

*Автор:*  
**Климова Аина Михайловна**  
ученица 8 «а» класса  
НП СОШ № 2 г. Якутска  
г. Якутск, Республика Саха (Якутия)

*Руководитель:*  
**Васильева Мария Ильинична**  
канд. техн. наук, старший научный сотрудник  
ИФТПС СО РАН  
г. Якутск, Республика Саха (Якутия)

## **Изучение излома торсиона автомобиля, эксплуатированного в условиях Севера**

### *Введение*

Я живу в городе Якутске Республики Саха (Якутия), где зимой самая низкая температура порой достигает до -58 С, а летом жара достигает до +38 С. Интересно: как влияет такой перепад температур на свойства металлических материалов. Известно, что большое влияние материалов на свойства оказывают условия окружающей среды, в которых приходится работать материалам строительных конструкций и деталям машин. Ясно, что механические свойства материалов будут изменяться и зависеть от условий эксплуатации конструкций, элементов машин и механизмов. И в этом помогает разобраться наука называемая материаловедение. Материаловедение – комплексная наука, изучающая зависимости между составом, внутренним строением и свойствами материалов, а также закономерности их изменения под воздействием внешних факторов: тепловых, механических, химических, электромагнитных, радиоактивных [1].

Одним из основоположников северного материаловедения является первый академик из народа Саха Ларионов Владимир Петрович. Используя естественные низкие температуры, получил оригинальные результаты в области работоспособности машин и металлоконструкций в суровых северных условиях. Конструкции и детали машин, используемые в условиях Севера подвержены к выходу из строя быстрее.

При установлении причин аварийного разрушения единственным информативным объектом исследования является «излом». В «изломе» может быть «закодирована» вся информация о виде и уровне нагрузки, о причинах зарождения трещины. Исследование влияния низкой температуры на свойства металлических крепежных материалов вызывает интерес многих исследователей, в том числе и сотрудников Института физико-технических проблем Севера имени Владимира Петровича Ларионова. Поэтому я решила исследовать причины аварийных разрушений металлических материалов, эксплуатировавшихся в условиях Крайнего Севера, где я и живу. Для этого я ознакомилась с работой отдела материаловедения ИФТПС СО РАН. Особенно мой интерес привлек макроанализ разрушений, и я решила начать свой шаг в

науку с этого раздела. Актуальность исследования данного направления очевидна. Прежде чем приступить к исследованию, я ознакомилась с научной литературой по предмету материаловедение. Так как основными материалами строительных конструкций и деталей машин являются металлическими материалами, для себя открыла науку металловедение, которая изучает строение и свойства металлов и устанавливает связь между их составом, строением и свойствами.

Исходя из этого, целью исследовательской работы является установление причин разрушения торциона автомобиля, эксплуатировавшихся в условиях Севера.

*Задачи исследования:*

- литературный обзор по предмету материаловедение;
- представление кристаллического строения металлов;
- исследование примеров излома металлических материалов.

*Объект исследования:* явление изломов металлических материалов.

Предмет исследования: излом торциона автомашины *Hyundai Starex*, эксплуатированной в условиях Севера.

*Гипотеза исследования:* владение методом фрактографии может помочь для установления причин аварийного разрушения конструкций и деталей машин – это значит предотвратить новую аварию.

*Методы исследования:*

- теоретическая часть: сбор информации о явлении излома;
- экспериментальная часть: фотографирование в начале исследуемых объектов;
- очищение от грязи и ржавчины поверхностей излома;
- исследование на стереомикроскопе STEM 2000 поверхностей излома;
- обработка полученных данных, выводы.

#### *Теоретическая часть*

Для изучения металлических материалов необходимо знать: что такое металл? Из курса химии известно, что есть определенная группа элементов, расположенная в левой части Периодической таблицы Д.И. Менделеева. Все элементы, расположенные левее галлия, индия и таллия – металлы, а правее мышьяка, сурьмы и висмута – неметаллы [1, 2].

