

**О причинах разрушения переходного угольника № 4414-10-8
предохранительного клапана РД22 аварийной системы
самолета Як-42Д RA-42401**

Заместитель директора ГЦ БП ВТ Авиарегистра России, А.А.Тушенцов
Начальник отдела металлофизических исследований авиационных материалов
Авиарегистра России, д.т.н. А.А. Шанявский
Начальник отделения А.П. Солдатенков
Начальник отделения М.А. Солдатенкова
Ведущий инженер М.А. Тарасова

09.02.2025 при выполнении рейса на самолете Як-42Д RA-42401 по маршруту Ижевск – Тюмень в полете экипаж доложил о падении уровня гидравлической жидкости и принял решение о возврате в аэропорт вылета. Посадка прошла благополучно. В ходе выполнения работ по поиску и устранению неисправности обнаружено повреждение переходного угольника № 4414-10-8 предохранительного клапана РД22 аварийной гидросистемы.

Самолет Як-42Д RA-42401 выпуска 30.03.1991 наработал с начала эксплуатации 27611 часов, 12372 цикла.

Переходной угольник № 4414-10-8 изготовлен 24.07.1990 и установлен на ВС на этапе его производства. Нарботка угольника соответствует наработке самолета.

Исследование проводилось с целью установления причины разрушения переходного угольника № 4414-10-8 по методике, предусматривающей выполнение следующих работ:

- оценка технического состояния переходного угольника;
- геометрические измерения;
- фрактографическое исследование переходного угольника;
- комплекс металлофизических исследований материала переходного угольника;
- анализ результатов исследования;
- формирование заключения.

Оценка технического состояния поступившего на исследование переходного угольника показала следующее.

Переходной угольник поступил на исследование с уплотнительными кольцами и гайкой (рис. 1). Резьбы M20×1,5 и M14×1,5 переходного угольника, уплотнительные кольца и гайка находятся в удовлетворительном техническом состоянии.

В месте перехода корпуса угольника к резьбе M14×1,5 расположена трещина (рис. 2), ориентированная перпендикулярно оси перехода, протяженностью около половины периметра окружности перехода, с дальнейшим распространением в корпус угольника (рис. 3). В зоне расположения трещины механические и коррозионные повреждения отсутствуют.

Геометрические измерения угольника (рис. 4) показали, что его размеры соответствуют требованиям ГОСТ 20198-74, по которому он изготовлен.

Излом угольника по вскрытой трещине (рис. 5) имеет однородную шероховатость на всем протяжении с отсутствием сосредоточенного очага разрушения. На изломе вблизи перехода к зоне долома присутствует каскад полуэллиптических линий роста трещины.

Фрактографическое исследование проводилось с применением растрового электронного микроскопа NT4000L китайской фирмы Ciqtek.

Зарождение трещины происходило с наружной поверхности детали вдоль основания радиусного перехода и имеет многоочаговый характер (рис. 6).

Около очагов сформированы ступеньки, строчечный рельеф и глубокие мезолинии, что характерно для усталостного разрушения материала при низкой амплитуде нагружения (рис. 7).

Многоочаговый характер зарождения разрушения обусловлен высокой концентрацией напряжения вдоль радиусного перехода при низкой амплитуде нагружения.

Указанный рельеф излома сохраняется вплоть до распространения трещины до внутренней стенки сечения детали (рис. 8).

После прорастания трещины на всю толщину стенки угольника в его изломе наблюдаются блоки усталостных бороздок. Наиболее выразительные нерегулярные усталостные бороздки выявлены перед зоной долома, которая образована при вскрытии трещины в лабораторных условиях (рис. 9).



Рис. 1. Виды переходного угольника с двух сторон при поступлении на исследование. Стрелками указана зона расположения трещины.

