

При этом исчезают доминирующие погрешности и обеспечивается стабильность процесса обработки.

Выполнение условия (9) обеспечивает получение значительного $\mathcal{E}_{\text{пто}}$ при оптимальном уменьшении доминирующей погрешности. Достигаемая величина $\mathcal{E}_{\text{пто}}$ составляет 0,6...0,8 $\mathcal{E}_{\text{пто}}^{\text{нб}}$. Это обеспечивается высокой интенсивностью I_{22} , которая для условия (9) не менее 0,6.

2. Если характеристики σ_2 и σ_1 находятся в соответствии, то повышение точности обработки следует осуществлять за счет одновременного уменьшения σ_2 и σ_1 при сохранении соответствия между ними. Значительный $\mathcal{E}_{\text{пто}}$ в этом случае обеспечивается пропорциональным уменьшением погрешностей σ_2 и σ_1 , при этом сохраняется стабильность процесса.

Статья поступила 14 ноября 1977 г.

621.925.83 : 621.833.22

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЗУБОДОЛБЕЖНОГО СТАНКА ПОВЫШЕННОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Канд. техн. наук, доц. А. И. ГОЛЕМБИЕВСКИЙ,
ассист. В. А. ТЕРЕНТЬЕВ, ассист. А. И. ТРОФИМОВ,
студент А. В. ДОБРЯКОВ

Рассматриваются технологические пути повышения производительности зубодолбления. Показывается необходимость поиска путей повышения производительности при конструировании станков. Разрабатывается способ и кинематическая структура станка для параллельной обработки двух зубчатых колес одним стандартным долбяком.

Среди известных процессов обработки цилиндрических зубчатых колес наиболее распространены зубофрезерование червячными фрезами и зубодолбление зуборезными долбяками. Зубофрезерование, обладая рядом преимуществ, в то же время уступает зубодолблению в универсальности. В частности, зубодолбление — практически единственный процесс для нарезания колес с буртом, меньшего колеса в блоке, зубчатых секторов и т. п. Вероятно, именно поэтому в последние годы наряду с проблемой повышения качества процесса зубодолбления внимание исследователей и станкостроителей привлекает также и проблема повышения производительности зубодолбежных станков.

Как известно, повысить производительность зубодолбления при традиционном способе обработки с радиальным движением врезания долбяка можно или путем увеличения скорости резания — числа двойных ходов долбяка в минуту, или путем увеличения скорости обката — круговой подачи. Увеличение числа двойных ходов долбяка приводит к значительным динамическим нагрузкам в системе СПИД, что, в конечном итоге, не только снижает качество зубообработки, но и в значительной степени снижает надежность и технологическую долговечность станка. Поэтому первый путь повышения производительности зубодолбления, очевидно, исчерпал себя достигнутыми к настоящему времени скоростями резания.

С увеличением круговой подачи возрастает толщина стружки, ухудшается процесс стружкообразования, возрастают силы резания. Одновременно пропорционально квадрату круговой подачи увеличива-

ется высота продольных гребешков на боковых поверхностях зубьев нарезанных колес [1]. В результате возрастают погрешности зубообработки и снижается период стойкости инструмента.

Для устранения нежелательных последствий увеличения круговой подачи в ряде работ [2—6], рассматривающих проблему повышения производительности с технологических позиций, предлагается процесс зубодолбления осуществлять по дифференциальной схеме резания за восемь—десять проходов, увеличив одновременно круговую подачу до 3—4 мм/двойной ход долбяка. Однако при таких значениях подач вследствие значительного увеличения скорости скольжения возрастает интенсивность износа делительных червячных передач цепи обката станка, и, как показывает опыт эксплуатации, станок теряет кинематическую точность значительно раньше установленного срока.

Изложенное выше позволяет утверждать, что решение проблемы повышения производительности зубодолбления при одновременном сохранении показателей технологической надежности зубодолбежных станков только с технологических позиций представляется весьма проблематичным. Поэтому, по нашему мнению, решение проблемы, особенно при создании новых станков, следует искать прежде всего в области конструирования, т. е. путем поиска принципиально новых способов зубодолбления и разработки на их основе кинематических структур станков с последующей детальной проработкой на базе широкой унификации наиболее удачных из выпускаемых моделей.

