

которому перемещается сферический центр (2) с шариком (1) и закрепленный шайбой (5) и гайкой (4) (рисунок 2). Перемещение сферического центра с шариком вдоль паза дает возможность изменять величину линейного и углового положения ступени вала (6) в соответствии с нормированной шкалой (10).

Вращающийся задний центр относится к станочным приспособлениям и может быть использован для обработки сложных ступенчатых валов конструктивно сложных ступенчатых (эксцентрикковых и т.п.).

Вывод. Разработанное нами станочное приспособление позволяет быстро настраиваться и надёжно базировать заготовку с обеспечением необходимых величин линейного и углового эксцентриситетов.

Список литературы: 1. Маргулис М.В. Снижение материалоемкости машин. – К.: Знание, 1985. – 64с. 2. Маргулис М.В., Митин В.В. Разработка силовых волновых приводов с прецессионным движением в передаточных механизмах // Вестник Национального Технического университета "ХПИ". Сборник научных трудов. Тематический выпуск "Проблемы механического привода". – Харьков: НТУ "ХПИ", 2010. – №26 – С72-77. 3. Белецкий Д.Г. и др. Справочник токаря-универсала. – М.: Машиностроение, 1987. – 560с. 4. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1976. – 652с.

Поступила в редколлегию 04.04.12

УДК 621.833.7+621.7

М.В. МАРГУЛИС, д.т.н., профессор каф. ТМ ПГТУ, Мариуполь;
Е.С. ШВЕДУН, магистр каф. ТМ ПГТУ

РАЗРАБОТКА ПРОГРЕССИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕЦЕССИОННОГО КОЛЕСА ВОЛНОВОЙ ПЕРЕДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ТЕЛАМИ КАЧЕНИЯ И ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ

На основе анализа прогрессивной технологии изготовления сложных криволинейных периодических поверхностей представлен разработанный высокоэкономичный технологический процесс изготовления прецессирующего колеса волновой передачи с промежуточными телами качения. Одновременно разработано новое контрольно-измерительное устройство, позволяющее контролировать действительную силу и глубину давления с целью исключения перенаклепа при окончательной обработке сложных поверхностей способом алмазного выглаживания и получения высоких качественных показателей данной поверхности.

На основі аналізу прогресивної технології виготовлення складних криволінійних періодичних поверхонь представлено розроблений високоекономічний технологічний процес виготовлення прецесуючого колеса. Одночасно розроблено новий контрольно-вимірвальний пристрій, що дозволяє контролювати дійсну силу і глибину тиску з метою виключення перенаклепа під час остаточної обробки складних поверхонь способом алмазного виглажування та отримання високих якісних показників даної поверхні.

Based on the analysis of advanced manufacturing technology of complex curved surfaces represented by periodic economic developed technological process of manufacturing precessing wheel. At the same time developed a new test and measurement equipment to monitor the real strength and depth of pressure during final machining of complex surfaces and smoothing diamond way to obtain high-quality performance of the surface.

Важной задачей современного машиностроения является повышение надежности машин при минимально возможных их массогабаритных показателях, себестоимости изготовления и эксплуатации.

Известно, что основной частью машины является приводное устройство, включающее двигатель, соединительное звено и передаточный механизм. От его надежности во многом зависит работоспособность машины. Анализ конструкции приводов различных машин показал, что лимитирующим по надёжности, удельной массе (отношение массы к основному параметру механизма – номинальному вращающему моменту с размерностью – кг/Н·м) является передаточные механизмы. Для них характерны громоздкие многомассовые передачи, которые имеют массогабаритные показатели в 1,7..2,5 раза выше, чем аналогичные волновые передачи [1, 2].

Прогрессивные волновые зубчатые передачи (ВЗП), которые включают в себя гибкое зубчатое колесо, лимитирующее как по надёжности, так и по трудоемкости изготовления, т.к. конструктивно выполняется в виде тонкостенной оболочки с большим числом зубьев. Впадины зубьев применяемого эвольвентного зацепления в ГЗК являются концентраторами напряжений и в них могут возникнуть усталостные трещины, приводящие к его поломке. Как показали многочисленные исследования, приведенные в [1], рациональны конструкции ВЗП с передаточным числом в одной ступени в пределах – $U \approx 100-500$.

