

УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ СТАЛЕЙ 10ХГМТ И 25ХГМТ ПОСЛЕ ТЕМПФОРМИНГА

Долженко А.С., Луговская А.С., Беляков А.Н.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород

Углеродистые стали являются широко используемыми конструкционными материалами [1]. Одним из недостатков таких сталей является их относительно высокая температура хрупко-вязкого перехода в закаленном состоянии, что делает эти стали хрупкими при температурах чуть ниже комнатной и, соответственно, ограничивает их применение при пониженных температурах. Термомеханическая обработка, известная как темпформинг [2], обеспечивает превосходное сочетание механических свойств низколегированных углеродистых сталей. Сталь после такой термообработки обладает высокой прочностью за счет уменьшения размера зерна и дисперсионного твердения, а также высокой ударной вязкостью за счет расслаивания [3, 4].

Исследуемые стали 10ХГМТ (0,15%С-0,46%Si-1,42%Cr-1,32%Mn-0,056%Nb-0,04%Al-0,17%Ti-0,46%Mo-0,17%V-0,006%B-Feост., масс.%) и 25ХГМТ (0,26%С-0,23%Si-0,42%Cr-0,54%Mn-0,008%Nb-0,04%Al-0,06%Ti-0,44%Mo-0,001%B-Feост., масс.%) были подвергнуты темпформингу при температурах 600 и 650°C до истинных степеней деформации 0,8 и 1,5.

После темпформинга сталей до истинной степени деформации 0,8 (рис. 1а) наблюдается снижение значений ударной вязкости (KCV) с понижением температуры испытаний для обеих сталей, однако сталь с более низким содержанием углерода демонстрирует более высокие значения KCV. Повышение истинной степени деформации до 1,5 (рис. 1б) приводит к необычным закономерностям: сталь с содержанием углерода 0,15% демонстрирует повышение значений ударной вязкости при понижении температуры испытания до -40°C, после чего следует резкое снижение значений KCV при криогенных температурах, в то время как у стали с содержанием углерода 0,26% наблюдается рост значений ударной вязкости при снижении температур испытаний с выходом на «плато».

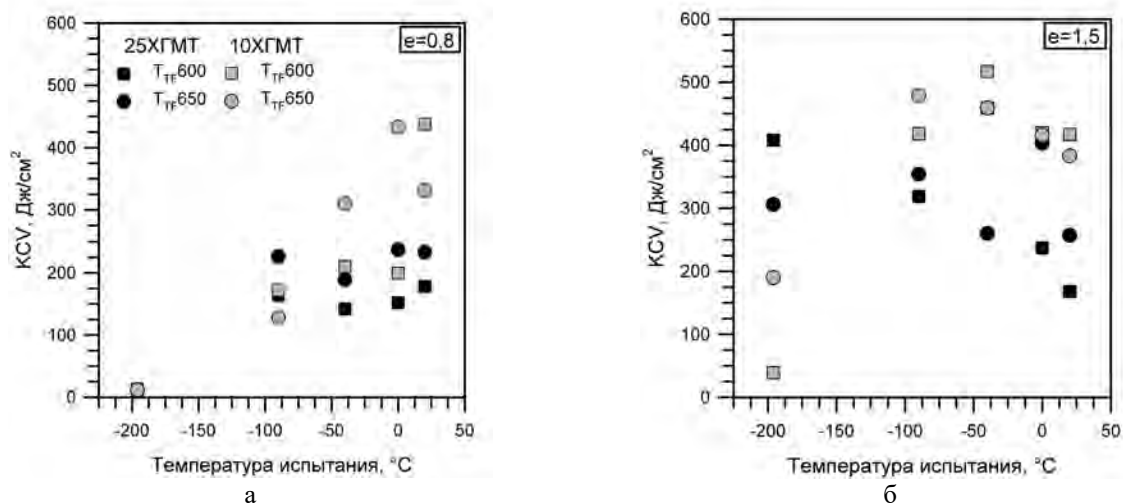


Рис. 1. Ударная вязкость исследуемых сталей после темпформинга при различных температурах доистинной степени деформации 0,8 (а) и 1,5 (б)

Темпформинг является эффективным способом повышения прочностных свойств [5, 6]. Повышение прочностных характеристик после темпформинга более ярко выражено в сталях с более высоким содержанием углерода. Понижение температуры темпформинга сталей 10ХГМТ и 25ХГМТ от 650 до 600°C при $\epsilon=1,5$ позволяет повысить предел текучести от 810 до 1140 МПа и от 990 до 1160 МПа, соответственно.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-00497-П) на оборудовании Центра коллективного пользования «Технологии и Материалы»

1. Nishioka K., Ichikawa K. Progress in thermomechanical control of steel plates and their commercialization // *Sci. Technol. Adv. Mater.* – 2012. – Vol. 13. – №. 2. – P. 023001.
2. Inverse temperature dependence of toughness in an ultrafine grain-structure steel / Y. Kimura, T. Inoue, F. Yin, K. Tsuzaki // *Science.* – 2008. – Vol. 320. – №. 5879. – P. 1057-1060.
3. Toughening of a 1500 MPa class steel through formation of an ultrafine fibrous grain structure/ Y. Kimura, T. Inoue, F. Yin, O. Sitdikov, K. Tsuzaki // *Scripta Mater.* – 2007. – Vol. 57. – №. 6. – P. 465-468.
4. Kimura Y., Inoue T. Influence of carbon content on toughening in ultrafine elongated grain structure steels // *ISIJ Int.* – 2015. – Vol. 55. – №. 5. – P. 1135-1144.
5. Долженко А.С., Беяков А.Н. Механические свойства стали 10ХГМТ после темпформинга // *Материаловедение, формообразующие технологии и оборудование 2022 (ICMSSTE 2022).* – 2022. – С. 96-101.
6. Микроструктура и ударная вязкость высокопрочной низколегированной стали после темпформинга/ А.С. Долженко, П.Д. Долженко, А.Н. Беяков, Р.О. Кайбышев // *ФММ.* – 2021. – Т. 122. – №. 10. – С. 1091-1100.