

О причинах разрушения хвостового редуктора № 27523ХР1191150 вертолета АНСАТ RA-20101

Заместитель директора ГЦ БП ВТ Авиареги́стра России, А.А. Тушенцов
Начальник отдела металлофизических исследований авиационных материалов

Авиареги́стра России, д.т.н. А.А. Шанявский

Начальник отдела исследований аварийных и отказавших объектов
авиационной техники

С.В. Ростовцев

Начальник отделения А.П. Солдатенков

Начальник отделения М.А. Солдатенкова

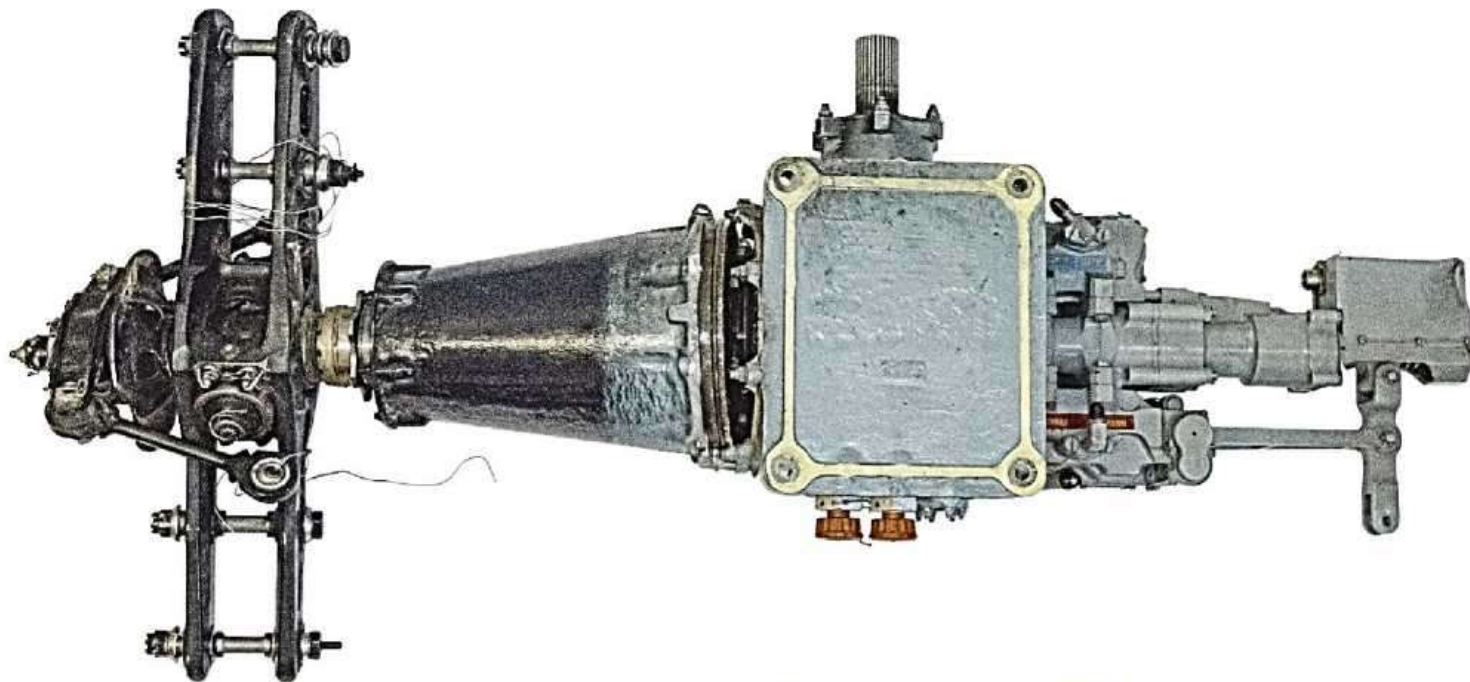
22.10.2024 при выполнении полета на вертолете АНСАТ RA-20101 (приблизительно по истечении 30 минут после взлета) экипаж почувствовал рывок по курсу влево и вибрацию, после чего услышал хлопок. Вибрация начала нарастать с посторонним шумом. Вертолет начало разворачивать влево. На отклонение правой педали для парирования левого разворота реакция отсутствовала, нарастала тряска. Вертолет разворачивало влево при полностью отклоненной до упора правой педали. Экипаж уменьшил общий шаг несущего винта, вертолет перевел на режим самовращения (авторотации) несущего винта. Из-за малой высоты полета подобрать площадку не представилось возможным. Снижение выполнялось на лес (высота деревьев 15 - 20 метров). На высоте около 50 метров экипаж выключил двигатели. Вертолет столкнулся с земной поверхностью правым боком.

В результате АП воздушное судно разрушено. Пожара на борту не было.

Экипаж и пассажиры получили травмы различной степени тяжести.

При осмотре вертолета на месте АП комиссией установлено разрушение хвостового редуктора, расслоение лопастей рулевого винта и на одной из лопастей рулевого винта отсутствие элементов лопасти.

Хвостовой редуктор № 27523ХР1191150 выпуска 30.05.2019 наработал с начала эксплуатации 309 часов. Ремонтов не проходил. Хвостовая опора установлена на вертолет при его производстве.



Виды хвостового редуктора и
шильдика с номером редуктора.

Оценка технического состояния хвостового редуктора и хвостовой опоры показала, что хвостовой редуктор имеет разрушения основного корпуса и четырёх проушин крепления корпуса ведомого вала к основному корпусу. На основном корпусе редуктора отсутствует отделившийся фрагмент.

