

**НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА  
ОБРАБОТКИ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ**

Все многообразие способов обработки оптических деталей по характеру операций можно классифицировать по следующим признакам (рис. 1);

- количеству одновременно обрабатываемых деталей;
- количеству одновременно обрабатываемых поверхностей;
- степени сложности и характеру взаимного движения инструмента и детали;
- степени автоматизации процесса обработки.

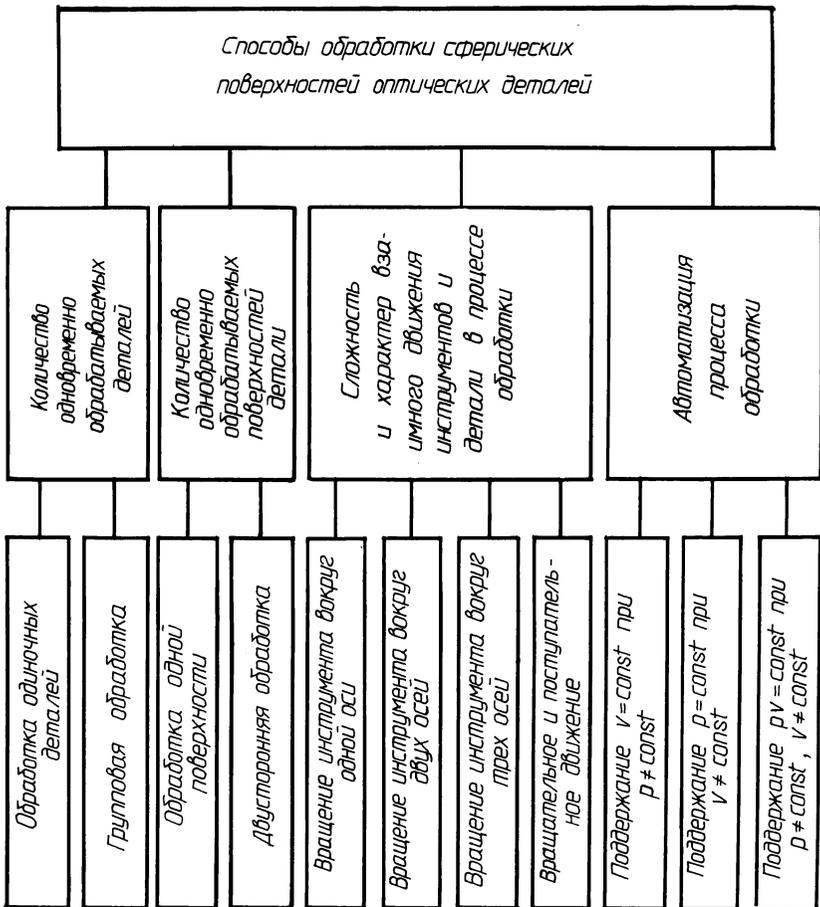


Рис. 1. Классификация способов обработки сферических поверхностей оптических деталей

Критическое рассмотрение способов формообразования и устройств для их реализации в соответствии с приведенной классификацией позволило разработать новые технические решения, направленные на совершенствование процесса обработки оптических деталей со сферическими преломляющими поверхностями.

Для повышения производительности процесса перспективным является разработка способов групповой обработки деталей, причем поиск производился в трех направлениях:

- 1) одновременная обработка группы деталей по одной поверхности;
- 2) обработка единичных изделий одновременно по двум преломляющим поверхностям;
- 3) одновременная обработка группы деталей по двум преломляющим поверхностям.

Основной целью первой разработки является повышение качества обрабатываемой поверхности. Указанная цель достигается тем, что имеется устройство для периодического перемещения держателя обрабатываемых изделий по направлению к инструменту, причем команда на перемещение подается от устройства активного контроля, следящего за состоянием формы рабочей поверхности инструмента.

При одновременной обработке двух преломляющих поверхностей отдельных деталей рассматривается вопрос об автоматическом контроле формы и размеров применяемого инструмента. Станок для обработки оптических деталей по второму методу снабжен устройством автоматической смены изношенного инструмента новым, что позволяет снизить расход алмазного инструмента, так как замена его будет производиться только при достижении критической величины износа.

Применение в данной конструкции шарообразного инструмента также способствует интенсификации процесса и увеличивает эффективный срок его работы.

