

наклона оси электрошпинделя периодически корректируется в соответствии с зависимостью:

$$\sin\alpha = \frac{2R_{\text{сф}}}{d_{\text{нар}}},$$

где $d_{\text{нар}}$ – текущий наружный диаметр инструмента.

При обработке наружной поверхности тел вращения напуск имеет кольцевую форму, поэтому его целесообразнее срезать на токарном станке с использованием алмазно-отрезного круга и кольцевых алмазных сверл. После перезакрепления заготовки, приклеенной термолесом к оправке 1 (рис. 3), вначале алмазно-отрезным кругом 3 на цилиндрической поверхности вращающейся заготовки делается несколько параллельных пропилов 2, не доходящих до контура заготовки. Затем алмазными сверлами разного диаметра 5 выполняются кольцевые пропилы 4 с отделением от заготовки кольцевых фрагментов 6, 7.

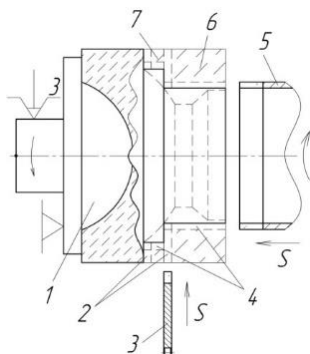


Рисунок 3 – Схема выполнения кольцевых пропилов

Окончательное формообразование изделий на участке, состоящем из цилиндрических и конических поверхностей осуществляется алмазным кругом формы 1ЕЕ1, а для шлифования наружного сферического участка в виде шарового пояса используется кольцевой алмазный инструмент (рис. 4). Внутренний диаметр кольцевого инструмента должен несколько превышать длину хорды, соединяющей основания шарового пояса.

УДК 666:22.037

СОСТАВНОЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ ШАРИКОВ ИЗ ХРУПКИХ МАТЕРИАЛОВ Щетникович К.Г., Довнар Н.Ю.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Шлифование шариков из стекла, природных и искусственных минералов и других хрупких материалов осуществляется методом эксцентричной обкатки между двумя несоосными дисками. Диски могут иметь плоскую торцевую по-

верхность [1], либо на одном из дисков выполнены канавки радиусного или V-образного [2] профиля. Шлифование шариков дисками со смещенными осями сопровождается увеличением скоростей проскальзывания заготовок относи-

$$R_{\text{сф}} = \sqrt{(0,5D_{\text{вн}})^2 + \left(\frac{e + 0,5D_{\text{вн}}\cos\alpha}{\sin\alpha}\right)^2}.$$

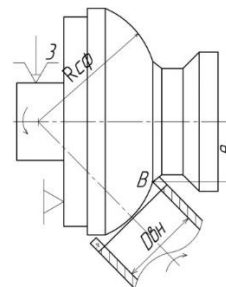


Рисунок 4 – Схема обработки наружной сферической поверхности

При заданном радиусе сферической поверхности, выбранном диаметре и известном смещении режущей кромки кольцевого инструмента угол наклона оси электрошпинделя определяется численным методом.

Таким образом, предлагаемая технология обработки изделий типа «тела вращения» позволяет часть припуска срезать в виде отдельных фрагментов. Помимо снижения затрат на формообразование заготовки остатки минерального сырья могут быть использованы для изготовления других декоративных изделий.

Литература

1. Синкенес, Дж. Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней: пер. с англ. / Джон Синкенес. – М.: Мир, 1998. – 422 с.
2. Белицкая, Э.И. Художественная обработка цветного камня / Э.И. Белицкая. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 200 с.
3. Технология ювелирного производства / С.А. Селиванкин, Л.А. Власов, М.К. Никитин. – Л.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1978. – 319 с.

верхность [1], либо на одном из дисков выполнены канавки радиусного или V-образного [2] профиля. Шлифование шариков дисками со смещенными осями сопровождается увеличением скоростей проскальзывания заготовок относи-

тельно рабочих поверхностей инструмента по сравнению с соосной обкаткой. Если концентрические кольцевые канавки нарезаны на нижнем приводном диске, то верхний плоский прижимной диск также имеет отдельный привод. Если канавки выполнены на торцевой поверхности верхнего диска, то он неподвижен и для обработки достаточно вращательного движения нижнего плоского диска. Размещение шариков в кольцевых канавках одного из дисков обеспечивает трёхточечный контакт заготовки с инструментом по сравнению с двухточечным контактом при плоской торцевой поверхности обоих дисков. Этот фактор способствует более быстрому исправлению различных гармонических составляющих профиля шарика в диаметральном сечении.

