

вания амплитуды перемещений необходимо вернуть втулку 5 относительно втулки 4 и зафиксировать их положение.

При протягивании РК-профильного вала наилучшие результаты получают при диаметре заготовки 40–60 мм и длине ступени до 60 мм. Режим резания назначают в зависимости от материала режущей части протяжки; скорость резания составляет 10–15 м/мин.

Эксперименты показали, что протягивание РК-профильных валов с помощью описанного агрегата более производительнее, чем другие известные способы [1 и 6]. Это достигается благодаря обработке на малой (10–15 об/мин) частоте вращения вала, соответствующей частоте его гармонических перемещений. При этом исключается влияние динамических знакопеременных нагрузок на точность обработки. Повышение производительности при протягивании РК-профильных валов обусловлено их обработкой за один проход. В ряде случаев протягивание может заменять черновое точение по кругу, черновое и чистовое точение по профилю, предварительное и окончательное шлифование по профилю. При обработке РК-профильных валов оно дешевле, чем точение.

Автоматизация процесса установки и закрепления заготовки, а также снятия вала с агрегата позволяет встраивать протяжной станок в автоматизированную линию по обработке ступенчатых РК-профильных валов и осей.

Станочный агрегат можно использовать и для обработки четырех-, пяти- и шестигранных ступеней цилиндрической и конической формы. При этом только валы с нечетным числом граней будут обладать свойством равноосности. При замене протяжки плоским накатником можно использо-

вать агрегат для накатывания на валах РК-профиля.

*Окончание подборки следует.*

#### Список литературы

1. А. с. 655117 СССР, МКИ В 23 В 1/00. Способ обработки валов.
2. Тимченко А. И., Схиртладзе А. Г. Варианты реализации способа обработки РК-профильных валов однокоординатно-перемещающимся инструментом // Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Сер. 1. Автоматические линии и металлорежущие станки. Отеч. опыт: Экспресс-информация.— М.: ВНИИТЭМР, 1986.— Вып. 4.— С. 10–12.
3. Тимченко А. И., Схиртладзе А. Г. Станочный агрегат для фрезерования РК-профильных валов при их поступательном прямолинейном гармоническом движении // Вестник машиностроения.— 1990.— № 1.— С. 54–56.
4. Тимченко А. И., Схиртладзе А. Г., Галкин И. Ю. Точение РК-профильных валов безвершинными косоугольными резами // Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Сер. 1. Автоматические линии и металлорежущие станки. Отеч. опыт: Экспресс-информация.— М.: ВНИИТЭМР, 1987.— Вып. 6.— С. 12–15.
5. Тимченко А. И., Схиртладзе А. Г. Способ формообразования профиля "равноосный контур" на валах при однокоординатном перемещении режущего инструмента // Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Сер. 1. Автоматические линии и металлорежущие станки. Отеч. опыт: Экспресс-информация.— М.: ВНИИТЭМР, 1986.— Вып. 3.— С. 9–12.
6. Чарико Д. В., Тимченко А. И. Профильные соединения валов и втулок в машиностроении // Вестник машиностроения.— 1981.— № 1.— С. 33–37.

## ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

### Комбинированная обработка заготовок иглофрезерованием и поверхностным пластическим деформированием

А.Л.Абугов

Попытка сочетания технологических эффектов, достигаемых при использовании отделочно-зачистной (иглофрезерованием) [1] и отделочно-упрочняющей [поверхностно-пластическим деформированием (ППД)] [2] обработки, привела к созданию метода комбинированной обработки заготовок [3]. Для реализации указанного метода разработаны два технологических процесса. Первый осуществляется иглофрезой, а также деформирующими элементами, например роликами [4], а второй — только иглофрезой [5]. Рассмотрим их более подробно.

Комбинированная обработка заготовок, реализуемая иглофрезой и деформирующими элементами, заключается в их последовательном воздействии на поверхность заготовки. При этом необходимо учитывать ряд особенностей.

В условиях поточной обработки, когда заготовки подаются одна за другой, необходимо обеспечивать размерный интервал между торцами соседних заготовок, одна из которых обрабатывается иглофрезой, а другая — деформирующими элементами. Это исключает взаимное влияние изменения минутных подач  $s_m$  при иглофрезеровании и ППД,

возникающего вследствие колебаний электрических характеристик привода, а также различия условий в зонах обработки и контакта заготовок с подающими элементами станка.

Установлено [4], что подача заготовки при ППД должна превышать подачу при иглофрезеровании до 20 %. Следовательно, при назначении параметров режима комбинированной обработки необходимо сначала определить все параметры режима иглофрезерования исходя из принятого критерия (например, наименьшей высоты неровностей поверхности, наибольшей производительности при заданной высоте неровностей или наибольшей микротвердости поверхности при заданной глубине упрочненного слоя). Затем назначают параметры режима обработки ППД.

