



Running in of the balls intended for ball-bearings after their thermal treatment in the zones of elastic deformations or with slight surface plastic deformation before last but one finishing polishing operations is carried out in this work.

А. В. АЛИФАНОВ, А. Г. АНИСОВИЧ, ФТИ НАН Беларуси,
А. М. ГАГАСОВ, ОАО «МПЗ», А. А. ЛЯХ, ФТИ НАН Беларуси

УДК 621.787.4

ТЕХНОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СФЕРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ МЕТОДОМ ОБКАТКИ

К наиболее типичным представителям пар качения относятся шарикоподшипники, производство которых носит массовый характер. Трудно представить себе отрасль машино- и станкостроения, где не использовались бы шарикоподшипники. Опыт производства шарикоподшипников на ОАО «Минский подшипниковый завод» показывает, что долговечность колец значительно превышает долговечность шариков. Особенно качество отечественных шариков проигрывает по сравнению с производимыми в Польше, Германии, Швеции. Качество шариков зависит от качества исходной стали (ШХ15), в частности, от пористости, количества неметаллических включений (оксидов, сульфидов, силикатов), карбидной неоднородности, однородности микро- и макроструктуры, а также от качества термообработки.

Шарикоподшипниковую сталь ШХ15 подвергают отжигу на зернистый перлит, который определяет свойства стали в готовых изделиях. Отжиг является подготовительным для последующей закалки. При наличии в исходной структуре мелкозернистого перлита создаются условия получения после закалки структуры насыщенного углеродом и хромом мелкозернистого мартенсита, определяющего, в конечном счете, стойкость деталей подшипников. Прочность шариков снижается при наличии микропористости, определенном взаиморасположении отдельных видов включений, при различии в микроструктуре и наличии остаточного аустенита. Для сталей с мартенситной структурой и твердостью выше 52–54 HRC не наблюдается прямой зависимости между твердостью и прочностью [1], хотя повышенная твердость необходима для увеличения износостойкости, долговечности, улучшения чистоты поверхности при шлифовании и доводке. Однако увеличение твердости, достигаемое повышением температуры закалки, приводит к росту зерна и величины карбидов, что вызывает снижение проч-

ности. При закалке структура стали ШХ15 состоит из мартенсита и остаточного аустенита. Аустенит улучшает вязкость стали, при больших количествах остаточного аустенита снижаются закалочные напряжения, за счет повышения вязкости уменьшается опасность выкрашивания и, следовательно, повышается износостойкость. При этом наряду с положительными факторами происходит ухудшение ряда характеристик закаленной стали: при содержании аустенита свыше 6–8% заметно снижается твердость; уменьшается сопротивление пластической деформации при эксплуатации; предел текучести и предел упругости снижаются пропорционально росту количества аустенита (примерно на 5 кгс/мм² на каждый 1% аустенита); прочность снижается на 2–3 кгс/мм² на каждый 1% аустенита (при этом отрицательное влияние аустенита проявляется лишь при увеличении его количества свыше 10–15%); снижается стабильность размеров детали, так как в процессе эксплуатации при дальнейшем самопроизвольном превращении аустенита в мартенсит размеры шариков увеличиваются, что зачастую приводит к их пластической деформации и разрушению.

Таким образом, необходимо стремиться к снижению количества остаточного аустенита до величины 6–8%.

Наибольшая прочность стали ШХ15 (220–230 кг/мм²) получается при ее нагреве в процессе термообработки до температуры 840–850 °С. Однако при нагреве до таких закалочных температур структура будет состоять из точечного перлита с довольно большим количеством остаточного аустенита. Снизить количество остаточного аустенита можно, применяя поверхностную обработку тел вращения (шариков) путем их нагружения силой, вызывающей упругую деформацию, и одновременно перекачивая их по деформирующему инструменту по сложной траектории, что создает картину знакопеременных напряжений в теле

обрабатываемой детали. При этом происходит распад остаточного аустенита, а в поверхностном слое возникают дополнительные сжимающие напряжения, как и при поверхностной пластической деформации (ППД). Действительно, при ППД закаленной стали ШХ15 происходит изменение структуры поверхностного слоя обрабатываемых деталей. Обработка закаленной поверхности шариками или алмазным выглаживанием приводит к возрастанию плотности дислокаций и измельчению блоков, хотя и на весьма небольшую глубину. Интенсивная поверхностно-деформационная обработка вызывает аустенитно-мартенситное превращение, что приводит к снижению остаточного аустенита в стали ШХ15 до 4,5–6,0%. Однако схема обработки деталей ППД заключается в поверхностном силовом воздействии на небольшую площадь и распространяется на малую глубину, что приводит лишь к поверхностному упрочнению деталей. В основном ППД применяют как отделочную операцию и с целью повышения износостойкости деталей.