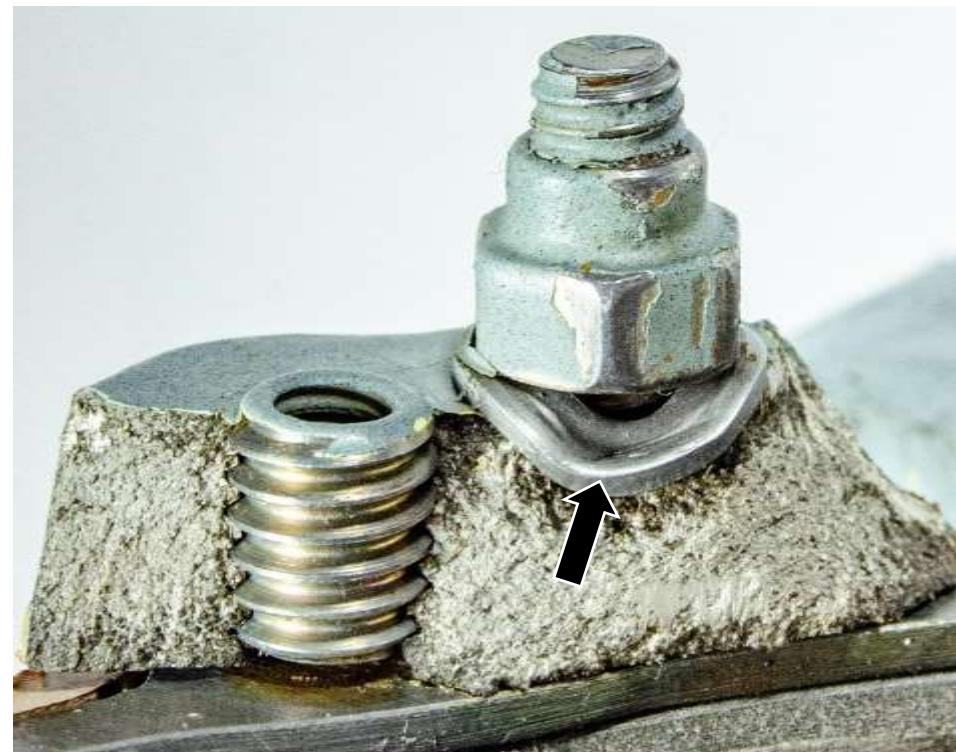
Шайбы под гайками крепления разрушенных проушин корпуса ведомого вала редуктора деформированы внутрь, шпильки крепления корпуса ведомого вала деформированы, отверстия под шпильки в прокладке между основным корпусом и корпусом ведомого вала овализованы. Перечисленные выше повреждения указывают на воздействие на детали редуктора нерасчетных нагрузок.

;

Вид излома разрушенного корпуса редуктора



Виды двух разрушенных проушин крепления верхнего корпуса.
Стрелками указаны шайбы, деформированные внутрь основного
корпуса



Разборка редуктора показала, что в редукторе имеются разрушения его деталей. Разрушен стакан вала рулевого привода. Ведущая шестерня и ведомое зубчатое колесо имеют повреждения вершин зубчатых венцов.

Подшипники редуктора находятся в удовлетворительном техническом состоянии, проворачиваются от руки без заедания и постороннего шума.

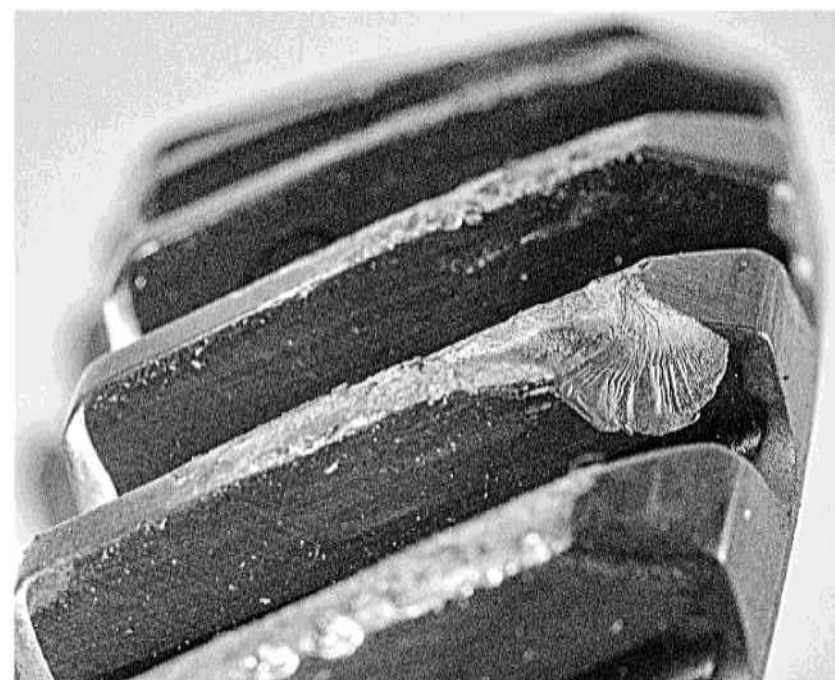
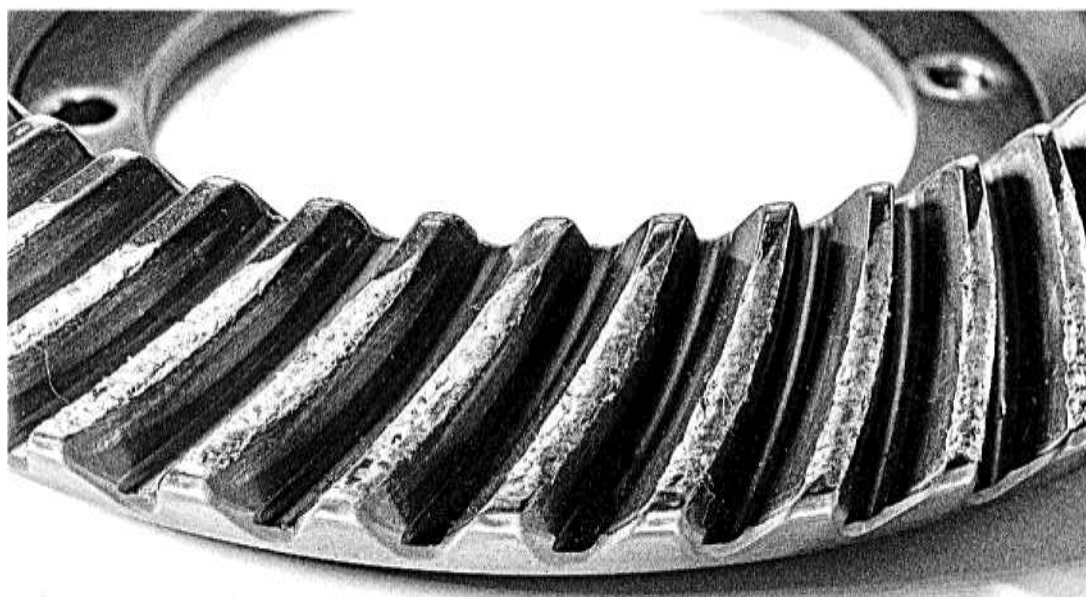
Вид разрушенного корпуса вала рулевого привода



. Виды повреждений зубчатого венца ведущей
конической шестерни



Виды повреждений зубчатого венца ведомой конической шестерни.



