

ОЦЕНКА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ СТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

© 2020 г. Олег Иванович Манаев^{1*}, С.А. Пахомова^{1**}, И.Ю. Сапронов^{1***}

¹ – *Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 107005 Москва, 2-я Бауманская ул., д.5*

* - dr.mgtu@yandex.ru ; ** - mgtu2013@yandex.ru; *** - ferum-2011@yandex.ru

В настоящее время кроме стандартных испытаний на растяжение для определения механических свойств сталей получили методы неразрушающего контроля. Один из таких методов - индентирование, основанное на вдавливании индентора в поверхность образца и позволяющее проводить экспресс-диагностику деталей без вывода из эксплуатации. Этот метод позволяет проводить контроль важных физико-механических характеристик, таких как твердость, вязкость разрушения и предел текучести. Однако метод не позволяет исследовать склонность сталей к трещинообразованию на поверхности образца. Для изучения процессов зарождения трещин возможно сочетание индентирования с другим методом неразрушающего контроля – методом, основанном на регистрации параметров акустической эмиссии. Последний благодаря высокой чувствительности позволяет фиксировать сигналы, вызванные изменениями строения стали в процессе деформации.

Исследование различными методами сопротивления разрушению сталей является важной задачей для повышения надежности деталей, в том числе пружин. В машиностроении для изготовления пружин применяют средне- и высокоуглеродистые стали различного легирования. В качестве упрочняющей термической обработки для повышения сопротивления малым пластическим деформациям возможно использование закалки со средним отпускком либо изотермической закалки [1, 2].

Целью настоящего исследования является повышение трещиностойкости пружинных сталей 65ГС и 60С2Н2А и определения рациональной технологии их термической обработки, путем применения методов неразрушающего контроля.

В рамках данной работы оценки сопротивления разрушению определяли критический коэффициент интенсивности напряжений K_c при испытаниях на внецентренное растяжение образцов с предварительно наведенной усталостной трещиной [3]. Использовали образец шириной $b = 26$ мм при фактической толщине листа (ленты) $h = 2,4$ мм. Удельную работу разрушения образцов с трещиной KCT , определяли на призматических ударных образцах с V-образным надрезом, заканчивающимся усталостной трещиной. Определяли также ударную вязкость образцов со стандартным надрезом KCU и удельную работу зарождения трещины $KC_3 = (KCU - KCT)$. Во всех случаях направление роста трещины при испытании было перпендикулярно направлению

проката листа. Испытывали 5 образцов на точку.

Состав сталей соответствовал ГОСТ 14959-79. Нагрев образцов под закалку и отпуск ($t = 280...470^{\circ}\text{C}$) проводили в камерной электрической печи, охлаждение в масле. Нагрев под изотермическую закалку выполняли в соляной ванне, а изотермическую выдержку – в щелочной, время выдержки $\tau = 15...20$ мин. Строение изломов исследовали на микроскопе МБС с увеличением до $\times 50$.

Диаграммы испытания на внецентренное разрушение образцов с трещиной, построенные в координатах «нагрузка — смещение берегов трещины», закаленных и отпущенных сталей (рис. 1, а) и изотермически обработанных сталей (рис. 1, б) имеют существенные отличия.

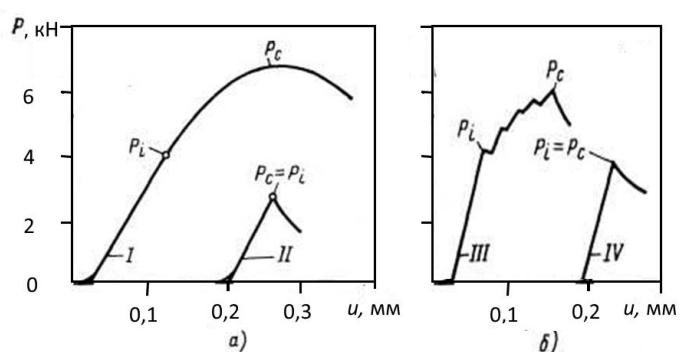


Рис. 1. Диаграммы разрушения при испытании образцов с трещиной: а — после закалки и отпуска на $\sigma_{\text{в}} = 1400$ МПа (I) и 2000 МПа (II); б — после изотермической закалки на $\sigma_{\text{в}} = 1400$ МПа (III) и 1700 МПа (IV)

В первом случае диаграмма (см. рис. 1, а) состоит из линейной части, характеризующей упругость материала и нелинейной. Во втором случае в нелинейной части кривая имеет пилообразный, зубчатый характер (см. рис. 1, б), что соответствует скачкообразному, прерывистому росту трещины. Каждый скачок сопровождается характерным акустическим эффектом — щелчком.

Заключение. Метод регистрации акустической эмиссии благодаря высокой чувствительности позволяет фиксировать сигналы, вызванные изменениями строения стали в процессе деформации. Трещиностойкость сталей зависит от технологии термической обработки, определяющей их фазовый состав. Установлен нелинейный, прерывистый и скачкообразный рост трещины в сталях со структурой нижнего бейнита. Диаграмма их разрушения имеет зубчатый участок, а излом - межкристаллитный тип. В стали со структурой троостита разрушение протекает монотонно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения. М: БИНОМ. Лаборатория знаний. Пер. с англ. К.Н. Золотовой, 2009, 400 с.
2. Рахитадт А. Г. Пружинные стали и сплавы. М.: Металлургия, 1982, 400 с.
3. Махутов Н.А., Гаденин М.М. Унификация методов расчетов и испытаний на прочность, ресурс и трещиностойкость. *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*, 2019, том 85, № 10, с. 47-54. DOI: 10.26896/1028-6861-2019-85-10-47-54.