

УДК 620.186

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛЛОВЕДЧЕСКИХ МЕТОДИК ИССЛЕДОВАНИЯ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Владимир Владимирович Григорьев

Студент 6 курса,

кафедра «Технологии обработки давлением»

Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана

Научный руководитель: Н. В. Коробова,

доктор технических наук, профессор, директор Центра разработки кузнечно-

прессового оборудования ГИЦ ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН», заведующий кафедрой

Металловедения ФГБОУ ВПО МГТУ «СТАНКИН»

В последние годы российские заводы все чаще и чаще сталкиваются с проблемой преждевременного выхода из строя основного и вспомогательного технологического оборудования: станков, прессов, печей, редукторов, подъемно-транспортных механизмов, приборов, аппаратов, технологических линий и т.д. Незапланированный выход из строя – это, в первую очередь, застой производства и, следовательно, большие убытки, затраты на ремонт оборудования. При аварийном выходе из строя с возникающим риском для окружающих – это возможный ущерб жизни или здоровью рабочим и вспомогательному персоналу. В большинстве случаев поломки основной причиной в той или иной мере является человеческий фактор: халатное, безответственное отношение рабочих к правилам эксплуатации и обслуживания оборудования; использование оборудования не по назначению; дефекты монтажа оборудования; использование в ненадлежащих условиях среды; несоблюдение заводом-изготовителем стандартов на изготовление, сборку деталей и узлов; нарушение технологического процесса изготовления материала; использование при изготовлении некачественного материала. Для руководства заводов очень важно определить истинную причину возникновения поломки, ведь при установлении факта вины не с их стороны, а, к примеру, производителя оборудования или монтажников, проводивших его установку и наладку, соответствующие расходы на ремонт оборудования, его замену и убытки, связанные с незапланированным простоем, понесет виновник.

Помощь в определении истинной природы дефектов товаров и вещей, используемых человеком во многих повседневных сферах жизни, уже многие десятилетия оказывают судебные эксперты, а именно эксперты-товароведы, эксперты-автотехники и т.д. За последнее десятилетие развилась и область инженерно-технических и инженерно-технологических экспертиз.

Инженерно-техническая экспертиза – род экспертиз, требующих специальных знаний в области инженерных наук, направленных на установление возникновения природы неблагоприятного явления связанного с производством, хранением технологического оборудования, его узлов, деталей, процессов связанных с его эксплуатацией, в частности, технологических процессов, в которых оно задействовано.

Вопросы, решаемые при проведении инженерно-технической экспертизы, следующие.

1. Состояние оборудования, прибора, механизма.

2. Исправность данного оборудования.
3. Установление дефектов, неисправностей.
4. Определение рассогласований с технологическим процессом (брак, отклонения от требований ГОСТа и т.д.).
5. Соответствие сырья и материалов в осуществляемой технологии.
6. Отступление от технологического процесса на данном производстве.
7. Технология изготовления данного изделия.

Объектами экспертизы являются прессы, лифты, подъемники, краны, агрегаты, приборы, механизмы, аппараты, технологические линии, детали машин, документы, фотоснимки, чертежи, технологические карты, а также сырье и материалы.

К основным методикам исследования объектов в инженерно-технических экспертизах можно отнести следующие.

1. Органолептический метод исследования.
2. Измерительный метод контроля.
3. Разрушающий метод контроля.
4. Неразрушающий метод контроля.
5. Аналитический метод исследования.

В данной статье рассматриваются основные методы разрушающего контроля, применяемые в области инженерно-технических экспертиз, основные вопросы, решаемые ими, рассмотрен конкретный пример их применения при экспертизе износа зубьев шестерни редуктора цементной мельницы.

Разрушающим является метод экспертного исследования, который при своей реализации приводит либо к разрушению объекта в целом (или исследуемого образца), либо к необратимым изменениям состава, структуры или отдельных свойств объекта при сохранении его формы и внешнего вида. В соответствии с градацией методов экспертного исследования в зависимости от степени сохранности объекта они подразделяются на:

- методы, никак не влияющие на объект и не требующие для реализации пробоподготовки;
- методы, не разрушающие объект, но изменяющие его состав, структуру или отдельные свойства;
- методы, не разрушающие образец, но требующие для его изготовления разрушения или видоизменения объекта;
- методы, полностью или частично разрушающие образец или объект исследования.

