

## Многопроходное зубодолбление с непрерывным врезанием

А. И. Голембиевский

Повысить производительность многопроходного зубодолбления с увеличенными круговыми подачами (см. «Машиностроитель». 1991, № 12. С. 17) можно посредством непрерывного врезания на черновых проходах, когда траектория движения долбяка 1 (рис. 1) относительно заготовки 2 имеет форму архимедовой спирали 3. При этом действительная (спиральная) подача  $s_d$  долбяка равна геометрической сумме круговой  $s_k$  и радиальной  $s_r$  подач

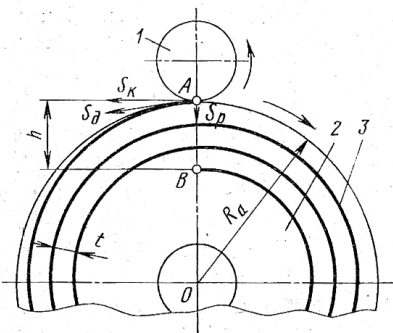
$$s_p = \sqrt{s_k^2 + s_r^2}$$

Для этого вида зубодолбления подача радиального врезания задается, как часть круговой подачи, и определяется по формуле

$$s_p = \frac{2hs_k}{a(\varphi_2\sqrt{1+\varphi_2^2} - \varphi_1\sqrt{1+\varphi_1^2})}$$

где  $h$  — радиальное врезание, равное высоте зуба колеса, мм;

Рис. 1



$a = \frac{h}{2\pi k}$  — параметр архимедовой

спирали;  $\varphi_1 = 2\pi \frac{R_a - h}{a}$  и  $\varphi_2 =$

$= 2\pi \frac{R_a}{a}$  — углы поворота заготовки

в движении обката по длине архимедовой спирали на участках соответственно от полюса  $O$  до точки  $B$  и от полюса  $O$  до точки  $A$ , рад;  $R_a$  — радиус заготовки (радиус окружности выступов обрабатываемого колеса), мм;  $k$  — количество проходов.

На рис. 2, а показана структурная схема зубодолбежного станка, на 2, б — схема системы управления циклом многопроходного зубодолбления, реализующая указанный способ.

Продольный стол 3, несущий делительный стол 1, оснащен гидроцилиндрами 2 и 10 соответственно ускоренного перемещения и вреза-

ния. Гидроцилиндр 2 соединен с гидростанцией 18 посредством реверсивного золотника 16, управляемого электромагнитами 15 и 17, а гидроцилиндр 10 — через регулятор 9, задающий подачу врезания, и реверсивный золотник 13, управляемый электромагнитами 12 и 14. На делительной паре 11 стола 1 установлен счетчик 8 числа зубьев (для отсчета одного оборота стола). На столе 3 установлены упоры 6, 5, контактирующие с путевыми переключателями 7 и 4, соответствующие исходному положению этого стола и началу движения врезания.

Станочное зацепление стол 1 — шпиндель 22 долбяка воспроизводится цепью обката, включающей делительные пары 11 и 19, гитару зубчатых колес 24. Источником энергии для цепи обката является электродвигатель 23. Привод поступательно-возвратного движения