Учитывая изложенное, были разработаны волновые передаточные механизмы с промежуточными телами качения (ВПМПТК) без гибких звеньев [2]. Они значительно превосходят традиционные зубчатые передачи по: КПД, массе, габаритным размерам, долговечности, кинематической точности, плавности хода. Волновое зацепление в них выполняет прецессионное колесо, которое совершая прецессионное движение, вращается, вместе с телами качения, которые перемещаются по криволинейным периодическим дорожкам качения, выполненным на прецессионном колесе (рисунок 1), и передают вращающий момент при работе ВПМПТК.

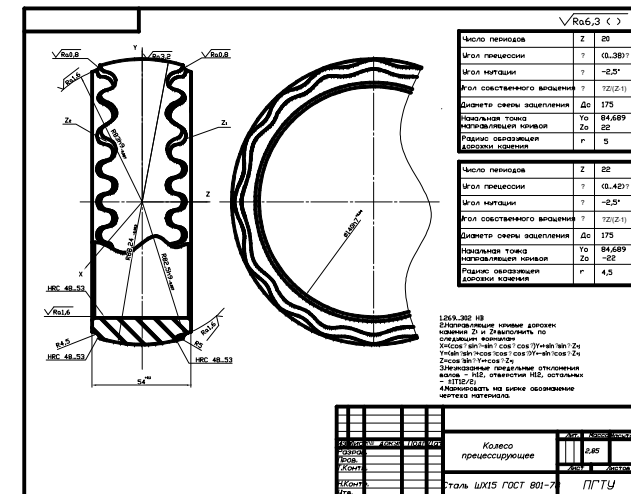
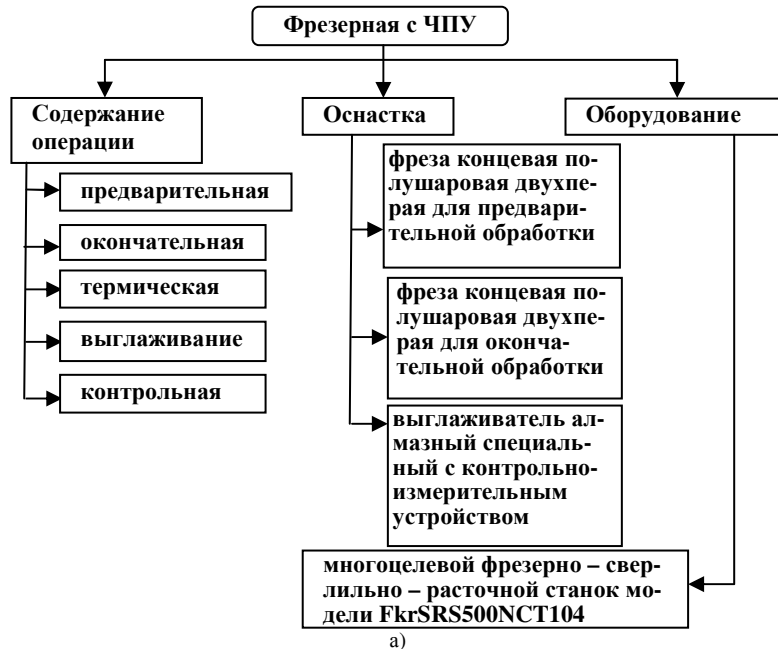


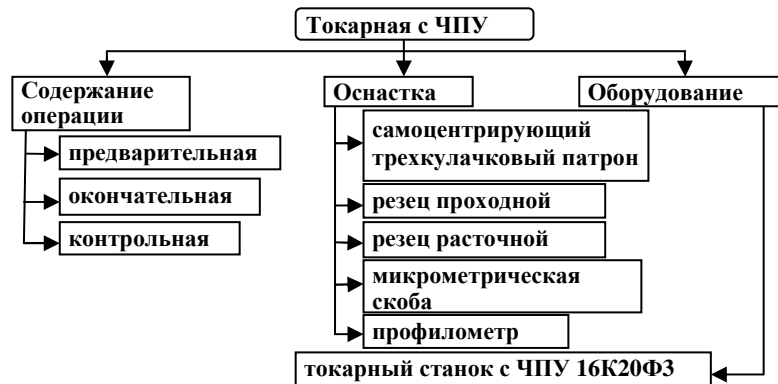
Рисунок 1 – Чертеж детали "Колесо прецессирующее"

Изготовление прецессионного колеса, учитывая сложность конфигурации обрабатываемых поверхностей, представляет определённую трудность. Это связано с тем, что необходимо выполнить криволинейные периодические дорожки качения для перемещения тел качения в процессе работы ВППТК.

