

## Исследование и анализ причин разрушения «Титаника» с точки зрения материаловедения

Студент Коротцов А.М.  
Научный руководитель – Пацеко Е.К.  
Белорусский национальный технический университет  
Республика Беларусь, г.Минск

Потопление «Титаника» стало одной из самых известных катастроф в истории. Из-за ужасного количества человеческих жертв и гибели того, что все считали «непотопляемым» кораблем, люди заинтригованы, что же стало причиной быстрого потопления «Титаника». После погружения появилось несколько теорий, объясняющих события, произошедшие в ту роковую ночь. В данной работе представлена наиболее вероятная теория, которая стала доминирующей в результате доказательств, полученных во время нескольких экспедиций к месту «Титаника».

Выход из строя корпуса произошел в результате хрупких трещин, вызванных высоким содержанием серы в стали, низкой температурой воды в ночь катастрофы и высокой ударной нагрузкой столкновения с айсбергом. Когда «Титаник» ударился об айсберг, плиты корпуса раскололись и продолжали трескаться, когда вода затопила корабль. Низкие температуры воды и высокая ударная нагрузка также вызвали хрупкий отрыв заклепок, используемых для крепления плит корпуса к основной конструкции корабля, что нарушило герметизацию и обеспечило ещё один вход для воды.

Быстрое потопление усугубилось из-за плохой конструкции поперечных переборок водонепроницаемых отсеков. По мере затопления водой повреждённых отсеков корпуса корабль стал накреняться вперёд, а вода в повреждённых отсеках смогла переливаться в смежные отсеки.

Понимание причин быстрого потопления «Титаника» необходимо для предотвращения подобных аварий в будущем. Изменения, внесенные в конструкцию судна и правила безопасности после катастрофы, помогли сократить число жертв аварий на море. Примерами являются успешные спасения 1600 пассажиров и экипажа с «Андреа Дориа» в 1956 году, 700 пассажиров с «Принсендама» в 1980 году и всех пассажиров и экипажа с «Михаила Лермонтова» в 1986 году и «Океана» в 1992 году.

Анализ характеристик разрушения корпуса «Титаника» показал, что уровень серы, измеренный в стали, выше, чем приемлемый в современных сталях, как и концентрация фосфора. В стали было также обнаружено низкое содержание марганца. Это может привести к охрупчиванию серы, если марганца недостаточно для связывания всей серы в частицах  $MnS$ . На рисунке 1 показаны образцы сталей 25Г современного образца и используемая более 100 лет назад, подвергнутые разрушающему контролю на ударную вязкость. Как мы можем отметить, современный образец имеет вязкий излом, чего не скажешь о втором образце.

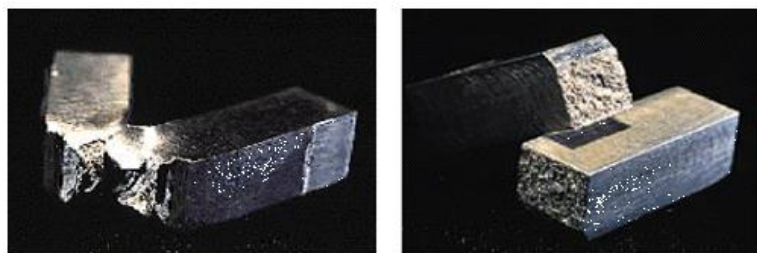


Рисунок 1 – Результаты теста на ударную вязкость. Справа – образец металла который использовался при производстве Титаника, слева – современная сталь

Утверждалось, что содержание серы в стали корпуса было значительно выше стандарта, это было бы нерациональным с точки зрения разрыва, учитывая вредное влияние серы на вязкость при разрушении. Однако важно, чтобы один взгляд на стандарт содержания серы из исторической точки зрения. Стандарт содержания серы для конструкционной мягкой стали не более 0,05% сегодня. В 1906 году стандарт, который был бы на момент постройки корабля, был 0,04%.

