

Управление остаточными напряжениями 1-го рода в поверхности зубьев при шевинговании может быть осуществлено примерно с одинаковой эффективностью как за счет изменения условий выполнения данной операции, так и за счет изменения условий выполнения предшествующей операции (зубофрезерования) ($A = 42,0 - 55,0\%$, $B = 45,0 - 58,0\%$).

Остаточные напряжения второго рода σ_2 в поверхностном слое зубьев цилиндрических шестерен

Установлено, что для всех рассмотренных материалов цилиндрических зубчатых колес при шевинговании существует тесная взаимосвязь значений σ_2 с их исходными величинами ($r_{xy} = 0,80 - 0,88$), т.е. имеет место явление технологической наследственности при формировании значений σ_2 после шевингования. При этом происходит некоторое уменьшение исходных значений σ_2 ($V = 1,25 - 1,74$).

Управление значениями σ_2 после шевингования может быть осуществлено в основном за счет оптимизации исходных значений σ_2 ($A = 23,0 - 36,0\%$, $B = 64,0 - 77,0\%$).

Выводы

1. Установлено наличие технологического наследования значений параметров качества поверхности зубьев цилиндрических шестерен R_a , H_v , σ_1 , σ_2 при их шевинговании, которое может быть описано полиномом первой степени. Это открывает возможности оптимизации требований к исходным значениям указанных параметров и повышения надежности процесса шевингования с точки зрения обеспечения требуемого качества поверхности зубьев.

2. Процесс шевингования позволяет уменьшить исходные значения R_a в 1,7 – 2,5 раза, H_v – в 1,12 – 1,24 раза, σ_2 – в 1,25 – 1,74 раза, преобразует растягивающие напряжения I –го рода в поверхности зубьев в сжимающие. Все это улучшает эксплуатационные свойства шестерен.

3. Регулирование значений R_a и H_v после шевингования наиболее эффективно производить за счет совершенствования самого процесса шевингования, значений σ_2 – за счет оптимизации их исходных значений перед шевингованием, значений σ_1 – как за счет процесса шевингования, так и за счет предшествующей операции. Для всех рассмотренных параметров качества поверхностей зубьев оптимизация требований к их исходным значениям позволяет существенно (на 13 – 77%) уменьшить их дисперсию после шевингования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кане М.М., Медведев А.И., Каганер А.А. Точность и стоимость цилиндрических зубчатых колес // Теория и практика машиностроения, №2. –Мн.: Технопринт, 2004.
2. Райбман Н.С. Корреляционные методы определения характеристик сложных взаимосвязанных комплексов. «Приборостроение и средства автоматики». Справочник, т.1. Под общ. ред. А.Н. Гаврилова. –М.: Машгиз, 1963.

УДК 621.923

Кривко Г.П.

ВЛИЯНИЕ МЕТОДОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ НА СТРУКТУРУ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Материальные затраты на изготовление деталей машин составляют основную часть всех затрат на производство любой сборочной единицы. Оптимальный метод получения заготовки определяется на основании подробного анализа материала детали, ее назначения, серийности выпуска. Снижение металлоемкости заготовки и, соответственно, материальных затрат по всей цепочке технологических процессов механической обработки деталей является одной из важнейших задач для каждого машиностроительного предприятия Республики Беларусь.

Рассмотрены, на примере технологических процессов обработки деталей подшипников, особенности влияния методов изготовления заготовок на структуру данных процессов.

Например, при изготовлении деталей подшипников, средний коэффициент использования материала составляет $\approx 45 - 50\%$. На рис. 1 показаны примеры построения технологического процесса обработки колец карданных 807704 в поточном производстве и на автоматической линии. В обоих случаях исходной заготовкой является пруток, но в первом случае размер части прутка на одну заготовку составляет $\varnothing 39$ мм длиной 28 мм, а во втором случае $\varnothing 34$ мм длиной 16 мм.

В поточном производстве форма кольца получается при токарной обработке с большими потерями металла. При использовании автоматической линии кольца получают методом холодного выдавливания из штучных заготовок, что дает увеличение коэффициента использования металла за счет уменьшения напуска и снижения припуска на токарных операциях.

После протягивания паза и термической обработки кольца на обеих линиях шлифуют на бесцентрово-шлифовальных станках. На автоматической линии объединены две операции – производится одновременное шлифование доньшка и внутреннего диаметра, что позволяет значительно снизить энергозатраты по сравнению с поточным производством. Внедрение нового технологического процесса позволило получить значительную экономию.

