

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДОРОЖЕК КАЧЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ (НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТИНОК ИЗ СТАЛИ ШХ-15)

Д. А. Бородин

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
г. Кемерово, Россия

В настоящее время актуальной является проблема повышения надежности изделий машиностроения. Исследования в этой области проводятся во многих научных организациях. Такие изделия, как подшипники качения хорошо изучены с точки зрения технологии изготовления, влияния макросостояний на показатели качества. Исследование формирования и трансформации тонкого поверхностного слоя и последующее выявление закономерностей этих процессов является одной из приоритетных задач машиностроения на пути к новому этапу качества изделий.

В рамках данной задачи разработан план экспериментальных исследований, включающий 3 типа объектов исследования, которые стали основой для трех различных направлений исследования (рисунок 1):

1) Исследование технологического наследования свойств тонкого поверхностного слоя при изготовлении и эксплуатации подшипников №310.

2) Исследование технологического наследования свойств тонкого поверхностно-

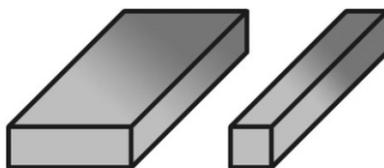
го слоя при изготовлении и эксплуатации двух типоразмеров (40x15x5 и 40x5x5 мм) пластинок из стали ШХ-15.

3) Исследование влияния технологической наследственности и модифицированных смазочных композиций на долговечность сферических подшипников ШСЛ-60.

Второе направление эксперимента было разработано для моделирования процесса изготовления и эксплуатации дорожек качения подшипников 310 на плоской поверхности. Были изготовлены пластинки из стали ШХ-15 в количестве 180 штук (по 90 штук на один типоразмер) согласно схеме (рисунок 2), кроме этапа эксплуатации. Шлифование проводилось на 3 режимах, первый – основной режим, на котором шлифуются подшипники согласно технологическому процессу. Второй и третий – режимы с увеличенной скоростью обработки. После каждой операции изымались образцы, необходимые для исследования поверхностного слоя на стадиях производства.



Подшипник №310



Пластинки из стали ШХ-15



Сферический подшипник ШСЛ-60

Рисунок 1 – Объекты исследования

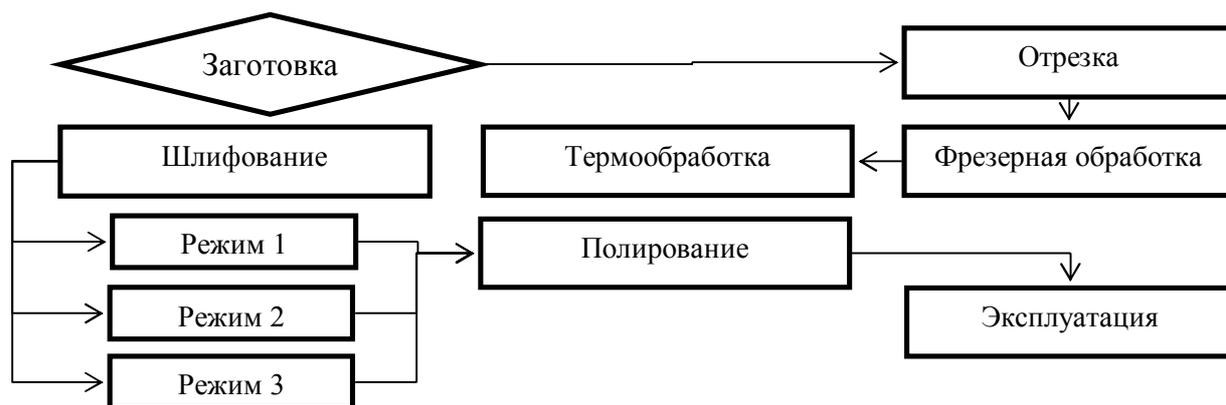


Рисунок 2 – Схема эксперимента по пластинам из стали ШХ-15

Для исследования влияния технологической наследственности на этапе шлифования желоба пластинок были поделены на 3 группы, которые шлифовались на 3 различных режимах.

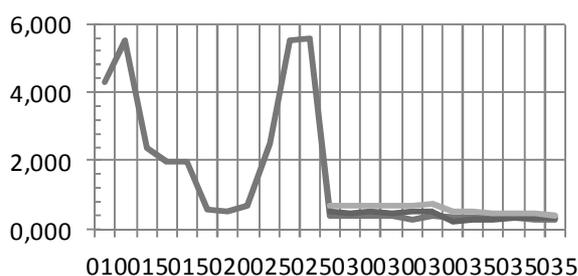
При проведении исследований применялись приборы: профилограф-профилометр «Talyserf» 5M120, магнитный структуроскоп марки КРМ-Ц-К2М, анализатор магнитошумовой «Introscan», акустический структурометр «Астрон», микротвердомер для проведения испытаний по Виккерсу Durascan 20.

Результаты исследований показаны на рисунке 3-7. На рисунках синим цветом показаны значения, соответствующие основному режиму обработки, а красным и зеленым –

второму и третьему режимам соответственно. Разграничение идет по операциям: 010 – отрезка, 015, 020 – фрезерные черновая и чистовая, 025 – термообработка, 030 – шлифование, 035 – полирование.

