

УДК 669.15-194.57:539.374

**А. Н. Морозова<sup>\*1</sup>, В. А. Хотин<sup>2</sup>, Г. В. Щапов<sup>2</sup>, В. М. Фарбер<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Институт физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

*\*Zazma7@mail.ru*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ УДАРНОМ ИЗГИБЕ ОБРАЗЦОВ ВЫСОКОВЯЗКОЙ СТАЛИ

Изучены профили изломов и распределение микротвердости в области сжатия образцов Шарпи из стали 08Г2Б с волокнистым строением, сформированным безрекристаллизационной контролируемой прокаткой с ускоренным охлаждением. Выявлены факторы чрезвычайно высокой ударной вязкости стали в случае разрушения образцов Шарпи, вырезанных вдоль направления прокатки, когда разрушение происходит перпендикулярно поверхности волокон.

*Ключевые слова:* высоковязкая сталь, ударный изгиб, зоны разрушения, пластический шарнир, зона долома

**A. N. Morozova, V. A. Khotinov, G. V. Schapov, V. M. Farber,**

## THE STUDY OF PLASTIC DEFORMATION UPON IMPACT BENDING OF SAMPLES OF HIGH-DUCTILE STEEL

The fracture profiles and distribution of the microhardness in regions adjacent to the fracture surface in the region of tension of Charpy samples of the high-viscous 08G2B steel with a filamentary structure formed by nonrecrystallization controlled rolling with an accelerated cooling have been studied. The factors that provide the extremely high impact toughness of steel in the case of the fracture of the Charpy samples perpendicular to the surface of filaments have been revealed.

*Keywords:* highductile steel, impact testing, fracture surface zones, plastic hinge, fuller zone

Целью исследования явилось изучение энергии разрушения образцов Шарпи анизотропной стали 08Г2Б.

Образцы Шарпи стали 08Г2Б для испытаний на ударный изгиб вырезались поперек направления прокатки из середины листа, V-образный надрез по типу 2 располагался вдоль направления прокатки перпендикулярно поверхности листа. Полученные данные по структуре, распределению деформации и механическим свойствам сопоставлялись с таковыми, полученными для образцов с надрезом типа 1 (по ГОСТ 9454–78). Ударное нагружение образцов при температурах +20...–80 °С проводилось на копре с падающим грузом INSTRON CEAST 9350. Измерения микротвердости пирамидой Виккерса при нагрузке 9 Н проводились на микротвердомере CSM МНТ. Для отыскания связи между степенью деформации  $\varepsilon$  и величиной микротвердости  $HV_{\mu}$  было проведено микроиндентирование образцов, прокатанных с разной степенью деформации. Полученная зависимость  $HV_{\mu} = f(\varepsilon)$  была аппроксимирована линейной функцией:  $HV_{\mu} = 1,3 \cdot \varepsilon + 260$ . Такой подход позволил по значениям микротвердости  $HV_{\mu}$  оценить степень деформации  $\varepsilon$  в локальных областях образцов.

Анализ экспериментальных данных, полученных при разрушении динамическим изгибом образцов высоковязкой стали 08Г2Б со слоевой структурой, показал, что распространение магистральной трещины (заданное надрезом образца Шарпи) в образцах 2 перпендикулярно к поверхности слоев и видоизменяет или интенсифицирует большинство процессов пластической деформации и разрушения по сравнению с аналогичными процессами в образце 1, где магистральная трещина распространяется вдоль слоев (надрез ориентирован перпендикулярно к направлению прокатки и поверхности листа). В образце 2 в области растяжения усложняется рельеф поверхности разрушения в результате появления выступов и впадин величиной до 2 мм при пересечении магистральной трещиной поверхности слоев; в области сжатия в результате интенсивного пластического течения возникают два пластических шарнира с осями, содержащими высокоую плотность линий скольжения.

Судя по микротвердости в образце 2 резко возрастает наклеп (плотность дислокаций), в локальных участках выступов на поверхности разрушения вблизи пластических шарниров, где достигаются экстравысокие значения (до 500  $HV_{\mu}$ ), общий наклеп всего образца средней микротвердости металла в области сжатия составляет 400  $HV_{\mu}$  (в образце 1–350  $HV_{\mu}$ ), причем в образце 2 пластическое течение (наклеп) испытывают все участки области сжатия.

При одинаковых условиях испытания увеличение траектории магистральной трещины, сопротивление ее распространению, энергозатраты на пластическую деформацию приводит к возрастанию ударной вязкости на 37 % (от  $KCV^{-60} = 206 \text{ Дж/см}^2$  в образце 1, до  $KCV^{-60} = 285 \text{ Дж/см}^2$  в образце 2).

Показано, что первопричина всех изменений в характеристиках пластического течения и разрушения при распространении магистральной трещины поперек слоев связана с увеличением масштаба легкой пластической деформации в окрестностях границ слоев, где реализуется плоское напряженное состояние.