В технике под металлом понимают вещества, обладающие «металлическим блеском». Еще есть понятие сплав — это макроскопически однородный металлический материал, состоящий из смеси двух или большего числа химических элементов с преобладанием металлических компонентов. Сплавы состоят из основы (одного или нескольких металлов), малых добавок, специально вводимых в сплав легирующих (легирование – это введение в основной состав химический элемент для улучшения свойств материала) и модифицирующих элементов. Сплавы являются одним из основных конструкционных материалов. Среди них наибольшее значение имеют сплавы на основе железа и алюминия. В технике применяется более 5 тыс. сплавов [1].

По этому признаку металлы можно легко отличить от неметаллов, например, дерева, камня, стекла или фарфора. Все металлы и металлические сплавы делят на две группы:

- черные (железо и сплавы на его основе (сталь, чугун));
- цветные (остальные металлы Be, Mg, Al, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, Zr и др. и их сплавы).

Кобальт, никель, марганец нередко относят к металлам железной группы.

Все металлы и металлические сплавы – тела кристаллические, атомы (ионы) расположены в металлах закономерно в отличие от аморфных тел (хаотично). Металлы представляют собой поликристаллические тела, состоящие из большого числа мелких ( $10^{-1} – 10^{-5}$  см) различно ориентированных по отношению друг другу кристаллов.

Всякое вещество может находиться в трех агрегатных состояниях твердом, жидком и газообразном. Существуют различия между ними:

- в газах нет закономерности расположения частиц (атомов, молекул), частицы хаотически двигаются;
- в твердых телах порядок расположения атомов определенный, закономерный, силы взаимного притяжения и отталкивания уравновешены, и твердое тело сохраняет свою форму;
- в жидкости частицы (атомы, молекулы) сохраняют лишь так называемый ближний порядок. Ближний порядок неустойчив: он, то возникает, то исчезает под действием тепловых колебаний [1, 2].

#### *Кристаллическая решетка металлов*

Для очевидного представления кристаллической решетки я использовала детский магнитный конструктор. С помощью магнитных шариков и шпилек я сделала куб (рис. 1, а).



А

Б

В

Рис. 1

а – кристаллическая решетка с помощью детского магнитного конструктора; б – элементарная кристаллическая решетка (простая кубическая); в – пространственная кристаллическая решетка

Так как шарики и концы шпилек магнитные есть возможность сделать разные фигуры, в том числе и куб. Расположение атомов в кристалле удобно изображать в виде пространственных схем, в виде элементарных кристаллических ячеек (рис. 1, б). В узлах ячейки металлические шарики – это

есть атомы. В металлах в узлах кристаллической решетки расположены не атомы, а положительно заряженные ионы, а между ними двигаются свободные электроны, но обычно говорят, что в узлах кристаллической решетки находятся атомы. Воображаемые линии, проведенные через центры атомов, образуют решетку, это так называемая кристаллографическая плоскость. Многократное повторение кристаллографических плоскостей, расположенных параллельно, воспроизводит пространственную кристаллическую решетку, узлы которой являются местом расположения атомов.

Различают три типа дефектов кристаллического строения: точечные, линейные и поверхностные. Размеры точечных дефектов близки к межатомному расстоянию. У линейных дефектов длина на несколько порядков больше ширины, у поверхностных дефектов мала толщина, а ширина и длина больше ее на несколько порядков. Объемные дефекты (поры, трещины) имеют значительные размеры во всех трех направлениях. Скопление дефектов кристаллической решетки приводят к зарождению трещины. Дальнейшее распространение трещин может привести к разделению металла на отдельные части [1].

Излом – это поверхность, образовавшаяся в результате разрушения (разделения на части) образца, детали или конструкции. Область знания о строении изломов называют фрактографией. Макрофрактография – изучение изломов невооруженным глазом или при небольших увеличениях до 30 раз. Микрофрактография – изучение изломов при больших увеличениях, например, с помощью растровых или просвечивающих электронных микроскопов /2, 3/.

Изломы металлов могут существенно отличаться по цвету'. Так, стали и белые чугуны, в которых весь углерод связан в цементите, имеют излом светло-серого цвета. У графитизированных сталей и чугунов, в которых углерод находится преимущественно в виде графита, излом черного цвета.

