

УДК 621.8-1/-9

## К ВОПРОСУ ОТКАЗА ТРАНСМИССИИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ПО ПРИЧИНЕ НЕКАЧЕСТВЕННОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

И.Ф. Цыглер<sup>1</sup>, И.Н. Степанкин<sup>2</sup>, Е.П. Поздняков<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Эксперт автотехнической экспертизы транспортных средств,  
г. Гомель, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>Белорусский научно-исследовательский и проектный институт нефти  
РУП «ПО «Белоруснефть», г. Гомель, Республика Беларусь;

<sup>3</sup>Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

**Введение.** Непроизводственные причины отказа ответственных деталей машин, выявляемые на этапе экспертизы, являются труднопредсказуемыми с технической точки зрения явлениями. Их влияние на эксплуатационные характеристики во многом носит социально имиджевый характер и не способствует повышению рейтинга производителя среди потребителей высокотехнологической продукции машиностроения. Как правило, такие случаи являются следствием нарушения культуры производства, что, в свою очередь, несовместимо с современными требованиями системы менеджмента качества. Поэтому детальный анализ каждого случая отказа можно рассматривать как внеплановый аудит системы контроля за производственным процессом. Полученная информация, не зависимо от субъективного восприятия её значимости для выявления степени ответственности в паре изготовитель – потребитель, имеет важное практическое значение для совершенствования производственного процесса и повышения конкурентоспособности конечной продукции.

**Объект исследования.** Объектом исследования являлась ось сателлитов дифференциала, разрушение которой привело к отказу коробки передач легкового автомобиля.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Визуальный анализ поверхности оси сателлитов показал, что разрушенный фрагмент оси имеет два вида повреждений – деформация поверхностного слоя в виде наволакивания с очагами схватывания и усталостное разрушение (рис. 1).

При формулировании рабочей гипотезы причин отказа учтена последовательность событий, приведших к аварии. Она сопровождалась частичным разрушением корпуса узла из-за динамического воздействия фрагментов трансмиссии, потерей герметичности рабочего пространства и нарушением относительного расположения отдельных деталей. В связи с этим первоочередное внимание было уделено изучению морфологии излома оси.

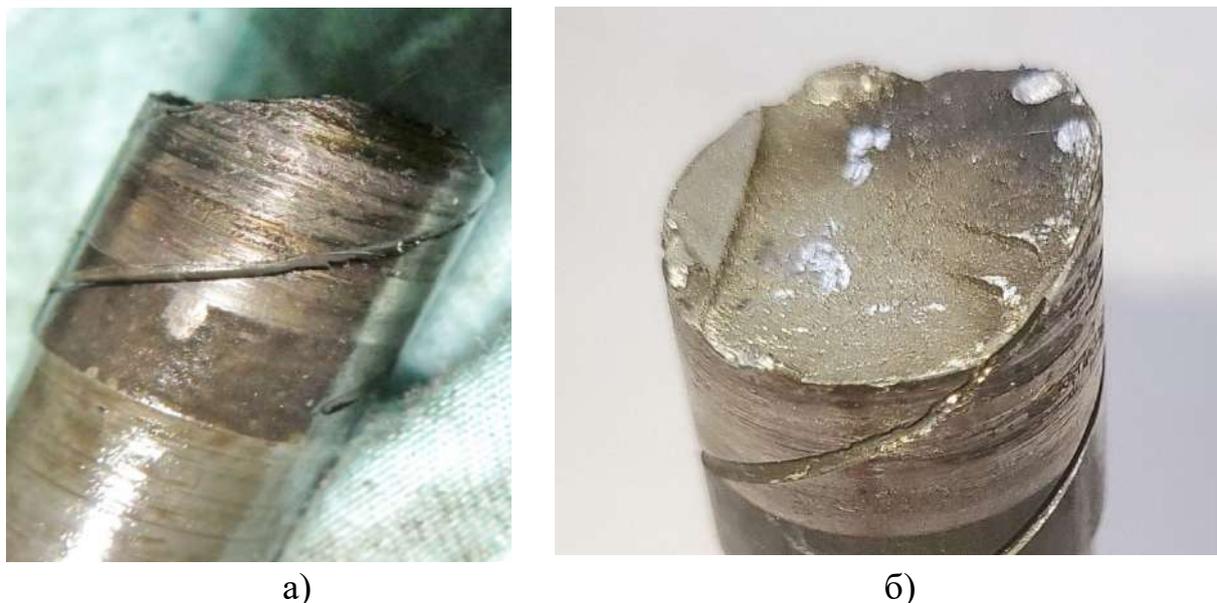


Рис. 1 – Выявленные повреждения оси сателлитов: а – деформационные изменения поверхности трения; б – усталостный излом