Значения R_a соответствуют ожидаемым и контролируемым значениям на стадиях обработки. Большие различия при разных режимах шлифования вызваны в первую очередь погрешностью оборудования и невозможности точного контроля шероховатости на предприятии. График R_{max} повторяет форму графика R_a , что соответствует закономерности изменения шероховатости на стадиях обработки (рисунок 3).

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a (мкм)



Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} (мкм)

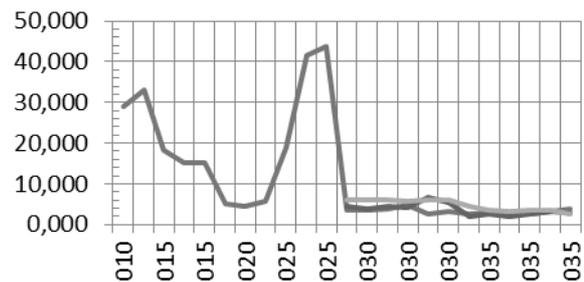


Рисунок – 3 Графики значений R_a и R_{max} на стадиях обработки

Из графика (рисунок 4) видно, что после операции отрезки поверхность имеет равное распределение впадин и выступов. При черновом фрезеровании возрастает количество «острых» выступов, но при чистовом фрезеровании картина меняется в обратную сторону. Закономерно наблюдается появление «острых выступов» при закалке и их после-

дующее уменьшение, с появлением «острых» впадин при шлифовании и полировании.

Параметр R_{sk} является одним из ключевых показателей качества поверхности, так как при одном параметре R_a или R_z R_{sk} может быть различным. Соответственно вид профиля неровностей также будет отличаться. Наличие «острых» выступов при положи-

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДОРОЖЕК КАЧЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ (НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТИНОК ИЗ СТАЛИ ШХ-15)

тельном значении параметра приводит к более высокой общей шероховатости, к увеличению времени приработки детали. Наличие же острых впадин благоприятно сказывается на общей шероховатости поверхности и на приработке, однако в таком случае сильнее прогрессируют усталостные разрушения, ввиду наличия сильных концентраторов напряжений в виде более глубоких впадин.

Параметр шероховатости Δq характеризует «остроту» вершин и впадин профиля. Чем ниже величина показателя, тем меньше средний угол наклона неровностей относительно средней линии, соответственно менее опасны концентраторы напряжений.

Согласно рисунку 4 значение параметра Δq изменяется в широких диапазонах, но на стадии полирования до 0,01. Анализ позволил установить, что вследствие влияния технологической наследственности поверхност-

ный слой приобрел высокую усталостную прочность. Которая в свою очередь выше, чем на операциях фрезерование и закалка. Также стоит отметить, что различие режимов не сказалось кардинальным образом на конечном значении Δq .

Значения акустической эмиссии изменяются скачкообразно при переходе на операцию термообработки, что говорит о структурных изменениях в поверхностном слое. После операции шлифования режимы 2 и 3 характеризуются сильными отклонениями, что может быть вызвано структурными изменениями или погрешностями измерения. Для того, чтобы более точно ответить на этот вопрос необходимо проводить более глубокие исследования поверхностного слоя. Однако после полирования характеристики выравниваются на значениях, установившихся после термообработки (рисунок 5).

