

А. Н. Морозова

Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург

zazma7@mail.ru

Научные руководители: проф., д-р техн. наук *В. М. Фарбер*; канд. техн. наук

*В. А. Хотин*ов; канд. техн. наук *М. С. Карабоналов*; канд. техн. наук *А. Ю. Жиликов*

РАСЩЕПЛЕНИЯ В СТАЛЯХ, ИСПЫТАВШИХ КОНТРОЛИРУЕМУЮ ПРОКАТКУ И ПОСЛЕДУЮЩЕЕ УСКОРЕННОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ

АННОТАЦИЯ

С помощью испытаний на ударный изгиб и фрактографического анализа изучены зоны на поверхности разрушения и профили изломов образцов Шарпи сверхнизкоуглеродистых сталей типа 05Г2Б с микродобавками Ti, Nb, V, а также Cu. Детальный анализ расщеплений (морфологии, количества, площади, занимаемой ими и окружающими их областями релаксации, строения стенок) позволил выявить механизмы их возникновения и роста.

Ключевые слова: сверхнизкоуглеродистая сталь, образцы Шарпи, расщепления.

ABSTRACT

The zones and profiles of Charpy specimens of ultra-low carbon steels after controlled rolling processing with accelerated cooling were studied. More detailed analysis of separations (their shape and size, area, crack face structure) allowed to determine mechanisms of their appearance and growth.

Key words: ultra-low carbon steels, Charpy specimens, separations.

Цель настоящей работы заключалась в том, чтобы на основе детального исследования зон и профиля поверхности разрушения образцов Шарпи сталей типа 05Г2Б, характеристик расщеплений (морфологии, количества, площади, занимаемой ими и окружающими их областями релаксации, строения стенок) выявить механизмы зарождения и роста расщеплений, а также основные факторы, ответственные за их образование.

Материалом исследования явились две высокочистые по неметаллическим включениям стали типа 05Г2Б промышленной выплавки. Стали имели близкий химический состав. Образцы Шарпи вырезались поперек направления прокатки из середины листа толщиной 27,7 мм.

Исследование образцов Шарпи двух сталей типа 05Г2Б показало наличие полосовой (слоевой) структуры с содержанием ультрадисперсных

зерен (3...5 мкм) феррита (~70 %) и бейнита/мартенсита (~30 %) (рис. 1). С помощью EBSD-анализа установлено наличие двух типов границ – малоугловых (с углами разориентировки $\Theta = 2...15^\circ$), принадлежащих зернам феррита и бейнита/мартенсита, и большеугловых ($\Theta > 50^\circ$), разделяющих слои (полосы), которые образовались в результате безрекристаллизационной горячей прокатки аустенита.

