

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/65

**ВЫБОР РЕЖИМОВ ИНТЕНСИВНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ ДЛЯ
ПОВЫШЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ СТАЛИ 12Х15Г9НД**

^{1,2}Филиппов А.В., ^{1,2}Тарасов С.Ю., ²Филиппова Е.О.

¹Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

²Томский политехнический университет, Томск, Россия

Сталь 12Х15Г9НД разработана как дешевый аналог сталей 12Х18Н9, 12Х18Н10Т. В тоже время данная сталь обладает достаточно высокой прочностью, ударной вязкостью, хорошей коррозионной стойкостью и она склонна к деформационному упрочнению. Основными областями применения данной стали являются машиностроение (выхлопные трубы автомобилей), медицина (медицинское оборудование), пищевая промышленность (посуда), бытовая техника (барабаны стиральных машин). Повышение механических свойств этой стали является актуальной задачей для повышения эффективности её промышленного применения. Для достижения этой задачи возможно применить методы интенсивной пластической деформации.

Главной задачей при изменении механических свойств материалов методами интенсивной пластической деформации (ИПД) является подбор рациональных режимов деформации и температуры [5-14]. В случае со сталью 12Х15Г9НД нет достаточных литературных данных о влиянии режимов ИПД на механические свойства. Также нет сведений о влиянии комбинации методов ИПД на механические свойства стали 12Х15Г9НД.

Целями данной работы являются экспериментальное исследование влияния режимов ИПД на разрушение образцов стали 12Х15Г9НД и определение механических свойств образцов полученных на оптимальных режимах ИПД. ИПД осуществлялось методами АВС прессования и прокатки при различных значениях температуры и деформации. Образцы, полученные на оптимальных режимах ИПД, подвергнуты отжигу при 600°С в течении 30 минут для снятия остаточных напряжений и повышения пластичности. Механические испытания выполнены путем растяжения образцов на испытательной машине Testsystems 110М-10.

Для оценки механических свойств качественных образцов, полученных на оптимальных режимах ИПД, выполнены статические испытания на сжатие и растяжение. Помимо этого, выполнена оценка влияния отжига на изменение механических свойств качественных образцов. При испытаниях на статическое сжатие установлено, что предел текучести образцов без отжига составляет ~1075 МПа. После отжига предел текучести снижается до ~950 МПа. При испытаниях на статическое растяжение наблюдается обратная картина. Применение отжига позволило повысить предел текучести до ~1125 МПа (при том что у не отожженного образца предел текучести ~1080 МПа). Предел прочности также повышается после отжига до ~1175 МПа. У не отожженного образца предел прочности ~1110 МПа. Кроме того, отжиг повышает относительное удлинение при растяжении до ~47%, против ~30% у не отожженного образца.

Относительно низкая пластичность образца без отжига может являться особенностью его разрушения при растяжении. Как известно из ряда работ для материалов с ультрамелкозернистой и нанокристаллической структурой характерно межкристаллитное разрушение. Причиной этому является равномерная УМЗ структура. Для разрушения особенно мелких зерен необходимо слишком большое усилие и в результате трещине проще распространяться между зерен. Кроме того, в процессе ИПД формируются наноразмерные дефекты (например, поры), которые располагаются по границам зерен и служат концентраторами напряжений. Эти дефекты также способствуют образованию трещин и их развитию межкристаллитного разрушения. В случае анизотропии размеров зерен (которая может быть следствием процесса частичной рекристаллизации при отжиге) режим разрушения может смениться на транскристаллитное или смешанное транскристаллитное/межкристаллитное разрушение с расслоением. Кроме того, для развития

Секция 2. Неустойчивость и локализация деформации и разрушения в материалах с иерархической структурой

транскристаллитного разрушения необходимо чтобы в зерна имели достаточные размеры для возможности накопления в них высокой плотности дислокаций под действием внешнего напряжения. Следовательно, образцы, полученные комбинацией методов ИПД более склонны к межкристаллитному разрушению, в то время как для отожженного образца характерно смешанное транскристаллитное/межкристаллитное разрушение. Режим транскристаллитного разрушения также подтверждается малыми размерами ямок, которые по данным 3D микроскопии составляют 100-200 нм. Эти ямки значительно меньше достижимых размеров зерна в стали 12Х15Г9НД после ИПД. Это указывает на то, что наблюдаемый на поверхности разрушения рельеф является результатом разрушения зерен. В случае межкристаллитного разрушения ямки более крупные 0,5-1,5 мкм, что количественно соответствует размерам зерен после структурообразования в стали 12Х15Г9НД после ИПД.

Экспериментально установлены оптимальные режимы интенсивной пластической деформации стали 12Х15Г9НД обеспечивающие получение качественных образцов с высокими механическими свойствами. Комбинация методов ИПД включает АВС прессования и прокатки. На основе выполненных экспериментальных исследований установлены степень деформации и температура для каждого прохода при АВС прессовании и прокатке. Применение отжига приводит к повышению пределов текучести и прочности при одновременном увеличении относительного удлинения стали 12Х15Г9НД, по сравнению с не отожженными образцами. Судя по данным механических испытаний и анализа поверхностей разрушения (методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии) в результате отжига происходит изменение режима разрушения стали 12Х15Г9НД от межкристаллитного к транскристаллитному.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Российской академии наук на 2013-2020 гг. (проект № III.23.2.4).