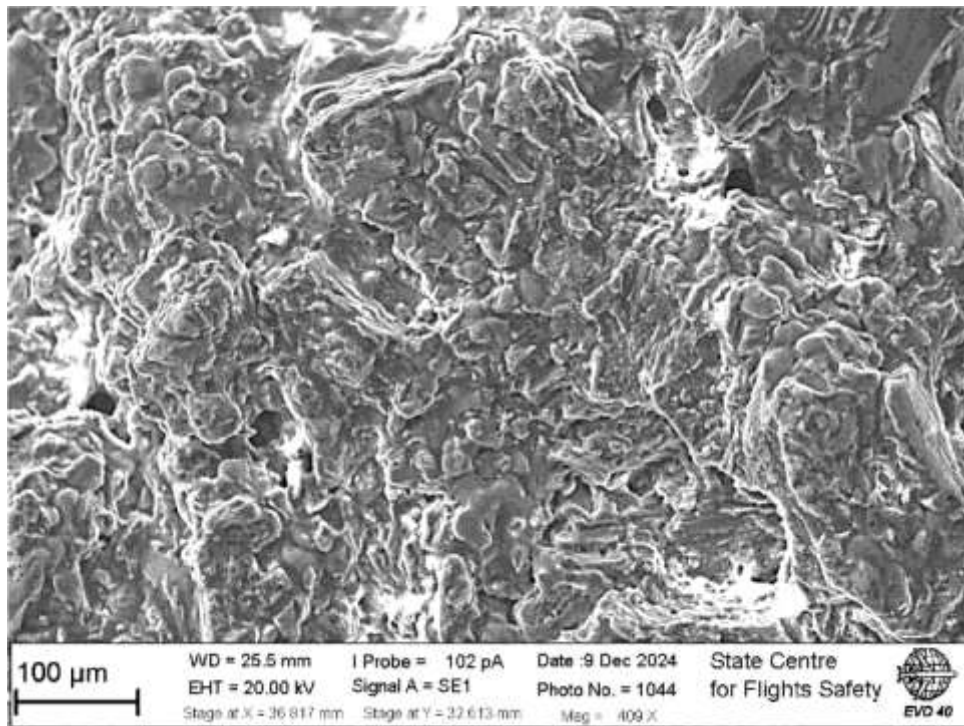
Фрактографическое исследование изломов разрушенных деталей редуктора, проведенное с применением растрового электронного микроскопа EVO 40 немецкой фирмы Карл Цейс, показало следующее.

Рельеф излома стакана вала по обоим фрагментам № 1 и № 2 полностью идентичен. На всех участках имеется каскад вытянутых элементов с четкими гранями, который отражает однородный хрупкий характер разрушения материала .

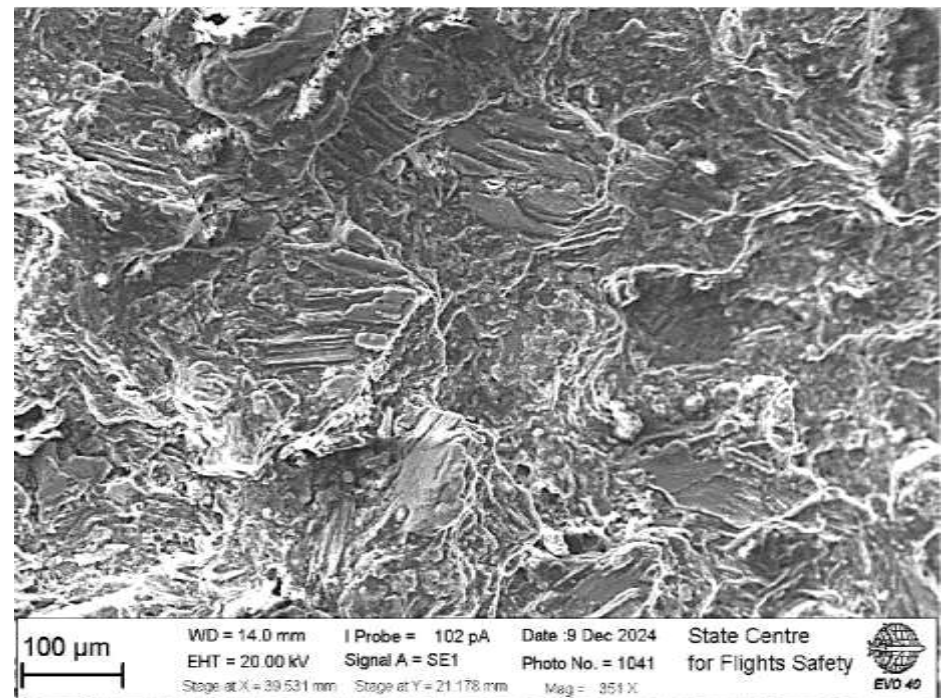
Анализ изломов по фрагментам № 1хр и № 2хр показал, что они также идентичны друг другу и совпадают с рельефом изломов фрагментов № 1 и № 2.

Морфология рельефа изломов по фрагментам № 1 кв и № 3кв также характеризуется элементами в виде каскада ступенек, отражающих хрупкое разрушение материала при однократном приложении нагрузки .

.Виды (а, б) изломов корпуса вала № 1 и № 2 соответственно.