Хорошо известно, что сплавы на основе железа проявляют чувствительность к скорости деформации при разрушении. То есть, чем более быстрое нагружение трещины, тем более хрупкий характер трещины. Существует как прямое, так и косвенное доказательства того, что сталь, использованная в корпусе "Титаника" и её родственных кораблей, демонстрировала такое поведение.

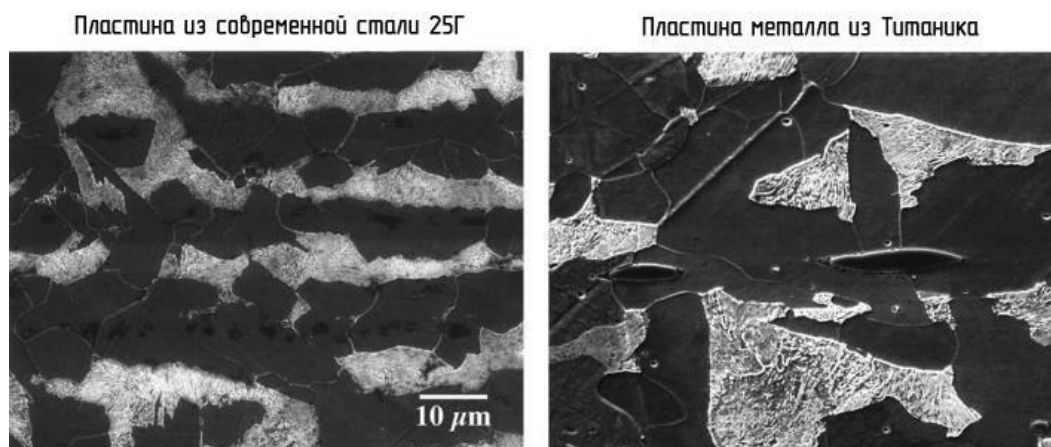


Рисунок 2 – Сравнение микроструктур современной стали 25Г и стали которая использовалась в производстве «Титаника»

Были обнаружены тенденции, касающиеся микроструктурных характеристик мягкой стали с ферритом и перлитом. В целом, большие размеры ферритовых зерен (рис. 2) дают более низкие значения вязкости. В литературе есть свод работ, о том, что размер, форма и распределение карбидов в мягкой стали является доминирующим фактором при определении формы и расположения температуры хрупкого-пластичного перехода. Поскольку сталь из корпуса, по-видимому, была охлаждена воздухом и не отожжена, большая часть углерода, находящегося в твердом растворе связывается в перлите.

Присутствие и большой размер частиц MnS считаются вредными для устойчивости к разрушению, поскольку они действуют как инициаторы трещин в стали при температурах вблизи порога хладноломкости.

Обобщая вышесприведенное, можно перейти к следующим выводам:

- Сталь, использованная для изготовления корпуса «Титаника», хотя и достаточная по прочности, обладала очень низкой вязкостью разрушения при температуре ледяной воды.
- Низкая вязкость, вероятно, была обусловлена сложной комбинацией факторов, включая низкое содержание марганца, низкое отношение марганца к углероду, большой размер ферритных зерен и крупные перлитные скопления.
- Очевидно, что существует большое различие в свойствах среди 2000 пластин, которые составили корпус парохода. Этот вывод основан на очень различных микроструктурах и поведении разломов, наблюдаемые в двух образцах пластин, извлеченных на сегодняшний день. Это нормальный результат – изменчивость исходного сырья тех лет.
- Эта изменчивость затрудняет определение влияния частиц MnS и микротрещин в потоплении корабля.
- Возможно, что хрупкая сталь способствовала повреждению в носовой части из-за удара айсберга, но гораздо более вероятно, что хрупкая сталь была фактором разрушения корабля на поверхности.

- Могли бы быть предприняты шаги по термической обработке стали для улучшения ее свойств разрушения, но этих знаний просто не было в 1911 году.

### **Литература**

1. Foecke, T. J. Metallurgy of the RMS Titanic / T. J. Foecke // NIST Interagency / Internal Report – 1998., – 28 p.
2. Bassett, V. Causes and Effects of the Rapid Sinking of the Titanic / V. Basset // Undergraduate Engineering Review. – 1998