

Обеспечение качества абразивной обработки деталей приборных подшипников при наружном врезном шлифовании на основе выбора оптимальных режимов резания

В. А. Кузнецов, В. В. Трегубов, А. В. Голобоков, А. Ю. Прокопьев

Выполнен анализ зависимостей параметров шероховатости, отклонения от круглости и волнистости от режимов обработки для наружного врезного шлифования заготовок из сплавов 110X18M-ШД, 95X18-Ш, 40XНЮ-ВИ.

Установлено, что развитие направления повышения качества деталей приборных подшипников за счет оптимизации режимов абразивной обработки требует проведения дальнейших исследований. Предложены технологические рекомендации по обеспечению качества абразивной обработки наружной поверхности колец приборных подшипников.

Ключевые слова:

абразивная обработка, врезное шлифование, скорость шлифования, величина подачи, глубина шлифования, отклонение от круглости, волнистость, шероховатость, приборные подшипники

УДК 67.02 | ВАК 2.5.5

DOI: 10.22184/2499-9407.2025.38.1.54.60

Введение

Основой большинства приборов является приборный подшипник, который обеспечивает работу прибора, его надежность и точность рабочих параметров. Высокие эксплуатационные характеристики приборных подшипников обеспечиваются высокой точностью и качеством изготовления деталей.

Установлено, что на основные эксплуатационные характеристики приборных подшипников, такие как шум, вибрация, момент трения, долговечность, ресурс и т.д.,

значительное влияние оказывают параметры шероховатости, отклонения от круглости и волнистость базовых и рабочих поверхностей. Обработка поверхностей деталей приборных подшипников выполняется шлифованием абразивными кругами.

Умение управлять процессом шлифования посредством установления оптимальных режимов обработки и применением требуемого инструмента позволяет повысить технологичность изготовления деталей приборных подшипников и снизить количество технологических потерь.

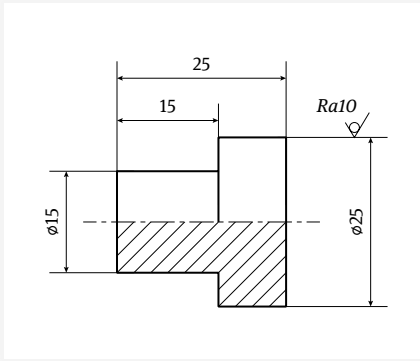


Рис. 1. Заготовка

Целью данного исследования было выявление закономерностей влияния режимов абразивной обработки заготовок приборных подшипников из специальных коррозионно-стойких сталей 110X18М-ШД, 95X18-Ш и сплава 40ХНЮ-ВИ на параметры шероховатости, отклонения от круглости и волнистость обработанных наружных поверхностей.

Определение влияния режимов абразивной обработки на параметры обработанной поверхности деталей приборных подшипников проводилось с помощью полного факторного статистического эксперимента типа 2^3 с преобразованием параметра оптимизации.

Для исследования влияния технологических факторов были изготовлены образцы из специальных коррозионно-стойких сталей 110X18М-ШД, 95X18-Ш и 40ХНЮ-ВИ (рис. 1).

Образцы из материалов 110X18М-ШД и 95X18-Ш были подвергнуты закалке до твердости 63 HRC. Образцы из материала 40ХНЮ-ВИ были подвергнуты закалке до твердости 60 HRC. Шлифование выполняли на станке Fortuna UME-200,

Таблица 1. План полного факторного эксперимента по наружному врезному шлифованию

Тип опыта	№ опыта	X1 – скорость шлифования, м/мин	X2 – подача продольная, м/мин	X3 – глубина шлифования, мм
План типа 2^3	1	MIN*	0,03	0,15
	2	MAX**	0,03	0,15
	3	MIN	0,1	0,15
	4	MIN	0,03	0,3
	5	MAX	0,1	0,15
	6	MAX	0,1	0,3
	7	MAX	0,03	0,3
	8	MIN	0,1	0,3

* MIN скорость резания: $V=1661,9$ м/мин; $V=27,7$ м/с.

