

УДК 620.178.74

## УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ СТАЛИ 20ХНЗА И ЕЁ ЗАРУБЕЖНОГО АНАЛОГА 16CrMnS5

И.Н. Степанкин<sup>1</sup>, Е.П. Поздняков<sup>1</sup>, А.В. Рабков<sup>1</sup>, М.Е. Буйко<sup>1</sup>,  
Т.И. Сидоренко<sup>2</sup>, А.М. Коротцов<sup>2</sup>, А.В. Радионов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь;

<sup>2</sup>ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга БМК», г. Жлобин, Республика Беларусь;

<sup>3</sup>ООО «Миорский металлопрокатный завод», г. Миоры, Республика Беларусь

С целью повышения износостойкости и контактной выносливости зубчатых колес, шестерён, поршневых пальцев и других ответственных деталей машин, работающих при высоких ударных и динамических нагрузках, применяются методы диффузионного упрочнения поверхностного слоя. Самыми распространенными среди них являются процессы преимущественной имплантации углерода – цементация и нироцементация. Помимо высокой твердости поверхности необходимо учитывать и способность материала сердцевины противостоять разрушению при ударных нагрузках. Для данных деталей традиционно используются большое количество конструкционных сталей – 12ХНЗА, 18ХГТ, 20ХНЗА, 15Х и др. В настоящее время на ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга БМК» отлажена технология плавки новой марки стали 16CrMnS5 в соответствии с DIN EN 10084, экспортируемой в страны Европейского Союза. Однако на территории Республики Беларусь и стран ближнего зарубежья она не получила широкого распространения, что связано с низкой информативностью о ее свойствах. Целью данной работы является определение свойств стали 16CrMnS5 с термодиффузионно-упрочненными слоями и сравнение со свойствами широко распространенной стали 20ХНЗА.

На рис. 1 представлены результаты испытаний на ударную вязкость термодиффузионно-упрочнённых образцов из сталей 16CrMnS5 и 20ХНЗА. Анализ данных показал, что увеличение длительности цементации с 8-ми до 12-ти часов не приводит к значительному изменению ударной вязкости стали 16CrMnS5. После 8-ми часового науглероживания её ударная вязкость составила 13,8 Дж/см<sup>2</sup>, а после 12-ти часового – 12,9 Дж/см<sup>2</sup>. Это обусловлено тем, что науглероженные слои имеют близкие параметры значений твердости и ее распределения по всему сечению модифицированных слоёв [1]. Толщина науглероженных слоев составила порядка 2 мм (рис. 2 а, б).

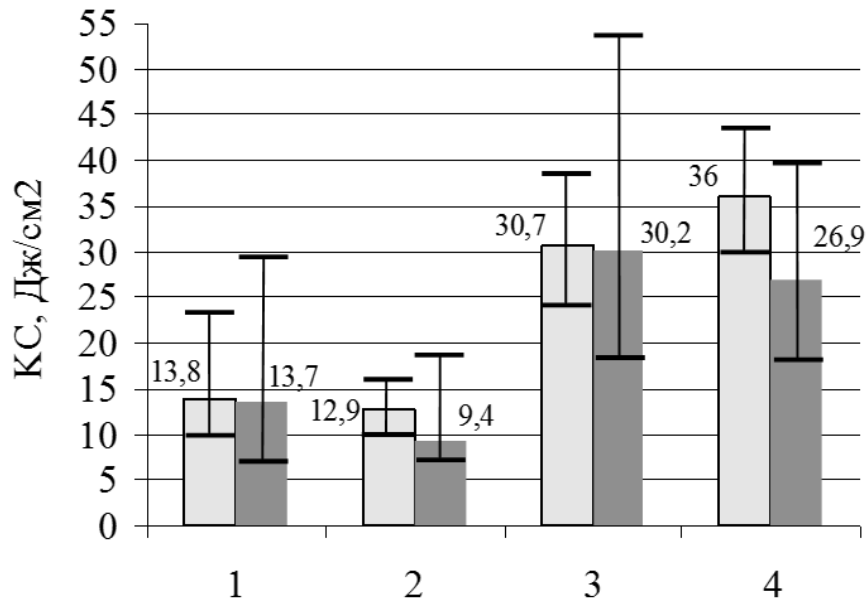


Рис. 1 - Ударная вязкость стали 16CrMnS5 (левые столбцы) и 20ХН3А (правые) после термодиффузионного упрочнения 1 – 8-ми часовая цементация; 2 – 12-ти часовая цементация; 3 – 6-ти часовая нитроцементация; 4 – 8-ми часовая нитроцементация