Применение шарообразного инструмента для окончательного формообразования оптических поверхностей перспективно и для осуществления групповой обработки деталей одновременно по двум преломляющим поверхностям, а также позволяет значительно упростить кинематику приводных механизмов.

Что касается характера взаимного движения инструмента и детали в процессе обработки, то использование коротких кинематических цепей, а также планетарного привода перемещения инструмента позволяет значительно сократить неблагоприятное влияние динамики станочных конструкций на кинематические характеристики процесса формообразования по сравнению с широко применяемой в настоящее время в оптико-механической промышленности рычажной кинематической цепью привода перемещения инструмента. Кроме того, рассматриваемые конструктивные решения позволяют управлять процессом формообразования поверхности во время обработки.

Для управления процессом формообразования обычно используется известная зависимость износа поверхности от давления  $p$  и пути трения  $S_{тр}$ :

$$U = kPS_{тр},$$

где  $k$  — коэффициент пропорциональности. Однако, для обеспечения возмож-

ности программирования съема припуска во времени необходимо знать интенсивность износа  $du/dt$ . Эта величина находится из соотношения

$$du/dt = kv_{рез} \quad (1)$$

где  $v_{рез}$  — скорость проскальзывания (резания) инструмента относительно детали.

Из зависимости (1) видно, что для управления величиной  $du/dt$  необходимо менять либо давление  $p$ , либо скорость резания  $v_{рез}$  в процессе обработки. Изменение отдельно каждого из этих параметров вызывает технические трудности, удорожание оборудования и сложности практической реализации. Поэтому нами предложен способ абразивной обработки деталей, суть которого заключается в следующем: изменять одновременно давление  $p$  и скорость резания  $v_{рез}$ , оставляя постоянной мощность процесса, то есть обеспечивая условие:  $pv_{рез} = const$ .

Для реализации способа достаточно обрабатываемые детали перемещать в радиальном направлении от периферии к центру между двумя дисковыми инструментами с коническими рабочими поверхностями, прижимая детали к последним. Прижим осуществляется при помощи фасонных пружин, которые устанавливают между двумя деталями параллельно оси инструментов, вершины конических поверхностей которых располагаются напротив, причем угол конуса выбирается из условия

$$\alpha = \arctg \frac{H_H - H_K}{R_H - R_K}$$

где  $H_H, H_K$  — высоты пружины соответственно в начале и в конце обработки;  $R_H, R_K$  — расстояние от оси инструментов до оси деталей в начале и в конце обработки.

На рис. 2 показана схема реализации способа. Дисковый инструмент 1 вращает вокруг оси  $OO$  с угловой скоростью  $\omega$ . Силовое замыкание обрабатываемой детали 3 и дискового инструмента 1 обеспечивают силой  $p$ . Обрабатываемая деталь 3 совершает вращение вокруг собственной оси симметрии  $O'O'$ , что обеспечивается в результате несимметричности рабочего профиля канавки 2 дискового инструмента 1.

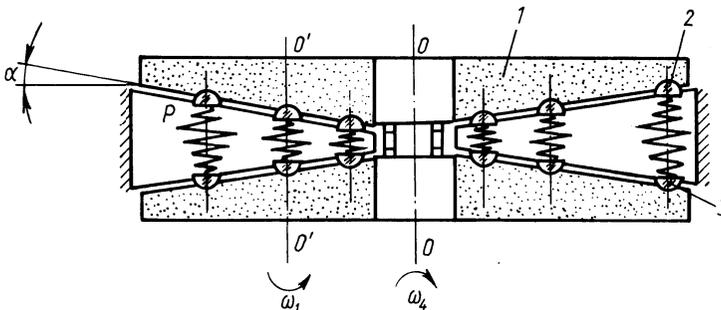
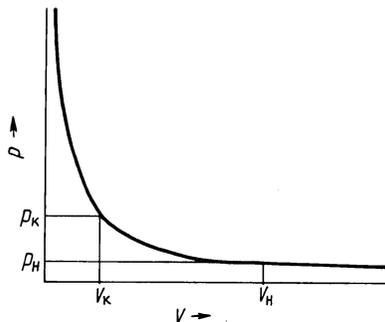


Рис. 2. Схема реализации способа абразивной обработки деталей

Рис. 3. Зависимость изменения давления  $p$  от скорости резания  $v$



Обрабатываемая деталь 3 участвует в двух движениях: поступательном — вдоль радиальных направляющих с постоянной скоростью  $v_1$  и вращательном — вокруг собственной оси  $O'O'$  с угловой скоростью  $\omega_1$ . Скорость резания при прохождении обрабатываемой деталью 3 всей рабочей зоны изменяется линейно и пропорциональна в каждый момент времени расстоянию от оси вращения дискового инструмента  $OO$  до оси вращения обрабатываемой детали  $OO$ .