На поверхности излома (рис. 1б) выявлены признаки усталостного разрушения в виде линий скольжения в зоне роста трещины и характерно обособленной области долома. Признаки циклического продвижения трещины – характерные ступеньки, располагаются в окрестности конструктивного концентратора напряжений – канавки для подачи масла. Микроанализ поверхности разрушения в окрестности канавки выявил множественные начальный трещины в области дна конструктивного элемента (рис. 2а). Их наличие обнаружено как в окрестности излома, так и на еще не разрушенных магистральной трещиной донных участках канавки (рис. 2б).

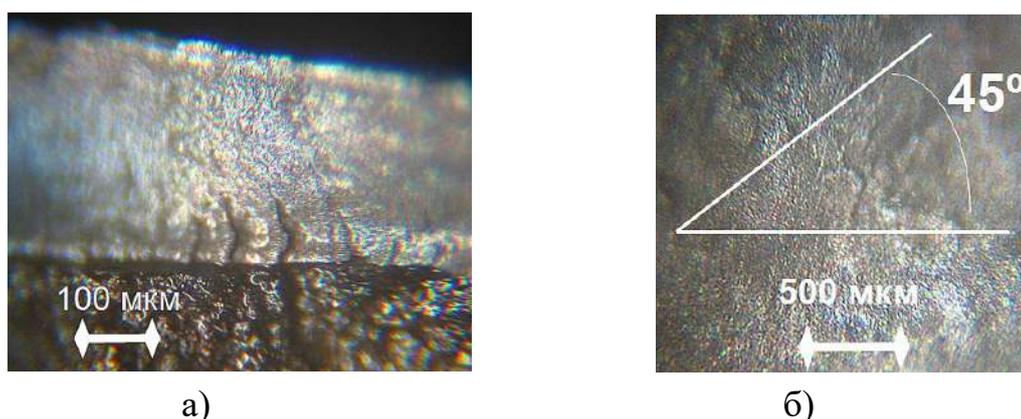


Рис. 2 – Микротрещины в области концентратора напряжений: а – область разрушения детали магистральной трещиной; б – дно канавки в области не подвергнутой разрушению магистральной трещиной

Расположение начальной трещины под углом близким к 45 градусам к продольной оси детали и перпендикулярно продольной оси канавки является благоприятным условием для протекания микропластических деформаций при наличии даже незначительных концентраторов напряжений [1]. В рассматриваемом случае наличие канавки для подачи масла повышает вероятность усталостного разрушения. Для уточнения причин зарождения трещин была тщательно изучена вся поверхность дна канавки, не подвергнутой разрушению. В результате были выявлены очаги коррозионного разрушения (рис. 3).