На рис. 2 показаны примеры построения эскизных технологических процессов обработки тел качения радиальных роликовых двухрядных подшипников качения с использованием различных методов получения заготовок. Данные процессы были построены на основании исследования пооперационного копирования геометрических параметров обрабатываемых поверхностей. Здесь представлены действующий, переходной и перспективный технологические процессы обработки роликов роликовых сферических подшипников с использованием в них двух методов получения заготовок – токарная обработка роликов на многошпиндельных горизонтальных токарных автоматах мод. 1A265 – 6, 1A240 – 6 и др., и штамповка роликов на прессах VRW 25 – 100 (Швейцария). Как показало исследование, штамповка обеспечивает продольное расположение волокон в заготовке.

На рис. 3 показаны примеры построения эскизных технологических процессов обработки наружных колец радиальных роликовых двухрядных подшипников с использованием различных методов получения заготовок.

1. Получение заготовок из горячекатаной трубы.

2. Получение заготовок из горячекатаного прутка с последующей штамповкой на ГКМ и раскаткой в горячем состоянии на специальном оборудовании мод. РМ – 300, РМ – 500.

3. Раскатка заготовок наружных колец в холодном состоянии из предварительно нарезанных исходных заготовок из трубы.

Исследования показали, что раскатка колец в холодном состоянии обеспечивает минимальные припуски на механическую обработку деталей, но ограничена размером колец (до 160 мм).

На рис. 4 показаны примеры построения технологических процессов обработки внутренних колец роликовых двухрядных подшипников с использованием различных методов получения заготовок.

1. Штамповка заготовок на ГКМ с последующей раскаткой в горячем состоянии на раскаточных машинах РМ – 300, РМ – 600.

2. Получение заготовок из горячекатаной трубы с последующей обработкой на одношпиндельных токарных станках.

Установлено, что в данном случае методы получения заготовок определяются размером готовых внутренних колец подшипников.

Учитывая вышесказанное, была поставлена задача исследовать изменение различных геометрических погрешностей, возникающих на операциях по ходу технологического процесса изготовления наружного кольца роликового сферического двухрядного подшипника, изготавливаемого на ОАО «Минский подшипниковый завод». Помимо этого в задачу исследований входило установление возможности использования на операциях оконча-

тельного шлифования поверхностей деталей подшипника автоматизированного статистического контроля.

Наружное кольцо роликового двухрядного сферического подшипника проходит токарную обработку на автомате модели СБ – 407. Скорость резания составляет $V_{рез.} = 100 - 150$ м/мин. При точении поверхностей подшипника используется охлаждающая жидкость (эмульсия). Затем происходит закалка до твердости HRC, 61...63 по установленной на заводе технологии. После закалки торцовые поверхности подвергаются окончательному шлифованию одновременно двумя шлифовальными кругами ПП 750×100×25 24A16CM2Б на станке мод. 3344АЕ. Скорость вращения кругов $V_k = 25$ м/с. Наружная цилиндрическая поверхность после закалки обрабатывается на предварительной и окончательной операциях методом бесцентрового шлифования «напроход» на станке мод. SASL 400×500. При предварительном шлифовании используются шлифовальный круг ПП 800×500×400 14A40HM35K8, ведущий – ПВО 400×600×203 14A16ТВ. Скорость вращения шлифовальных кругов $V_k = 35$ м/с. Частота вращения ведущего круга на предварительном шлифовании $n = 28$ об/мин, на окончательном – $n = 23$ об/мин. Внутренняя сферическая поверхность проходит предварительное и окончательное шлифование на сферошлифовальном полуавтомате мод. Л3265. На предварительном шлифовании применяется шлифовальный круг ЧЦ 150×43×75 14A25CM2Б, на окончательном – ЧЦ 150×48×75 24A12CM1Б. Скорость вращения кругов $V_k = 36$ м/с. Скорость вращения деталей $V_d = 65$ м/мин. При шлифовании поверхностей колец подшипника применялась охлаждающая жидкость следующего состава: кальцинированная сода (0,55 – 0,65%); тринатрийфосфат (0,2 – 0,3%); нитрат натрия (0,2 – 0,3%); эмульсол – 3%; механическая примесь – 0,03 мас%; вода – остальное.