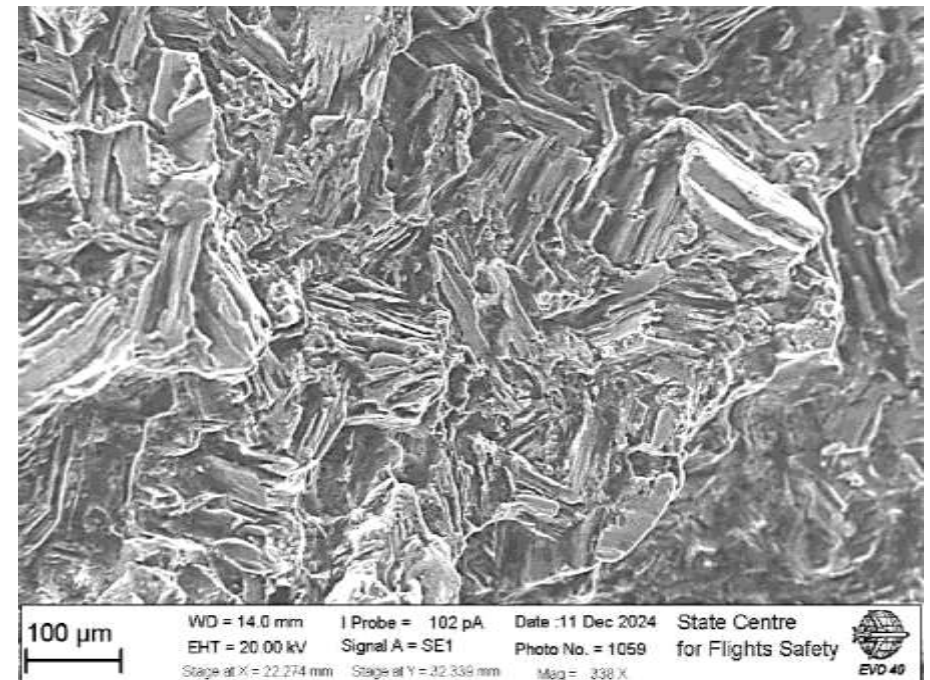
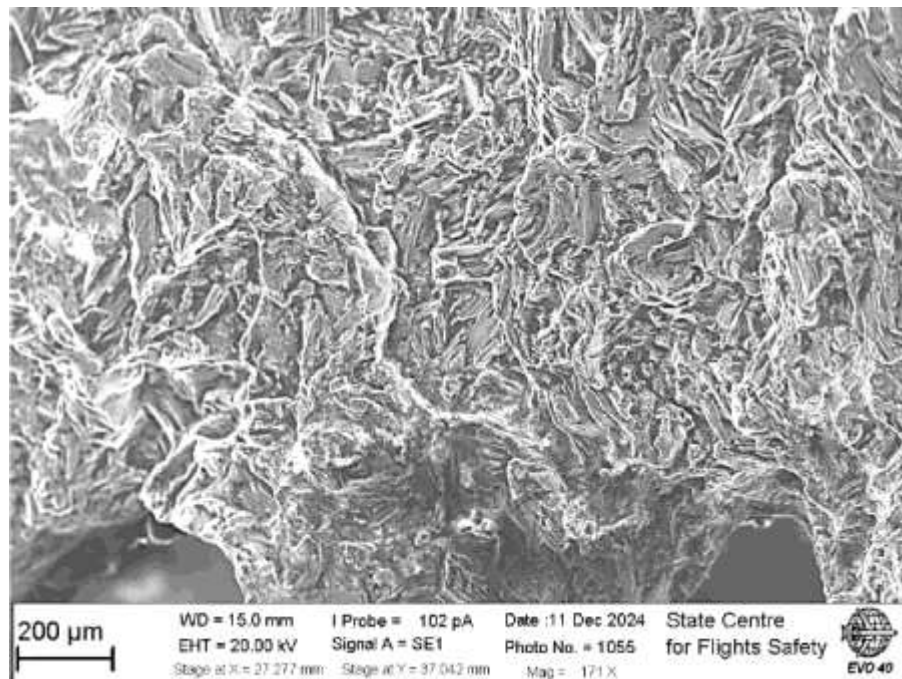