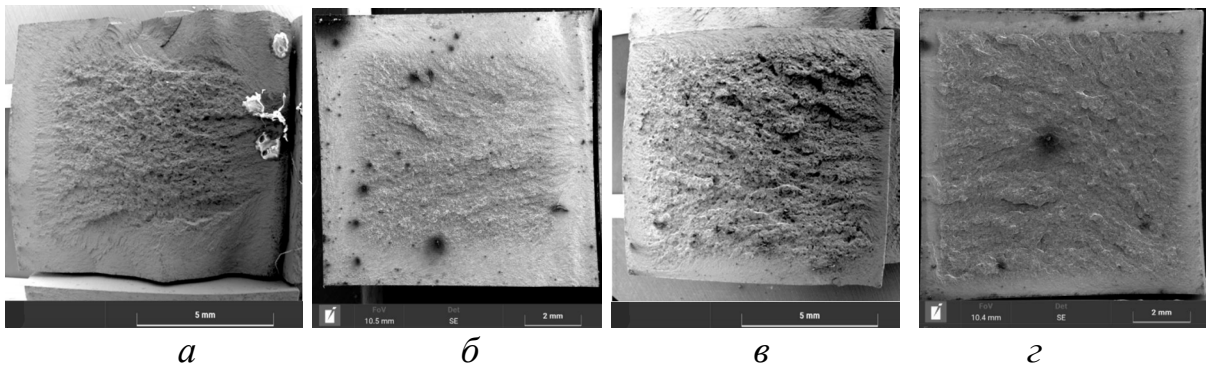


Рис. 2 - Фотографии изломов после разрушения диффузионо-упрочненных образцов из стали 16CrMnS5 (а, в) и 20ХН3А (б, г): а, б – 8-ми часовая цементация; в, г – 6-ти часовая нитроцементация

После испытаний нитроцементованных образцов стали 16CrMnS5 оказалось, что значение ударной вязкости повышается в 2,5 раза по сравнению с цементованными. Это явление обусловлено различной толщиной диффузионных слоев, их морфологией и фазовым составом. Толщина нитроцементованных слоев (рис. 2 в, г) примерно в 2 раза меньше, чем цементованных (рис. 2 а, б), толщина которых составила около 1 мм [1]. Снижение толщины слоя приводит к увеличению удельной площади сердцевины, которая является более вязкой, чем хрупкая поверхность. Так же в структуре нитроцементованных слоев отсутствуют крупные включения (карбиды), которые являются концентраторами повышенных напряжений на межфазной границе «карбид-матрица». При одновременной диффузии уг-

лерода и азота в структуре диффузионного слоя формируется большее количество остаточного аустенита, чем при чистом науглероживании [2, 3]. По пластичности аустенит значительно превосходит хрупкую мартенситную матрицу, что позволяет нитроцементованному слою лучше противостоять ударной нагрузке. Так же следует отметить, что увеличение длительности нитроцементации несколько повышает ударную вязкость стали – после 6-ти часового насыщения ударная вязкость составила 31 Дж/см<sup>2</sup>, а после 8-ми часового – 36 Дж/см<sup>2</sup>.

Как видно из рисунка 1, значения ударной вязкости всех образцов из стали 20ХН3А оказались ниже образцов из стали 16CrMnS5, упрочненных по аналогичным режимам. Помимо этого немаловажным является большой разброс значений ударной вязкости, определяемой при помощи серии из 10 образцов. Для стали 16CrMnS5 максимальное отклонение – 64% – зарегистрировано у образцов после 8-ми часовой цементации. Для стали 20ХН3А максимальное отклонение оказалось гораздо большим – 117%, – которое обнаружено так же у образцов после 8-ми часовой цементации. В целом, отклонения от среднего значения у стали 20ХН3А в 2-3 раза больше, чем у стали 16CrMnS5.

Приведенные доводы позволяют сделать вывод о том, что сталь 16CrMnS5 обладает большей стабильностью значений ударной вязкости по сравнению с традиционно применяемой 20ХН3А. Окончательный вывод о возможности применения стали 16CrMnS5 вместо стали 20ХН3А можно сделать после проведения испытаний данных сплавов на контактную усталость.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Микроструктура и микротвердость термодиффузионно-упрочненных слоев конструкционной стали 16CrMnS5/ И.Н. Степанкин [и др.] // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XXI Междунар. науч. –техн. конф. студентов, магистрантов и молодых ученых, Гомель, 22–23 апр. 2021 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П.О.Сухого; под. общ. ред. А.А. Бойко. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 84–88.

2. Gas nitriding and its variations in industrial applications / P. Wach [et al.] // Materials Engineering. – 2008. – V. 6. – P. 808-811.

3. К вопросу влияния остаточного аустенита на износостойкость науглероженных слоев стали 40Х и 35ХГСА / И.Н. Степанкин [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 1. Материаловедение / редколлегия: А.В. Бельый (гл. ред.) [и др.]. – Минск: ФТИ НАН Беларуси, – 2019. – С. 104-116.