Перед началом эксперимента все образцы были пронумерованы. Измерялись по 5 колец из 20 выборок I и II партии. На токарной операции измерялись: непостоянство ширины кольца, наружный диаметр кольца, диаметр сферы и радиальное биение; на торцешлифовальной операции – непостоянство высоты; на бесцентрово-шлифовальных операциях – непостоянство диаметра, средняя конусность и огранка наружного диаметра; на внутренних-шлифовальных операциях – радиальное биение, непостоянство диаметра, отклонение диагонали и положение сферы.

Измерение непостоянства ширины производилось на приборе типа В-98Р, непостоянства средней конусности и огранки наружного диаметра – на приборе Д313М; радиального биения, непостоянства диаметра, отклонения диагонали и положение сферы – на приборе УД-28М. Все использовавшиеся для измерений приборы конструкции ОАО «МПЗ».

Результаты пооперационного изменения геометрических погрешностей поверхностей I и II партии наружного кольца роликового двухрядного сферического подшипника отображены на рис. 5, 6, 7.

Анализ графических зависимостей, представленных на рис. 5, позволяет сделать вывод, что исходная величина непостоянства ширины, полученная после токарной обработки, оказывает влияние на операцию окончательного шлифования торцев, а именно большему исходному отклонению соответствует и большее отклонение на последней операции. Это свидетельствует о том, что происходит частичное копирование исходных погрешностей, вследствие того, что на операции окончательного шлифования жесткости системы СПИД недостаточно для полного устранения неравенства значений непостоянства ширины I и II партии колец подшипников.