Рис. 2

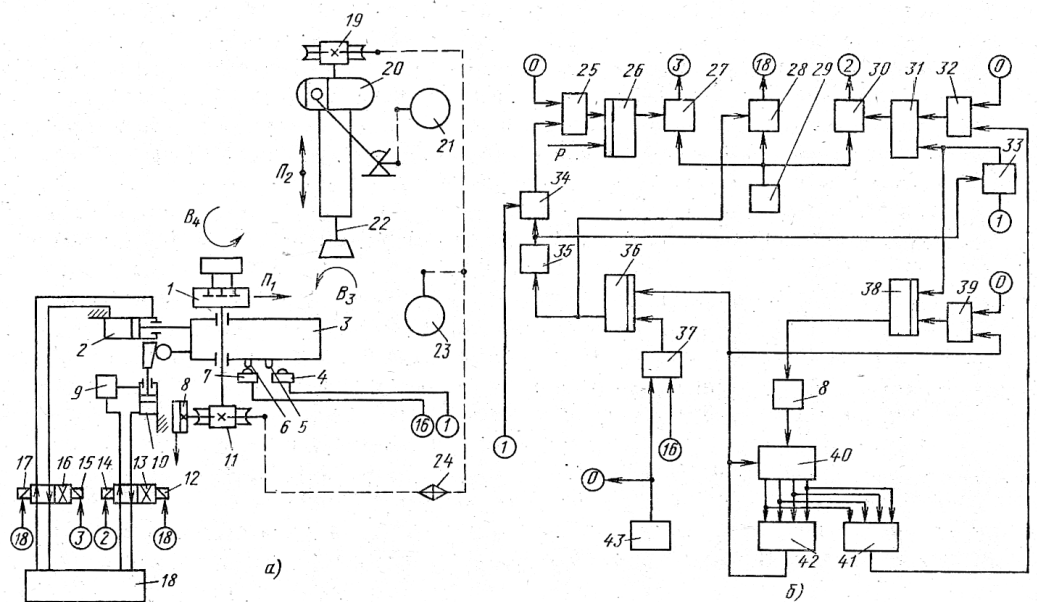
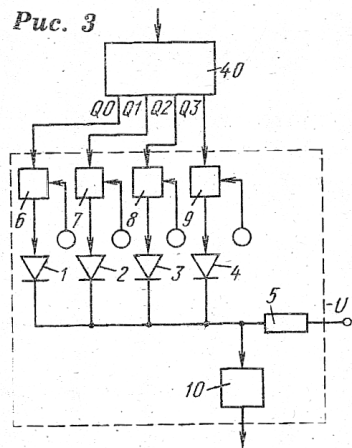


Рис. 3



шпинделя 22 осуществляется кулисным механизмом 20, кинематически связанным с электродвигателем 21.

Электромагниты 15 и 17 соединены с выходами ключей 27 и 28, а электромагниты 12 и 14 — с выходами ключей 28 и 30. Аналоговые входы ключей соединены с источником питания 29, а управляющие входы этих ключей — с выходами триггеров 26, 36 и 31. Первый вход триггера 26 связан с выходом элемента ИЛИ 25, первый вход которого соединен с блоком 43 начальной установки триггеров, а второй вход — с выходом элемента И 34, соединенного первым входом с переключателем 4, а вторым — через элемент НЕ 35 с выходом триггера 36. Второй вход триггера 26 используется для включения рабочего цикла. Первый вход триггера 36 соединен с выходом элемента ИЛИ 37, соединенного первым входом с блоком 43, а вторым входом — с переключателем 7. Второй вход этого триггера объединен с первым входом элемента ИЛИ 39, с входом «сброс» двоичного четырехразрядного счетчика 40 и выходом блока задания общего количества проходов 42.

Первый вход триггера 31 соединен с выходом элемента ИЛИ 32, связанного первым входом с блоком 43, а вторым входом — с выходом блока 41 задания количества черновых проходов. Вторые входы триггеров 31 и 38 объединены с выходом элемента И 33, у которого первый вход соединен с переключателем 4, а второй — с выходом элемента НЕ 35.

Первый вход триггера 38 соединен с выходом элемента ИЛИ 39, его выход — с входом счетчика 8; выход последнего соединен с входом счетчика 40, выходы которого объединены с соответствующими входами блоков 42 и 41. Эти блоки выполнены одинаковыми (рис. 3). Они содержат диодно-резисторный четырехходовый конъюнктор на диодах 1, 2, 3, 4, выходы которых объединены и соединены через резистор 5 с источником питания.

Входы конъюнктора через ключи 6, 7, 8, 9 соединены с соответствующими входами двоичного четырехразрядного счетчика 40. Управляющие входы ключей используются для набора кода количества проходов. К выходу конъюнктора подключен вход одноустойчивого мультивибратора 10.

Выходы  $Q_0, Q_1, Q_2, Q_3$  двоичного четырехразрядного счетчика имеют веса  $2^0, 2^1, 2^2, 2^3$ . Следовательно, на входах конъюнктора возможны состояния счетчика от 0000 до 1111, т. е. от 0 до 15. Первое состояние соответствует исходному положению схемы или отсутствию сигнала на входе счетчика, последнее — пятнадцатому импульсу на входе. Таким образом, возможный максимальный цикл проходов равен пятнадцати. Каждый проход соответствует одному обороту делительного стола станка.

