

товаров на основной склад из регионов, где перераспределение товаров внутри торговой сети затруднено.

Список использованных источников

1. Шило И.Н. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе / И.Н. Шило, Н.К. Толочко, Н.Н. Романюк, С.О. Нукешев. – Минск: БГАТУ, 2016. – 336 с.

УДК 669.01

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ ВИЛКИ СКОЛЬЗЯЩЕЙ РЕДУКТОРА  
ПЕРЕДНЕГО МОСТА ТРАКТОРА «БЕЛАРУС-1523»**

*Студент – Невгень А.В., 25 тс, 5 курс, ФТС*

*Научный руководитель – Андрушевич А. А., к.т.н., доцент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Применяемые технологии упрочнения стальных деталей автотракторной техники достигли своего предела в получении требуемой конструкционной прочности и износостойкости и требуют дальнейшего совершенствования [1, 2]. Наличие повышенного износа, значительных ударных нагрузок, высоких напряжений и ряд других требований, обусловили поиск новых подходов для повышения свойств конструкционных сталей путём формирования в них объёмного микро- и наноструктурного состояний [3]. Увеличение надёжности деталей типа шлицевых валов представляет актуальную задачу, которая может быть решена только при повышении прочностных свойств и сохранении вязкости применяемых конструкционных сталей. Стали для изготовления деталей, должны обладать высоким комплексом механических свойств, а не высоким значением какого-либо одного свойства [1, 2, 4].

Для получения оптимального сочетания прочности и повышенного сопротивления хрупкому разрушению стальных деталей необходимо формирование в процессе термической обработки объёмной ультрадисперсной структуры с высокой плотностью дислокаций и мельчайшими карбидными включениями путём рационального выбора технологических режимов [3].

Эффективное формирование мелкодисперсных структур может быть достигнуто в результате термического воздействия в процессе интенсивного охлаждения при закалке конструкционных сталей за счёт фазовых превращений.

Одной из быстро изнашиваемых ответственных деталей переднего ведущего моста трактора «Беларус-1523» является вилка скользящая редуктора конечной передачи (рисунок 1). В таких деталях, испытывающих знакопеременные нагрузки, материал должен иметь высокое сопротивление усталости, а трущиеся поверхности в местах шлицевых поверхностей - повышенное сопротивление износу, и их изготавливают из улучшаемых конструкционных сталей.

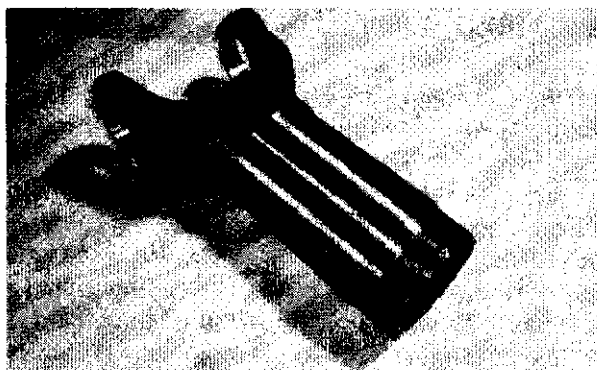


Рисунок 1 -- Вилка скользящая редуктора переднего ведущего моста трактора «Беларус-1523»

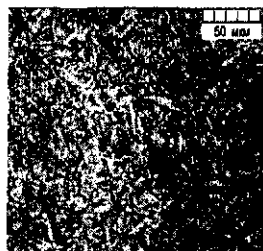
Эксплуатационная стойкость деталей типа «вал» определяется усталостной прочностью в условиях кручения и изгиба, контактной прочностью и износостойкостью [4]. Улучшаемые конструкционные стали имеют высокий предел текучести, малую чувствительность к концентраторам напряжений, а при многократном приложении нагрузок, высокий предел выносливости и достаточный запас вязкости [1, 2]. Обычная термическая обработка таких сталей – закалка в масле и высокий отпуск. При температуре отпуска 600°C сталь 40X имеет -  $\sigma_b=860\text{МПа}$ ,  $\delta_b=14\%$ ,  $KCU = 1,47 \text{ МДж/м}^2$ , 26-28 HRC и используется для шлицевых валов средней нагруженности.