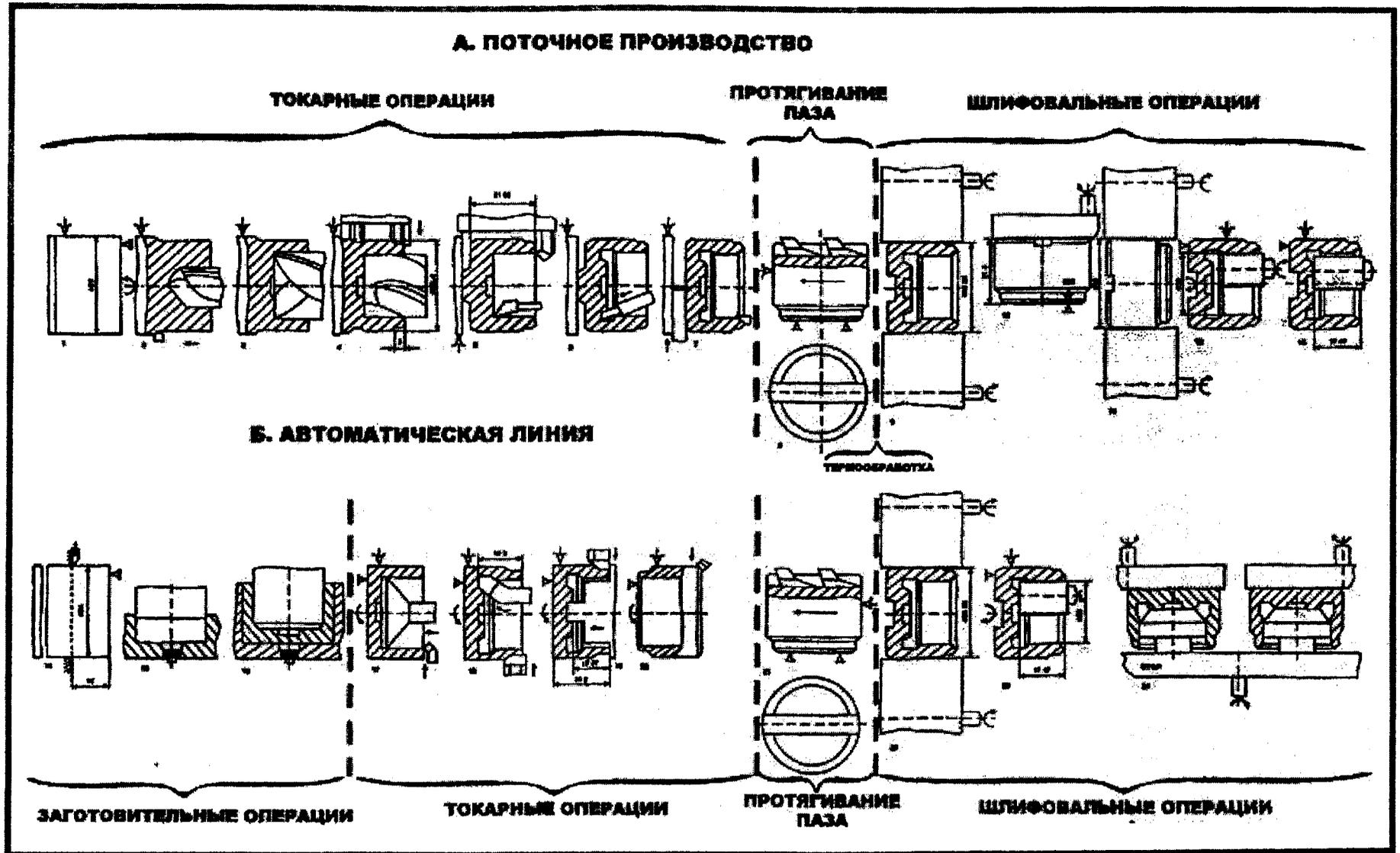


Рисунок 1-Схемы технологических процессов обработки колец карданных подшипников

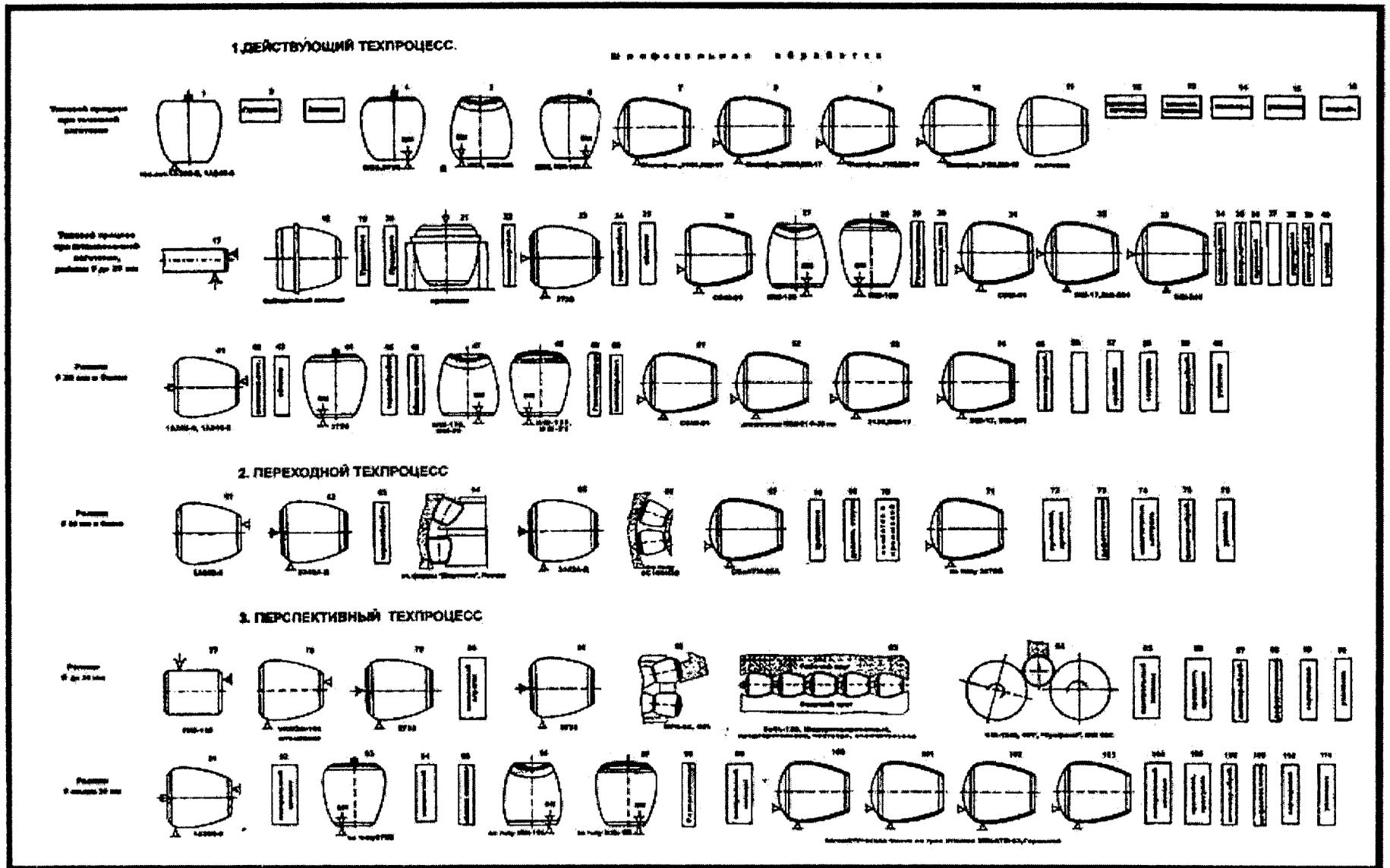


Рисунок 2 - Схемы технологических процессов обработки роликов роликовых сферических подшипников

