

УДК 621.785

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ КРЕСТОВИН КАРДАННЫХ ПЕРЕДАЧ

Г. А. КОСТЮКОВИЧ<sup>1</sup>, А. В. ПОПРУКАЙЛО<sup>1</sup>,  
Е. В. ОВЧИННИКОВ<sup>2</sup>, Д. А. ЛИННИК<sup>2</sup><sup>1</sup>ОАО «Белкард»<sup>2</sup>Гродненский государственный университет имени Янки Купалы  
Гродно, Беларусь

Крестовина передней передачи является высоконагруженной деталью и испытывает статические, динамические и циклические нагрузки. Через крестовину передается весь крутящий момент двигателя, изменяющийся как по величине в процессе движения автомобиля, так и по скорости приложения при броске сцепления. Кроме того, шипы крестовины, являясь в большинстве конструкций внутренней опорой игольчатого подшипника, испытывают высокие контактные напряжения, приводящие к дефектам, называемым бринеллированием (вдавливание иголок в тело шипов) [1, 4].

Практика показывает, что с целью достижения высокого сопротивления контактным напряжениям, твердость в зонах воздействия иголок должна превышать 61 HRC, а глубина слоя с высокой твердостью должна быть не менее 1,5 мм. У основания шипа для предотвращения хрупкого разрушения, свойственного стали с высокой твердостью, последнее может быть снижено до уровня 51...63 HRC. Такой уровень обеспечивает повышение сопротивления статическим и динамическим нагрузкам и достаточен для предотвращения износа от уплотнений, работающих у основания шипов. Глубина высокопрочного слоя у основания крестовины должна составлять 1,5...3,5 мм. При этом, если в вершине шипа глубина высокопрочного слоя может равняться радиусу шипа (т. е. быть сквозной), то у основания шипа глубина слоя выше 3,5 мм недопустима, т. к. при этом уменьшается характерный для поверхностной закалки высокий уровень остаточных напряжений сжатия, обеспечивающий достаточное сопротивление циклическим нагрузкам. При сквозном высокопрочном состоянии металла у основания шипа усталостная прочность крестовины снижается [1, 2].

В настоящее время крестовины изготавливаются из легированных цементуемых сталей типа 20ХГНТР, 20ХГТ, 15ХГН2ТА, которые подвергаются цементации на глубину 1,5...2 мм, закалке и отпуску.

Другой, более прогрессивный, способ заключается в том, что крестовины изготавливают из стали пониженной прокаливаемости 60 ПП, подвергают поверхностной индукционной закалке при глубинном нагреве, а затем производят прерывистый самоотпуск [3]. Преимущества данного способа заключаются в следующем.

1. Прочность крестовин увеличивается на 15 %...20 %.
2. Сталь 60 ПП дешевле легированных цементуемых марок стали.
3. Установка для индукционной закалки в несколько раз дешевле печей для цементации той же производительности.

4. Расходы, связанные с проведением термообработки, на газ, электроэнергию, жароупоры, амортизацию, также меньше.

5. Время термической обработки сокращается с 20 ч до 3 мин.

Кроме того, данный способ позволяет получить высокий комплекс механических свойств крестовин, превышающий уровень, достигаемый при цементации.

Индивидуальная обработка, характерная для индукционной закалки, дает возможность получить распределение свойств по длине шипов, в соответствии с действующими там нагрузками. Так, если при цементации твердость и глубина высокопрочного слоя постоянна по всей длине, то при индукционной закалке и прерывистом самоотпуске удастся получить особо высокую твердость (более 61 HRC) и большую глубину высокопрочного слоя у вершины шипов, где действуют высокие контактные напряжения, и пониженную твердость 50...56 HRC при небольшой глубине этого слоя у основания шипа. Это обеспечивает высокое сопротивление максимальным на этом участке статическим, динамическим и циклическим нагрузкам при сохранении достаточного уровня сопротивления износу [3].

Однако индивидуальная обработка при индукционной закалке требует разработки технологии упрочнения для каждого типа размера крестовин с созданием индивидуального оборудования и оснастки.

Проведенные испытания крестовин, изготовленных по двум технологиям, показали следующее.

1. Крестовины из стали 60 ПП при кручении почти на 20 % превосходят серийные из цементуемых марок стали по пределу прочности.

2. Циклическая долговечность на всех уровнях нагружения у крестовин из стали 60 ПП больше, чем у серийных из цементуемых марок стали, в 5–10 раз.

Повышение статических свойств следует связывать со снижением хрупкости стали у основания крестовины за счет снижения уровня твердости на этом участке, а высокий уровень усталостной прочности – с наличием значительных сжимающих остаточных напряжений, характерных для поверхностной закалки с применением нагрева ТВЧ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Кравченко, В. И.** Карданные передачи: конструкции, материалы, применение / В. И. Кравченко, Г. А. Костюкович, В. А. Струк. – Минск: Тэхналогія, 2006. – 400 с.

2. Карданные передачи ОАО «Белкард» и перспектива развития их конструкций / Г. А. Костюкович [и др.] // Тр. НАМИ. – 2019. – № 3 (278). – С. 43–52.

3. **Шепеляковский, К. З.** Самоотпуск при высокочастотной закалке / К. З. Шепеляковский. – Москва: Машгиз, 1955. – 216 с.

4. **Малаховский, Я. Э.** Карданные передачи / Я. Э. Малаховский, А. А. Лапин, Н. К. Веденеев. – Москва, 1962. – 156 с.