Используя определенные параметры режимов обработки иглофрезерованием и ППД, рассчитывают подачи  $s_m$  для каждого процесса и сравнивают их значения. При несоблюдении соотношения подач, указанного выше, корректируют подачу для ППД путем изменения скорости обкатывания (как показали исследования, ее значение не оказывает существенного влияния на шероховатость обработанной поверхности).

Следует также отметить, что применение нескольких иглофрез и деформирующих элементов повышает производительность обработки и облегчает подбор соотношения подач при иглофрезеровании и ППД.

При проектировании оборудования, предназначенного для комбинированной обработки заготовок, необходимо учитывать следующее.

1. В один и тот же момент каждая заготовка должна подвергаться обработке только одним видом инструмента; для этого расстояние между иглофрезой и деформирующими элементами должно превышать длину заготовки.

2. Привод оборудования должен обеспечивать независимое варьирование круговой  $s_{кр}$  и продольной  $s_{пр}$  подач.

3. Для возможности обработки заготовок, имеющих значительные отклонения формы, необходимо предусмотреть упругую установку иглофрезы и деформирующих элементов.

4. Заготовка должна иметь достаточно стабильное положение в зоне обработки (при этом биение концов заготовки не должно превышать ее кривизну).

Ниже приведены результаты исследования такого метода комбинированной обработки. При иглофрезеровании (ширина рабочей части иглофрезы 22 мм, диаметр игл 0,32 мм) со скоростью резания  $v_{и} = 60 \pm 240$  м/мин, продольной подачей  $s_{пр} = 2,5 \pm 10$  мм/об, круговой подачей  $s_{кр} = 1,38 \pm 4,46$  м/мин и усилием прижатия  $P_n = 150 \pm 250$  Н получают поверхность, характеризуемую следующими показателями: среднее арифметическое отклонение профиля  $R_a = 0,26 \pm 2,58$  мкм; наибольшая высота неровностей профиля  $R_{max} = 4,34 \pm 20,2$  мкм; средний шаг неровностей профиля  $S_m = 170 \pm 556$  мкм; отклонение формы в продольном и поперечном сечении соответственно  $W_{пр} = 0,36 \pm 3,0$  мкм и  $W_{поп} = 33 \pm 48$  мкм; степень

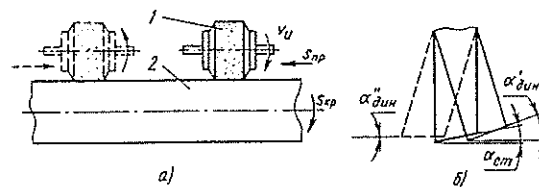


Схема комбинированной обработки, реализуемой только иглофрезой

упрочнения до 70 %; глубина упрочненного слоя 0,01–0,24 мм; остаточные напряжения на поверхности – (300±800) МПа.

После ППД роликом с радиусом профиля 10,5 мм при продольной подаче  $s_p = 0,1 \pm 0,7$  мм/об и усилии деформирования  $P_d = 200 \pm 1400$  Н показатели, характеризующие обработанную поверхность, изменяются следующим образом: уменьшаются значения  $R_a$  (до 44 %),  $R_{max}$  (до 74 %),  $W_{пр}$  (до 45 %) и  $W_{поп}$  (до 44 %) и увеличиваются значения  $S_m$  (до 140 %), степень упрочнения (до 71 %), сжимающие остаточные напряжения (до 26 %).

Установлено, что минимальное значение  $R_a$  обеспечивается при  $v_{и} = 150$  м/мин;  $s_{пр} = 2,5$  мм/об;  $s_{кр} = 4,46$  м/мин;  $P_n = 150$  Н;  $s_p = 0,1 \pm 0,3$  мм/об и  $P_d = 600 \pm 800$  Н.

Комбинированная обработка заготовок, реализуемая только иглофрезой [5], базируется на том, что при реверсировании вращения иглофрезы после каждого прохода возможно изменение заднего угла на игле от  $0^\circ$  до  $\alpha_{дин}$  [6]. При этом иглофрезу 1 (рис. а) сообщают вращение со скоростью  $v_{и}$ , а заготовке 2 – с подачей  $s_{кр}$ . Затем осуществляют обработку, перемещая заготовку (или иглофрезу) напроход с подачей  $s_{пр}$ . Тогда иглы, имеющие в нерабочем положении статический задний угол  $\alpha_{ст}$  (рис. б), отклоняются, образуя динамический задний угол  $\alpha'_{дин}$  и режущий клин, который осуществляет микрорезание.

После выхода иглофрезы из контакта с заготовкой прекращают подачу  $s_{пр}$ , изменяют направление вращения иглофрезы на противоположное (см. рис. а, штриховые линии) и осуществляют окончательную обработку, перемещая иглофрезу с подачей  $s_{пр}$ , но в направлении, противоположном первоначальному. При этом иглы отклоняются (см. рис. б, штриховые линии), образуя динамический задний угол  $\alpha'_{дин}$ , близкий к нулю. В результате площадь контакта игл с заготовкой по задней (торцовой) поверхности увеличивается и обработка происходит в основном вследствие микровыглаживания, т. е. осуществляется ППД.