С целью уменьшения трудоёмкости и увеличения точности изготовления прецессирующего колеса нами разработан алгоритм рационального технологического процесса (рисунок 2).



а)



б)

Рисунок 2 – Структурные схемы токарной – а) и фрезерной и отделочной выглаживанием – б) обработки прецессирующего колеса

Изготовление прецессирующего колеса включает в себя токарную, фрезерную и отделочную (выглаживание) обработку. Изготовление периодической кривой дорожки качения состоит из операций: предварительной и окончательной токарной, предварительной и окончательной фрезерной, термической (закалка ТВЧ), отделочной, контрольной.

Токарная обработка прецессирующего колеса выполняется с использованием стандартизированного режущего инструмента (резцы проходные, резцы расточные), а обработка дорожек качения требует специального режущего инструмента – полушаровых двухперых фрез, а для отделочной операции – алмазного выглаживателя с контрольно-измерительным устройством. Опыт изготовления таких колес отсутствует, так как такие передачи изготавливаются впервые (на их конструкцию получен патент №92297 авторами Маргулисом М.В., Митиным В.В.). Данный технологический процесс требует использования трех-координатного многоцелевого фрезерно-сверлильно-расточного станка модели, например, FkrSRS500NCT104.

Для контроля действительных геометрических параметров дорожки качения предложен контроль размера поверх противоположно расположенных на диаметре окружности, на которой размещены центры шариков (по аналогии с контролем зубьев в зубчатых передачах – размера поверх стандартных роликов).

Технологический маршрут механической обработки представлен в виде структурной схемы

Предложенный нами прогрессивный технологический процесс изготовления прецессирующего колеса позволил минимизировать трудоёмкость, себестоимость и обеспечить высокое качество обработанных поверхностей.

Учитывая необходимость получения максимально возможного КПД в передаче, в качестве окончательной обработки прецессионного колеса применяется выглаживание алмазным инструментом со специальным контрольно-измерительным устройством новой конструкции для контроля показателей качества выглаженной поверхности.

Известно, что выглаживание – один из прогрессивных способов отделочно-упрочняющей обработки поверхностей пластическим деформированием. Он заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скольжением по ней инструментом – выглаживателем, включающим оправку, на которой закреплён алмазный кристалл. При этом микронеровности на обрабатываемой поверхности, оставшиеся от предшествующей обработки, сглаживаются, повышается прочность поверхностного слоя, так как в нём создаются сжимающие напряжения. После выглаживания поверхность остаётся чистой нешаржированной осколками абразивных зёрен, что обычно происходит при процессах абразивной обработки. При выглаживании, как показала практика существует вероятность получения перенаклёпа поверхности. Контроль силы давления на поверхность позволяет определить уровень напряжённого состояния и действительного наклёпа поверхности. [3] Следствием этого является: недопущение перенаклёпа поверхностного слоя и возможного слущивания (разрушения) его в процессе эксплуатации, т.е. обеспечение необходимого запаса усталостной прочности и износостойкости.

Изучение исследований, проведенных при выглаживании поверхностей сложных конфигураций [3] показал, что основными параметрами процесса выглаживания, влияющими на качество поверхности и производительность,

являются: напряжённое состояние в зоне контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью, величина подачи и кратность приложения нагрузки в каждой точке обрабатываемой поверхности.

Напряжённое состояние в зоне контакта может быть охарактеризовано действительным давлением на площадке контакта и определяется: механическими свойствами обрабатываемого материала, размером рабочей части инструмента и глубиной его внедрения в обрабатываемую поверхность (или приложенной к нему силой).

Производительность выглаживания определяется параметрами режимов резания. Кратность приложения нагрузки или количество нагружений в каждой точке обрабатываемой поверхности в процессе выглаживания, определяется: подачей и числом ходов при выглаживании [5].

Величина сил выглаживания зависит от геометрии (радиуса и формы рабочей части) алмаза, а так же от пластичности и шероховатости обрабатываемой поверхности.

График зависимости шероховатости от силы выглаживания (рисунок 3) представляется тремя характерными участками: участок уменьшения шероховатости от исходной к минимальной, участок минимальной шероховатости, участок увеличения шероховатости по сравнению с минимальной.