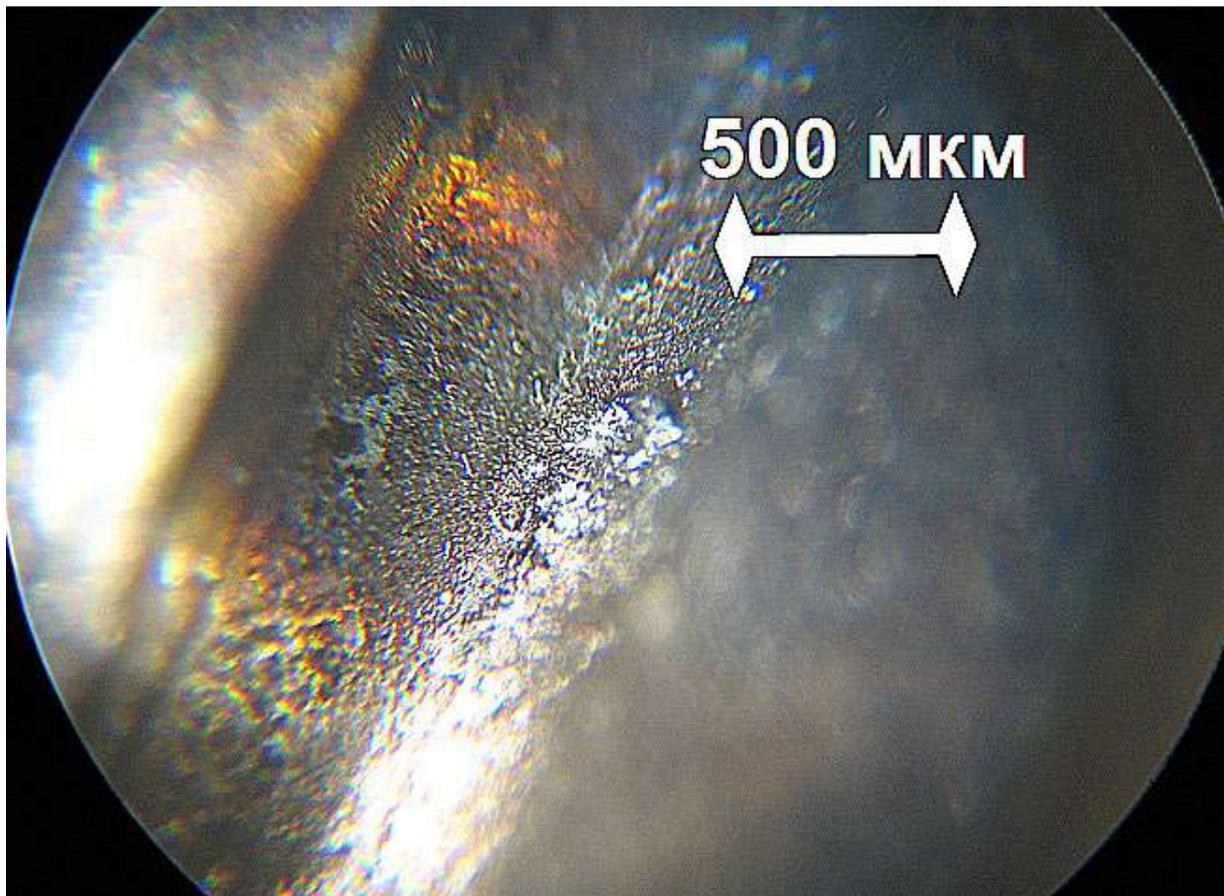


Рис. 3 – Признаки поверхностного проявления коррозии в области дна концентратора напряжений – канавки для подачи масла

Для уточнения природы коррозии проведен стандартный анализ микроструктуры в области выявленных дефектов. Он подтвердил наличие коррозионного процесса. Его распространение от поверхности к центру детали достигает глубины более 0,5 мм (рис. 4). В области острия трещины заметно характерное ветвление дефекта, отражающего морфологию межзеренных границ. Дополнительное исследование подтвердило, что природа начального разрушения металла – межзеренная коррозия (рис. 5). Данный вид повреждений является наиболее опасным, поскольку протекает без видимых признаков, а предаварийное состояние детали

возникает в результате формирования предельно острой трещины, размеры которой близки к критическим по критерию Гриффитса – Орована [2]. В такой ситуации разрушение протекает по механизму малоциклового усталости, без длительного периода роста трещины и сопровождается наиболее непредсказуемыми последствиями.

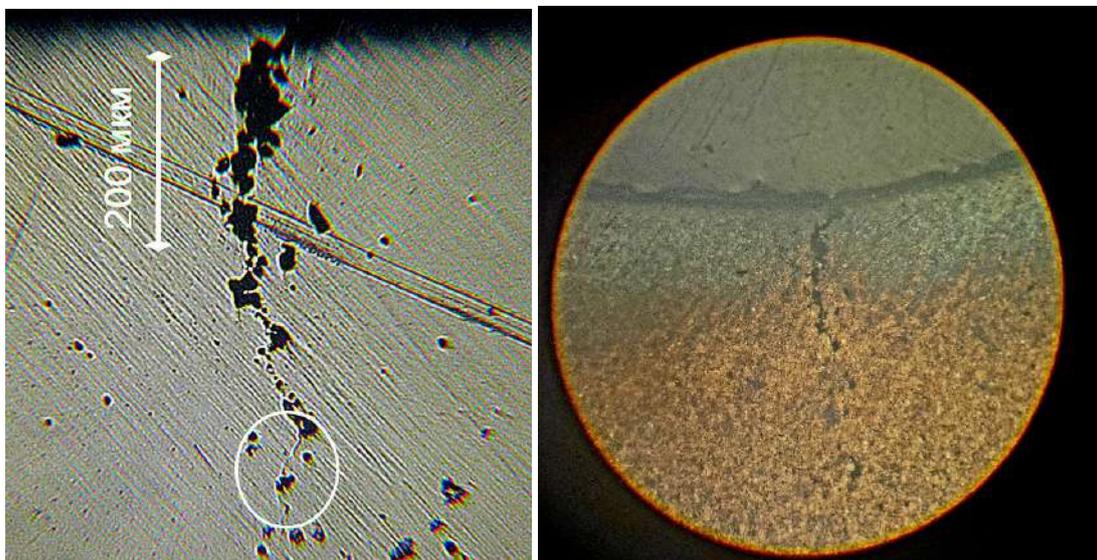


Рисунок 4 – Характер коррозионного повреждения глубинных слоев металла оси сателлита