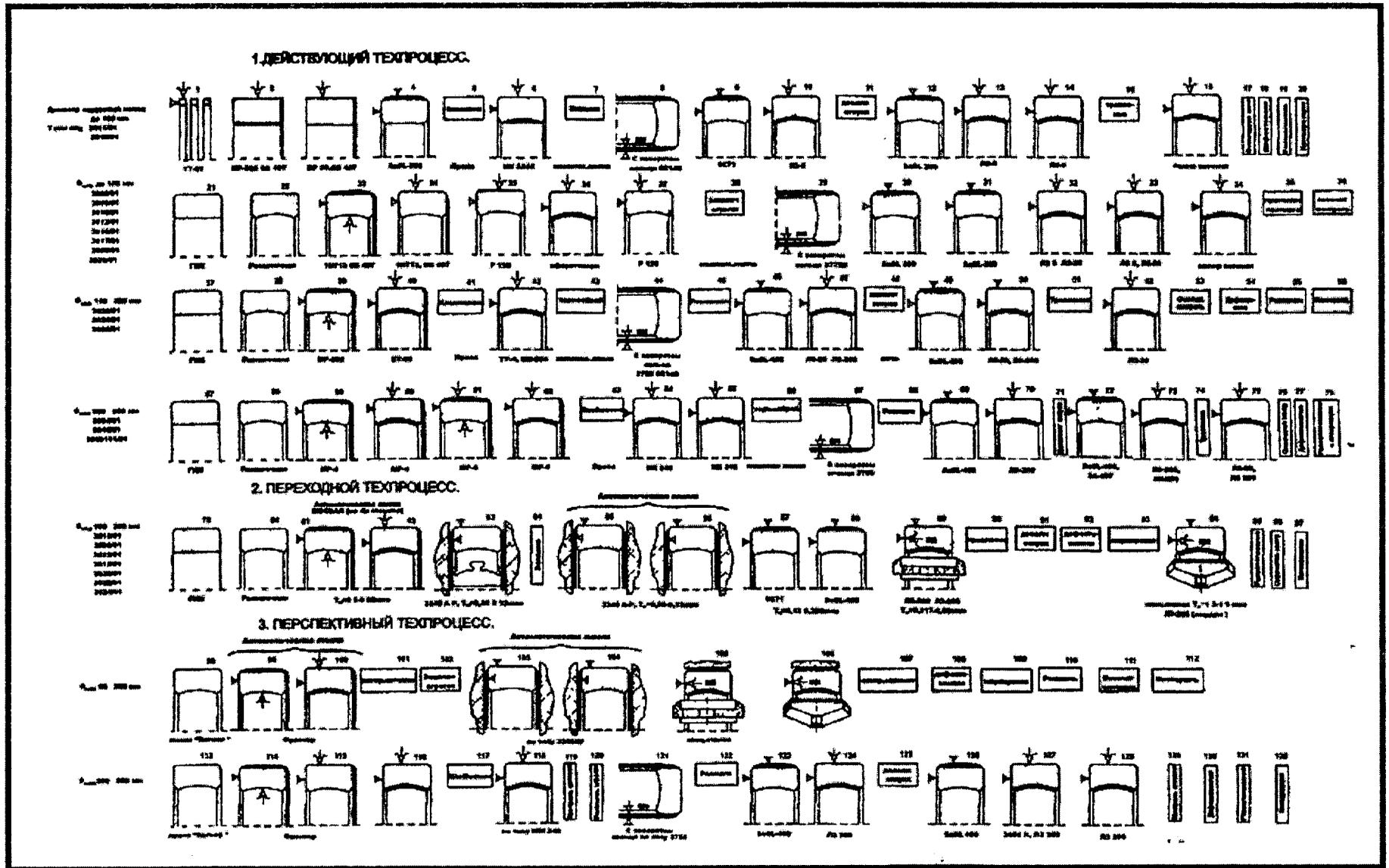
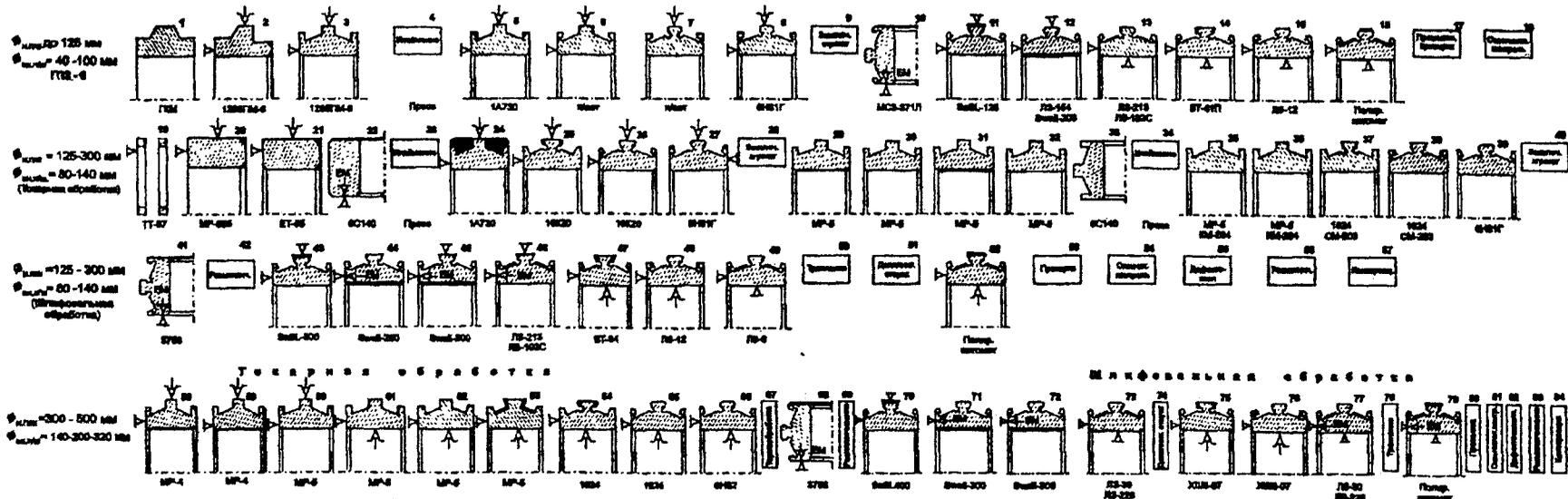
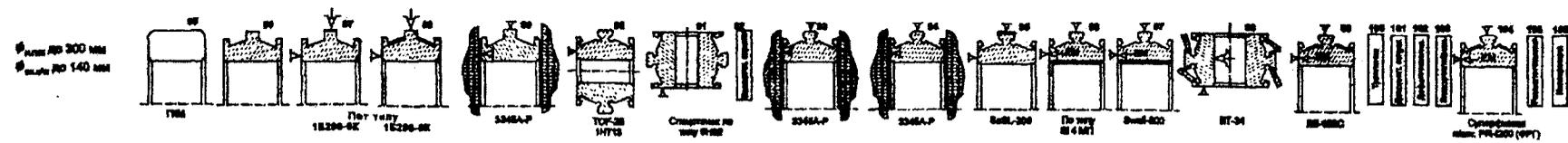