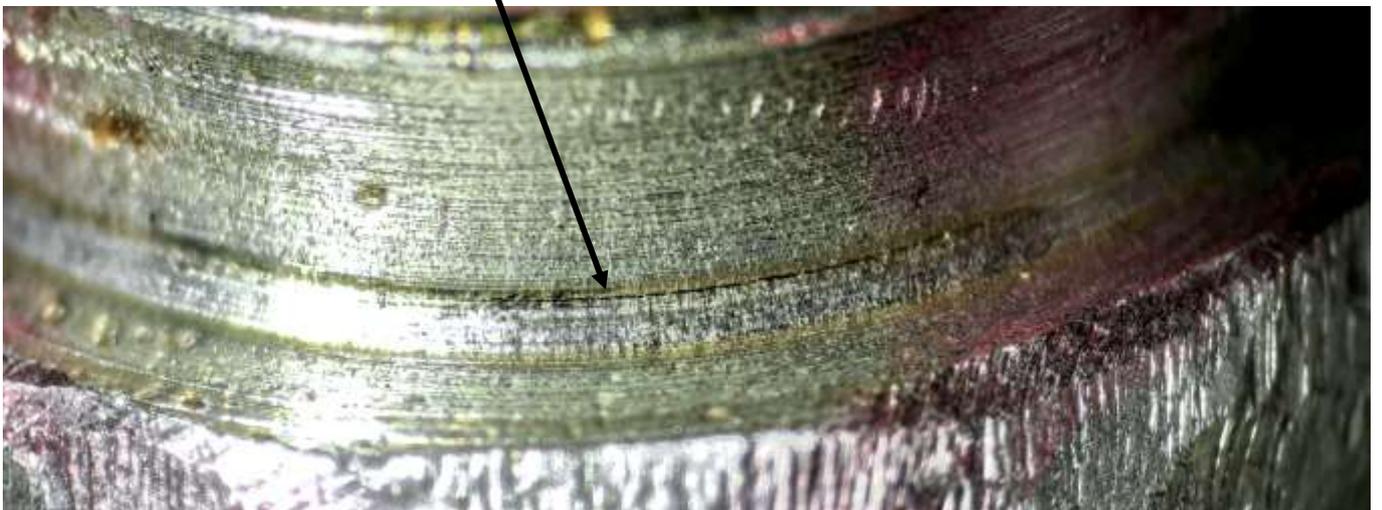
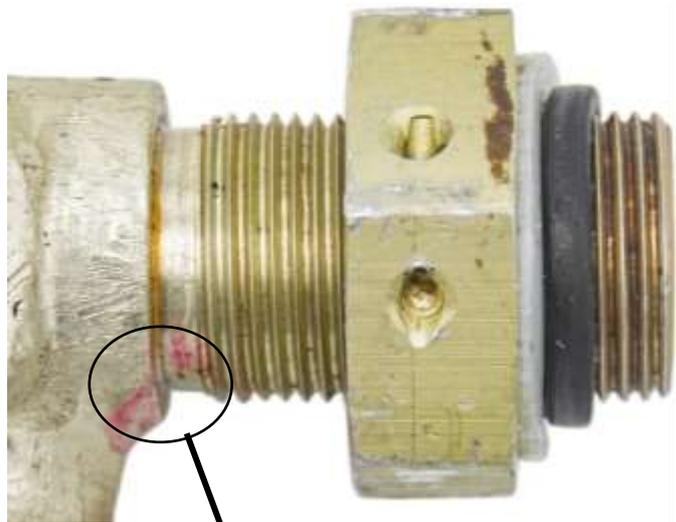