На поверхности изломов можно видеть дефекты, которые способствовали разрушению. В зависимости от состава, строения металла, наличия дефектов, условий обработки и эксплуатации изделий изломы могут иметь вязкий, хрупкий или усталостный характер.

Вязкий (волокнистый) излом (рис. 2, а) имеет бугристо-сглаженный рельеф и свидетельствует о значительной пластической деформации, предшествующей разрушению. Хрупкий (кристаллический) излом (рис. 2, б) характеризуется наличием на поверхности плоских блестящих участков (фасеток) [1-3].

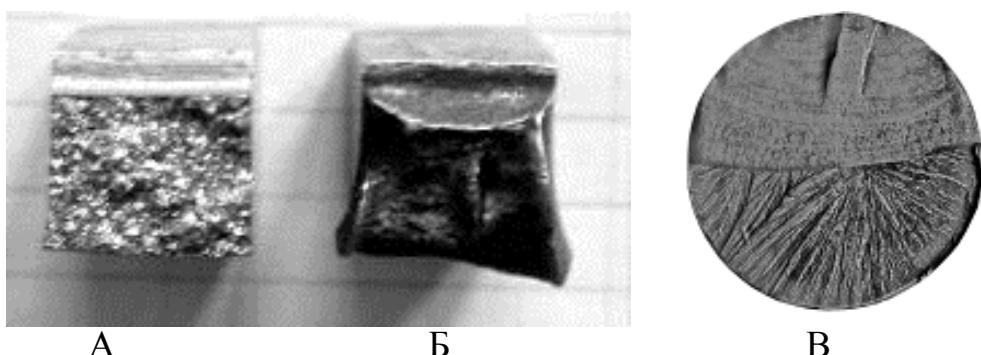


Рис. 2. Изломы стали: а – хрупкий, б – вязкий, в – усталостный

Хрупкое разрушение наиболее опасно, так как происходит чаще всего при напряжениях ниже предела текучести материала. Возникновению хрупкого разрушения способствуют наличие поверхностных дефектов, низкая температура и ударные нагрузки при работе. Обычно изломы бывают смешанными. При смешанном изломе на его поверхности наблюдаются участки вязкого и хрупкого разрушения.

Усталостный излом (рис. 2, в) образуется в результате длительного воздействия на металл циклических напряжений и деформаций. Излом состоит из трех зон: зарождения трещины, собственно усталостного распространения трещины и долома. Механизм усталостного разрушения следующий: усталостная трещина возникает в местах, где имеются дефекты. Первая зона плоская и гладкая. Увеличиваясь при работе детали, трещина образует зону собственного усталостного распространения с характерными концентрическими бороздками или дугами и мелкозернистым, фарфоровидным изломом. Зачастую она имеет отдельные участки гладкой притертой поверхности. Долом происходит внезапно, когда ослабленное трещиной сечение детали не способно выдержать прикладываемой механической нагрузки. Долом бывает вязким или хрупким [1-3].

#### *Методы изучения строения металлов*

Существует много разнообразных способов, при помощи которых изучают кристаллическое строение металлов. Они могут быть разделены на два вида: к первому относятся методы изучения внутреннего строения кристаллов, ко второму – методы изучения внешних форм кристаллов. Внутреннее строение кристаллов изучают посредством рентгеноструктурного анализа, использующего рентгеновские лучи. Размеры, форму и взаимное расположение кристаллов изучают металлографическими методами [2].

Структурные методы основаны на непосредственном наблюдении строения материала (макроскопический и микроскопический анализ). Макроскопический анализ заключается в определении строения металла путем просмотра подготовленной поверхности невооруженным глазом или через лупу при небольших (до 30 раз) увеличениях или с помощью стереоскопического микроскопа. Также макроскопический анализ проводят изломам металлов.

Так как все металлы – вещества непрозрачные, то форму кристаллов, а также их размер и взаимное расположение изучают на специально изготавливаемых микрошлифах. В этом случае делают разрез металла в плоскости, затем его шлифуют и полируют до зеркального состояния. Чтобы выявить структуру проводят химическое травление (окрашивает в разные цвета структурные составляющие). При травлении кислота в первую очередь воздействует на границы зерна. Для исследования микроструктуры металлов применяют специальные микроскопы. Микроструктура – внутреннее строение металла, наблюдаемое с помощью оптических микроскопов при увеличении 50-2000 крат.