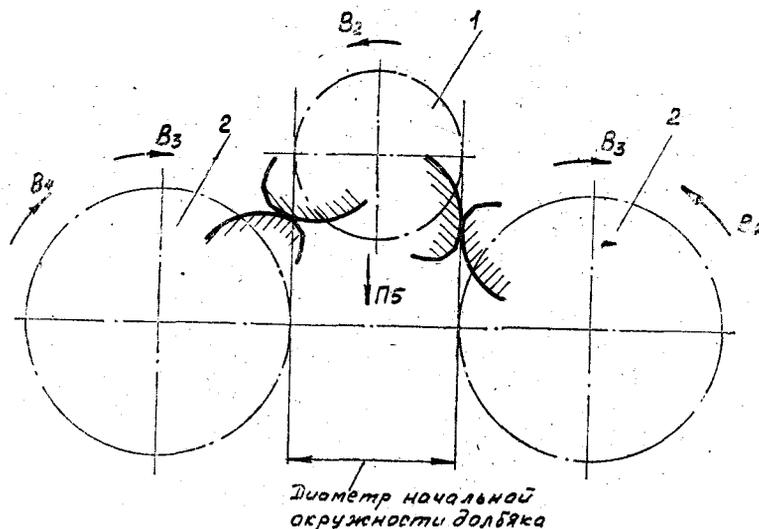


Рис. 1. Способ зубодолбления одним долбяком одновременно двух колес

Ниже предлагается одно из таких решений, в основу которого положен способ зубодолбления с тангенциальным движением врезания [7], модернизированный нами для одновременной обработки двух зубчатых колес одним стандартным долбяком. Для профилирования зубьев колес по этому способу (рис. 1) необходимо создать два сложных исполнительных движения: традиционное движение обката, воспроизводящее зацепление пары зубчатых колес, состоящее из двух строго согласованных элементарных движений: вращения V_2 долбяка 1 и вращения V_3 заготовок 2, и движение врезания, воспроизводящее реечное зацепление, состоящее из двух строго согласованных элементарных движений: вращения V_4 заготовок и поступательного перемещения P_5

долбяка. Как видно из схемы способа, заготовки 2 одновременно участвуют в двух исполнительных движениях, причем на одной заготовке эти движения складываются, а на другой — вычитаются. Устранение этого нежелательного явления осуществляют, выполняя движение обката последовательно после выполнения движения врезания, для чего

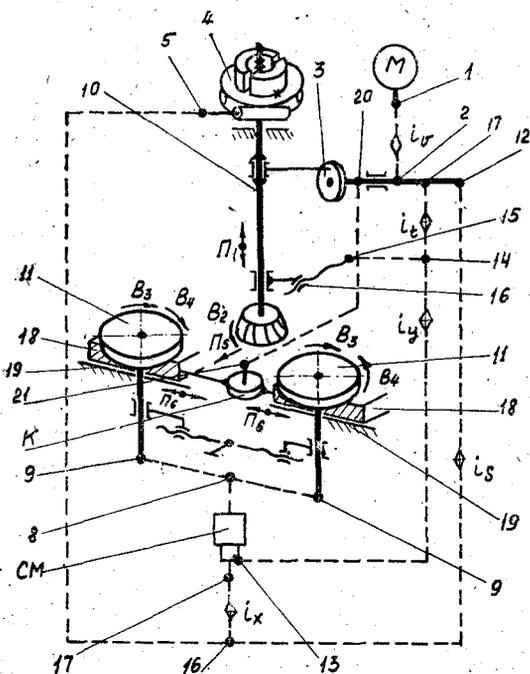


Рис. 2. Структурная схема станка

в кинематике станка должен быть предусмотрен переключающий механизм. Последовательное выполнение движений врезания и обката позволяет также увеличить подачу врезания до величины круговой подачи, что позволит значительно сократить период врезания.