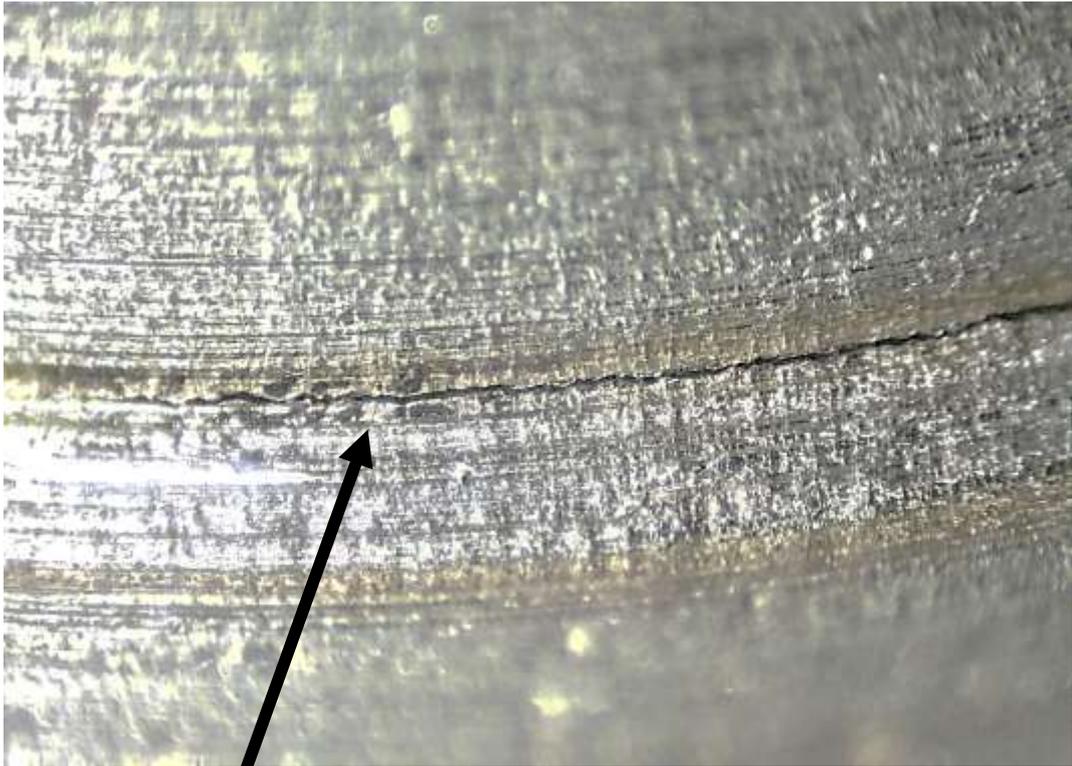
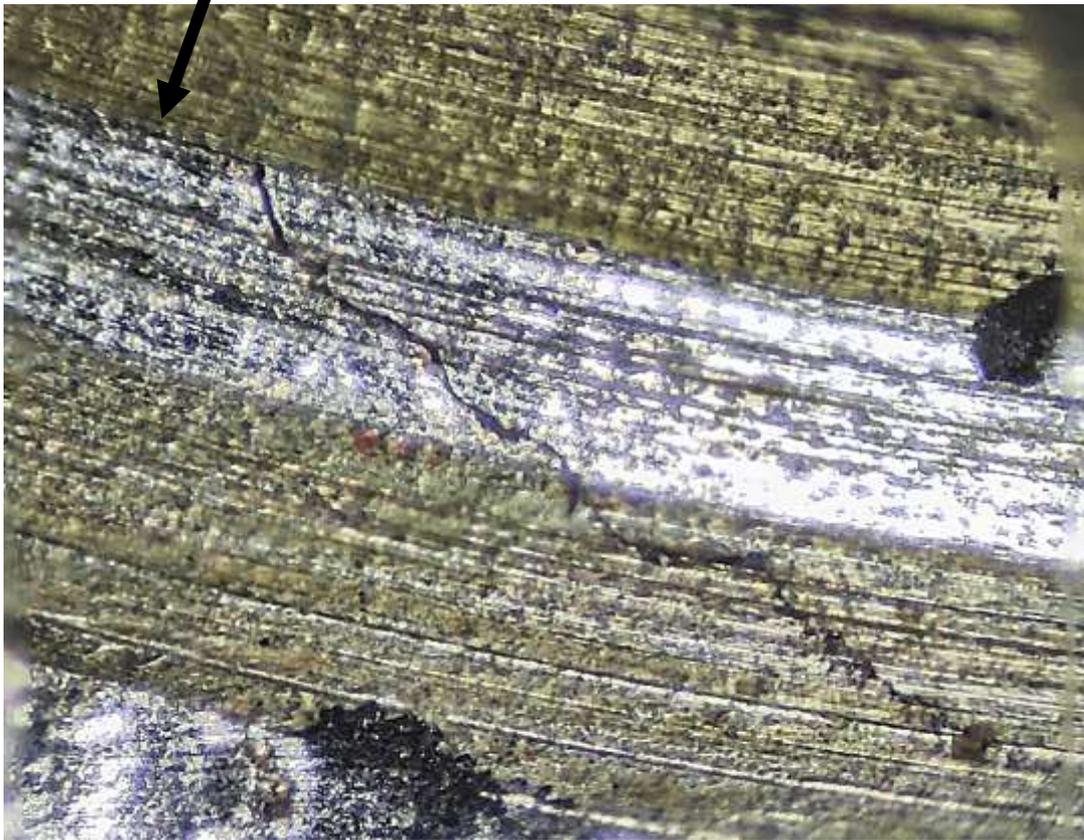