** MAX скорость резания: $V=3323,7$ м/мин; $V=55,4$ м/с.

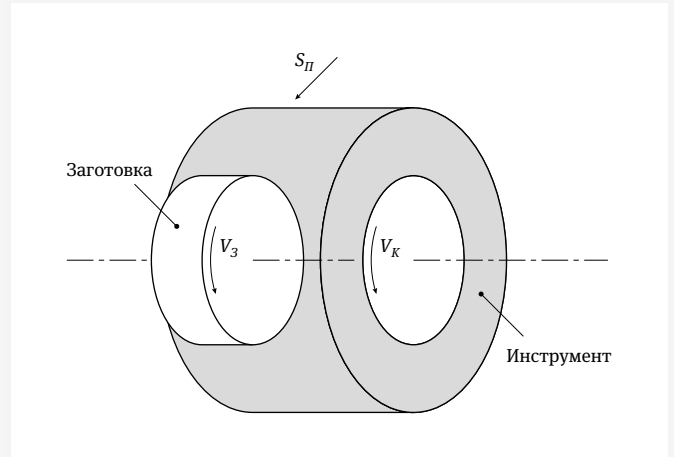


Рис. 2. Схема обработки

круг Эльбор СМ, зернистость 120/100, $350 \times 127 \times 20$ по схеме, приведенной на рис. 2.

Предельные технологические режимы шлифования выбирались в соответствии с рекомендациями проф. А. М. Васильева [1], проф. И. И. Колтунова [2, 3, 4], проф. С. Н. Корчак [5], проф. В. Д. Эльянова [6], при этом скорость шлифования определялась как сумма скоростей вращения инструмента и заготовки.

На основе плана проведения экспериментов по абразивной обработке шлифованием (табл. 1) были проведены натурные эксперименты по определению зависимости шероховатости обработанной поверхности заготовки от параметров режимов врезного шлифования.

Анализ результатов обработки заготовок из сплава 40ХНЮ-ВИ наружным врезным шлифованием

Результаты натурных экспериментов для сплава 40ХНЮ-ВИ приведены в табл. 2.

Анализ зависимостей **параметров шероховатости** от параметров режимов резания для врезного шлифования сплава 40ХНЮ-ВИ показывает:

- как для черновой ($t=0,3$ мм), так и для получистовой обработки ($t=0,15$ мм) наблюдается схожее влияние скорости резания и величины подачи на шероховатость;
- с увеличением скорости резания шероховатость уменьшается.

Подобные результаты эксперимента согласуются с теорией [7]. При этом следует отметить нетипичную зависимость величины параметра шероховатости от скорости движения подачи. По результатам эксперимента при увеличении подачи шероховатость уменьшается.

Подобная нетипичная связь выявлена у двух исследуемых сталей (40ХНЮ-ВИ и 95X18-Ш). Также к нетипичным

Таблица 2. Результаты натуральных экспериментов для сплава 40ХНЮ-ВИ

№ опыта	Скорость движения подачи врезания S_n , мм / об.	Глубина резания t , мм	Шероховатость, мкм	Отклонение от круглости, мкм	Волнистость, мкм
1	0,03	0,15	Ra – 0,318 Rz – 1,482 Rt – 7,454	5,611	1,881
2	0,03	0,15	Ra – 0,418 Rz – 1,833 Rt – 10,745	5,378	2,176
3	0,1	0,15	Ra – 0,305 Rz – 1,405 Rt – 5,882	2,794	1,601
4	0,03	0,3	Ra – 0,354 Rz – 1,486 Rt – 3,993	18,97	1,528
5	0,1	0,15	Ra – 0,251 Rz – 1,239 Rt – 2,646	8,995	1,952
6	0,1	0,3	Ra – 0,287 Rz – 1,456 Rt – 4,157	5,083	1,885
7	0,03	0,3	Ra – 0,213 Rz – 1,104 Rt – 3,776	8,288	1,515
8	0,1	0,3	Ra – 0,257 Rz – 1,233 Rt – 2,790	8,914	1,751

зависимостям можно отнести связь между величиной параметра шероховатости и глубиной резания. Из результатов эксперимента следует, что шероховатость снижается с увеличением глубины резания. Среди исследуемых материалов такие результаты свойственны только для сплава 40ХНЮВИ.

