

**Key words:** *Crank connecting rod end, concentrators, hollow chamfer radius, fatigue crack, the concentration ratio stressful.*

*When operating rods highly boosted diesels have the fatigue damage caps crank heads much earlier date determined by the strength calculation. Analysis of fatigue fractures showed that the nucleation of fatigue cracks observed in the transition radius ribs in a support site in the area of the smallest cross section.*

УДК 621.78: 669.01

## **ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ШЛИЦЕВЫХ ВАЛОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКОЙ ПОЛУЧЕНИЕМ НАНОРАЗМЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ**

*Одерий И. В., студент 3 курса факультета технического  
сервиса*

*Научный руководитель - Андрушевич А. А., кандидат технических  
наук, доцент*

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

**Ключевые слова:** *вал шлицевой, термическая обработка, упрочнение, наноструктура, сталь конструкционная, твердость, пластичность.*

*Работа посвящена повышению надёжности шлицевых валов термической обработкой с получением наноразмерных элементов структуры. Изучено изменение структуры и твердости стали 40Х при различных режимах упрочнения.*

**Введение.** Применяемые материалы и технологии упрочнения стальных деталей сельскохозяйственных машин достигли своего предела в получении требуемой конструкционной прочности и износостойкости и требуют дальнейшего совершенствования [1,2]. Основная причина

состоит в том, что с увеличением прочности, твердости и износостойкости пластичность и вязкость сталей уменьшается. Наличие абразивной среды, значительных ударных нагрузок, высоких напряжений и ряда других требований, обусловили необходимость поиска новых подходов для повышения свойств конструкционных сталей в результате формирования в них объёмного микро - и наноструктурного состояний [3]. Повышение механических и эксплуатационных свойств деталей сельскохозяйственных машин представляет актуальную задачу, которая может быть решена только при повышении прочностных свойств конструкционных сталей и сохранении пластичности.

**Материалы и методы испытания.** В последнее время установлено, что эффективное формирование мелкодисперсных структур может быть достигнуто также в результате термического воздействия за счёт фазового превращения в процессе охлаждения при закалке конструкционных сталей. Для получения оптимального сочетания прочности и повышенного сопротивления хрупкому разрушению стали необходимо формирование в процессе термической обработки объёмной ультрадисперсной структуры с высокой плотностью дислокаций и мельчайшими карбидными включениями, что обеспечивается путём рационального легирования, микролегирования и выбора требуемых технологических режимов [3]. Такой подход находится на начальном этапе освоения.

Стали, применяемые для изготовления деталей сельскохозяйственных машин, должны обладать высоким комплексом механических свойств, а не высоким значением какого-либо одного свойства.[1,2,4]. В деталях, испытывающих знакопеременные нагрузки, металл должен иметь высокое сопротивление усталости, а трущиеся поверхности - сопротивление износу. При выборе марки стали исходят из общих эксплуатационных, технологических и экономических требований. Эксплуатационная стойкость валов определяется усталостной прочностью в условиях кручения и изгиба, контактной прочностью и износостойкостью [4]. Механические свойства стали зависят от её структуры и состава. Одной из

быстро изнашиваемых ответственных деталей является шлицевой вал привода рабочих органов машин, которые изготавливают из улучшаемых конструкционных сталей (рис 1).



**Рисунок 1 – Шлицевой вал трактора Т 40**

Улучшаемые стали имеют высокий предел текучести, малую чувствительность к концентраторам напряжений, в изделиях, работающих при многократном приложении нагрузок, высокий предел выносливости и достаточный запас вязкости [1,4]. Обычная термическая обработка таких сталей – закалка в масле и высокий отпуск. При температуре отпуска  $600^{\circ}\text{C}$  сталь 40Х имеет -  $\sigma_{\text{в}}=860\text{МПа}$ ,  $\sigma_{0,2}=720\text{МПа}$ ,  $\delta_{\text{в}}=14\%$ ,  $\psi=60\%$ ,  $\text{КСУ} = 1,47 \text{ МДж/м}^2$ ,  $\text{НВ} = 2650\text{МПа}$  и используется для деталей, работающих на средних скоростях при средних давлениях, например, шлицевые валы трактора Т 40 [4].

Термическая обработка шлицевых валов диаметром 30мм из конструкционной легированной стали 40Х, выполнялась на экспериментальной установке ТВЧ с различной интенсивностью охлаждения. Предварительно для повышения усталостной прочности валы 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 составляло 15 минут. Последующее упрочнение шлицов осуществлялось поверхностной индукционной закалкой (температура нагрева  $880 - 900^{\circ}\text{C}$ ) на толщину закаленного слоя 1,5 - 2мм при охлаждении водяным душированием. Температура воды находилась в пределах  $10\pm 3^{\circ}\text{C}$ , время охлаждения - в интервале 2-5с в зависимости от толщины изделия. Низкотемпературный отпуск валов проводился при  $180 - 200^{\circ}\text{C}$ .

