

УДК 621.77

## **ШТАМПОВКА ПОКОВОК С КОНТРОЛИРУЕМЫМ ВОЛОКНИСТЫМ СТРОЕНИЕМ**

**Семенов Е.И., Лавриненко В.Ю., Белокуров О.А.**

*Предложена технологическая схема штамповки, применение которой позволяет изготавливать шаровые пальцы с повышенными значениями износостойкости и усталостной контактной прочности.*

Получение деталей с повышенными стойкостными характеристиками на сегодняшний день является актуальной задачей для машиностроения. Большинство деталей в машиностроении имеют контактные поверхности, работающие на истирание или контактную прочность. Среди показателей качества изготавливаемых деталей можно выделить ряд факторов, определяющих износостойкость, усталостную контактную прочность, а следовательно, и долговечность детали. К ним относятся благоприятное расположение волокон относительно выхода на контактную поверхность детали, равномерное распределение полей деформаций и напряжений в поверхностном слое детали, оптимальная окончательная термическая обработка [1].

При эксплуатации машин возможны поломки деталей, работающих в условиях одновременного воздействия сил трения и повторно-переменных нагрузок. К таким деталям относятся коленчатые валы двигателей, работающие в паре с подшипниками скольжения, шаровые пальцы шарнира рулевого управления, шариковые и роликовые подшипники.

Анализ причин разрушения шарового пальца показал, что усталостное разрушение было вызвано трением корпуса о поверхность пальца до образования характерного точечного износа. В результате трения образуется надрез, являющийся концентратором напряжений, очагом разрушения и усталостной поломки. Излом специфичен. Усталостные микротрещины под воздействием сил трения возникают одновременно в ряде мест контактной поверхности, а зона стабильного излома смещается внутрь [2].

Одним из наиболее эффективных способов существенного повышения износостойкости и усталостной контактной прочности является создание благоприятного расположения волокон на рабочей контактной поверхности детали. Получение благоприятного волокнистого строения можно обеспечить путем изменения технологии изготовления детали.

Целью проведенных исследований являлось получение оптимального расположения волокон на рабочей контактной поверхности детали «Заготовка шарового пальца». Для этого необходимо было провести исследования существующего технологического процесса штамповки детали, установить расположение волокон по переходам штамповки и на основании

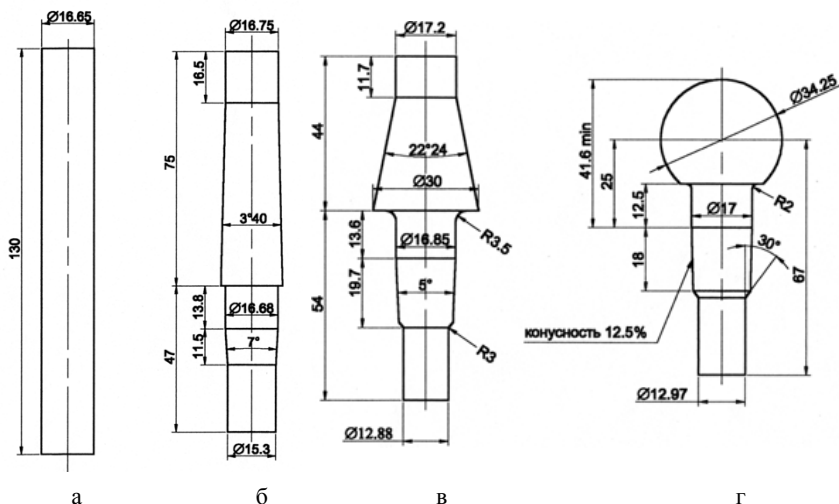


Рисунок 1 – Существующая технологическая схема штамповки:

а – отрезка заготовки; б – первый переход; в – второй переход; г – окончательная штамповка этого предложить рациональные изменения формы и размеров по переходам вариантов штамповки. Было предложено несколько вариантов. После проведенного анализа была отобрана наиболее целесообразная технологическая схема получения детали.

В настоящее время шаровые пальцы на ОАО “Автономаль” (г. Белебей) получают по следующей технологической схеме (рисунок 1). От прутка или бунта из стали 38ХГНМ отрезают мерную заготовку  $\varnothing 16,65$  мм, длиной 130 мм. На первом переходе осуществляют предварительную высадку головки и предварительное редуцирование стержня  $\varnothing 15,3$  мм с углом конуса  $7^\circ$  при этом оформляют часть конуса длиной 11,5 мм. На втором переходе производят вторую предварительную высадку головки и окончательное редуцирование стержня  $\varnothing 12,88$  мм и оформляют оставшуюся часть конуса с углом  $5^\circ$  длиной 19,7 мм, после чего производят окончательную высадку шаровой головки. Суть предложенных изменений технологии штамповки заключается в замене на втором переходе предварительной высадки конической головки в пуансоне с углом конусности  $22^\circ 24'$  (рисунок 1,б) на высадку головки с двумя обратными конусами в пуансоне и матрице (рисунок 2,б).