В результате проведения натуральных экспериментов по определению зависимости параметра шероховатости обработанной поверхности от параметров абразивной обработки получены эмпирические зависимости параметров шероховатости от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке врезным шлифованием заготовок из сплава 40ХНЮ-ВИ:

$$Ra = -0,2947 + 0,0003287V + 7,857S + 3,0152t - 0,00412VS - 0,001526Vt - 38,9524St + 0,018625VSt;$$

$$Rz = -0,3509 + 0,00107496V + 24,82857S + 8,6219t - 0,014089VS - 0,004869Vt - 123,619St + 0,064299VSt;$$

$$Rt = -1,3256 + 0,007867V + 181,3857S + 22,4333t - 0,1258VS - 0,02802Vt - 737,333St + 0,4648VSt.$$

Анализ зависимостей величины отклонения от круглости от параметров режима резания для врезного шлифования сплава 40ХНЮ-ВИ показывает:

- для черновой обработки ($t=0,3$ мм) имеется тенденция к снижению отклонения от круглости при увеличении как скорости резания, так и скорости подачи;
- при полустачевой обработке ($t=0,15$ мм) не удается выявить стабильную связь между отклонением от круглости и параметрами режима резания;
- отклонение от круглости при увеличении скорости резания увеличивается при максимальной скорости подачи ($S_n=0,1$ мм / об.) и незначительно уменьшается при минимальной ($S_n=0,03$ мм / об.);
- при увеличении скорости подачи отклонение от круглости увеличивается на максимальной скорости резания ($V=55,4$ м / с) и уменьшается на минимальной ($V=27,7$ м / с).

В результате проведения натуральных экспериментов по определению зависимости параметра отклонения от круглости обработанной поверх-

ности от параметров абразивной обработки получена эмпирическая зависимость параметра отклонения от круглости от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке врезным шлифованием заготовок из сплава 40ХНЮ-ВИ:

$$\Delta_{кр} = -17,2804 + 0,004596V - 22,7857S + 180,594t + 0,0517VS - 0,04263Vt - 729,1429St + 0,02389VSt.$$

Анализ зависимостей величины волнистости от параметров режима резания для врезного шлифования сплава 40ХНЮ-ВИ показывает:

- для черновой обработки ($t=0,3$ мм) не удается выявить стабильную связь между величиной волнистости и параметрами режима резания;
- с увеличением скорости резания волнистость растет при максимальной подаче ($S_n=0,1$ мм / об.) и незначительно уменьшается при минимальной ($S_n=0,03$ мм / об.);
- с увеличением скорости подачи волнистость растет как при минимальной скорости резания ($V=27,7$ м / с), так и при максимальной ($V=55,4$ м / с).

- при полустачевой обработке ($t = 0,15$ мм) волнистость увеличивается с увеличением скорости резания и уменьшается с увеличением скорости подачи.

Такие результаты свойственны сплавам 40ХНЮ-ВИ и 95Х18-Ш.

В результате проведения натуральных экспериментов по определению зависимости параметра волнистости обработанной поверхности от параметров абразивной обработки получена эмпирическая зависимость параметра волнистости от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке врезным шлифованием заготовок из сплава 40ХНЮ-ВИ:

$$h_w = 1,9516 + 0,0003719V - 10,6857S - 1,47714t - 0,0003009VS - 0,001392Vt + 39,23809St + 0,005215VSt.$$

После шлифования была измерена твердость заготовок. Измерения проводились по методу Роквелла при нагрузке 150 кгс. Результаты показали незначительное снижение твердости по сравнению с твердостью закаленных заготовок перед операцией шлифования. Зависимости от режимов шлифования не наблюдается, все измеренные заготовки имели твердость в диапазоне от 57 до 58 HRC.

Анализ результатов обработки заготовок из стали 95Х18-Ш врезным шлифованием

Результаты натуральных экспериментов для стали 95Х18-Ш приведены в табл. 3.

Анализ зависимостей параметра шероховатости от параметров режима резания для врезного шлифования стали 95Х18-Ш показывает:

- как для черновой ($t = 0,3$ мм), так и для полустачевой обработки ($t = 0,15$ мм) наблюдается схожее влияние скорости резания и величины подачи на шероховатость;
- с увеличением скорости резания шероховатость уменьшается.