Рисунок 3 - Схемы технологических процессов обработки наружных колец роликовых сферических двухрядных подшипников

1. ДЕЙСТВУЮЩИЙ ТЕХПРОЦЕСС.



2. ПЕРЕХОДНОЙ ТЕХПРОЦЕСС.



3. ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ТЕХПРОЦЕСС.

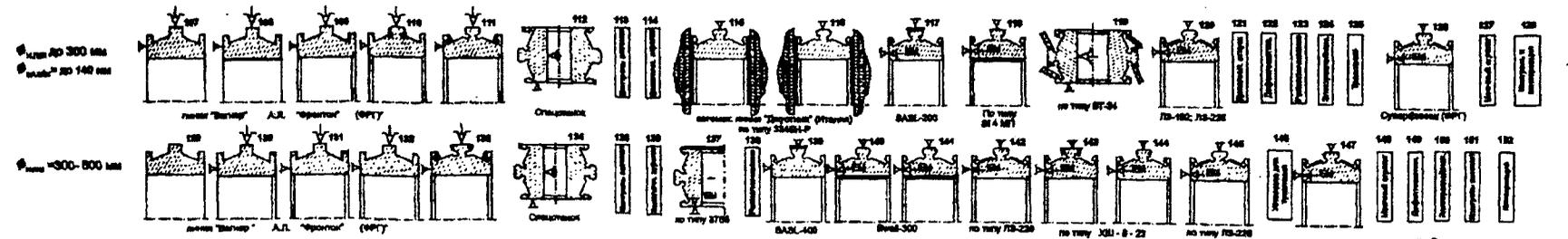


Рисунок 4 - Схемы технологических процессов обработки внутренних колец роли-ковых сферических подшипников