Для повышения прочности тел качения подшипников необходимо воздействие на весь объем металла. Решение этой задачи возможно, например, при обкатке шариков и их сжатии по диаметру силой, вызывающей упругую деформацию в диаметральном сечении по линии касания инструмента и растягивающие напряжения в перпендикулярном сечении, что позволит создать перемещающееся поле сжимающих и растягивающих напряжений во всем объеме шарика. Непрерывно меняя положение шарика относительно инструмента и проводя такую обработку многократно, можно добиться распада остаточного аустенита во всем объеме шарика и создать сжимающие напряжения на поверхности. При такой обработке значительно сужается область разброса значений прочности. В данной работе приведенная выше технология обработки шариков реализована в специальном инструменте, который устанавливается на суппорте токарно-винторезного станка 16К20.

В настоящей работе проведена обкатка шариков, предназначенных для шарикоподшипников, после их термообработки в зоне упругих деформаций или с незначительной поверхностной пластической деформацией перед предпоследней отделочной операцией шлифовки. Обкатку шариков проводили специальным инструментом, состоящим из двух частей, в каждой из которых выполнена винтовая канавка радиусом, несколько большим, чем радиус обкатываемого шарика (рис. 1). При сближении частей инструмента гравюра,

образованная канавками, имеет в радиальном направлении размер, меньший диаметра шарика (рис. 1, а). Благодаря этому шарик сжимается, причем величину обжатия регулируют в зависимости от определенной оптимальной величины. При вращении одной из частей инструмента шарик перекачивается по поверхности винтовой канавки, меняя площадку контакта.

Из приведенной схемы обкатки (рис. 1, б) видно, что в радиальном направлении создаются сжимающие напряжения, а в перпендикулярном – растягивающие.

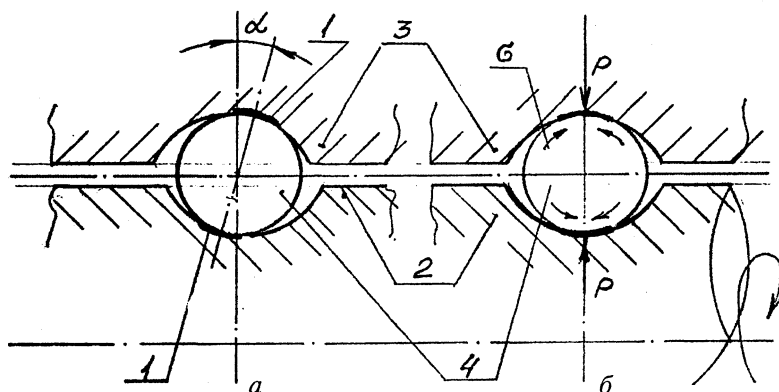


Рис. 1. Обкатка шарика: а – изменение гравюры обкатного инструмента; б – схема обкатки шарика: 1 – площадка контакта шарика и инструмента; 2 – вращающаяся часть инструмента; 3 – неподвижная часть инструмента; 4 – шарик

Для контроля полученных данных три шарика из партии нагружали усилием, соответствующем значению $\sigma_{0,2}$, затем нагрузку снимали и определяли остаточную деформацию. На рис. 2 показаны результаты испытаний на разрушение закаленных образцов и шариков из стали ШХ15. Из рисунка видно, что усилия разрушения обкатанных шариков примерно на 700 МПа выше, чем необкатанных.

В процессе работы были проведены комплексные исследования технологического процесса обработки шариков и физико-механических свойств

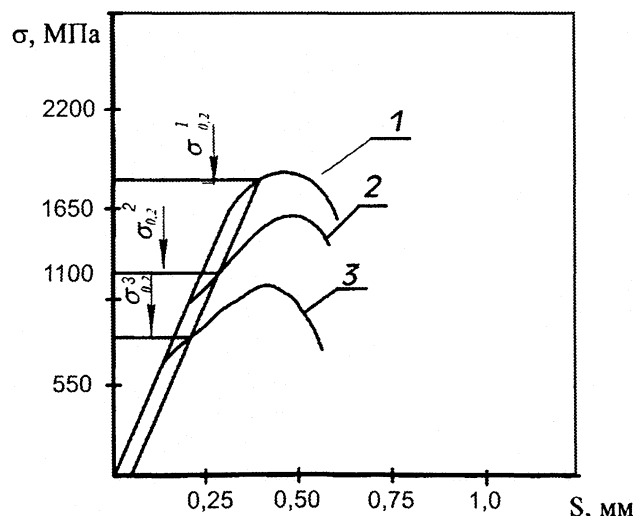


Рис. 2. График разрушения образцов: 1 – литературные данные; 2 – шарики термообработанные и обкатанные; 3 – шарики необкатанные после термообработки