Подобные результаты эксперимента согласуются с теорией [7]. При этом следует отметить нетипичную зависимость величины параметра шероховатости от скорости движения подачи. По результатам эксперимента при увеличении подачи шероховатость уменьшается. Подобная нетипичная связь выявлена у двух исследуемых сталей (40ХНЮ-ВИ и 95Х18-Ш).

Также следует отметить, что значение параметра шероховатости при черновой обработке выше, чем при полустачевой.

Такие результаты свойственны сплавам 40ХНЮ-ВИ и 95Х18-Ш.

В результате проведения натуральных экспериментов по определению зависимости параметров шероховатости обработанной поверхности от параметров абразивной обработки, получены эмпирические зависимости высотных параметров шероховатости Ra, Rz, Rt от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке наружным врезным шлифованием заготовок из стали 95Х18-Ш:

$$Ra = -0,02186 + 0,00003911V + 1,12857S + 1,3562t - 0,0004212VS - 0,0003318Vt - 10,0952St + 0,003037VSt;$$

$$Rz = -0,2909 + 0,0002811V + 8,12857S + 7,2619t - 0,00305VS - 0,001936Vt - 55,619St + 0,01719VSt;$$

$$Rt = 2,6396 - 0,000809V - 33,7857S - 0,18857t + 0,01589VS + 0,002417Vt + 93,619St - 0,05089VSt.$$

Таблица 3. Результаты натуральных экспериментов для стали 95Х18-Ш

№ опыта	Скорость движения подачи врезания $S_{п}$, мм / об.	Глубина резания t , мм	Шероховатость, мкм	Отклонение от круглости, мкм	Волнистость, мкм
1	0,03	0,15	Ra – 0,154 Rz – 0,753 Rt – 1,688	4,753	0,846
2	0,03	0,15	Ra – 0,138 Rz – 0,714 Rt – 1,357	2,048	0,965
3	0,1	0,15	Ra – 0,131 Rz – 0,683 Rt – 1,266	8,942	0,644
4	0,03	0,3	Ra – 0,252 Rz – 1,238 Rt – 2,303	5,666	1,151
5	0,1	0,15	Ra – 0,119 Rz – 0,589 Rt – 1,895	4,779	0,863
6	0,1	0,3	Ra – 0,157 Rz – 0,736 Rt – 1,939	4,707	1,029
7	0,03	0,3	Ra – 0,176 Rz – 0,845 Rt – 2,194	2,388	1,069
8	0,1	0,3	Ra – 0,176 Rz – 0,884 Rt – 1,976	4,673	1,221

Анализ зависимостей величины отклонения от **круглости** от параметров режима резания для врезного шлифования стали 95X18-Ш показывает:

- для черновой обработки ($t=0,3$ мм) не удается выявить стабильную связь между величиной отклонения от круглости и параметрами режима резания;
- с увеличением скорости резания отклонение от круглости незначительно растет при максимальной подаче ($S_n=0,1$ мм/об.) и уменьшается при минимальной ($S_n=0,03$ мм/об.);
- с увеличением скорости подачи отклонение от круглости растет при максимальной скорости резания ($V=55,4$ м/с) и уменьшается на минимальной ($V=27,7$ м/с);
- при получистовой обработке ($t=0,15$ мм) отклонение от круглости уменьшается с увеличением скорости резания и увеличивается с увеличением подачи.

В результате проведения натурных экспериментов по определению зависимости параметра отклонения от круглости обработанной поверхности от параметров абразивной обработки, получена эмпирическая зависимость параметра отклонения от круглости от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке врезным шлифованием заготовок из стали 95X18-Ш:

$$\Delta_{кр} = -0,71329 + 0,0003232V + 222,8429S + 38,34095t - 0,53537VS - 0,010499Vt - 947,8095St + 0,27336VSt.$$

Анализ зависимостей значения **волнистости** от параметров режима резания для врезного шлифования стали 95X18-Ш показывает:

- для черновой обработки ($t=0,3$ мм) волнистость уменьшается при увеличении скорости резания; при этом не удается выявить стабильную связь между величиной волнистости и скоростью подачи: с увеличением скорости подачи волнистость незначительно растет при минимальной скорости резания ($V=27,7$ м/с) и уменьшается при максимальной ($V=55,4$ м/с).
- при получистовой обработке ($t=0,15$ мм) волнистость увеличивается с увеличением скорости резания и уменьшается с увеличением скорости подачи.