Обработка шариков несоосным инструментом вызывает также дополнительное вращение шарика в канавке вокруг оси, касательной к траектории перемещения его центра. Это обеспечивает переориентацию шариков в пространстве и сетка следов от контакта с инструментом быстрее покрывает поверхность заготовки. Однако, составляющая силы сцепления шарика с приводным диском действует в направлении, перпендикулярном оси канавки, и стремится выкатить заготовку из нее. Этот фактор может привести к «подрыву» прижимного диска и повышает точностные требования к форме исходной заготовки. Значительно снижается вероятность выхода заготовок за пределы канавки при использовании составной конструкции верхнего неподвижного диска, состоящего из двух полудисков разного диаметра (рисунок 1).

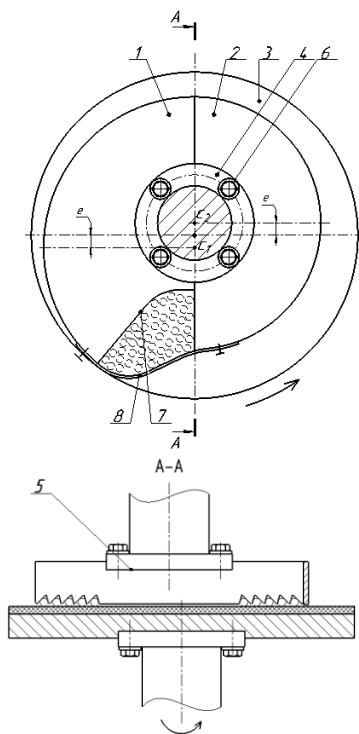


Рисунок 1 – Конструкция составного инструмента

Большой полудиск 1 смещён относительно оси вращения нижнего диска 3 на расстояние e и его центр находится в точке C_1 . Малый полудиск 2 также смещён на расстояние e , но в противоположном направлении и его центр находится в точке C_2 . На торцевой поверхности дисков нарезано равное число концентрических кольцевых канавок с одинаковым шагом и глубиной. Оба полудиска базируются на оправке 4 по точному установочному отверстию 5 и закреплены винтами 6 в положении, при котором в месте стыковки кольцевые канавки совпадают. Полудиски изготавливаются из серого чугуна, так как шлифование осуществляется свободным абразивом, в качестве которого используются шлифпорошки электрокорунда или карбида кремния.

Нижний плоский приводной диск имеет эластичное покрытие (резина, полиуретан), силы сцепления с которым превосходят силы трения шариков о материал верхнего диска. Податливость покрытия нижнего диска способствует более равномерному распределению рабочего давления между шариками и демпфирует ударные нагрузки при контакте шарообразной заготовки с верхним диском, однако, низкая жёсткость покрытия нижнего диска ухудшает точностные параметры окончательно обработанных шариков. Поэтому после периода выравнивания размеров шариков в партии и перехода на более мелкозернистый абразивный материал целесообразно заменить нижний диск на другой с более упругим покрытием. Секторообразный вырез 7 на верхнем полудиске предназначен для ввода-вывода шариков из зоны обработки. Загрузочная зона ограничена криволинейной пластинкой 8, образуя окно для перемешивания шариков и увеличивая количество заготовок в обрабатываемой партии.

Как видно из рисунка 1 ось оправки проходит через точку C_2 – центр малого полудиска. Через эту же точку проходит вектор силы прижима верхнего диска к заготовкам. Учитывая наличие секторообразного выреза на верхнем диске, смещение центра C_1 большого полудиска на расстояние $2e$ относительно оси оправки уменьшает неравномерность приложения рабочей нагрузки на шариках. Снижение давления инструмента на заготовки на выходе из зоны шлифования уменьшает усилие столкновения с шариками, находящимися в загрузочном окне.