Графические зависимости, изображенные на рис. 6, 7, свидетельствуют о том, что исходные величины непостоянства наружного диаметра и диаметра сферы, полученные после токарной обработки, оказывают наибольшее влияние на операцию предварительного шлифования поверхностей. На отклонениях, возникающих после окончательного шлифования, они сказываются значительно меньше. Это объясняется тем, что влияние технологической наследственности, уменьшаясь, проявляется до тех пор, пока геометрические погрешности остаются довольно большими. Как только они станут достаточно малыми, упругая система СПИД перестает реагировать на них. На операции окончательного шлифования поверхностей исследуемые погрешности достигают наименьших значений, которые невозможно уменьшить без изменения условий обработки на данной операции.

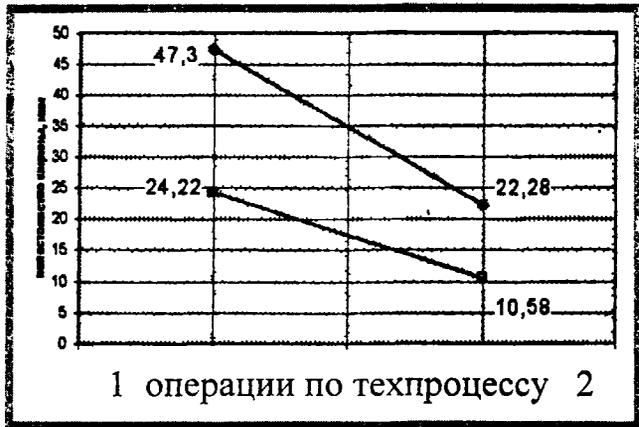


Рисунок 5 - Пооперационное изменение непостоянства ширины

С целью определения возможности использования автоматизированного статистического контроля геометрических показателей качества обработанной поверхности была проведена проверка гипотезы о том, что совокупность измеренных геометрических погрешностей подчиняется закону нормального распределения. Проверка гипотезы о виде функции распределения осуществлялась с помощью универсального критерия согласия χ^2 Пирсона.

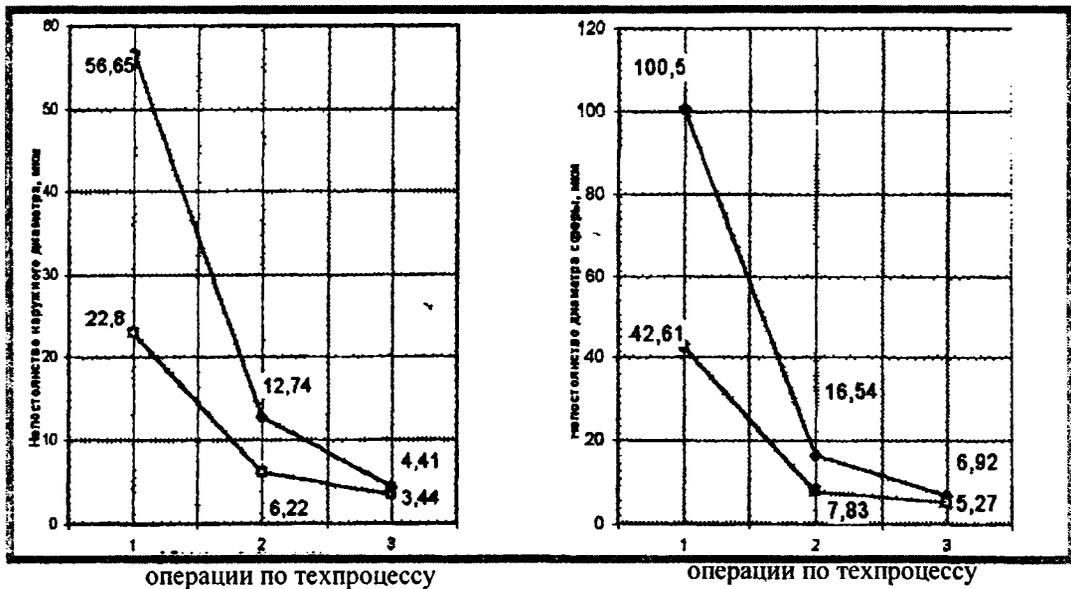


Рисунок 6. Пооперационные изменения непостоянства наружного диаметра

Рисунок 7. Пооперационное изменение непостоянства диаметра сферы

Принятому уровню значимости $q = 0,05$ соответствуют критические значения случайной величины параметра $q_{кр. \chi^2}$ - распределения с $k = z - P - 1$ степенями свободы, где z - число определяемых заранее неизвестных параметров гипотетического распределения (здесь $P = 2$). Результаты представлены в таблице 1.