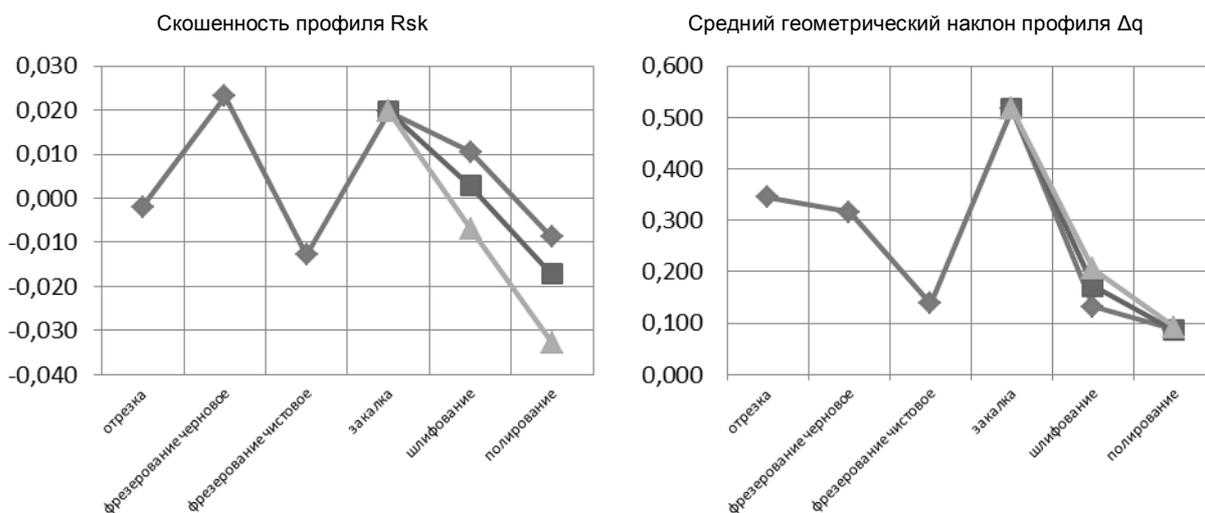


Рисунок 4 – Графики значений Rsk и Δq на стадиях обработки

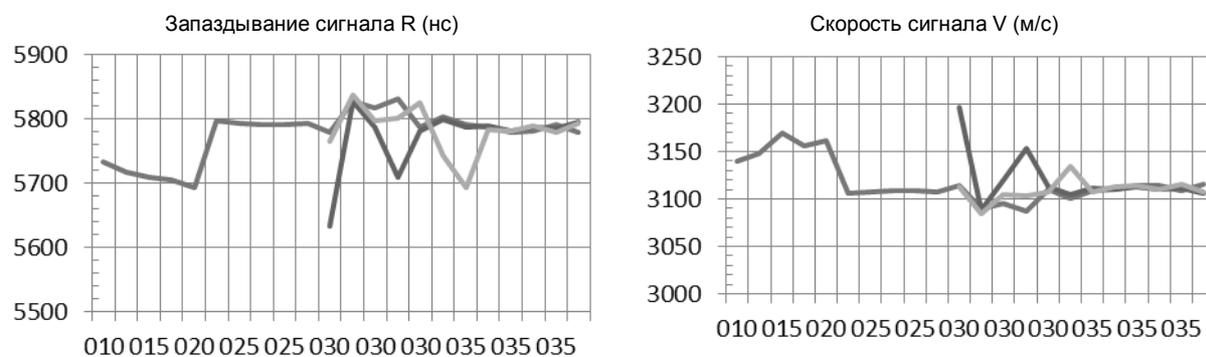


Рисунок 5 – Графики значений R и V на стадиях обработки

В виду небольшой толщины образцов и режимов закалки полученные изделия имеют как твердый поверхностный слой, так и сердцевину, о чем свидетельствуют полученные результаты. После исключения значений грубых наблюдений, являющихся погрешностями измерения, получается постоянное значение

твердости в поверхностном слое (рисунок 6).

В зависимости от режимов обработки микротвердость практически не меняется и после полирования образцы, обработанные на разных режимах, имеют схожую твердость.

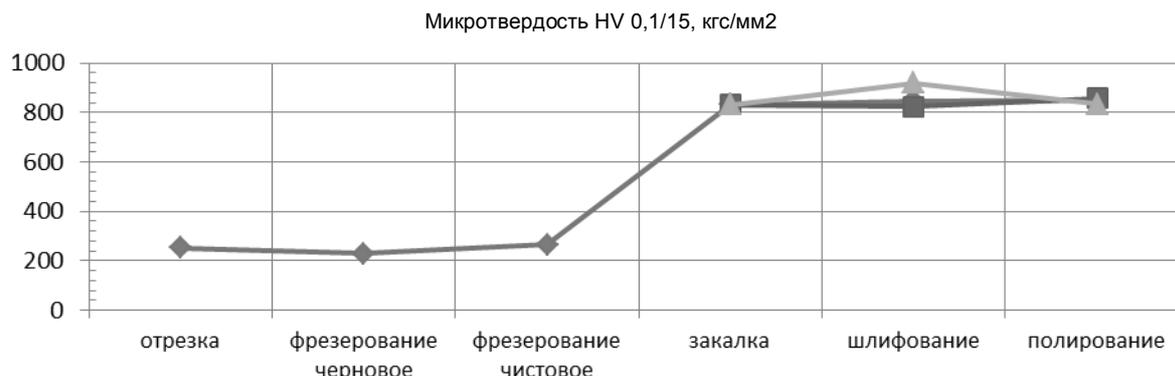


Рисунок 6 – Графики значений микротвердости на стадиях обработки

Полученные результаты подтверждают полученные говорят о том, что на шероховатость поверхности опытных образцов оказывают влияние режимы обработки. При этом режимы обработки в меньшей степени влияют на высотные характеристики, в большей степени - на форму поверхности, что, в конечном счете, увеличивает количество концентраторов напряжений и опасность возникновения микро- и макротрещин.

При механической обработке происходит упрочнение поверхности, однако при используемых размерах опытных образцов в процессе закалки происходит полное прокаливание материала. Это не позволяет говорить, что режимы шлифования влияют на последующие значения микротвердости.

При закалке происходит полная релаксация остаточных напряжений и изменение структуры материала, однако различные режимы шлифования не оказали существенного влияния на магнитные и акустические характеристики опытных образцов. Также было установлено, что в процессе шлифования происходит значительное увеличение количества дефектов поверхности.

Изменение формы поверхности, то есть увеличение количества глубоких и острых впадин приводит к лучшему заполнению их наноалмазами, что повышает КПД наномодифицированных смазочных материалов и снижает общую шероховатость поверхности.

Работа выполнена под руководством д.т.н. проф. Блюменштейна В.Ю.