Такие результаты свойственны сталям 40ХНЮ-ВИ и 95X18-Ш.

В результате проведения натурных экспериментов по определению зависимости параметра волнистости обработанной поверхности от параметров абразивной обработки, получена эмпирическая зависимость параметра волнистости от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке врезным шлифованием заготовок из стали 95X18-Ш:

$$h_w = 0,557 + 0,0001126V - 11,2S + 1,99619t + 0,002665VS - 0,0004453Vt + 45,9048St - 0,01203VSt.$$

После шлифования была измерена твердость заготовок. Измерения проводились по методу Роквелла при нагрузке 150 кгс. Результаты показали незначительное снижение твердости по сравнению с твердостью закаленных заготовок перед операцией шлифования. Зависимости от режимов шлифования не наблюдается, все измеренные заготовки имели твердость в диапазоне от 61 до 61,5 HRC.

Анализ результатов обработки заготовки из стали 110X18М-ШД врезным шлифованием

Результаты натурных экспериментов для стали 110X18М-ШД приведены в табл. 4.

Анализ зависимостей параметра **шероховатости** от параметров режима резания для врезного шлифования стали 110X18М-ШД показывает: как для черновой ($t=0,3$ мм), так и для получистовой обработки ($t=0,15$ мм) наблюдается схожее влияние скорости резания на шероховатость. Так, с увеличением скорости резания шероховатость уменьшается.

Подобные результаты эксперимента согласуются с теорией [7].

При этом следует отметить нетипичную зависимость величины параметра шероховатости от скорости движения подачи и глубины резания: скорость движения подачи и глубина резания оказывают пренебрежимо малое влияние на величину параметра шероховатости.

Подобные результаты эксперимента свойственны только для стали 110X18М-ШД.

В результате проведения натурных экспериментов по определению зависимости параметров шероховатости обработанной поверхности заготовки от параметров абразивной обработки, получены эмпирические зависимости высотных параметров шероховатости R_a , R_z , R_t от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке врезным шлифованием заготовок из стали 110X18М-ШД:

$$R_a = -0,53814 + 0,0001955V + 10,2714S + 3,6933t - 0,002725VS - 0,001077Vt - 48,667St + 0,013296VSt;$$

$$R_z = -3,427 + 0,001182V + 53,9S + 23,268t - 0,0138VS - 0,00681Vt - 275,81St + 0,0748VSt;$$

$$R_t = -2,929 + 0,000805V + 45,3S + 30,546t + 0,003378VS - 0,00728Vt - 338,857St + 0,00525VSt.$$

Анализ зависимостей величины отклонения от круглости от параметров режима резания для врезного шлифования стали 110X18М-ШД показывает:

- для черновой обработки ($t=0,3$ мм) не удается выявить стабильную связь между величиной отклонения от круглости и параметрами режима резания;

- с увеличением скорости резания отклонение от круглости незначительно растёт при минимальной подаче ($S_{\text{п}} = 0,03$ мм/об.) и уменьшается при максимальной ($S_{\text{п}} = 0,1$ мм/об.);
- с увеличением скорости подачи отклонение от круглости растёт при минимальной скорости резания ($V = 27,7$ м/с) и уменьшается при максимальной ($V = 55,4$ м/с);
- при получистовой обработке ($t = 0,15$ мм) также не удается выявить стабильную связь между величиной отклонения от круглости и параметрами режима резания;
- с увеличением скорости резания отклонение от круглости растёт при минимальной подаче ($S_{\text{п}} = 0,03$ мм/об.) и уменьшается при максимальной ($S_{\text{п}} = 0,1$ мм/об.);
- с увеличением скорости подачи отклонение от круглости растёт при минимальной скорости резания ($V = 27,7$ м/с) и уменьшается при максимальной ($V = 55,4$ м/с).