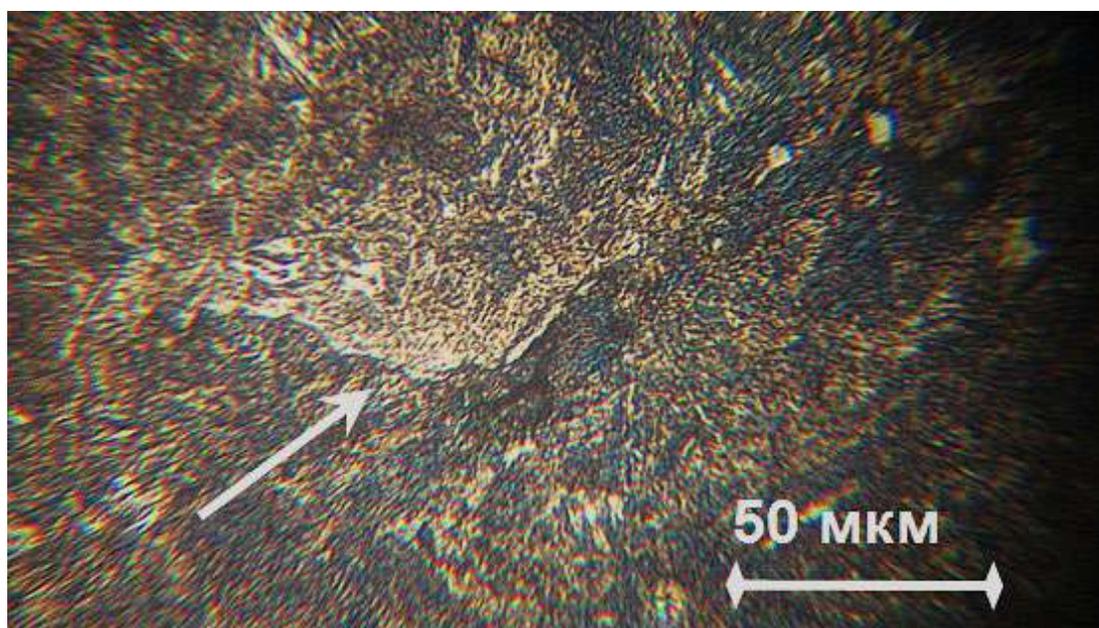


Рис. 5 – Внешний вид острого конца трещины после электрохимического травления

В рассматриваемом случае неоднозначную роль сыграло покрытие детали, которое отличалось повышенной твердостью. При этом анализ распределения микротвердости по сечению металла в окрестности канавки

для подачи масла показал, что изготовление канавки осуществлялось после упрочняющей обработки. В такой ситуации возникший дисбаланс остаточных напряжений между покрытием и основой, в совокупности с расположением канавки и наличием признаков межкристаллитной коррозии, привели к возникшему отказу.

Из трех обозначенных аспектов наиболее опасным является именно межкристаллитная коррозия. Её воздействие в результате формирования предельно острых микротрещины критической длины, приводит к разрушению металла по механизму хрупкого продвижения трещины. Её старт не требует длительной дислокационной активности у острия, поскольку работа роста трещины до критической длины уже совершена в результате межкристаллитной коррозии.

В такой ситуации наиболее вероятной причиной возникновения коррозионного разрушения является некачественное межоперационное хранение готовых деталей, в частности, осей сателлитов, перед подачей на сборку. В пользу данного предположения свидетельствует низкая вероятность формирования выявленных начальных дефектов при штатной эксплуатации рассматриваемой детали в зоне принудительного смазывания. Отмеченная гипотеза является признаком нарушения культуры производства. Устранение подобных недостатков возможно за счет тщательной регламентации всех производственных действий за счет выполнения требований системы менеджмента качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность: Руководство и справочное пособие / Под ред. С.В.Серенсена.– 3–е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1975.– 488 с.
2. Иванова В.С. Количественная фрактография : усталостное разрушение / В.С. Иванова, А.А. Шанявский. — Челябинск : Металлургия, Челябинское отд-ние, 1988. — 400 с.