При экспертизе производственного оборудования основными являются методики металлографического исследования, ряда исследований, направленных на определение химического состава материалов и изделий из них, а также статических испытаний.

К статическим испытаниям следует отнести испытания, направленные на измерение макро- и микротвердости материала в отдельных участках. Данные измерения позволяют выявить причины, по которой претерпели существенные изменения свойства материала изделия. Например, при неоднородном прогреве до достаточно высоких температур под воздействием тепловой или лучистой энергии, или при несоблюдении режима термообработки, свойства материала могут быть различны в разных частях изделия, что можно выяснить путем сопоставления результатов измерения микротвердости в искомых частях. Также, благодаря статическим испытаниям, возможно установить причину разрушения детали. Измерением

микротвердости в локальной зоне разрушения также определяют сопротивляемость материала деформациям в зоне очага разрушения.

Металлографический анализ заключается в микроскопическом исследовании шлифов, которые исследуются в отраженном или в проходящем свете. Шлифы представляют собой участки исследуемого объекта с идеально плоской поверхностью. Для уменьшения неровностей поверхности обработку производят поэтапно, начиная с механической шлифовки и завершая процесс полировкой. Металлические шлифы перед металлографическими исследованиями подвергают травлению подобранными реактивами. Микроскопическое исследование шлифов осуществляется на специальном металлографическом микроскопе в полихроматическом, поляризованном и монохроматическом излучении. Металлография позволяет оценить микроструктуру и макроструктуру металлов, сплавов и изделий из них и выявить, таким образом, характерные процессы, повлиявшие на степень и характер выявленных изменений.

К исследованиям, направленным на определение химического состава материала, следует отнести исследования в области спектрального анализа. Чаще всего применяются эмиссионный спектральный анализ и лазерный микроспектральный анализ. С помощью них решаются как диагностические, так и идентификационные вопросы.

Рассмотрим пример применения упомянутых методик исследования на экспертизе излома шестерни редуктора (рис. 1).



Рис.1. Повреждения шестерни редуктора.

Одним из поставленных перед экспертами вопросов был следующий: является ли использованный при изготовлении шестерни материал или технология изготовления причиной образования дефекта?

Объект исследования – шестерня трехступенчатого цилиндрического редуктора с цилиндрическими колесами.

Для ответа на вопрос требовалось проанализировать общий принцип работы механизма, его номинальную нагрузку, состояние представленного на исследование

объекта, условия работы, прилагаемую документацию, которая должна содержать рекомендательную базу и общие технические условия, а также ГОСТы, применяемые к агрегатам данного типа.

В результате органолептического исследования было выявлено, что представленный на экспертизу объект – шевронная вал-шестерня с косыми зубьями длиной 1900 мм и диаметром 400мм, с блоком косозубых зубчатых колес.

- на одном из полушевронов три зуба разрушены на 60 %, пять зубьев разрушены на 40 %;
- присутствует, предположительно, усталостное выкрашивание на рабочих поверхностях 8 зубьев на одном из полушевронов вала шестерни;
- дефектов на рабочей поверхности зубьев блока зубчатых колес не обнаружено;
- пятно контакта на рабочей поверхности зубьев не представляется возможным проследить из-за загрязненности рабочей поверхности полушевронов.

В результате анализа характера нагружения агрегата и условий его работы дефектов или иных отступлений от правил эксплуатации и обслуживания оборудования выявлено не было.

Полноценного анализа прилагаемой документации или технологического процесса изготовления провести не удалось в связи с отказом завода-изготовителя в полном предоставлении информации, связанным с «коммерческой тайной» предприятия. Из общих технических условий удалось узнать, что материал колес и вал-шестерен – сталь 20ХН3А, с целью повышения контактной и изгибной выносливости и прочности предусмотрена цементация и закалка зубьев вал-шестерен и колес до твердости HRC>55, с последующей шлифовкой зубьев. Представленный на исследование объект должен отвечать требованиям в соответствии с ГОСТ 21354-87, согласно которому допустимо применение легированной стали 20ХН3А по ГОСТ 4543-71.

Для определения химического состава материала, используемого при изготовлении колес и вал-шестерен, а также дальнейшего исследования соответствия абразивного инструмента требованиям для деталей данного типа был изъят образец разрушенного зуба из полушеврона 3-ей сборки (рис. 2 – 3).