Для сравнения существующей технологической схемы и выбора оптимальной схемы штамповки было проведено компьютерное моделирование процесса штамповки (программа «Qform»). Это программа для моделирования процессов формоизменения при обработке металлов давлением, позволяющая моделировать расположение волокон по конфигурации поковки,

используя вертикальные и горизонтальные Лагранжевые линии. Программа «Qform» основана на методе конечных элементов. Лагранжевые линии показывают картину течения металла в процессе штамповки. Программа позволяет включать режим просмотра контура детали и волокнистого строения в отштампованной поковке, а при проектировании и моделировании технологического процесса для повышения качества детали необходимо учитывать

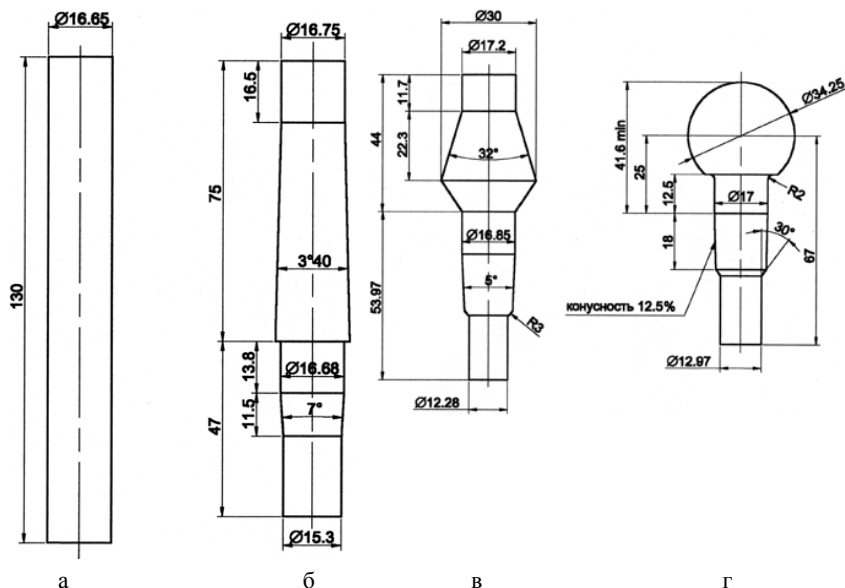
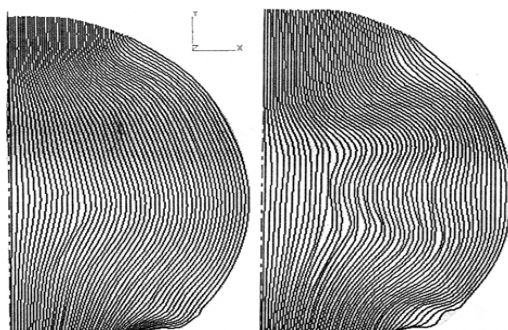


Рисунок 2 – Предложенная технологическая схема штамповки:

а – отрезка заготовки; б – первый переход; в – второй переход; г – окончательная штамповка  
расположение волокон на рабочей поверхности детали.

Проанализировав результаты моделирования существующей и предлагаемой технологий, можно увидеть, что при штамповке по предлагаемой технологии поля деформации более равномерные, а величина накопленных деформаций имеет большее значение, чем при штамповке по существующей технологии ( $\epsilon = 1,2 \dots 1,4$  – существующий вариант,  $\epsilon = 1,6 \dots 1,8$  – предложенный вариант). Было также установлено, что средние напряжения в поверхностном слое детали являются сжимающими и при штамповке по предлагаемой схеме имеют значительно меньшую абсолютную величину по сравнению со штамповкой по существующей технологии. Вместе с тем согласно данным работы поверхностный слой с остаточными растягивающими напряжениями по сравнению со сжимающими напряжениями должен иметь повышенное значение по износостойкости, причем тем больше, чем меньше абсолютная величина сжимающих напряжений. Основывается



| а                                                                                                                                                                                   | б | $\delta, \%$            | $\psi, \%$   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------|--------------|
| Рисунок 3 – Распределение волокон макроструктуры в сферической части детали при штамповке:<br>а – по существующей технологии; б – по предложенной технологии (моделирование на ЭВМ, |   | 05 / 15,05              | 49,4 / 64,7  |
|                                                                                                                                                                                     |   | 35 / 13,45              | 46,5 / 63,25 |
|                                                                                                                                                                                     |   | 15,1 / 8,9              | 27,95 / 38,5 |
|                                                                                                                                                                                     |   | отжига, в знаменателе – |              |