Анализ данных, представленных в табл. 1, позволяет утверждать, что значение случайных величин q попадает в критическую область, то есть

$$q > q_{кр} = \chi^2, \text{ при } k = z - P - 1.$$

Значит гипотеза о законе нормального распределения случайных величин геометрических погрешностей противоречит наблюдениям и должна быть отвергнута. Следовательно использование автоматизированного статистического контроля на операциях окончательного шлифования поверхностей наружного кольца двухрядного сферического подшипника исключается. Для достижения

оптимальных параметров геометрических погрешностей и, как следствие, улучшения эксплуатационных качеств подшипника рекомендуется применять средства автоматического контроля.

Таблица 1. Результаты проверки гипотезы по критерию Пирсона

Операция	Контролируемый параметр	№ партии	Рассчитанное значение $q = \chi^2$	Степень свободы	Критическое значение $q_{кр.}$
Торце-шлифовальная	Непостоянство ширины	первая	13,04	4	9,49
		вторая	12,69	4	9,49
Бесцентрово-шлифовальная	Непостоянство диаметра	первая	13,63	3	7,82
		вторая	14,86	3	7,82
	Средняя конусность	первая	68,41	3	7,82
		вторая	43,05	4	9,49
	Огранка	первая	9,41	3	7,82
		вторая	8,23	3	7,82
Внутри-шлифовальная	Непостоянство диаметра	первая	20,38	4	9,49
		вторая	27,51	4	9,49
	Отклонение диагонали	первая	23,54	3	7,82
		вторая	18,58	2	5,99
	Положение сферы	первая	12,42	3	7,82
		вторая	15,77	3	7,82
	Радиальное биение	первая	53,22	4	9,49
		вторая	44,91	2	5,99

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.П.Кривко. Основы совершенствования способов и технологических процессов механической обработки деталей подшипников. –Мн.: Технопринт, 2001. –219 с. 2. Статистические методы в инженерных исследованиях: Учебн. пособие. Под общ. ред. Г.К. Круга. –М.: Высшая школа, 1983. –216 с. 3. Шторм Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Контроль качества. –М.: Мир, 1970. –261 с. 4. Ящерицын П.И., Рыжков Э.В., Аверченков В.И. Технологическая наследственность в машиностроении. –Мн.: Наука и техника, 1977. –256 с. 5. Ящерицын П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных поверхностей. –Мн.: Наука и техника, 1971. –233 с.

УДК 621.923

Кривко Г.П., Черей Д.А.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СУПЕРФИНИШИРОВАНИЯ БОЧКООБРАЗНЫХ РОЛИКОВ ДВУХРЯДНЫХ РОЛИКОВЫХ СФЕРИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Общая долговечность подшипников качения в значительной степени зависит от шероховатости рабочих поверхностей его деталей. По данным ВНИПП снижение шероховатости рабочих поверхностей шариковых п/ш с 0,32 до 0,08 повышает его долговечность в 2,4 раза. В результате совместных работ, проведенных ЕкатеринбургНИПТИМАШем и «Уральским подшипниковым заводом» по усовершенствованию технологии обработки роликов и колец сферических двухрядных подшипников за счет снижения шероховатости рабочих поверхностей с $R_a 0,63$ до $Ra 0,04$, получено повышение долговечности подшипников типа 3614 при стендовых испытаниях в 3,5 раза (771 час вместо 216-230 часов).

В настоящее время всеобщее признание получила идея о существовании оптимальной шероховатости, определяемой конструктивно-эксплуатационными показателями работы пары трущихся поверхностей. Для подшипников качения оптимальным является $R_a 0,16...0,02$. Как правило, в массовом производстве шлифование устойчиво обеспечивает $R_a 0,63...0,32$, поэтому изыскание методов финишной обработки для последующего снижения шероховатости имеет в подшипниковой промышленности очень важное значение. В этом плане наибольший интерес представляет суперфиниширование.