а

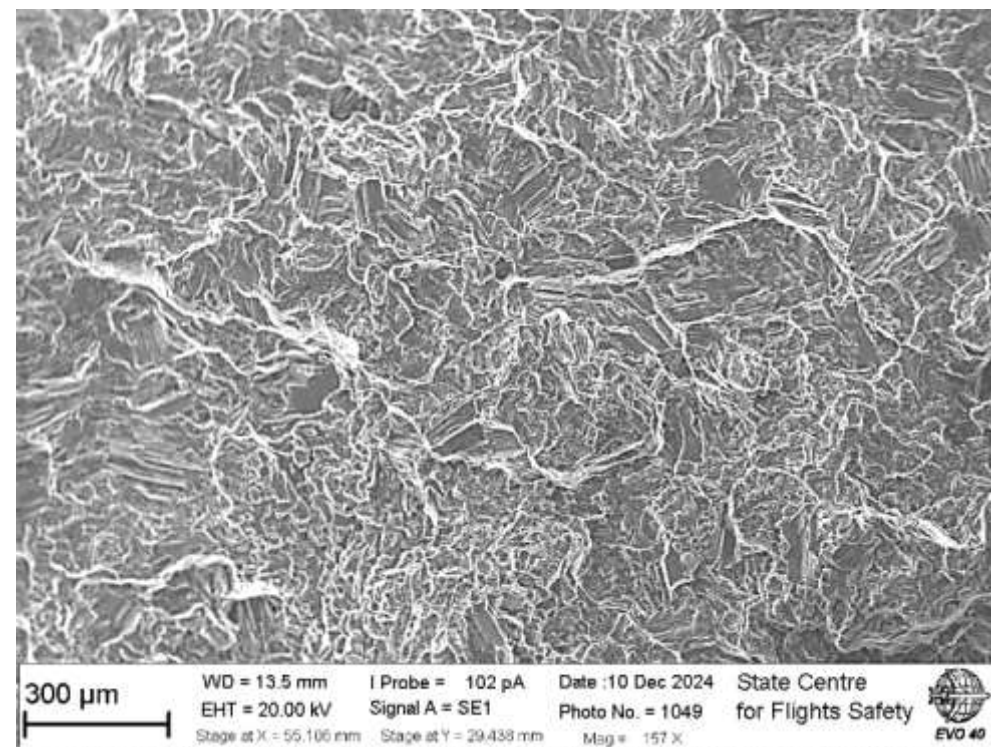
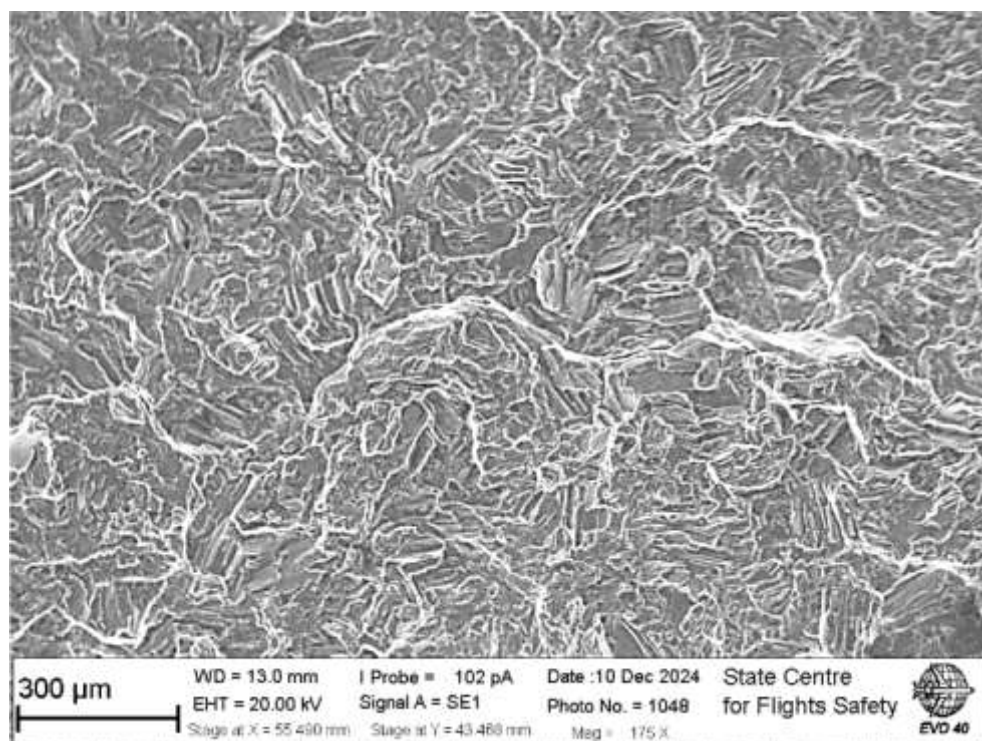


б

Виды каскада ступенек рельефа излома фрагментов вблизи отверстий крепления хвостового редуктора.



Виды каскада разориентированных ступенек хрупкого разрушения фрагментов изломов стекла вала



Спектральный анализ материалов корпуса редуктора, ведущей и ведомой шестерней и стакана вала показал следующее.

Материал ведущей и ведомой шестерней по содержанию легирующих элементов (никеля, хрома, марганца и кремния) относится к среднелегированной стали типа Х2Н4А, что удовлетворяет требованиям чертежа.

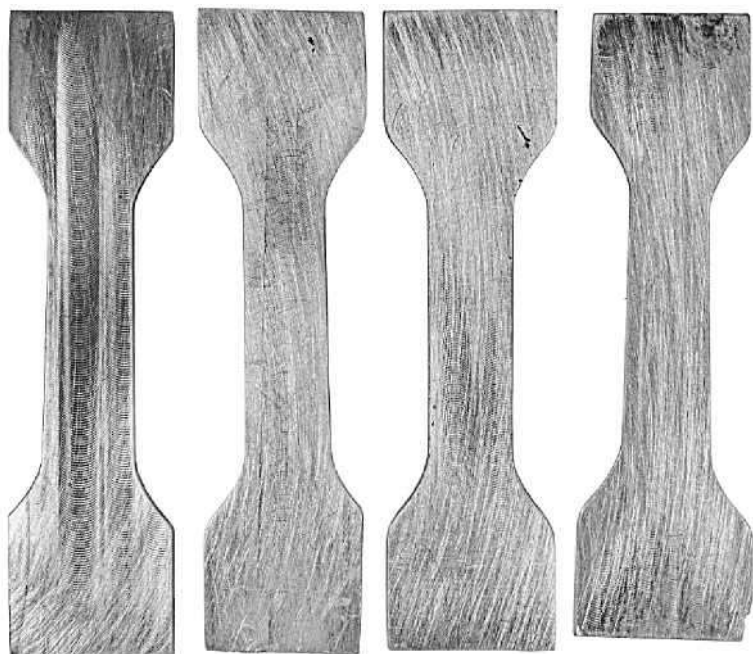
Материал корпуса редуктора по содержанию основных легирующих элементов (алюминия, цинка и марганца) относится к магниевому сплаву типа МЛ5, что удовлетворяет требованиям чертежа.

Материал стакана вала по содержанию основных легирующих элементов (алюминия, цинка и марганца) относится к магниевому сплаву типа МЛ5, что удовлетворяет требованиям чертежа.