Рис. 2. Вид трещины в месте радиусного перехода.



а



б

Рис. 3. Виды трещины на участках развития перпендикулярно оси перехода (а) и перехода в корпус угольника (б).

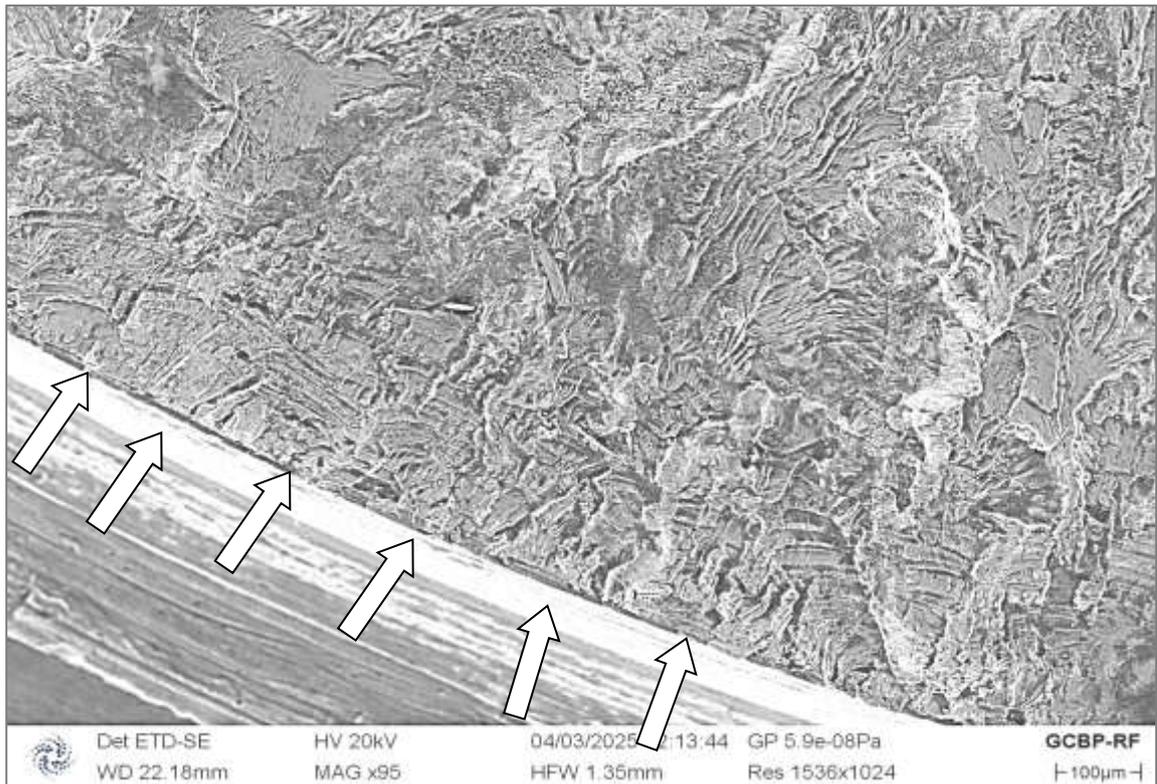
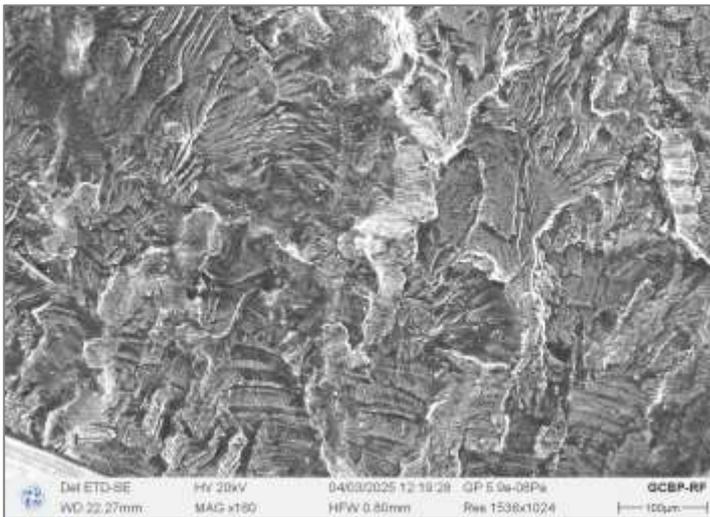
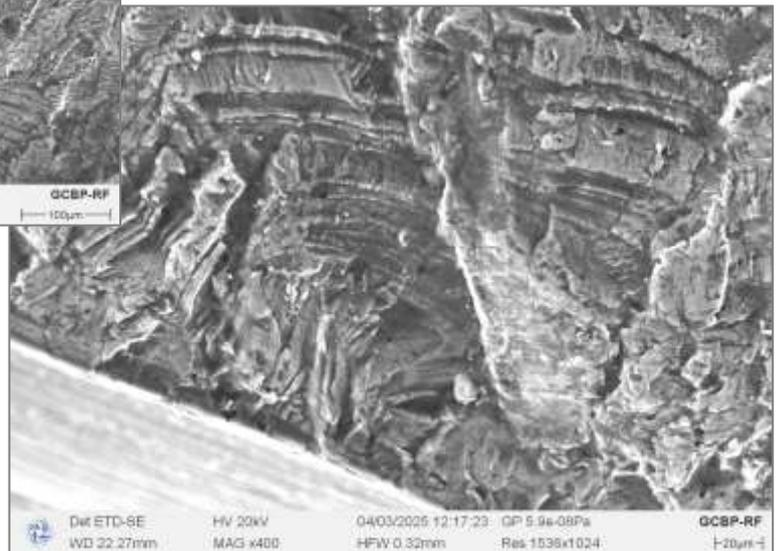