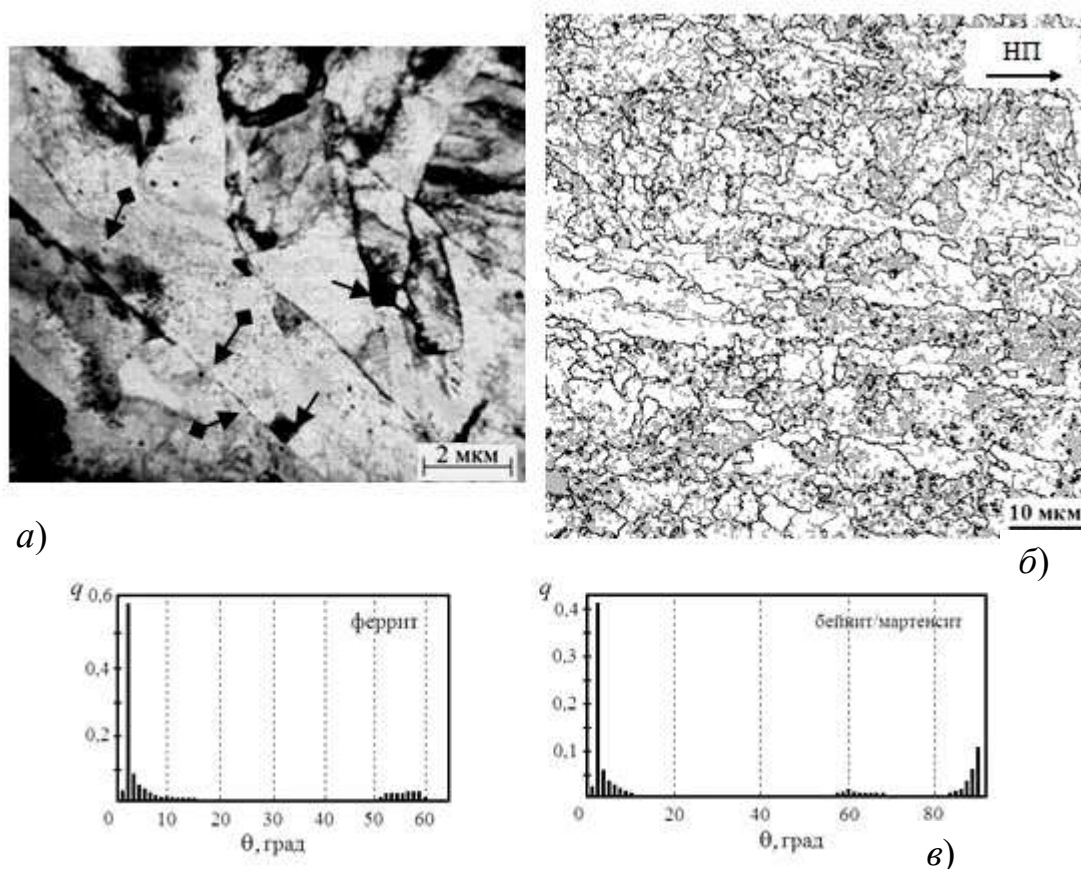


Рис. 1. Микроструктура стали 05Г2Б: а) ПЭМ, фольга; б) РЭМ в режиме EBSD (белые участки – феррит, серые участки – мартенсит/бейнит); в) карты разориентировки границ зерен

Выявлено, что на межслоевых большеугловых границах (БУГр) присутствуют сравнительно крупные (0,5...15,0 мкм) частицы карбонитридов на основе Ti и Nb (Микроструктура и дисперсные фазы трубных сталей класса прочности X80 для магистральных газопроводов / А. Б. Арабей, В. М. Фарбер, Н. В. Лежнин [и др.] // Известия вузов. Серия «Черная металлургия». 2012. № 1. С. 30–37.), дисперсные частицы (10...20 нм) VC и/или Cu, а также сегрегации примесных атомов.

В ходе испытания образцов, разрушенных при различных температурах ударным изгибом, обнаруживается растрескивание участков межслоевых БУГр с образованием пор размером 5...10 мкм, часть из которых содержит частицы Ti(Nb)C,N. Вытянутые поры длиной до 30 мкм залегают с некоторым смещением вдоль соседних полос. В результате

многократной коалесценции путем разрушения перемычек вытянутые поры трансформируются в зародыши расщеплений, а те – в растущие (при согласованном увеличении длины и ширины) расщепления (РЩ).

Рассмотрено, что расщепления в изученных высоковязких сталях, являются очаговыми межслоевыми трещинами, имеющими характерные черты хрупких межзеренных трещин (зарождение при растрескивании участков БУГр, преимущественно хрупкий рельеф стенок и др.). Однако на всех этапах эволюции РЩ прослеживается их тесная взаимосвязь с пластической деформацией: образование РЩ начинается в волокнистой зоне L_B образца Шарпи, где в условиях объемного напряженного состояния происходит интенсивное пластическое течение, а в окрестностях РЩ возникают области релаксации, в которых благодаря двухосному напряженному состоянию мобильность дислокаций наивысшая. Это порождает, в областях релаксации вокруг РЩ, как и в приповерхностных зонах образца, ярко выраженное вязкое разрушение.

Установлено, что таким образом запускается автокатализ: процессы роста и раскрытия РЩ интенсифицируют пластическое течение в их областях релаксации, при этом прирост площади областей релаксации обгоняет прирост площади РЩ.

ЛИТЕРАТУРА

Микроструктура и дисперсные фазы трубных сталей класса прочности Х80 для магистральных газопроводов / А. Б. Арабей, В. М. Фарбер, Н. В. Лежнин [и др.] // Известия вузов. Серия «Черная металлургия». – 2012. – № 1. – С. 30–37.