Также для определения связи между структурой металлических материалов и их свойствами используют и физические методы исследования (термический и дилатометрический) [1, 2].

## *Практическая часть*

Известно, что большое влияние оказывают условия окружающей среды, в которых приходится работать материалам строительных конструкций и деталям машин. Ясно, что механические свойства материалов будут изменяться и зависеть от условий эксплуатации конструкций, элементов машин и механизмов. Для оценки механических свойств важно не только сопротивление металла разрушению, но и характер разрушения, т.е. как произошло разрушение [3]. Это осуществляется изучением поверхностей, которые разделяли когда-то целый кусок металла. Этот метод называется фрактографией (в случае изучения поверхности излома при больших увеличениях с помощью электронного микроскопа – электроннофрактографией). Фрактографические исследования позволяют однозначно определить, было ли разрушение вязким или хрупким, т.е. пластиически деформировалась ли поверхность излома или нет.

Мой отец, когда ремонтировал машину, говорил, торсион (рис. 3, а) автомобиля сломался. И мне захотелось исследовать излом торсиона и выявить характер разрушения.



А

Б

В

Рис. 3

а – общий вид торсиона; б – поверхность излома; в – поверхность излома торсиона после очищения от ржавчины.

Интересен вопрос: влияют ли низкая температура воздуха и плохие дороги на поломки деталей автомобилей, эксплуатировавшихся в северных условиях? «Излом» может рассказать о виде и уровне нагрузки, о причинах зарождения трещины, и наконец, выход из строя деталей автомашин.

Введем понятие торсион: торсион подвески - стальной стержень определенной длины, работающий на скручивание. Для начала фотографирую общий вид торсиона (рис. 3, а). Так как сломанный деталь машины пролежал на улице несколько дней при дождливой погоде, поверхность излома начало ржаветь (рис. 3, б). Из литературы [4] узнала, как очищать ржавчину от металла. Используя реактив, очистила поверхность излома с помощью мягкой кисточки. Также используя литературные источники, определила вид излома по характерной поверхности металла. Определен вид излома – усталостный (рис. 3, в). На поверхности усталостного излома имеются три зоны, обнаруживаемые визуально. В I зоне (область зарождения трещины) трещина распространяется медленно, и поверхность излома выглядит как полированная и окисленная. Во II зоне трещина распространяется с большей скоростью, поверхность излома

мелкозернистая. В III зоне поверхность излома, как правило, крупнозернистая либо волокнистая, соответствующая статическому разрушению.

### *Выводы*

1. Проведен литературный обзор по предмету материаловедение. Рассмотрены разделы по кристаллической решетке, структуре, железоуглеродистым сплавам, разрушению, деформации и излому металлов.

2. Представлена модель кристаллической решетки твердых тел с помощью детского магнитного конструктора.

3. Исследован излом торсиона автомобиля Hyundai Starex, эксплуатированного в северных условиях. Проведен макроанализ излома торсиона. Излом образца относится к типу усталостных: это следует из характерной поверхности из трех зон. Причина излома торсиона это переменные напряжения, которые привели к разрушению поверхности материала.

4. В мире не существует такого универсального конструкционного материала, который можно использовать и в строительстве, и в качестве деталей автомобиля. Несмотря на это, я когда-нибудь разработаю деталь для автомобиля специально для наших северных условий, который не будет так часто и быстро выходить из строя.

### *Список литературы*

1. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник. –М.: Металлургия, 1986, - 544 с.
2. Арзамасов Б.Н., Макарова В.И., Мухин Г.Г., Рыжов Н.М., Силаева В.И. Материаловедение: Учебник для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 648с.
3. Клевцов Г.В., Ботвина Л.Р., Клевцова Н.А., Лимарь Л.В., Фрактодиагностика разрушения металлических материалов и конструкций: Учебное пособие для вузов. –М.: МИСиС, 2007. -264 с.
4. Юдин А.М., Сучков В.Н., Коростелин Ю.А. Химия для вас. -3-е изд. – М.: Химия, 1986, -192 с.