Рис. 6. Вид одного из участков многоочагового (показано стрелками) зарождения усталостного разрушения.



а



б

Рис. 7. Виды участка излома при разном увеличении (а, б) с выраженными элементами рельефа в виде мезолиний и строчечности.

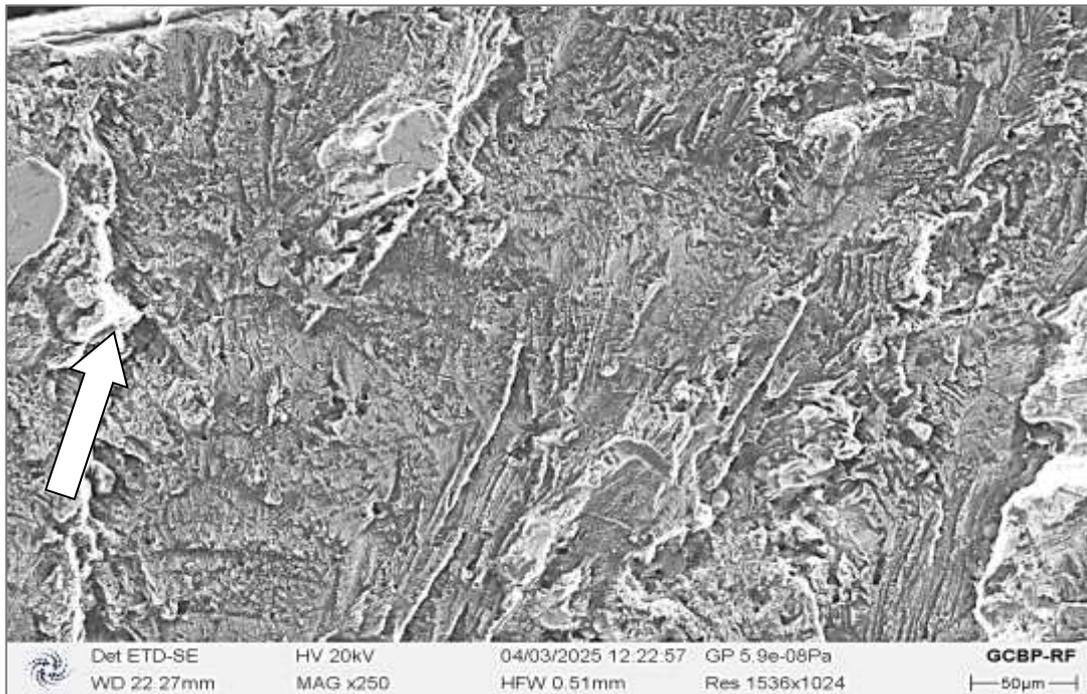


Рис. 8. Вид рельефа излома с мезолиниями усталостного разрушения около внутренней поверхности штупера. Стрелка показывает направление роста трещины.