Исследование химического состава образцов проводилось методом спектрального анализа с помощью атомно-эмиссионного спектрометра с лазерным возбуждением «ЛАЭС». Спектрометр соответствует требованиям по ТУ 4434-001-72974044-2005 «Спектрометр атомно-эмиссионный с лазерным возбуждением «ЛАЭС». Для точного контроля использовались стандартные (эталонные) образцы, изготовленные в ЗАО «Институт стандартных измерений» (г. Екатеринбург), предназначенные для градуировки и метрологической аттестации спектральных установок, используемых для определения состава сталей углеродистых и легированных.

Результаты определения химического состава представлены в таблице 1. Химический состав соответствует стали типа 20ХН3А.

Анализ микроструктуры поверхностного слоя выявил следующее. Микроструктура поверхностного слоя - игольчатый мартенсит, местами наблюдаются единичные включения троостита, количество которых незначительно увеличивается к основанию зуба (рис. 4).



Рис 2. Изъятие образца зуба полушеврона вал-шестерни



Рис. 3. Образец зуба полушеврона вал-шестерни

Таблица 1. Химический состав исследуемого образца, %

Номер образца	C	Cu	Cr	Mn	Ni	Si	Fe
1	0,20	0,14	0,75	0,50	2,98	0,35	Осн.
2	0,24	0,16	0,91	0,49	2,71	0,37	
3	0,18	0,15	0,85	0,53	2,74	0,39	
4	0,20	0,14	0,89	0,55	2,86	0,41	
5	0,21	0,16	0,74	0,49	2,69	0,38	
Среднее	0,21	0,15	0,83	0,51	2,80	0,38	
СКО	0,02	0,01	0,07	0,02	0,11	0,02	

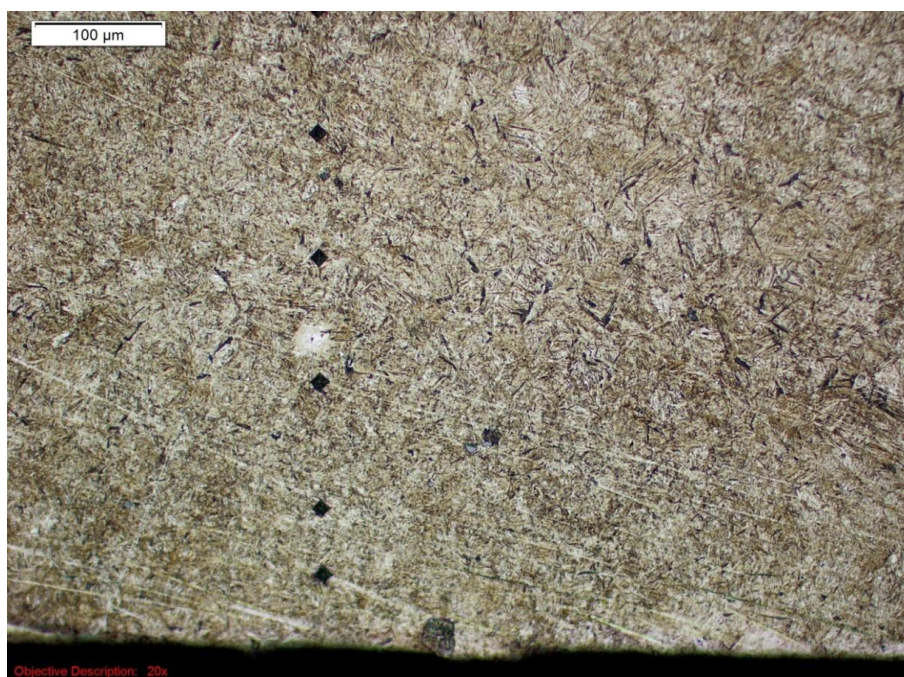


Рис. 4. Микроструктура образца зуба полушестерона вал-шестерни

Испытание на твердость проводилось на приборе Dura Vision по методу Роквелла. Твердость поверхности исследуемого материала:

- на вершине – 60 HRC₃;
- на боковой поверхности (ближе к основанию зуба) – 56...57 HRC₃;
- твердость сердцевины 27...28 HRC₃.

Исследование микротвердости проводилось по методу Виккерса с прилагаемой нагрузкой 100 г.

