

## ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДЕФОРМАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ ТИПА 35ХГМ

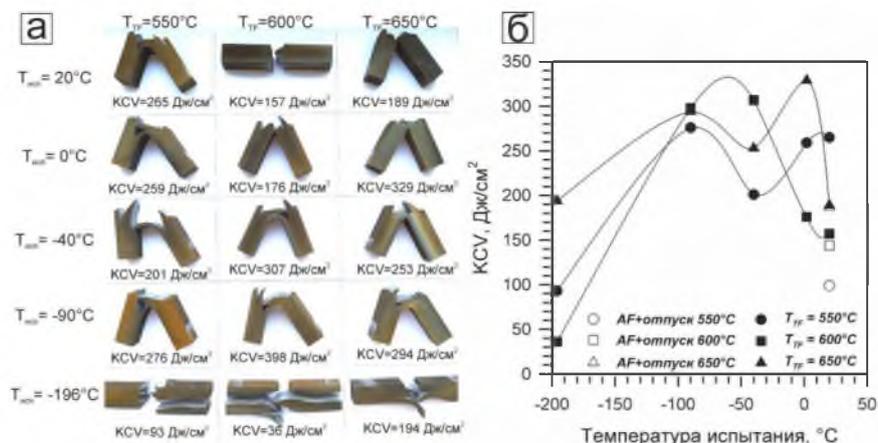
А. С. Долженко, А. Н. Беляков

Белгородский государственный национальный исследовательский университет  
dolzhenko\_a@bsu.edu.ru

Высокопрочные низколегированные стали являются одним из широко используемых классов материалов. Один из существенных недостатков таких сталей – сравнительно высокая температура хрупко вязкого перехода, ниже которой ударная вязкость сталей резко падает и она становится хрупкой, что может привести к внезапному катастрофическому разрушению конструкции. В этой связи особый интерес вызывают способы улучшения механических свойств, в первую очередь ударной вязкости при пониженных температурах, низколегированных высокопрочных сталей.

В качестве деформационно-термических обработок исследуемой высокопрочной стали типа 35ХГМ ( $Fe - 0.35 C - 0.4 Si - 0.6 Mn - 0.5 Cr - 0.5 Mo$ ) были выбраны аусформинг и темпформинг. Аусформинг заключался в прокатке заготовки в аустенитной области ( $850^{\circ}C$ ) со степенью обжатия валками 20 % с последующим охлаждением в воде. Затем был проведен отпуск при температурах 550, 600 и  $650^{\circ}C$  в течение 1 часа с охлаждением на воздухе. Темпформинг заключался в предварительном нагреве до температур 550, 600 и  $650^{\circ}C$  и выдержке в течение 1 ч (отпуск) заготовок, после чего проводилась многократная прокатка при температуре отпуска до истинной степени деформации 1.4. После каждого прохода заготовки подогревались до температуры отпуска.

Разрушение образцов опытной стали (рис. а), подвергнутых темпформингу при различных температурах, в большинстве случаев сопровождается расслаиванием сильноизогнутых образцов без их полного разрушения, что свидетельствует о более высокой поглощенной энергии удара, чем регистрируется прибором, что, в свою очередь, означает, что результаты KCV несколько занижены. При температуре жидкого азота наблюдается полное разрушение стали во всех состояниях, характеризуемое зигзагообразным распространением трещины.



Образцы стали типа 35ХГМ, подвергнутой темпформингу при различных режимах, после испытаний на ударную вязкость (а); зависимость значений KCV от температур испытания стали типа 35ХГМ после различных режимов ДТО (б).

Значения ударной вязкости исследуемой стали, подвергнутой аусформингу, сильно зависят от температуры последующего отпуска – с повышением температуры отпуска с 550 до  $650^{\circ}C$ , значения KCV увеличивается с 99 до 187 Дж/см<sup>2</sup>, соответственно, после испытаний при комнатной температуре.

Из графика (рис. б) видно, что для образцов высокопрочной стали типа 35ХГМ, подвергнутых темпформингу при различных температурах, характерно повышение значений ударной вязкости при понижении температур испытания до  $-90^{\circ}C$ . Стоит отметить, что даже при температуре жидкого азота образцы стали типа 35ХГМ, подвергнутые темпформингу до истинной степени деформации 1.4, сохраняют значения ударной вязкости KCV на достаточном уровне выше 30 Дж/см<sup>2</sup>.

Работа выполнена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-19-00497) и с использованием оборудования Центра коллективного пользования "Технологии и Материалы НИУ "БелГУ".