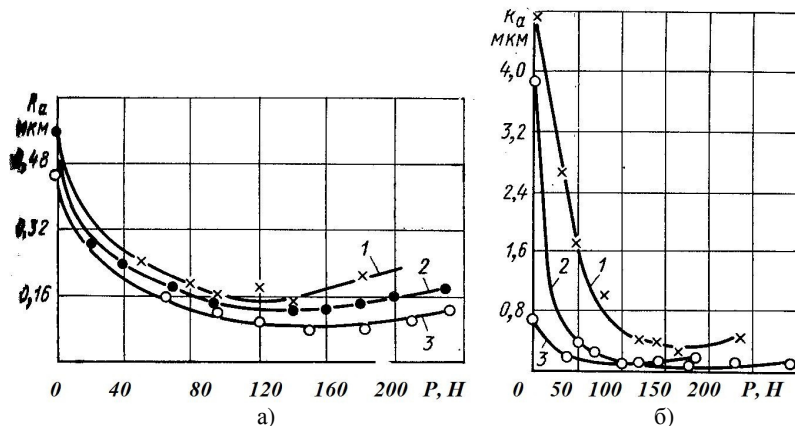


Рисунок 3 – Зависимость шероховатости R_a от силы P при выглаживании: а) – закаленные стали ($R=1,2\text{мм}$, $s=0,03\text{мм/об}$): 1 – 18ХГТ ($HRC\ 60$); 2 – 45 ($HRC\ 54$); 3 – ШХ15 ($HRC\ 60$); б) – мягкие материалы ($R=3,4\text{мм}$, $s=0,03\text{мм/об}$): 1 – Бр.ОФ6,5-0,15 ($HB\ 173$); 2 – Х18Н9Т ($HB\ 180$); 3 – 45 ($HB\ 180$)

При изменении силы выглаживания в пределах первого участка наблюдается уменьшение шероховатости, но более медленное, а по достижении определенной величины силы – уменьшение шероховатости прекращается. Это объясняется тем, что при малых силах контакт инструмента происходит по вершинам неровностей, опорная площадь которых мала. Вследствие этого на площадях контакта развивается значительные давления, превышающие предел текучести материала и вызывающие интенсивную пластическую деформацию неровностей. По мере роста силы выглаживания увеличивается глуби-

на внедрения, растёт площадь контакта инструмента с обрабатываемой поверхностью, поверхностный слой значительно упрочняется.

Величина силы выглаживания в наибольшей степени влияет на микротвёрдость поверхностного слоя (рисунок 4). Наибольшую микротвёрдость имеет поверхностный слой выглаженной детали и с увеличением его глубины до 0,2...0,4мм микротвёрдость равна исходному значению. При этом микротвёрдость возрастает с увеличением силы P , достигая максимума при $P=160...200\text{Н}$. Дальнейшее увеличение силы P приводит к перенаклёпу, т.к. тонкий поверхностный слой теряет способность к дальнейшему упрочнению.

В связи с этим, необходимым и обязательным является контроль действительной силы давления P при выглаживании поверхности.

Таким образом, нами предлагается в процессе выглаживания обязательно использовать контрольно-измерительное устройство, определяющее действительную силу давления алмазного кристалла на обрабатываемую поверхность детали. Это исключает явление перенаклёпа при высоких эксплуатационных показателях выглаженной поверхности.

Однако известные конструкции выглаживателей не имеют механизма контроля силы давления при выглаживании, что и является причиной разработки усовершенствованной конструкции выглаживателя.

Для новой конструкции волновой передачи с промежуточными телами качения со сложной периодической дорожкой качения на прецессирующем колесе наиболее рациональной окончательной обработкой является алмазное выглаживание на станке с ЧПУ. Этот процесс позволяет значительно повысить качество поверхности качения, по которой передвигаются тела качения.

Предлагаемая нами конструкция выглаживателя включает в себя следующие элементы (рисунок 5): корпус 1, тарированный набор тарельчатых пружин 2 поджимаемый упором 6, посредством ввинчивания регулировочного винта 9, на требуемую силу выглаживания, индентор (стержень с алмазом) 5. Требуемая сила выглаживания контролируется контрольно измерительным устройством, которое представляет собой: индикаторную головку 8, наконечник которой опирается в рычаг 10 соединённый с индентором. Тарирование контрольно-измерительного инструмента происходит до установки его на станок с ЧПУ. В соответствии с тарированием происходит градуировка циферблата индикатора, т.е. каждое деление соответствует тарированному усилию.

