

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН РАЗРУШЕНИЯ ВАЛОВ БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА  
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЧИН РУЙНУВАННЯ ВАЛІВ ВЕЛИКОГО ДІАМЕТРУ  
INVESTIGATION OF THE CAUSES OF DESTRUCTION OF LARGE DIAMETER  
SHAFTS**

Научный руководитель – доц., зав. каф. «Технологии конструкционных материалов и материаловедения», канд. техн. наук Евтифеев С. Л., Євтифеев С. Л., Yevtyfeev S. L

Студент - Омельченко Е. И., Омельченко Є. І., Omelchenko Ye. I.

**Аннотация:** Разрушение - это нарушение целостности материала, при котором прекращается процесс упругой и пластической деформации. Кинетический процесс зарождения и (или) развития трещин в результате действия внешних или внутренних напряжений, завершающегося разделением изделия (образца) на части. В докладе объединены три реальных случая исследования причин разрушения валов большого диаметра с разных предприятий.

Ключевые слова: разрушения, вал, винт, крупногабаритные, большой диаметр.

**Анотація:** Руйнування - це порушення цілісності матеріалу, при якому припиняється процес пружної і пластичної деформації. Кінетичний процес зародження і (або) розвитку тріщин в результаті дії зовнішніх або внутрішніх напружень, що завершується поділом виробу (зразка) на частини У доповіді об'єднані три реальні випадки дослідження причин руйнування валів великого діаметру з різних підприємств.

Ключові слова: руйнування, вал, гвинт, великогабаритні, великий діаметр

**Abstract:** Destruction is a violation of the integrity of the material, in which the process of elastic and plastic deformation is terminated. Kinetic process of nucleation and (or) development of cracks as a result of external or internal stresses, resulting in the separation of the product (sample) into parts. The report combines three real cases of research on the causes of destruction of large diameter shafts from different.

Keywords: destruction, shaft, screw, large, large diameter.

На кафедре технологии конструкционных материалов и материаловедения проводился ряд исследований по причинам разрушения, то есть выхода из строя валов большого диаметра разнообразного назначения. Проведено три исследования. В первом исследовании служба электроснабжения государственного предприятия “Одесская железная дорога” обратилась в Одесский национальный политехнический университет с письмом по вопросу проведения экспертизы по случаю поломки колесной пары

автомотриссы АДМ – 1093. В письме указывается, что поломка произошла без схода колесной пары с рельсов. Также, к письму прилагаются следующие документы:

- 1) Технический паспорт № 1899 (заводской номер), год изготовления октябрь 1983 г.;
- 2) Акты выполненных работ к колесным парам №№ 1899, 8038;
- 3) Акт визуального осмотра излома оси колесной пары № 1899 на АДМ.

Для исследований было предъявлено два фрагмента оси (малый –  $D_m = 160$  мм и большой –  $D_b = 170$  мм). Применялись следующие методы исследования: внешний осмотр с измерением критических диаметров, фрактографический анализ изломов, металлографический анализ на микроскопе МИМ – 7, дюротрический анализ на твердомете ТР – 1, химический анализ на приборе «Спектромакс» производства Германии в аттестованной и сертифицированной химической лаборатории ОАО «Красная гвардия». Метод определения спектрометрический по сравнению с эталонными сертифицированными образцами в соответствии с электронными линейками спектральных линий. Визуальным осмотром и сопоставлением изломов малого и большого фрагмента определено, что разрушение произошло по галтели переходного сечения с диаметра 170 до 160 мм. Примерный диаметр, на котором произошло разрушение - 163 мм, однако имеет место переход места разрушения диаметром 160 мм.

По результатам проведенного исследований можно сделать вывод, что разрушение оси произошло по усталостному механизму с очагом зарождения трещины на галтели в зоне диаметра 163 мм. Классификация излома по источнику[1] – усталостный излом при высоких номинальных напряжениях и слабом концентраторе напряжении по окружности.

Ось была изготовлена из стали 45 ГОСТ 1050 -74 в состоянии поставки после термической обработки нормализация и высокий отпуск и дополнительно термической обработке не подвергалась. Причиной образования усталостных трещин явилось одновременное действие нескольких дефектов, а именно: ликвации, высокой шероховатости поверхности, не упроченной методом накатки галтели R5 и возможного перекоса при монтаже колесной пары, что привело к образованию усталостных трещин и их распространению. Обнаружить именно в данном месте переходного сечения и галтели микротрещины в соответствии с действующей методикой практически невозможно, ибо микротрещины сливаются с грубой шероховатостью и переходными сечениями галтели.

Во втором исследовании на нашу кафедру обратилась ТОВ ХК Микрон с разрушенным винтом шарико - винтовой передачи (ШВП) Ø80 с целью определения

разрушения винта (вала) при рихтовке. Для исследования были представлены следующие части детали:

- 1) Образец вала с характерным изломом (часть излома);
- 2) Образец вала без излома.

Документов, а именно чертежей деталей, технологического процесса обработки детали, сертификатов на материалы, паспортов и технологической документации устройства, где работает деталь и узлы, режимов работы представлено не было.