Рис. 9. Блок усталостных бороздок разного шага на участке, примыкающем непосредственно к зоне долома.

Таким образом, разрушение угольника носит многоциклового усталостный характер. Многоочаговый характер зарождения разрушения связан с высоким уровнем концентрации напряжений, которая создана радиусом перехода сопрягаемых зон штуцера.

Полуколичественный спектральный анализ материала переходного угольника № 4414-10-8 установил, что угольник изготовлен из алюминиевого сплава, который по содержанию основных легирующих элементов (меди, кремния, магния и марганца) относится к алюминиевому сплаву типа АК6.

Предел прочности материала, определенный по результатам измерения твердости, составляет $\sigma_B = 42 \text{ кгс/мм}^2$ (по ТУ $\geq 39 \text{ кгс/мм}^2$).

Металлографическим анализом установлено, что микроструктура материала угольника удовлетворительна и характерна для материала АК6 (рис. 10). Дефекты металлургического происхождения отсутствуют. Витки резьб М20×1,5 и М14×1,5 находятся в удовлетворительном техническом состоянии (рис. 11).

Анализ проведенного исследования показал, что разрушение угольника происходило с наружной поверхности вдоль основания перехода от корпуса угольника к резьбе М14×1,5 и имеет многоочаговый усталостный характер. Дефектов изготовления и материала угольника не выявлено. Разрушение реализовано в области многоциклового усталости под действием эксплуатационных нагрузок и связано с достижением деталью предельного состояния.

В результате оценки графика долговечности материала АК6 установлено, что количество циклов нагружения от момента зарождения трещины до разрушения детали составляет не более 30 % от общей наработки детали. Длительность роста трещины в исследуемом случае может составлять $12372 \times 0,3 = 3711$ циклов нагружения.

По результатам проведенного исследования было сформировано заключение (заключение от2025 № 10444-И/103) о том, что разрушение угольника № 4414-10-8 предохранительного клапана РД22 аварийной гидросистемы самолета Як-42Д RA-42401 носит многоочаговый усталостный характер. Разрушение

