

Студентка ВШФитМ выявила причину разрушения рельсовых клемм



Исследование студентки 1 курса магистратуры Высшей школы физики и технологий материалов Ксении Егоровой, лауреата Всероссийского конкурса «Молодой ученый» имени Ивана Федорова, позволило определить ключевую причину усталостного разрушения пружинных клемм, фиксирующих рельсы на шпалах.

Неожиданные разрушения ответственных деталей часто начинаются с микроскопических дефектов — неметаллических включений, образующихся на этапе выплавки металла. Эти химические соединения способны становиться очагами трещин под длительной циклической нагрузкой, что напрямую влияет на надежность критической инфраструктуры, включая высокоскоростные железные дороги.

Пружинные клеммы из стали 40С2 — небольшие, но жизненно важные элементы. Существующие стандарты регламентируют общий химический состав, но не учитывают, как микроструктура, распределение и тип включений влияют на долговечность при реальных нагрузках. Ксения Егорова провела системное исследование, чтобы выявить эту связь.

В работе использовались:

- металлографический анализ для определения объемной доли включений (1,98-2,27%);

- химический анализ на сканирующем микроскопе для идентификации типов включений (преобладают сульфид марганца, оксиды кремния и марганца);
- механические испытания на растяжение, показавшие, что в малых количествах эти включения не критично влияют на пределы прочности и текучести;
- фрактографический анализ реальных разрушенных в эксплуатации клемм, ставший ключом к пониманию проблемы.

Лабораторные испытания на новых образцах не выявили прямой катастрофической угрозы от мелких включений. Однако изучение реальных поломок показало иную картину: причина разрушения — усталостная трещина, которая почти всегда зарождается в месте концентрации напряжений вокруг крупного (свыше 50 мкм) неметаллического включения, чаще всего оксида кремния.

Таким образом, опасность представляет не общий фон мелких включений, а наличие отдельных крупных дефектов-концентраторов. Важный вывод для производителей: усиление контроля не по средней «загрязненности» стали, а по максимально допустимому размеру единичных включений может стать ключом к повышению реального ресурса ответственных деталей.

Материал взят с сайта [научной части СПбПУ](#)