Поэтому, проводились исследования по фактическому материалу: металловедческие – микроструктурный, дюрOMETрический, спектральный и фрактографические анализы.

По результатам проведенных исследований излом, представленный для исследования статический хрупкий излом, возникший при высоких одномоментных напряжениях с различными типами концентраторов напряжений при изгибе. На образцах имеется неравномерность твердости по различным участкам вала, что обеспечило неодинаковую прочность с разных сторон. Нагрузка при рихтовке для нормализованной стали значительно превышает аналогичную нагрузку для отожженной стали ШХ15.

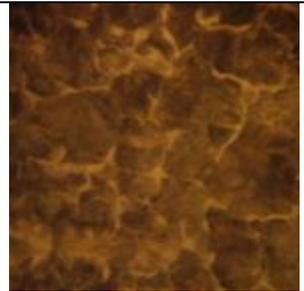
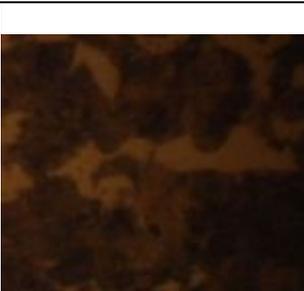
В момент зарождения трещины, нагрузки на детали превышали предел прочности на поверхности для данного типа дефекта. Разрушение детали произошло по двум факторам и их синергии: Два подреза, так как подрезы являются концентраторами напряжений. В процессе исследования было обнаружено, что сталь отжигу не подвергалась, только нормализации.

По третьему исследованию валов большого диаметра целью было провести исследование причин разрушения валов барабана ленточного конвейера.

Для исследования представлены следующие части деталей и узлов: разрушенный по посадочному месту муфты вал и сама муфта соответственно. Документов, а именно чертежей деталей, сертификатов на материалы, паспортов и технологической документации устройств, где работают детали и узлы, режимов работы представлено не было. Поэтому, проводились исследования по фактическому материалу: металловедческие – микроструктурный, дюрOMETрический и спектральный, фрактографические и частично трассологические.

Микроструктуры стали до травления с целью изучения неметаллических включений приведены на рис.1 и рис.2 соответственно.

Балл зерна в поперечном сечении 6 по ГОСТ 5639-82, в продольном направлении 4...8. Это объясняется технологической операцией прокатки и неравномерном охлаждении проката.

			
Рис.1.Микроструктура до травлення в поперечном сеченні. X240	Рис.2.Микроструктура до травлення в продольном направлении. X240	Рис.3.Микроструктура после травления (поперечная). X240	Рис.4.Микроструктура после травления (продольная). X240

Микроструктура стали – феррит(светлые зоны на рис.3 и 4) и перлит (темные). Данная микроструктура соответствует всем требованиям, которые предъявляются стандартом к прокату.

Особо необходимо отметить, что сталь 40Х относится к категории флокеночувствительных сталей, что означает повышенную способность к насыщению водородом и образованию мелкой пористой структуры. Флокены являются опасным дефектом, который резко уменьшает механические характеристики сталей. Диагностика флокенов сложна и даже невозможна из-за их малых размеров. Флокены выглядят как мелкие поры хлопьевидной формы размером 0.001 – 2,5 мм с блестящей поверхностью. В данном образце стали, возможно образование флокенов так, как содержание Мо менее 0,0039 %.

В целом можно заключить, что по всем параметрам металловедческого анализа сталь вполне хорошего качества и несовершенства могут носить только локальный характер.

По результатам проведённых исследований все изломы, представленные для исследований – усталостные, возникшие при высоких напряжениях с различными типами концентраторов напряжений. Концентраторы напряжений возникают всегда при изготовлении материалов и его последующей механической обработке. В момент зарождения усталостной трещины, вероятно, нагрузки на детали превышали предел прочности на поверхности для данного типа дефекта.

### Список литературы

1. Евтифеев С. Л. Разработка износостойкого сплава на основе системы / С. Л. Евтифеев, Д. О. Крушельницкий // Високі технології в машинобудуванні. - Харків: Вид-во НТУ "ХП", - 2017, Вип. 1 (27). – С. 48-58.
2. Евтифеев С.Л. Extended Root Dental Implants/ S.L.Yevtifyeyev, I.V. Prokopovich Научно-практический журнал «Биомедицина Инженерия». Київ: Вид-во ФБМІ КПІ імені Ігоря Сікорського, - квітень 2017 р. Вип. № 4. – С. 11-15.
3. А.П. Гуляев. Металловедение. Учебник. 5-е изд., перераб. — М.: «Металлургия», 1977. — 650 с.. изд.1977г. - 650 с.
- 4 В.Н.Журавлев, О.И. Николаева. Машиностроительные стали. Справочник. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1981 г. — 391 с.
5. Е.А. Шура. Фрактография и атлас фрактограм. Справочник. Москва «Металлургия». 1982 г. – 489 с.
6. С.М. Новокщеновой и М.И. Виноград. Справочник. Дефекты стали. Москва «Металлургия» 1984 г. - 199 с.