Предварительно для повышения усталостной прочности деталь подвергали улучшению: закалке с температуры  $850 \pm 5^\circ\text{C}$  в масло и высокому отпуску при температуре  $550-560^\circ\text{C}$ . Время аустенизации принималось 15 минут. Последующее упрочнение шлицов осуществляли поверхностной индукционной закалкой (температура нагрева  $890-900^\circ\text{C}$ ) на толщину закаленного слоя  $0,5-1,5$  мм с водяным душированием. Окончательная термическая обработка вилки редуктора конечной передачи диаметром 40 мм из стали 40X, выполнялась на установке УИНЗ с различной интенсивностью охлаждения. Температура воды составляла  $10 \pm 3^\circ\text{C}$ , время охлаждения - в интервале 12-15 с. Низкотемпературный отпуск деталей проводился при  $180-200^\circ\text{C}$ .

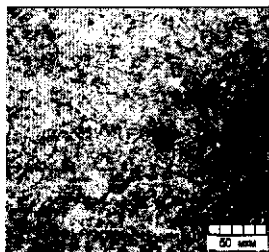
Исследование микроструктуры упрочненных поверхностей после закалки, высокого и низкого отпуска проводили на образцах, вырезанных из шлицевой части вилки. Микроструктуры упрочненного слоя и сердцевинки изучались на металлографическом микроскопе «МИМ-8». Упрочненные слои исследовались на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения «Mira» при увеличении  $\times 5000$  и  $50000$ . Твердость по Роквеллу определялась на твердомере ТК14-250.

Микроструктура улучшенной стали 40X, состоящая из сорбита и отдельных включений троостита, представлена на рисунке 1, а. Структура в зоне шлицов после поверхностной закалки и низкого отпуска, приведена на рисунке 1, б.

Она представляет отпущенный мартенсит различной степени дисперсности в зависимости от режимов охлаждения. Сердцевина вала имела практически сорбитную микроструктуру, обеспечивая необходимую вязкость.



а)



б)

Рисунок 2 – Микроструктура стали 40X: а – после объёмной закалки в масло и высокого отпуска. Структура - сорбит отпуска со светлыми включения троостита; б – после поверхностной закали и низкого отпуска. Структура - мартенсит отпуска

Сталь 40X в исходном состоянии имеет феррито-перлитную микроструктуру, что не обеспечивает требуемых механических и эксплуатационных свойств. Твердость упрочненного слоя после поверхностного термического упрочнения составила 56-58 HRC, а сердцевина имела твердость 36-38 HRC, что превышает значения твердости в серийных деталях соответственно на 35-40%.

Исследование упрочненного слоя стали 40X с углубленным изучением микроструктуры отпущенного мартенсита при больших увеличениях, выявили предпосылки для определения влияния размеров игл мартенсита на её механические свойства. Структура характерна для мартенсита реечного типа со средним поперечным размером реек 250 – 350 нм.

Фрагментация игл мартенсита установлена при увеличениях  $\times 50000$  методом электронной микроскопии. В результате исследований определено, что мартенситные иглы частично фрагментированы, размер фрагментов находится в диапазоне 20 – 150 нм, их средний размер составляет 40 – 50 нм. При этом твердость и прочность конструкционной стали 40X увеличиваются без снижения характеристик пластичности и вязкости.

Результаты исследований на примере вилки скользящей редуктора переднего ведущего моста трактора «Беларусь» показали, что дальнейшее повышение механических, а следовательно, эксплуатационных свойств стальных деталей автотракторной техники, возможно в результате совершенствования традиционных и разработке новых технологических режимов их термического упрочнения только для получения нанодисперсных структур.

#### Список использованных источников

1. Арзамасов, В.Б. *Материаловедение: учебник для вузов* / В.Б. Арзамасов, А.А. Черепашин. – М.: Изд-во «Окна», 2009. – 350 с.
2. *Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин* / И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.
3. *Объёмные нанокристаллические износостойкие детали рабочих органов сельскохозяйственной техники* // Г.Ф. Бетяга [и др.]. – Вестник Полоцкого гос. ун-та. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2012г., № 3, С. 46-51.
4. Плешкин, В.В. *Материаловедение: учеб. пособие* / В.В. Плешкин – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 463 с.