получаемых изделий. В результате был разработан и создан инструмент для обкатки шариков.

Инструмент (рис. 3) состоит из корпуса 6, в коническую полость которого (конусность 3°) запрессована формообразующая полая вставка 5, внутри нее имеется винтовая канавка радиусом несколько больше, чем радиус шарика 3/8. В корпусе инструмента имеется отверстие, соединенное с накопителем шариков 11. В полости вставки 5 размещен шнек 4 с винтовой канавкой на его наружной поверхности и с возможностью свободного вращения во вставке. Осевое перемещение шнека ограничено его фланцем, размещенным между корпусом инструмента 6 и крышкой 10 и антифрикционными шайбами 7 и 9.

При вращении шнека 4 шарик из накопителя 11 попадает в винтовую канавку и перекачивается в ней, меняя площадку контакта с инструментом по поверхности. Переместившись в канавку до выходного отверстия в корпусе 6 и вставке 5, шарик выпадает в поддон.

Инструмент для обкатки шариков обеспечивает снижение остаточного аустенита до 4–6%. Обкатка шариков в инструменте, создающем знакопеременное перемещающееся поле напряжений, обеспечивает аустенитно-мартенситное превращение без снижения твердости и роста зерна.

В результате приведенной выше обработки шариков их микроструктура имеет гораздо более равномерный, однородный характер, чем у не-

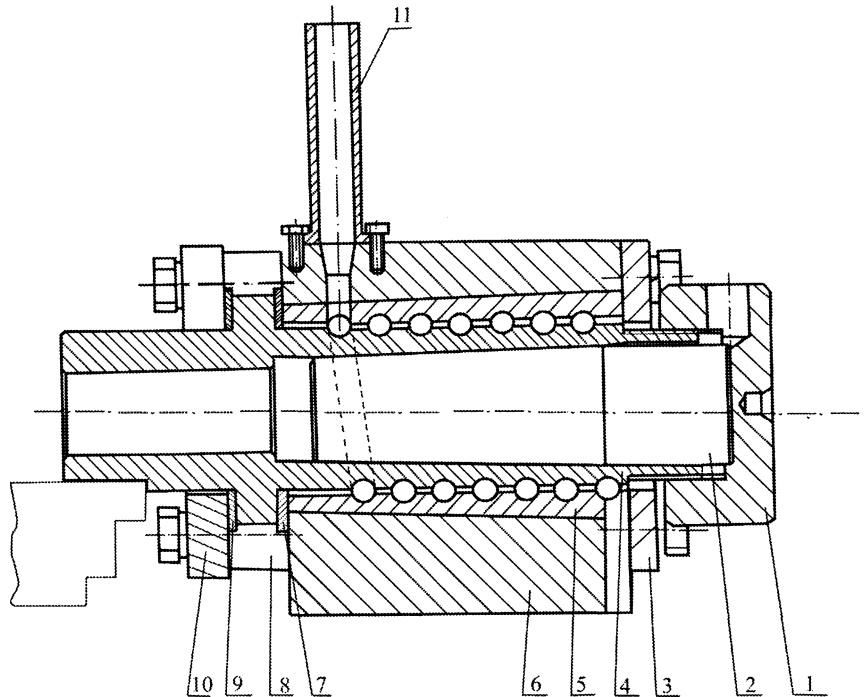


Рис. 3. Инструмент для обкатки шариков: 1 – гайка прижимная; 2 – оправка; 3 – крышка; 4 – шнек; 5 – вставка; 6 – корпус; 7, 9 – шайба; 8 – втулка; 10 – крышка; 11 – накопитель шариков

обработанных шариков, а прочность возрастает в среднем на 27%.

Таким образом, путем одно- или многократной обкатки шариков специальным инструментом можно добиться существенного повышения прочностных показателей шариков за счет улучшения их структуры.

Литература

1. Галлер Ю.А. Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1975.
2. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 1978.