При наладке станка для получения на выходе конъюнктора сигнала о конкретном числе проходов посредством ключей 6, 7, 8, 9 необходимо отключить от диодов 1, 2, 3, 4 те выходы счетчика 40, состояния которых равны нулю в двоичной записи числа входных импульсов. В этом случае мультивибратор 10 срабатывает и выдает на выходе импульс, соответствующий количеству выполненных проходов.

Цикл работы схемы осуществляется после подачи на второй вход триггера 26 (см. рис. 2) управляющего сигнала  $P$ . На его выходе устанавливается сигнал, открывающий ключ 27, который посредством электромагнита 15 перемещает из нейтрального положения плунжер золотника 16. Поток масла, поступающий из гидростанции 18 через золотник 16 в полость цилиндра 2 обеспечивает ускоренное перемещение  $\Pi_1$  стола 3 в точку, соответствующую началу цикла. При набегании упора 5 на переключатель 4 на его выходе появляется сигнал, поступающий на первый вход элемента И 34, открытого по второму входу. На выходе этого элемента появляется сигнал, который, поступая на первый вход триггера 26, сбрасывает с его выхода сигнал, и ключ 27 отключает электромагнит реверсивного золотника, управляющего ускоренным перемещением  $\Pi_1$  стола 3. Сигнал с путевого переключателя 4 включает также привод поступательно-возвратного движения  $\Pi_2$  штосселя 22 долбяка и электродвигатель 23 цепи обката, обеспечивающей согласованные движения  $V_3$  долбяка и  $V_4$  стола 1 с круговой подачей, соответствующей черновым проходам.

Одновременно сигнал с переключателя 4 через элемент И 33, открытый по второму входу, поступает на вторые входы триггеров

31 и 38. Сигнал, устанавливающийся на выходе триггера 31, открывает ключ 30, который посредством электромагнита 14 перемещает плунжер золотника 13. Поток масла через него поступает в полость гидроцилиндра 10 врезания, сообщающего столу 3 подачу врезания в движении  $\Pi_1$ . Сигнал, устанавливающийся на выходе триггера 38, включает счетчик 8 числа зубьев. В результате воздействия на схему сигнала с переключателя 4 движениями  $\Pi_1, \Pi_2$  и  $V_3, V_4$  осуществляются черновые проходы.

После каждого чернового прохода, соответствующего одному обороту делительного стола, на выходе счетчика 8 числа зубьев появляется сигнал, поступающий на вход счетчика 40. После выполнения заданного на блоке 41 количества черновых проходов на его выходе появляется сигнал, поступающий на первый вход триггера 31, с выхода которого сигнал сбрасывается, ключ 30 отключает электромагнит 14 и движение врезания прекращается. Одновременно электродвигатель 23 переключается на другую круговую частоту, соответствующую круговой подаче чистового прохода.

После прекращения движения врезания в течение одного оборота делительного стола выполняется чистовой проход; окончание его соответствует появлению на счетчике 8 очередного импульса, который поступает на вход счетчика 40. На выходе блока 42 задания общего количества проходов появляется сигнал, отключающий приводы движений  $\Pi_2, V_3, V_4$  и одновременно поступающий на вход «Сброс» счетчика 40, на первый вход триггера 38 и на второй вход триггера 36. На выходе триггера 38 сигнал сбрасывается, и счетчик 8 отключается. Одновременно на выходе триггера 36 устанавливается сигнал, включающий ключ 28. Электромагниты 17 и 12 золотников 16 и 13 срабатывают — изменяется направление потока масла в гидроцилиндрах 2 и 10.

Стол 1 под действием гидроцилиндра 2 ускоренно перемещается в исходное положение одновременно с ползушкой гидроцилиндра 10. В исходном положении продольного стола упор 6 набегают на переключатель 7. Сигнал с его выхода поступает на первый вход триггера 36, сбрасывая сигнал с его выхода. Ключ 28 обесточивает электромагниты 17 и 12, и продольный стол фиксируется в исходном положении. После смены заготовки цикл обработки повторяется.

Предлагаемая система управления циклом может быть использована также в зубодолбежных станках с ЧПУ.