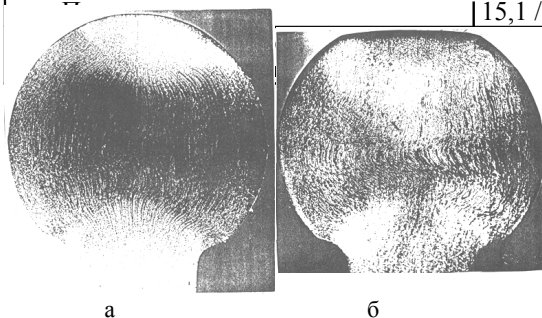


Рисунок 4 – Распределение волокон макроструктуры в сферической части детали при штамповке:  
а – по существующей технологии (×4); б – по предложенной технологии (×4,5)

этот факт на том, что при трении скольжения на поверхности образуются остаточные напряжения сжатия, снижающие при наличии начальных растягивающих напряжений средние напряжения на поверхности.

Таблица 1 – Результаты испытаний на растяжение

После этого была осуществлена экспериментальная штамповка детали “Заготовка шарового пальца” по новой технологической схеме.

Результаты металлографических исследований макроструктуры сферической части дета-

ли, полученной по старой и новой технологиям, подтверждают данные моделирования на ЭВМ (рисунки 3,а, б) и показывают изменение ориентировки волокон макроструктуры (рисунок 4 а, б).

Для оценки влияния ориентировки волокон на механические свойства стали 38ХГНМ, из которой изготавливают шаровые пальцы, были проведены экспериментальные исследования свойств образцов, изготовленных с различным направлением волокон, из которых можно выделить основные: а) волокна расположены вдоль действующих сил; б) волокна расположены поперек действующих сил; в) промежуточный вид расположения – под углом  $45^\circ$  к действующим силам.

Проведены испытания на растяжение (ГОСТ 1497-84). Размеры рабочей части образцов составляли: диаметр – 5 мм, длина – 30 мм.

Образцы были подвергнуты термической обработке по двум режимам: – отжиг 700°C, 6 ч; – закалка 880°C, отпуск 620°C.

Отжигу по этому режиму подвергали прокат перед штамповкой детали “Заготовка шарового пальца”, а закалке и отпуску подвергали деталь после штамповки и доводочных механических операций.

Из полученных результатов испытаний (таблица 1) видно, что различная ориентировка волокон существенно влияет на пластические свойства стали 38ХГНМ, причем наибольшее влияние имеет место в закаленных образцах. Так, относительное удлинение  $\delta$  уменьшается практически в 2 раза (с 15,05% при продольном расположении волокон до 8,9% при поперечном расположении), а относительное сужение  $\psi$  – примерно в 2...1,7 раза (с 64,7% при продольном расположении волокон до 38,5% при поперечном расположении).

Таким образом, ориентировка волокон макроструктуры в значительной степени определяет механические свойства детали. На основании этого предложена технологическая схема штамповки, применение которой позволяет изготавливать шаровые пальцы с более равномерным волокнистым строением, более равномерными полями деформаций и напряжений и более высокими значениями накопленных деформаций и средних напряжений в поверхностном слое детали, что значительно повышает износостойкость и усталостную контактную прочность детали.

#### ***Библиография***

1 Костецкий Б.И. Сопротивление изнашиванию деталей машин / Б.И. Костецкий. — М.: Машгиз, 1959. — 350 с.

2 Драйгор Д.А. Износостойкость и усталостная прочность стали в зависимости от условий обработки и процесса трения / Д.А. Драйгор. — К.: Изд-во АН УССР, 1959. — 134 с.

3 Раузин Я.Р. Влияние макроструктуры металла на контактную выносливость и долговечность подшипников качения: Контактная прочность машиностроительных материалов / Я.Р. Раузин. — М.: Наука, 1964. — 120 с.

4 Дьяченко П.Е. Износостойкость и остаточные напряжения в поверхностных слоях металла / П.Е. Дьяченко, Т.В. Смушкова // Изв. ОТН АН СССР. — 1954. — № 4. — С. 19–23.

*Поступила в редакцию 10.10.2000 г.*