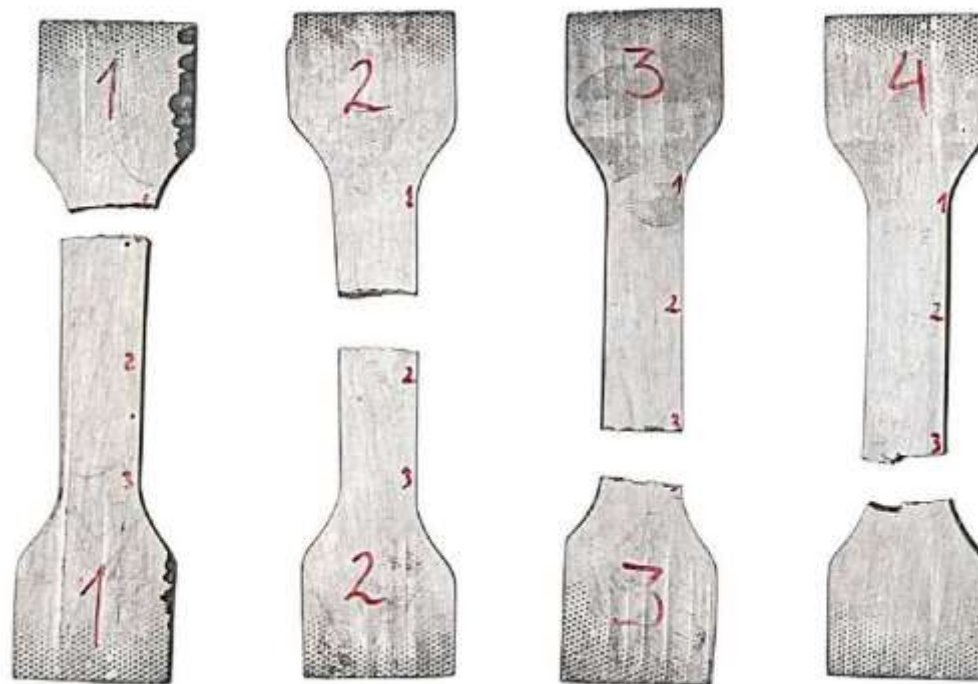
Определение предела прочности (σ_B) материала корпуса редуктора проводилось на образцах, вырезанных из нижней стенки корпуса между отверстиями крепления редуктора. Данные, полученные при испытаниях, указывают, что материал корпуса редуктора соответствует требованиям чертежа и ГОСТ 2856-79.

В результате проведения испытаний выявлен образец с наименьшей прочностью, что обусловлено наличием дефектов материала в виде несплошностей в изготовленном

. Виды изготовленных образцов для испытаний на прочность (а) и образцов после испытаний (б).



а

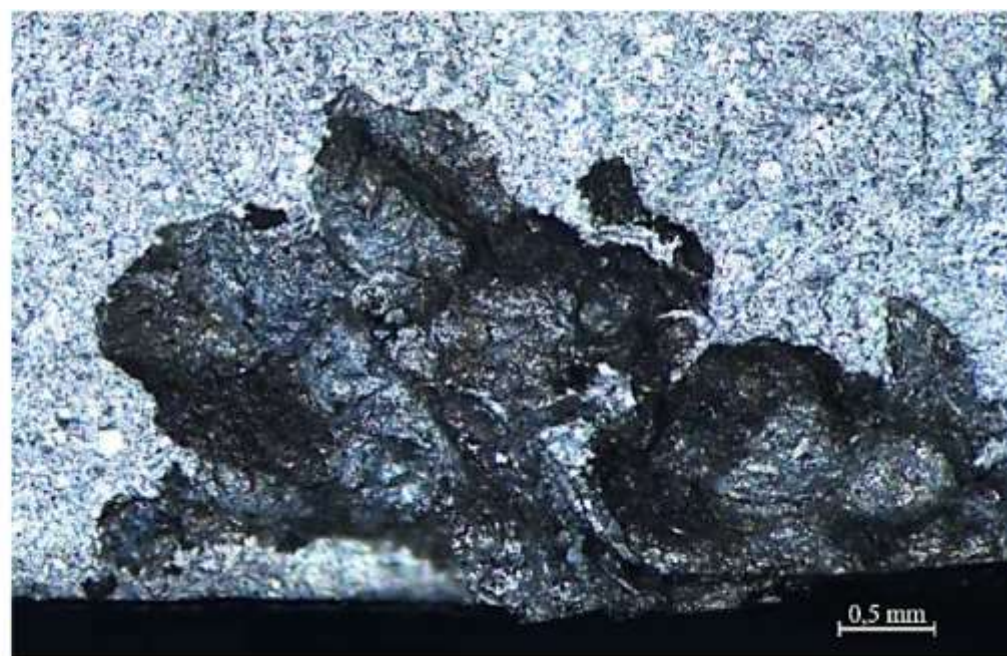


б

Виды (а, б) дефекта материала в изломе образца после испытаний на прочность.