Для сохранения условия  $pv = \text{const}$  необходимо осуществлять прижим обрабатываемой детали к инструменту так, чтобы линейному изменению скорости резания соответствовало нелинейное изменение усилия прижима, как указано на рис. 3.

Данное требование реализуется, например, использованием фасонных пружин. Они отличаются тем, что по мере их сжатия вследствие последовательного исключения из работы все большего числа витков жесткость пружины возрастает. Для этих пружин линейное изменение высоты пружины (или хода) вызывает нелинейное изменение усилия прижима.

**В ы в о д ы.** 1. Использование в качестве инструмента тел качения (шариков) позволяет повысить производительность процесса и улучшить его качество как при обработке одиночных поверхностей, так и при двусторонней групповой обработке.

2. Использование коротких кинематических цепей и замена качательных звеньев вращательными в механизмах приводов инструмента и детали позволяет снизить неблагоприятное действие возникающих динамических нагрузок в процессе обработки.

3. Управление одновременно силовыми и скоростными параметрами для поддержания постоянной мощности обработки позволяет стабилизировать процесс формообразования, а также повысить качество обработки.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ УПРОЧНЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ КОНТАКТНЫМ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СПОСОБОМ

Поверхности деталей машин, на которые наносят слой из ферробора, например ФБ-10, ФБ-14, ФБ-20 ГОСТ 14848–69, электроферромагнитным способом, имеют микротвердость порядка  $2,8 \cdot 10^4$  МПа при толщине нанесенного слоя в пределах 0,1...0,3 мм и шероховатость  $Rz = (160...320)$  мкм.

Обработка таких поверхностей возможна только абразивным шлифованием кругами из электрокорунда на керамической или бакелитовой связке. Исследования показали, что при обработке поверхностей деталей, упрочненных электроферромагнитным способом, износ круга, отнесенный к пройденному им пути, в 8–10 раз превышает износ при шлифовании контрольных образцов из закаленной стали 45. При этом резко возрастает время на шлифование, так как требуется практически постоянная правка круга, а производительность снижается до  $120 \text{ мм}^3/\text{мин}$ .

Применение других видов шлифования — алмазного, кругами из эльбора или карбида кремния — экономически нецелесообразно, так как их рекомендуется применять только по предварительно обработанной черновым шлифованием поверхности. Поэтому для обработки упрочненных поверхностей необходимо использовать способ, который по производительности превышал бы процесс шлифования, а своим воздействием на поверхностные слои не ухудшал бы их физико-механические свойства. Таким способом является контактная магнитно-электрическая обработка. Сущность его заключается в совокупном воздействии на обрабатываемую поверхность энергии магнитного поля, электрического тока и механического вращения инструмента-электрода.

Электрический ток, проходя между инструментом-электродом и обрабатываемой поверхностью детали, за счет микронеровностей в точке контакта будет разогревать место контактирующих поверхностей (вследствие выделения Джоулева тепла и электроэрозионных явлений). При достижении определенной температуры (близкой к температуре плавления) металл, находящийся частично в жидкой и частично в пластичной фазе, будет вырван и выброшен из зоны контакта за счет вращения инструмента-электрода и взаимодействия энергии магнитного поля и электрического тока.

Показатели обрабатываемости упрочненных поверхностей, такие, как шероховатость, производительность и точность линейных размеров, при контактном магнитно-электрическом способе зависят от его технологических параметров, основными из которых являются: сила технологического тока  $I$ , магнитная индукция  $B$ , скорость вращения (перемещения) детали  $v$  и подача инструмента-электрода  $s$ .

Исследования производительности способа проводились в зависимости от изменения магнитной индукции при постоянных значениях рабочего тока и изменения рабочего тока при постоянной магнитной индукции. Все исследова-