

ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗМЕРЕНИЯ МОРФОЛОГИИ ИЗЛОМОВ ДЛЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ ПО ВЯЗКОСТИ МАТЕРИАЛОВ С РАЗНОРОДНОЙ СТРУКТУРОЙ

*Скородумов С.В., Папина К.Б., Траченко В.А., Ле Хай Нинь,
Федоров М.И.*

Руководитель – проф., д.т.н. Кудря А.В.

г. Москва, НИТУ «МИСиС»

Papina.kb@yandex.ru

Развитая неоднородность структур в конструкционных материалах – причина широкого разброса пластичности и вязкости. Более глубокое понимание механизма влияния неоднородности разномасштабных структур на появление разброса вязкости металла по измерению строения изломов – необходимое условие для получения высокопрочных сталей, в частности, штрипса.

Так, например, изломы трубных сталей после испытаний на удар характеризуются расслоениями различной природы. Для выявления механизмов разрушения оказалось полезным измерение макрогеометрии изломов, включая расслоения, что и было показано на примере изломов ударных образцов трубных сталей различного уровня прочности.

Методика исследования изломов включала в себя измерение:

- а) их макрогеометрии;
- б) геометрии расслоений;
- с) микростроения поверхности разрушения

В изломах ударных образцов выделялись параметры геометрии макрохрупкого квадрата и окаймляющих его откосов среза, «выбега трещины», зоны её зарождения (рис. 1), а также вычислялись утяжка под надрезом, уширение у выбега и начальная глубина среза. Из полученных результатов измерения макрогеометрии изломов, в частности, следует, что рекомендуемый для измерения стандартами размер макрохрупкого квадрата менее информативен для описания процесса разрушения ударного образца (развития трещины в хрупком квадрате и среза в откосах), чем, например, величина уширения при выбеге трещины.

Исследование изменений параметров макрогеометрии изломов ударных образцов различных сталей при понижении температуры испытания, показало, что построение сериальных кривых (аппроксимация из принципа максимума правдоподобия) дает дополнительную информацию для объективного прогноза хладноломкости широкого класса сталей, когда невелики различия в хладостойкости и мал объем экспериментального материала.

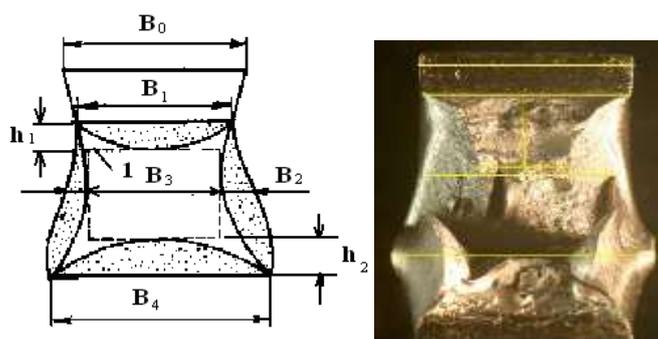


Рисунок 1 - Геометрия разрушенного образца, где B_0 – длина надреза, B_1 – утонение образца в вершине надреза, B_2 – ширина боковых откосов, B_3 – поперечный размер макрохрупкого квадрата, B_4 – величина поперечной деформации образца у выбега трещины, h_1 – размер зоны выбега трещины при ее зарождении, h_2 – размер зоны выбега трещины при доломе образца

Аномалии разрушения сталей с неоднородной структурой (расслоения) – наблюдались в широком интервале температур испытания исследуемых трубных сталей. Они отличались формой и размерами (длиной, шириной и глубиной), преимущественно располагались в центральной части излома ударного образца, расстояние между ними варьировалось в широких пределах. При этом шаг между ними (рис. 2) становился чаще с увеличением их количества.

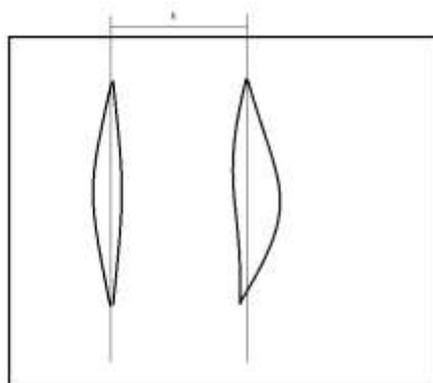


Рисунок 2 – Схема оценки шага между расслоениями

Для оценки площади излома, занятой расслоениями, в графическом редакторе закрашивалась искомая область. Это позволило, в частности, выявить закономерности изменения количества и размеров расслоений при понижении температуры испытания, в том числе выше и ниже температур вязко-хрупкого перехода.

Понимание микромеханизма разрушения на дне макрохрупкого квадрата дает сканирующая электронная микроскопия. Она, например, показала, что внутренняя поверхность расслоений может быть как вязкой, так и хрупкой, с фасетками скола или квазискола, при вязком механизме разрушения на дне макрохрупкого квадрата. Для изучения природы расслоений и исследования взаимосвязи разрушения металла с неоднородной структурой, были вырезаны фрагменты излома с расслоем. Было установлено, что именно полосчатая структура различной природы участвует в формировании расслоений. Это могут быть в т.ч. и протяженные границы раздела между структурными составляющими в высокочистых трубных сталях.

Для реконструкции механизма протекания разрушения в среде с неоднородной структурой часто полезна реконструкция 3D-изображения по стереопарам, полученным в сканирующем электронном микроскопе. Такой подход позволил, в частности, оценить причины разброса вязкости в связи с особенностями слияния пор при вязком разрушении в зависимости от статистики распределения неметаллических включений по размерам, включая их размещение в пространстве.

Таким образом, взаимное изучение разнородных структур и изломов в конструкционных сталях позволяет оценить причины разброса пластичности и вязкости и предложить объективные способы оценки контроля качества металла.