DOI: 10.17117/na.2015.08.741

Поступила (Received): 04.08.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.08.741.pdf>

Борисова М.З.
**Влияние интенсивной пластической деформации
на механизмы разрушения стали 09Г2С**

Borisova M.Z.
**Influence of severe plastic deformation on
the fracture mechanisms of steel 09G2S**

Проведены исследования механизмов ударного разрушения низколегированной стали 09Г2С в исходном состоянии, после равноканального углового прессования (РКУП) при разных температурах испытаний. Показано, что сразу после РКУП наблюдается резкое падение значений ударной вязкости, повысить которую предлагается последующей закалкой
Ключевые слова: ударное разрушение, низколегированная сталь, равноканальное угловое прессование

Investigated the mechanisms for impact fracture of low-alloy steel 09G2S in the initial state, after equal channel angular pressing (ECAP) at different testing temperatures. It is shown that immediately after ECAP has been a sharp drop in the values of impact toughness, which is proposed to increase by means of consequent hardening

Key words: impact fracture, low-alloy steel, equal channel angular pressing

Борисова Мария Захаровна

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Институт физико-технических проблем Севера им.
В.П. Ларионова
г. Якутск, ул. Октябрьская, 1

Borisova Maria Zakharovna

Candidate of Engineering Sciences, Senior Research Scientist
Institute of physical-technical problems of the North
named V.P. Larionov
Yakutsk, Oktyabrskaya st., 1

В последние годы интенсивно разрабатываются технологии получения металлических материалов с субмикроструктурной (СМК) структурой, для получения которых используются методы интенсивной пластической деформации (ИПД). Одним из наиболее распространенных способов является равноканальное угловое прессование (РКУП) [1, 2]. Материалы, полученные методами ИПД, обладают рядом уникальных свойств, формирование СМК структур приводит к значительному росту механических свойств металлических материалов. Низколегированные стали, являясь важным классом конструкционных материалов, привлекают интерес исследователей к изучению физической природы повышения прочности и механизмах их разрушения на различных масштабных уровнях [3].

Исследования были проведены на образцах стали 09Г2С после РКУП при температуре прессования 500°C, маршрут А, число циклов 2 и 4. После 2-х циклов РКУП произошел рост предела прочности с 690 до 940 МПа. С увеличением

числа циклов РКУП до 4-х прочность возросла в 1,7 раз по сравнению с исходным состоянием (табл. 1). При этом также, наблюдается значительное снижение пластичности, что негативно сказывается на способности материала сопротивляться разрушению под действием ударной нагрузки (табл. 2).

Таблица 1. Предел текучести и предел прочности стали 09Г2С

	исходный	2 цикла РКУП	4 цикла РКУП
σ_T	460	915	1140
σ_B	690	940	1150

Таблица 2. Ударная вязкость стали 09Г2С

Температура испытаний	исходный	2 цикла РКУП	4 цикла РКУП
+20°C	2580	995	256,35
-20°C	2425	545	324,8
-60°C	2075	250	172,55

Исследования микрорельефа поверхностей излома, проведенные с использованием растрового электронного микроскопа JEOL JSM-7800F показали, что в исходном крупнозернистом состоянии для поверхности излома после ударных испытаний при комнатной температуре характерен вязкий ямочный рельеф, который сохраняется и при -20°C (рис. 1, а – б). При снижении температуры испытаний до -60°C механизм разрушения сменяется на хрупкий транскристаллитный (рис. 1, в).

Рис. 1. Поверхности разрушения стали 09Г2С в исходном состоянии, при температуре испытаний +20°C (а), -20°C(б) и -60°C(в)

РКУП привел к резкому снижению значений ударной вязкости образцов во всем диапазоне температур испытаний. Если после 2-х циклов РКУП образ-

цы, разрушенные при комнатной температуре, разрушаются вязко (рис. 2, а), то снижение температуры испытаний ниже нуля градусов приводит к хрупкому разрушению (рис. 2, б – в). Увеличение числа циклов РКУП до 4-х приводит к кардинальной смене механизма разрушения во всем диапазоне температур (рис. 3).

Рис. 2. Поверхности разрушения стали 09Г2С после 2-х циклов РКУП, при температуре испытаний +20°C (а), -20°C(б) и -60°C(в)

Рис. 3. Поверхности разрушения стали 09Г2С после 4-х циклов РКУП, при температуре испытаний +20°C (а), -20°C(б) и -60°C(в)

Резкое снижение ударной вязкости после РКУП обусловлено деформационной текстурой, образовавшейся в ходе интенсивной пластической деформации материала. Зона долома, которая характеризуется «шиферностью», свидетельствует о наличии двойной текстуры в ферритной фазе. Разрушение низколегированной стали 09Г2С после РКУП при низких температурах происходит по механизму скола с образованием ручьистого микрорельефа. Таким образом,

РКУП стали приводит к смене основного механизма разрушения с вязкого ямочного на хрупкое внутризеренное (транскристаллитное), а значит, несмотря на высокие прочностные характеристики сразу после РКУП, необходима последующая термообработка материала, позволяющая сохранить высокую прочность материала с одновременным повышением значений ударной вязкости.

Список используемых источников:

1. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы: получение, структура и свойства. М.: Академкнига, 2007. 398 с.
2. Valiev R.Z., Langdon T.G. Developments in the use of ECAP processing for grain refinement // *Reviews on Advanced Materials Science*. 2013. № 1. С. 15-26.
3. Захарова Г.Г., Астафурова Е.Г., Найденкин Е.В., Рааб Г.И., Добаткин С.В. Механические свойства и характер разрушения феррито-перлитной стали 10Г2ФТ, подвергнутой равноканальному угловому прессованию и высокотемпературным отжигам // *Материаловедение*. 2010. № 11. С. 57-64.

© 2015, Борисова М.З.

Влияние интенсивной пластической деформации на механизмы разрушения стали 09Г2С

© 2015, Borisova M.Z.

Influence of severe plastic deformation on the fracture mechanisms of steel 09G2S