Исследование микроструктуры упрочненных поверхностей после закалки, высокого и низкого отпуска

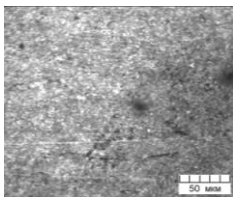
проводили на образцах, вырезанных из валов в их шлицевой части после различных режимов термической обработки.

Микроструктура упрочненного слоя и сердцевины изучалась на оптическом микроскопе "МИМ-8" при увеличении  $\times 400$ . Упрочненные слои дополнительно исследовались на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения "Mira" фирмы "Tescan" при увеличении  $\times 5000, \times 50000$ . Характеристики мартенсита определяли по ГОСТ 8233-56, размеры фрагментов мартенсита с использованием метода секущих. Твердость по Роквеллу определялась на твердомере ТК14-250 по ГОСТ 9013-59.

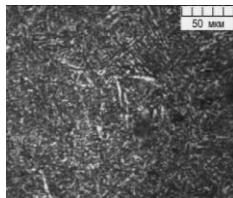
**Результаты исследований и их обсуждение.** Сталь 40X в исходном состоянии (в состоянии поставки после отжига) имеет феррито-перлитную структуру, что не обеспечивает требуемых механических и эксплуатационных свойств. Термическое упрочнение изготавливаемых деталей осуществляли путём улучшения, а затем поверхностной закалкой с последующим низким отпуском. Поверхностная твердость упрочненного слоя составила 56-58 HRC, а сердцевина имела твердость 36-38 HRC.

Микроструктура улучшенной стали 40X, состоящая из сорбита и отдельных включений троостита, представлена на рисунке 2,а. Структура в зоне шлица после поверхностной закалки и низкого отпуска, приведена на рисунке 2,б. Она, в основном, представляет отпущенный мартенсит различной степени дисперсности в зависимости от режимов охлаждения при поверхностной закалке. Сердцевина вала имела практически сорбитную микроструктуру.

Результаты исследований упрочненного слоя образцов 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 – 350нм.



а)



б)

**Рисунок 2 – Микроструктура стали 40Х:**

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

Только при увеличениях  $\times 50000$  методом электронной микроскопии выявлена фрагментация мартенсита. В результате исследований определено, что мартенситные иглы частично фрагментированы, размер фрагментов находится в диапазоне 20 – 150 нм, их средний размер составляет 40 – 50 нм.

**Заключение:**

1. Проведенное исследование процессов формирования элементов нанораз-

мерной структуры и свойств стали 40Х в зависимости от условий термообработки позволили выявить особенности их образования с учётом применения в агропромышленном комплексе.

2. Дальнейшее повышение механических, технологических и эксплуатационных свойств деталей возможно только после получения микро- и нанодисперсных структур в результате термической обработки при совершенствовании традиционных и разработке новых технологических режимов упрочнения.

**Библиографический список:**

1. Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: учебник для вузов /Арзамасов, Б.Н и др. – 8-е изд. 8-е – Москва: Изд-во МГТУ, 2008. - 648с.

2. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин /И.Н.Шило [и др.].- Минск: БГАТУ, 2010.-320с.
3. Объёмные нанокристаллические износостойкие детали рабочих органов сельскохозяйственной техники // Г.Ф. Бетенья [и др.].- Вест. Полоцкого гос. ун-та. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2012г., № 3, С.46 -51.
4. Гуляев А.П. Металловедение: учебник для вузов. 6 –ое изд.- М., «Металлургия», 1986. - 486с.

### **INCREASE OF RELIABILITY OF SPLINE SHAFTS OF HEAT TREATMENT OF THE OBTAINING NANO-SCALE ELEMENTS OF THE STRUCTURE**

*Odery I.V., Andrushevich A.A.*

**Key words:** *spline shafts, heat treatment, hardening, nanostructure, constructional steel, hardness, plasticity*

*The work is devoted to the increase of reliability splined shafts heat treatment with the obtaining of nano-scale structure elements. Studied changes in the structure and hardness of steel 40X with various modes of hardening.*

УДК 621.431

### **МИКРОДУГОВОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ**

*Пугач А.В., студент 2 курса инженерного факультета  
Научный руководитель - Хохлов А.Л., кандидат технических наук, доцент, Марьин Д.М., аспирант  
ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная  
сельскохозяйственная академия им. П. А. Столыпина»*

**Ключевые слова:** *микродуговое оксидирование, днище поршня, двигатель внутреннего сгорания, покрытие.*

*В статье обобщена существующая информация о методе микродугового оксидирования на основе известных литературных данных. Проведен анализ применения*