в АО «УЗГА», на дорожках качения присутствовали поперечные трещины (10 случаев).