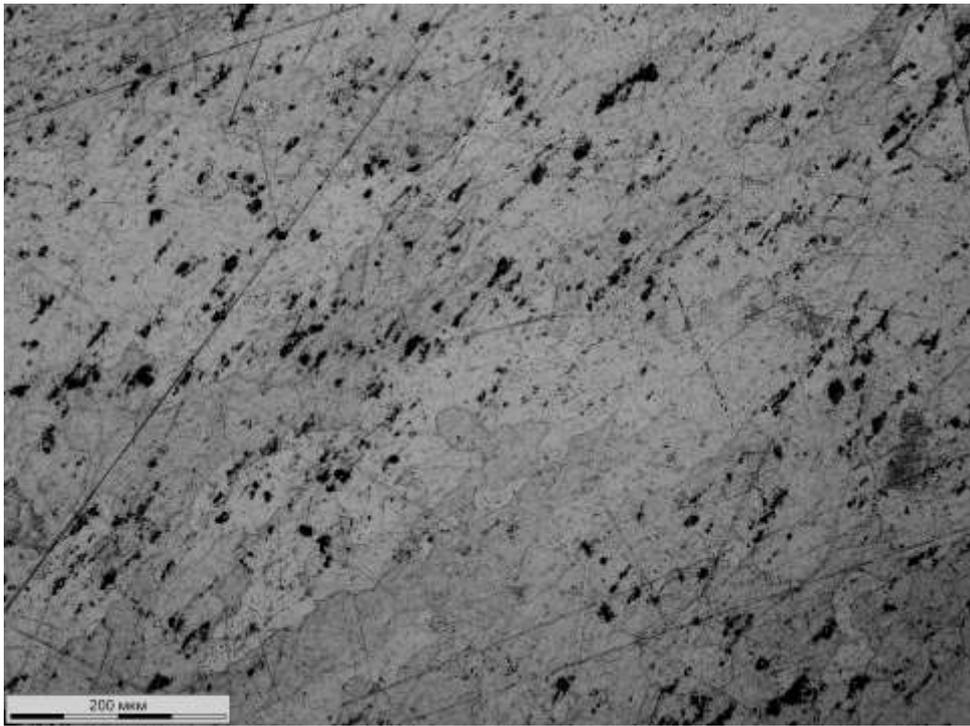
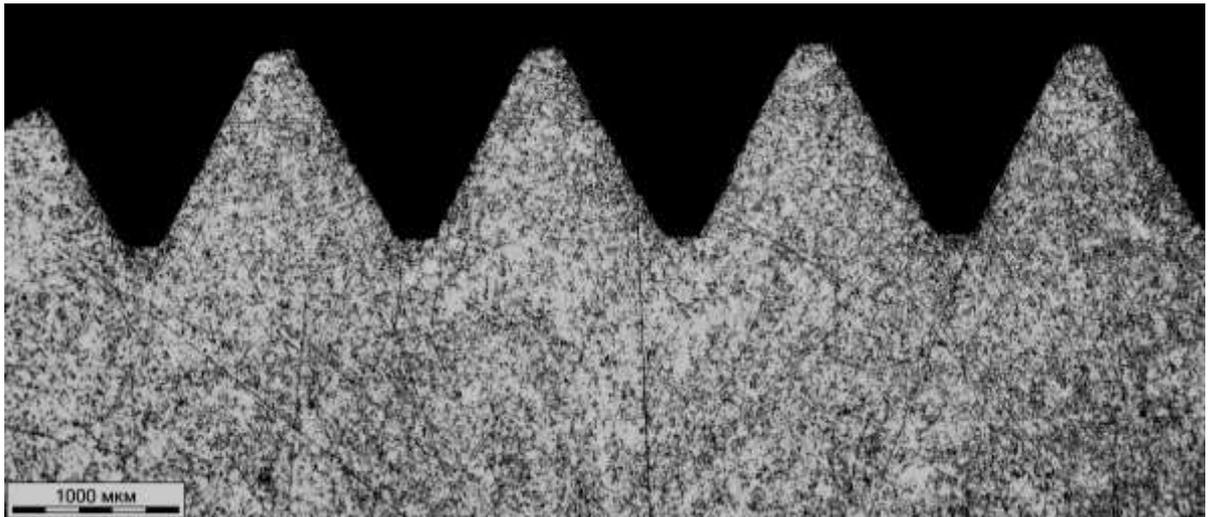
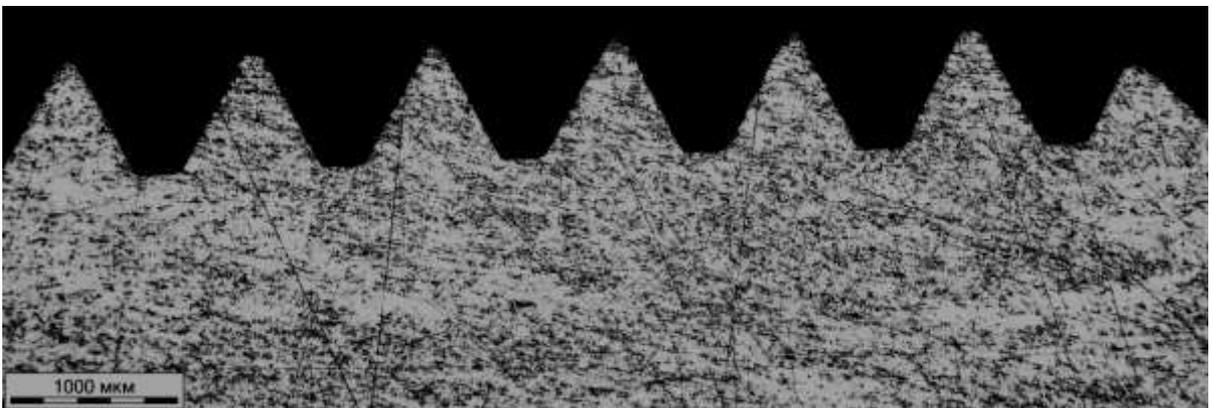


Рис. 9. Вид микроструктуры угля.



а



б

Рис. 10. Виды профиля резьб: а - М20×1,5 и б - М14×1,5.

реализовано в области многоциклового усталости под действием эксплуатационных нагрузок и связано с достижением предельного состояния детали.

Длительность роста трещины в исследуемом случае может составлять $12372 \times 0,3 = 3711$ циклов нагружения.