Перед началом обработки верхний диск устанавливается на определенном расстоянии от нижнего, достаточном для относительно свободного входа шариков в кольцевые канавки. Для плавного входа заготовок в зону обработки на начальном участке канавок выполнены заходные фаски. После перекачивания шариков под действием силы сцепления с нижним диском по кольцевым канавкам малого полудиска шарики переходят в кольцевые канавки полудиска большего ди-

аметра. В загрузочном окне шарики перемешиваются и случайным образом попадают в ту или иную канавку, поэтому их размеры усредняются. Зона входа шариков расположена ближе к оси вращения нижнего диска, чем зона выхода. Более низкая линейная скорость заготовок на входе в кольцевые канавки снижает динамические нагрузки на этом участке.

Перемещение шарика по кольцевой канавке сопровождается быстрым вращением вокруг оси, перпендикулярной траектории его центра и медленным вращением вокруг оси, касательной к этой траектории. Соотношение частот этих вращений изменяется на разных участках траектории, поэтому мгновенная ось вращения шарика меняет свое положение относительно оси нижнего диска. Скорость скольжения шариков относительно верхнего диска определяется главным образом величиной угловой скорости вращения шарика вокруг оси, касательной к его траектории. Для ее увеличения необходимо увеличивать величину смещения полудисков относительно оси нижнего диска, но количество кольцевых канавок на инструменте при этом сокращается. Выкатыванию шариков из канавки препятствует несимметричный V-образный профиль канавки, так как боковую нагрузку воспринимает стенка с меньшим углом наклона к вертикали.

При шлифовании шариков из материалов низкой прочности или обладающих совершенной спайностью важно не допустить больших динамических нагрузок на заготовки. Начальную стадию шлифования выполняют при пониженной скорости нижнего диска и небольшой рабочей

нагрузке. По мере уменьшения погрешностей формы шариков режимы резания повышают.

Большой и малый полудиски изготавливают из дисков разного диаметра, на которых перед разрезанием по диаметру пополам протачивают кольцевые канавки. Изношенный верхний диск может быть быстро заменён новым комплектом из двух оставшихся полудисков. После износа второго комплекта инструмента малые полудиски закрепляют на оправки и протачивают новые канавки. Большие полудиски имеют посадочные отверстия, смещённые относительно центра диска. Для восстановления формы изношенных канавок диски устанавливают в патроне токарного станка с помощью специальной эксцентричной оправки.

Таким образом, предлагаемая конструкция сборного инструмента может быть использована для шлифования шариков из хрупких неметаллических материалов. Обработка сопровождается интенсивным скольжением заготовок в кольцевых канавках. Наличие загрузочного окна позволяет увеличить количество шариков в обрабатываемой партии. Инструмент дает возможность применить элеваторный метод шлифования шариков, что резко увеличивает количество одновременно обрабатываемых шариков.

Литература

1. Станок для шлифования и полирования заготовок шара: патент 2033043 Германия. Герд Хеннинг, Клаус Дреус. – № Р2033043.2-14; заявл. 03.07.70; опубл. 04.03.76.
2. Плоткина В.Ф. Производство подшипников качения в Японии / В.Ф. Плоткина. – М.: НИИИН Автопром, 1967. – 77с.

УДК 535.39

УРАВНЕНИЕ СВЯЗИ ДЛЯ ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ В ДВУСЛОЙНОЙ МОДЕЛИ

Князев М.А.¹, Воронович А.Л.²

¹Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь,

²ООО «НЕОЛАБ-ВД»

Москва, Российская Федерация

Эллипсометрия, как метод определения оптических и геометрических параметров разных сред, находит широкое применение для решения большого числа задач как для научных, так и производственных целей. Основу эллипсометрии составляет анализ изменений амплитуды и фазы световой волны, которые происходят в результате её взаимодействия со средой. Современная эллипсометрия базируется на работах Друде [1, 2], практическое использование результатов которых оказалось весьма эффективным после создания лазеров и развития вычислительной техники, а также соответствующего программного обеспечения.

Параметрами, измеряемыми в эксперименте, являются так называемые эллипсометрические параметры ψ и Δ (эллипсометрические углы). Они связаны с комплексными коэффициентами отражения двух волн (отраженной R_p и падающей R_s) соотношением

$$\operatorname{tg} \psi \cdot \exp^{i\Delta} = \frac{R_p}{R_s}. \quad (1)$$

Здесь $\operatorname{tg} \psi$ характеризует отношение амплитуд коэффициентов отражения отраженной и падающей волн, а Δ – изменение разности скачков фаз этих волн при отражении.