Целесообразность применения каждого из описанных выше методов комбинированной обработки обуславливается серийностью производства и требованиями к качеству обработанной поверхности. Так, комбинированную обработку, реализуемую только иглофрезой, целесообразно применять в условиях единичного или среднесерийного

производства на универсальном оборудовании, а также если не требуется значительное упрочнение поверхностного слоя обрабатываемой заготовки.

#### Список литературы

1. Абугов А. Л. Новые области применения иглофрезерования // Станки и инструмент.— 1992.— № 1.— С. 10–11.
2. Азаревич Г. М., Гусяцкий И. А. Финишная обработка поверхностным пластическим деформированием // Тракторы и

сельхозмашины.— 1989.— № 8.— С. 47–51.

3. Абугов А. Л., Барцай И. Л. Новое в технологии обработки проволочным инструментом: Обзор. информ.— Минск: БелНИИТИ, 1990.— 48 с.

4. А. с. 1355467 СССР, МКИ В 24 В 39/04. Способ комбинированной обработки.

5. А. с. 1371800 СССР, МКИ В 23 С 3/12. Способ иглофрезерной обработки.

6. Абугов А. Л., Пасиков И. Е. Подготовка иглофрез перед обработкой // Машиностроитель.— 1987.— № 3.— С. 22.

## ПРАКТИКА ЗАВОДОВ, ИНСТИТУТОВ, КБ

### Выбор вида центрирования валов подвижных шлицевых соединений

А.Я.Иделевич

ГОСТ 6033–80 и ГОСТ 1139–80, регламентирующие размеры, допуски и другие параметры шлицевых соединений с эвольвентным и прямобочным профилем, предусматривают центрирование вала и ступицы колеса по боковым сторонам шлицев и по их наружному или внутреннему диаметру. Рядом исследований [1, 2 и др.] установлено, что в подвижных шлицевых соединениях, передающих крутящий момент, вал и ступица обладают способностью самоцентрирования только по боковым сторонам шлицев. Если это условие не обеспечивается, то резко ухудшается работа передачи и в 1,5–2 раза снижается ее долговечность из-за концентрации напряжений в отдельных точках плицев, что ускоряет изнашивание поверхностей и может привести к поломке шлицев.

От величины радиальных зазоров между цилиндрическими поверхностями шлицев вала и ступицы колеса зависит радиальное биение вала относительно его подшипниковых шеек, а также погрешность шага шлицев вала и ступицы. При уменьшении радиальных зазоров (для улучшения работы шлицевого соединения) резко возрастает интенсивность изнашивания зубьев колес [3].

Методы измерения и нормы точности шлицевых валов, рекомендуемые ГОСТ 6033–80 и ГОСТ 1139–80, позволяют лишь частично решить задачи контроля точности валов при их центрировании по боковым сторонам шлицев. Эти стандарты регламентируют измерение параллельности сторон шлицев вала относительно оси центрирующей поверхности, а радиального биения шлицев — относительно центрирующих диаметров. Поскольку осью центрирующей поверхности является ось симметрии шлица, вал следует базировать по шарикам или роликам, выставив его параллельно ходу щупа измерительного устройства. В этом случае проверяется направление одного шлица

относительно двух других, диаметрально противоположных.

Такой способ контроля не позволяет достоверно определить качество изготовления вала. Поэтому при контроле валов с центрированием по боковой поверхности шлицев более правильно измерять предельное отклонение от параллельности сторон шлицев относительно оси подшипниковых шеек вала или (исходя из наличия средств контроля) погрешность шлицев относительно оси центров измерительного прибора, введя в чертеж жесткий допуск на радиальное биение подшипниковых шеек. Эти же базы должны быть выбраны для измерения радиального биения шлицев валов, допуск на которое должен быть указан в чертеже. При таком способе контроля обеспечивается единство рабочей и метрологической, а также технологической и метрологической баз.

При контроле шлицевых валов, бывших в эксплуатации, необходимо проверить их скручивание, допуски на которое должны быть заданы в ремонтной документации. Контроль шлицевых валов следует проводить на приборах мод. ПКШ Челябинского завода измерительных приборов.

#### Список литературы

1. Данченко Н. И. Износ шлицевых соединений коробки передач трактора // Техника в сельском хозяйстве. 1966.— № 3.— С. 21–22.

2. Иделевич А. Я., Звонарева Л. М. Определение рабочей оси подвижных зубчатых колес // Вестник машиностроения.— 1973.— № 9.— С. 31–33.

3. Скундин Г. И., Никитин В. И. Влияние геометрических параметров шлицевого соединения на нагруженность зубьев шестерен // Тракторы и сельхозмашины.— 1971.— № 3.— С. 17–19.