В результате проведения натуральных экспериментов по определению зависимости параметра отклонения от круглости обработанной поверхности от параметров абразивной обработки получена эмпирическая зависимость параметра отклонения от круглости от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке врезным шлифованием заготовок из стали 110X18M-ШД:

$$\Delta_{\text{кр}} = -15,751 + 0,00612V + 286,614S + 55,862t - 0,0985VS - 0,0179Vt - 781,619St + 0,2695VSt.$$

Анализ зависимостей значения **волнистости** от параметров режима резания для врезного шлифования стали 110X18M-ШД показывает:

- для черновой обработки ($t = 0,3$ мм) волнистость уменьшается как при увеличении скорости резания, так и при увеличении скорости подачи;
- при получистовой обработке ($t = 0,15$ мм) волнистость увеличивается с увеличением скорости резания и уменьшается с увеличением скорости подачи.

Такие результаты свойственны только для стали 110X18M-ШД.

В результате проведения натуральных экспериментов по определению зависимости параметра волнистости

Таблица 4. Результаты натуральных экспериментов для стали 110X18M-ШД

№ опыта	Скорость движения подачи врезания $S_{\text{п}}$, мм/об.	Глубина резания t , мм	Шероховатость, мкм	Отклонение от круглости, мкм	Волнистость, мкм
1	0,03	0,15	Ra – 0,125 Rz – 0,578 Rt – 1,570	0,525	0,803
2	0,03	0,15	Ra – 0,145 Rz – 0,717 Rt – 1,653	3,341	0,692
3	0,1	0,15	Ra – 0,248 Rz – 1,157 Rt – 2,492	5,628	1,234
4	0,03	0,3	Ra – 0,291 Rz – 1,689 Rt – 3,204	2,941	1,795
5	0,1	0,15	Ra – 0,183 Rz – 0,998 Rt – 3,884	1,691	0,945
6	0,1	0,3	Ra – 0,133 Rz – 0,687 Rt – 2,369	2,858	0,796
7	0,03	0,3	Ra – 0,142 Rz – 0,690 Rt – 1,864	3,311	1,040
8	0,1	0,3	Ra – 0,135 Rz – 0,678 Rt – 1,484	4,539	1,099

обработанной поверхности от параметров абразивной обработки, получена эмпирическая зависимость параметра волнистости от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке врезным шлифованием заготовок из стали 110X18M-ШД:

$$h_{\text{в}} = -1,736 + 0,000529V + 33,8S + 15,9267t - 0,006946VS - 0,003667Vt - 167,333St + 0,036104VSt.$$

После шлифования была измерена твердость заготовок. Измерения проводились по методу Роквелла при нагрузке 150 кгс. Результаты показали незначительное снижение твердости по сравнению с твердостью закаленных заготовок перед операцией шлифования. Таким образом, зависимости от режимов шлифования не наблюдается и все измеренные заготовки имели твердость в диапазоне от 59 до 60 HRC.

Анализ полученных результатов показывает зависимость параметров деталей приборных подшипников из специальных коррозионностойких сталей и сплавов от режимов их обработки при врезном шлифровании, а значит и возможность прогнозирования и управления

параметрами шероховатости, отклонения от круглости и волнистостью за счет изменения режимов абразивной обработки.

Заключение

В результате выполненной работы экспериментально подтверждено влияние режимов абразивной обработки наружных поверхностей заготовок приборных подшипников из специальных коррозионностойких сталей 110X18M-ШД, 95X18-Ш и сплава 40XНЮ-ВИ на параметры шероховатости, отклонения от круглости и волнистость обработанных поверхностей.

Отдельные результаты согласуются с теоретическими данными.

Полученные эмпирические зависимости параметров шероховатости, отклонения от круглости и волнистости от значений скорости резания, подачи и глубины резания при абразивной обработке врезным шлифованием заготовок из специальных коррозионностойких сталей 110X18M-ШД, 95X18-Ш и сплава 40XНЮ-ВИ могут быть использованы для выполнения расчетов при разработке технологической документации и осуществления прогнозирования получаемых параметров микрогеометрии обрабатываемых деталей приборных подшипников.

Принимая во внимание актуальность направления повышения качества абразивной обработки путем оптимизации режимов абразивной обработки, направленных на обеспечение высокого качества поверхностного слоя, микрогеометрии и точностных параметров деталей приборных подшипников, следующим этапом исследований в данной области может стать работа по влиянию параметров абразивного инструмента на параметры шероховатости, отклонения от круглости и волнистость обработанных поверхностей заготовок приборных подшипников из специальных коррозионностойких сталей 110X18M-ШД, 95X18-Ш и сплава 40XНЮ-ВИ.