Таким образом, применение контрольно-измерительного устройства обеспечивает контроль сил давления, не допуская перенаклёпа поверхностного слоя, измеряя глубину внедрения алмаза, определяющее уровень напряженно-

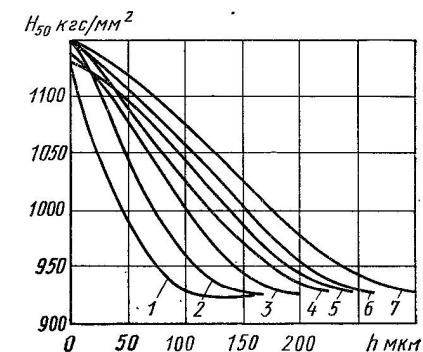


Рисунок 4 – Изменение микротвердости по глубине h поверхностного слоя стали ШХ15 ($HRC\ 60-62$) в зависимости от силы выглаживания: 1 – $P=5\text{кгс}$; 2 – $P=9\text{кгс}$; 3 – $P=15\text{кгс}$; 4 – $P=18\text{кгс}$; 5 – $P=24\text{кгс}$; 6 – $P=30\text{кгс}$; 7 – $P=48\text{кгс}$ (Л.И. Маркус)

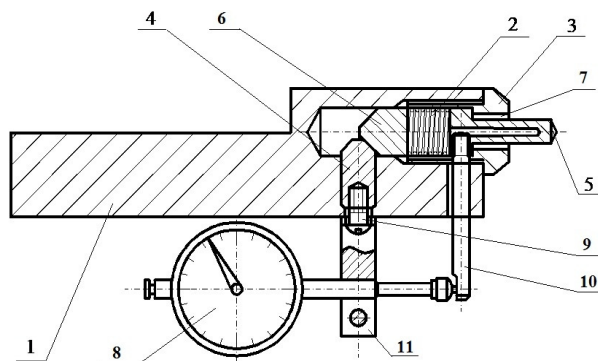


Рисунок 5 – Эскиз выглаживателя

деформированного слоя. Выглаживатель на станке устанавливается вертикально к обрабатываемой поверхности. После касания обрабатываемой детали, индентор внедряется в деталь на глубину, соответствующую требуемой силе выглаживания. Далее начинается рабочий процесс упругого выглаживания по специально разрабо-

танной нами программе.

Предлагаемая конструкция выглаживателя, по сравнению с существующими конструкциями позволяет осуществлять процесс выглаживания с контролем силы давления на поверхность, определяющей фактическую глубину пластического деформирования и уровня напряжённого состояния.

Таким образом, решается важная задача современного машиностроения – обеспечение высоких эксплуатационных характеристик, значительное уменьшение трудоёмкости, повышение производительности и снижение себестоимости.

Изложенная прогрессивная технология изготовления прецессионного колеса ВПМПТК, имеющего сложную конфигурацию позволила вести обработку с минимальной трудоёмкостью и себестоимостью при высоком качестве.

Выводы:

1. Разработан прогрессивный технологический процесс изготовления прецессирующего колеса;
2. Доказана эффективность процесса выглаживания в качестве финишной обработки для сложной периодической дорожки качения на прецессирующем колесе;
3. Предложена усовершенствованная конструкция выглаживателя для обработки криволинейной периодической поверхности колеса, обеспечивающая при выглаживании контроль глубины и силы давления при пластическом деформировании, не допуская её перенаклёпа.

Список литературы: 1. Маргулис В.М. Волновой механизм с промежуточными телами качения // Вестник ПГТУ. – №10. – 2001. – С.89-92. 2. Маргулис В.М. Снижение материалоемкости машин. – К.: Знание. 1985. – 64с. 3. Торбило В.М. Алмазное выглаживание. – М.: Машиностроение, 1972. – 105с. 4. Кузнецов В.П. Методика настройки оптимального натяга выглаживателя с упругим демпфером для отделочной обработки деталей на токарно-фрезерном станке // Вестник УГАТУ. – Уфа, 2009. – С.79. 5. Титов А.В. Повышение эффективности выглаживания различных конструкционных материалов за счёт управления скоростными и силовыми параметрами нагружения инструмента // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – К., 2007. – С.56.

Поступила в редколлегию 04.04.12