

**Коробко Т. Б.***к.т.н., доцент**Донбасский государственный технический институт, г. Алчевск, ЛНР,***Георгиаду М. В.***к.т.н., инженер-технолог отдела кузнечного производства**ЧАО «Лугцентрокуз им. С. С. Монятовского», г. Луганск, ЛНР,***Георгиадис Т.***инженер**ВТУЗ Западной Македонии, г. Козани, Греция*

## **ПОВЫШЕНИЕ ХЛАДОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ**

При изготовлении тяжело нагруженных деталей железнодорожного транспорта, предназначенного для условий пониженных и низких температур, обычно используют низкоуглеродистые стали. В случае использования среднеуглеродистых сталей, достичь высокого уровня ударной вязкости при пониженных температурах достаточно сложно.

Основные факторы, влияющие на хладостойкость сталей, связаны с химическим составом стали и её структурой. Следует отметить, что законченной теории хладноломкости или, точнее, вязко-хрупкого перехода, к настоящему времени не создано, и физический механизм этого перехода до сих пор до конца не выяснен. По существующим представлениям это связано с тем, что с понижением температуры прочность связи между кристаллитами на границе снижается медленнее, чем прочность межатомных связей внутри зерна.

Поэтому одним из путей повышения хладостойкости сталей является измельчение зерна путем использования соответствующих видов термической (ТО) или термомеханической обработки (ТМО), а также использование составов сталей, придающих им свойство наследственной мелкозернистости.

Исследования, направленные на повышение хладостойкости деталей железнодорожных вагонов в условиях пониженных и низких температур, имеют высокую степень востребованности. Именно на решение задачи по повышению хладостойкости и направлено данное исследование. Поэтому было необходимо определить возможность повышения ударной вязкости при отрицательных температурах для штамповки детали «Пятник» из стали 45, ГОСТ 1050-2013 (для значения ударной вязкости при температуре — 60 °С не менее 25 Дж/см<sup>2</sup>).

Эксперимент выполнялся на образцах, размерами 30×50×100 мм, вырезанных из штамповки «Пятник» из стали 45, нагрев осуществляли в газовой инструментальной печи. Температуру нагрева контролировали пирометром «Термоскоп-100» и по соответствующим диаграммам. Определение механических свойств производили на разрывной испытательной машине Р-10. Ударную вязкость определяли при нормальных условиях и при охлаждении образцов до –60 °С. Охлаждение образцов проводили с помощью технического спирта и углекислоты. Микроструктуру выявляли с помощью травления в 4 % растворе азотной кислоты в спирте (определяли с помощью металлографического микроскопа ММО-1500ВАТ).

Механические свойства после термообработки по стандартному для предприятия режиму и после режима (Нормализация (нагрев до 850±10 °С, общая выдержка 1,5 часа, охлаждение на спокойном воздухе). Улучшение — закалка, (нагрев до 860 °С, общая выдержка 1,5 часа, охлаждение в воде); отпуск (нагрев до 610±10°С, общая выдержка 1,5–2 часа, охлаждение на воздухе).) приведены в таблице 1. Полный отжиг, нормализация и нормализация с регламентируемым ускоренным охлаждением и неполная закалка не оказывает значительно повышения уровня ударной вязкости. Микроструктура при этих видах термической обработки сохраняет дефекты, заложенные в деталях «Пятник» при их штамповке.

Таблица 1 — Зависимость механических свойств от режимов термической обработки образцов из стали 45

Предел прочности	Предел текучести	Относительное удлинение	Работа удара	Ударная вязкость	Твердость
$\sigma_b$	$\sigma_t$	$\delta$	KU	KCU	HV
Н/мм <sup>2</sup>		%	Дж	Дж/см <sup>2</sup>	
По ГОСТ 1050-2013					
≥600	≥355	≥16			≥156
Механические свойства пятников после нормализации (при +20°C)					
655	384	20,2	73,84	91,105	174–187
Механические свойства пятников после нормализации (при –60°C)					
				7,10	9,13
Механические свойства пятников после улучшения (при –60°C)					
695	392	21,2	36,51	45,64	184–190

Видно, что двойная нормализация улучшает ударную вязкость стали 45 при –60 °С, однако ее уровень остается недостаточным. Сфероидизирующий отжиг способствует значительной гомогенизации структуры стали, однако уровень ударной вязкости не отличается от образцов после нормализации.

Нормализация в сочетании с улучшением значительно измельчает зерно стали и повышает весь уровень механических свойств. Возможно, это связано именно с наличием субструктуры, которая оказывает сильное положительное влияние на хладостойкость (понижает температуру вязко-хрупкого перехода).

Полученные результаты данной работы свидетельствуют о целесообразности повышения хладостойкости путем термической обработки, заключающейся в нормализации, закалке и высоком отпуске. После проведения термообработки на поковке «Пятник» из стали 45, ГОСТ 1050-2013 результаты работы подтвердились.

#### Список литературы

1. Матросов, Ю. И. Сталь для магистральных газопроводов / Ю. И. Матросов, Д. А. Литвиненко, С. А. Голованенко. — М. : Металлургия. 1989. — 288 с.
2. Солнцев, Ю. П. Специальные материалы в машиностроении / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, В. Ю. Пирайнен. — СПб. : Химиздат, 2004. — 640 с.
3. Кудряков, О. В. Повышение функциональных свойств трубной стали при комбинированной термической обработке / О. В. Кудряков, И. Г. Погорелова // Вестник ДГТУ. — 2007. — Т. 7. — № 2 (33). — С. 182–190.
4. Солнцев, Ю. П. Материаловедение / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин. — СПб. : Химиздат, 2007. — 784 с.