Распределение микротвердости по толщине поверхностного слоя представлено на рис. 5.

Твердость поверхностного слоя в пределах HV_{0,1} 730...610 (HRC 56...61) распространяется на глубину до 1,5 мм от поверхностного слоя, что соответствует характеристикам материала, подвергнутого цементации и требованиям, предъявляемым к цементации поверхностного слоя деталей данного типа.

Используемый при изготовлении колес и вал-шестерен материал сталь 20ХН3А отвечает химическим составом предъявляемым требованиям ГОСТ 21354-87 и ГОСТ 4543-7.

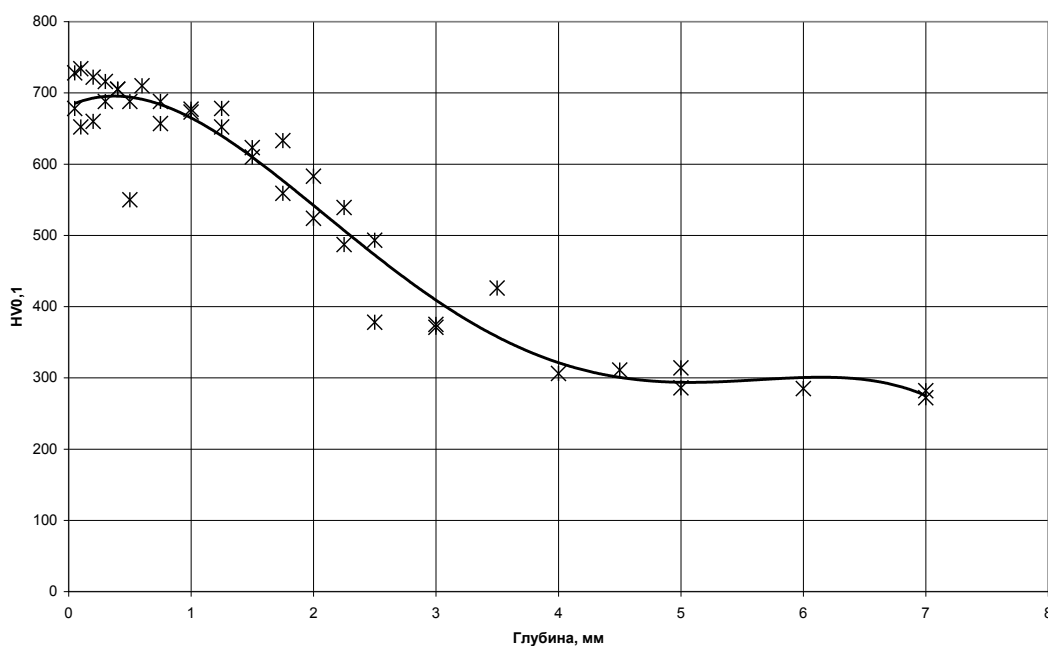


Рис. 5. Распределение микротвердости по толщине поверхностного слоя

Исходя из результатов, проведенного исследования был сделан вывод:

Используемый при изготовлении колес и вал-шестерен материал отвечает ГОСТ 4543-7 и, следовательно, не является причиной образования дефектов.

Дальнейшие методики неразрушающего контроля для ответа на остальные вопросы позволили выявить истинную причину дефекта – несоблюдение технологии монтажа и сборки.

Металловедческие исследования в области инженерно-технических экспертиз позволяют получить ряд исчерпывающих ответов на поставленные вопросы, современный уровень развития техники не позволяет поставить под сомнение полученные в результате исследования результаты. Однако данной отрасли экспертиз требуется большее количество специалистов, обладающих специальными знаниями в области металловедения, материаловедения для проведения подобного рода исследований и их разъяснения общедоступными понятиями для сторон и участников судебного процесса, не обладающих специальными знаниями в этих областях.

Литература

1. Голиков П.А.. Концепции современного естествознания. – М.: Норма, 2007. – 448 с.
2. Россинская Е.Р., Галяшина Е.И., Зинин А.М. Теория судебной экспертизы. – М.: Норма, 2009. – 384 с.
3. Металловедение: учебник для вузов / Арзамасов Б. Н., Макарова В. И., Мухин Г. Г. и др. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 646 с.
4. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1978. – 646 с.