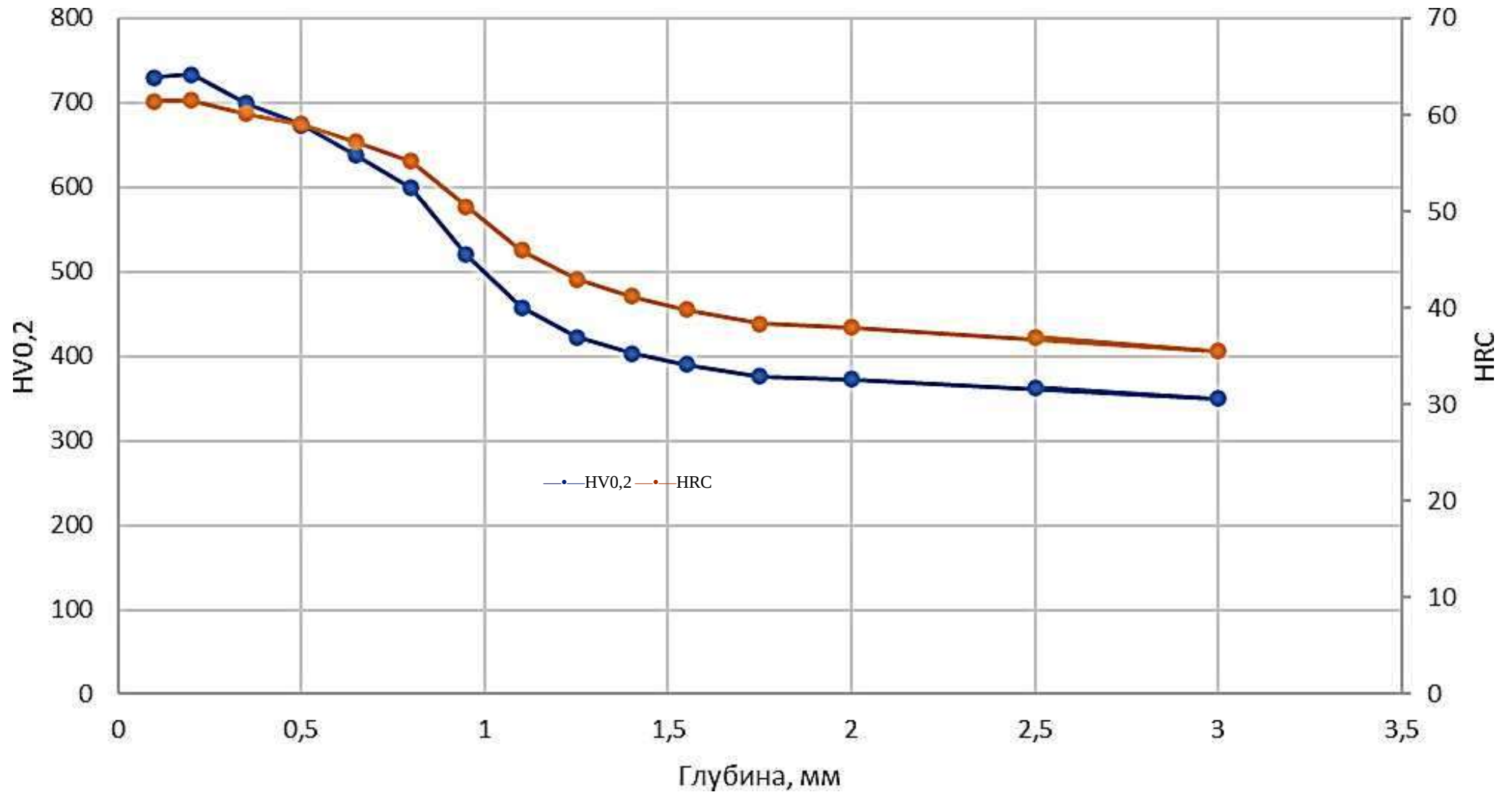


а

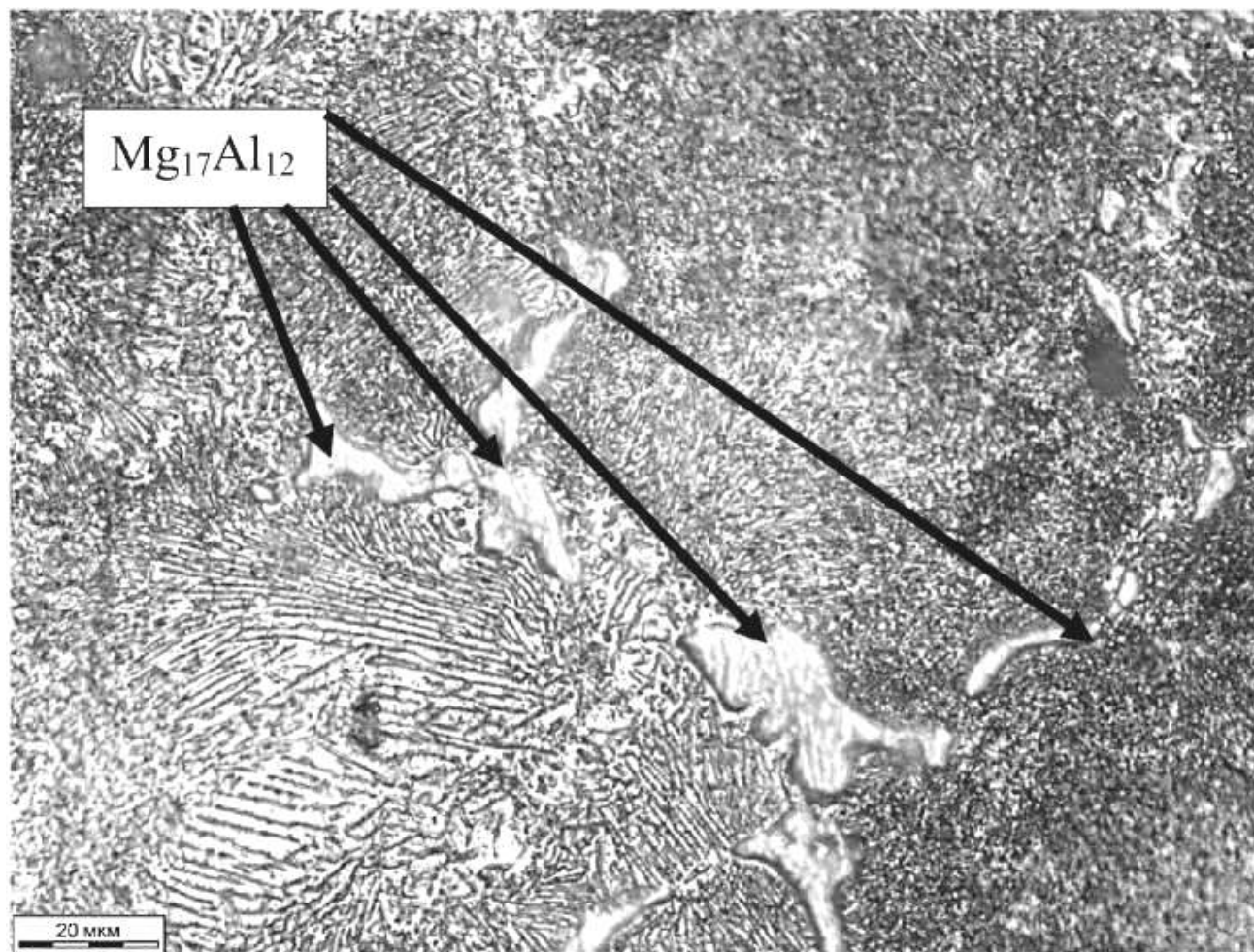


б

График зависимости микротвердости ведущей и ведомой шестерней от глубины измерения



Вид микроструктуры материала корпуса редуктора с интерметаллидами $Mg_{17}Al_{12}$ (указаны стрелками), свидетельствующими о неполной его закалке.