Литература

1. **Васильев А. В., Колтунов И. И.** К вопросу о шлифовании наружных колец сферических подшипников методом пересекающихся осей // Труды института ВНИПП. 1975. № 2.
2. **Колтунов И. И.** Шлифовальные круги и качество обработки дорожек качения колец подшипников // Автомобильная промышленность. 2006. № 10. С. 34–35.
3. **Колтунов И. И., Кузнецов А. М., Романов Н. П.** Прогрессивные процессы абразивной, алмазной и эльборовоной обработки в подшипниковом производстве // Машиностроение. 1976. С. 32.
4. **Колтунов И. И., Иванов Г. А.** Выработка рекомендаций по выбору скорости вращения деталей при шлифовании методом пересекающихся осей // В сб.: Производство подшипников». М.: АОМП, 1996. № 3.
5. **Корчак С. Н.** Теоретические основы влияния технологических факторов на повышение производительности шлифования деталей. Дисс. док. техн. наук. Челябинск, 1974. С. 320.
6. **Эльянов В. Д.** Прогрессивные режимы шлифования. Обзор. М.: ЦНИИинформ и ЦНИИТЭИавтопром, 1990. С. 66. Серия X «Подшипниковая промышленность».
7. **Спицын Н. А., Спришевский А. И.** Подшипники качения. Справ. пос. М.: Издательство машиностроительной литературы, 1961. С. 547–549.
8. **Валетов В. А., Иванов А. Ю.** Микрогеометрия поверхностей деталей и их функциональные свойства // Известия вузов. Приборостроение. 2010. Т. 53, № 8. С. 7–10.
9. **Ипполитов Г. М.** Абразивно-алмазная обработка. М.: Машиностроение, 1969. С. 335.
10. **Голобоков А. В., Волков Р. Б.** Влияние технологических режимов на шлифуемость стали 75ХГФС // Материалы 77-й МНТК Ассоциации автомобильных инженеров «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовки кадров». 2012. С. 48.
11. **Волков Р. Б., Голобоков А. В., Кузнецов В. А., Черепашин А. А.** Исследование обрабатываемости стали 75ХГФС // ИЗВЕСТИЯ МГТУ МАМИ. 2012. № 2 (14). С. 51–55.
12. **Голобоков А. В., Кузнецов В. А., Смирнов А. В., Прокопьев А. Ю.** Имитационное моделирование процесса шлифования заготовок приборных подшипников из специальных коррозионно-стойких сталей // СТИН. 2022. S12–2. С. 28–30.
13. **Рябцев С. А.** Влияние структурности абразивного инструмента на эффективность его применения // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2018. № 4 (47). С. 66–71.
14. **Старков В. К., Рябцев С. А.** Влияние состава высокоструктурных шлифовальных кругов на стабильность их эксплуатационных свойств // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2016. № 3 (38). С. 33–37.
15. **Полканов Е. Г.** Внутреннее шлифование высокопористыми эльборовыми кругам // Вестник МГТУ «СТАНКИН». 2015. № 1(32). С. 65–68.

Авторы

Кузнецов Владимир Анатольевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Инструментальная техника и технологии формообразования», ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», Москва

Трегубов Владимир Васильевич – начальник отдела главного конструктора ОАО «ОК-Лоза», Московская область, Сергиево-Посадский г. о.

Голобоков Александр Владимирович – главный технолог ООО «Новые технологии и материалы», Московская область, г. Сергиев Посад

Прокопьев Артем Юрьевич – инженер, кафедра «Технология и оборудование машиностроения». ФГАУ ВО «Московский политехнический университет», Москва

24-26 СЕНТЯБРЯ 2025
г. Самара



**23-я международная
выставка-форум**

ПРОМЫШЛЕННЫЙ САЛОН

**Ваше оборудование —
наши покупатели**

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:



МИНИСТЕРСТВА
ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ТОРГОВЛИ
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ



СОЮЗА
МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ
РОССИИ



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПАЛАТЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ
ПАЛАТЫ
САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ



ЭКСПО-ВОЛГА
организатор выставок с 1986 г.

г. Самара, ул. Мичурина, 23а
тел.: (846) 207-11-24

www.expo-volga.ru