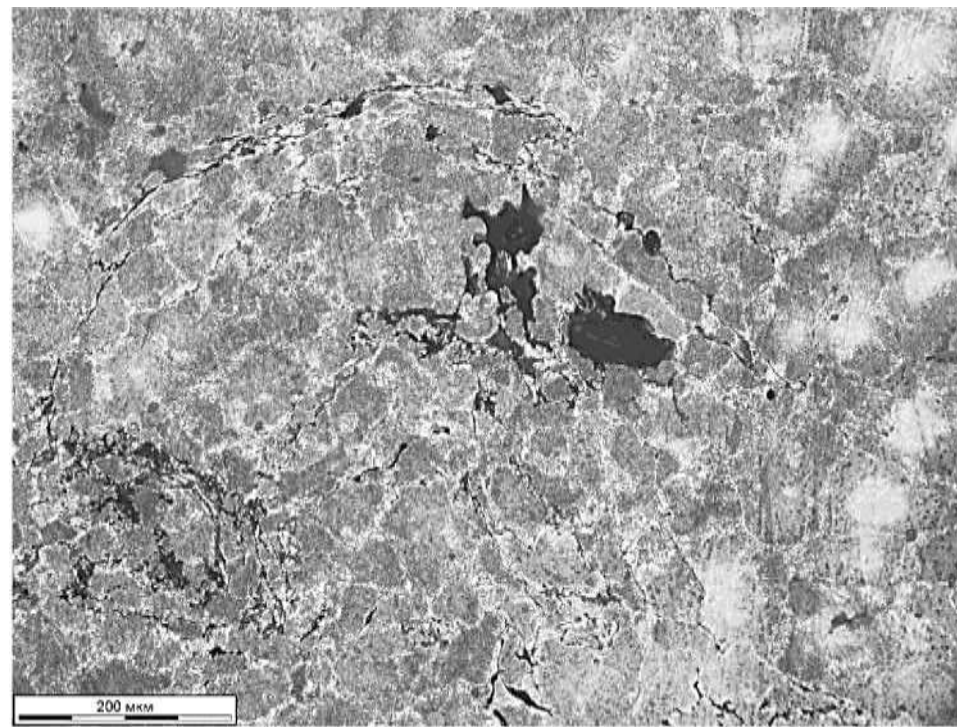
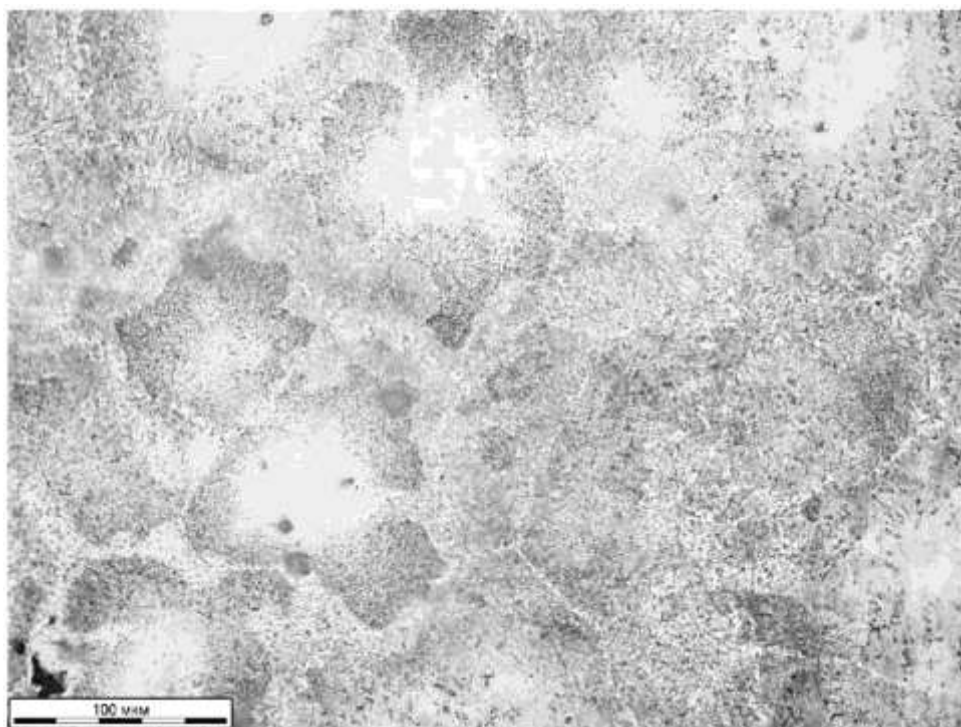
Микроструктура материала стакана вала согласно ОСТ 90380-85 удовлетворительная и характерна для термообработанного материала МЛ5 (Т4), из которого он изготовлен. В материале корпуса редуктора присутствует в небольшом количестве пористость .

Микроструктуры материала ведущей шестерни и цементированного слоя удовлетворительные и характерны для термообработанного материала 12Х2Н4А с проведенной химико-термической обработкой. Глубины цементированного слоя во впадине и на рабочей поверхности равны 0,98 мм и 0,92 мм соответственно, что удовлетворяет требованиям чертежа.

В цементированном слое со стороны рабочей поверхности зуба имеется трещина протяженностью 1,8 мм.

Микроструктуры материала ведомой шестерни и цементированного слоя удовлетворительные и характерны для термообработанного материала 12Х2Н4А с проведенной химико-термической обработкой. Глубина цементированного слоя во впадине равна 0,98 мм, что удовлетворяет требованиям чертежа.

Вид микроструктуры материала стакана вала.



Анализ результатов проведенного исследования показал, что детали редуктора изготовлены из материалов, соответствующих требованиям чертежей.

Разрушение корпуса хвостового редуктора № 27523ХР1191150 вертолета АНСАТ RA-20101 носит статический характер без признаков усталостного развития разрушения и произошло под действием однократной или повторно-статической чрезмерной не эксплуатационной нагрузки.

Характер и направление деформаций шайб указывают на то, что корпус ведомого вала редуктора разрушился от изгибающего момента, возникшего, наиболее вероятно, от столкновения вертолета с препятствием.

Разрушение стакана вала и хвостовой опоры носит статический характер без признаков усталостного развития разрушения и произошло под действием однократной или повторно-статической чрезмерной не эксплуатационной нагрузки.