На рис. 2 приведена структурная схема станка [8], разработанная на основе предложенного способа. Описание схемы выполнено в соответствии с теоретической концепцией монографии [9]. Формообразующая часть структуры станка содержит три кинематические группы: группу образования формы зуба по длине $\Phi_v(\Pi_1)$, группу образования профиля зуба $\Phi_s(B_2B_3)$ и группу тангенциального врезания $B_p(B_4\Pi_5)$.

Группа $\Phi_v(\Pi_1)$ — простая. Ее внутренняя связь — элементарная поступательная кинематическая пара, образованная штосселем долбяка и корпусом станка.

Внешняя связь

$$M \rightarrow 1 \rightarrow i_v \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow \Pi_1$$

представляет собой кинематическую цепь, передающую энергию движения от электродвигателя M через орган настройки на скорость врезания i_v и кривошипно-ползунковый механизм 3 к штосселю.

Группа $\Phi_s(B_2B_3)$ — сложная. Ее внутренняя связь

$$B_2 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow i_x \rightarrow CM \rightarrow 8 \rightarrow 9 \rightarrow B_3$$

представляет собой цепь обката, связывающую штоссель 10 долбяка и столы 11. Внешняя связь

$$M \rightarrow 1 \rightarrow i_v \rightarrow 2 \rightarrow 12 \rightarrow i_s \rightarrow 6$$

передает энергию вращательного движения от электродвигателя во внутреннюю связь через звено соединения связей 6.

Сложное исполнительное движение B_2B_3 настраивается на траекторию органом настройки i_x и на скорость обката органом настройки i_s .

Группа $B_p(B_4\Pi_5)$ — сложная. Ее внутренняя связь

$$B_4 \rightarrow 9 \rightarrow 8 \rightarrow CM \rightarrow 13 \rightarrow i_y \rightarrow 14 \rightarrow 15 \rightarrow 16 \rightarrow \Pi_5$$

представляет собой цепь, воспроизводящую реечное зацепление и кинематически связывающую столы с суппортом долбяка. Внешняя связь

$$M \rightarrow 1 \rightarrow i_v \rightarrow 2 \rightarrow 17 \rightarrow i_t \rightarrow 14$$

передает энергию движения от электродвигателя во внутреннюю связь через звено соединения связей 14.

Сложное исполнительное движение B_4P_5 настраивается на траекторию органом настройки i_y и на скорость врезания органом настройки i_z .

Столы 11 совершают последовательно два элементарных движения B_3 и B_4 , являющиеся составляющими различных сложных исполнительных движений, воспроизводимых разными кинематическими группами. Поэтому внутренние связи этих групп связаны между собой переключающим механизмом СМ.

Кинематическая структура станка содержит также традиционную для зубодолбежных станков вспомогательную группу «отскока» $B_{сп}(P_6)$, обеспечивающую отвод столов при обратном холостом ходе долбяка. Внутренняя связь этой группы — элементарная поступательная пара, образованная столами 18 и направляющими 19. Внешняя связь

$$M \rightarrow 1 \rightarrow i_y \rightarrow 20 \rightarrow 21 \rightarrow K \rightarrow P_6$$

передает энергию движения от электродвигателя к столам 19. Величина «отскока» столов «записана» на профиле кулачка K .

Таким образом, переход к способу зубодолбления с тангенциальным движением врезания, повлекший некоторое усложнение кинематической структуры станка за счет усложнения группы врезания и введения переключающего механизма, вполне оправдан, так как позволяет создать зубодолбежный станок, производительность которого вдвое выше производительности известных станков с радиальным движением врезания. Существенным достоинством станка является также возможность использования рассмотренных выше нестанковедческих решений в качестве технологического резерва повышения производительности.

Разработан технический проект станка с широким использованием сборочных единиц и деталей станка модели 5122, являющегося базовым в гамме выпускаемых в настоящее время зубодолбежных станков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зинин М. В., Станки для обработки зубчатых колес, Машгиз, М., 1950.
2. Петрухин С. С., Евдокимов В. А., Повышение производительности процесса зубодолбления, «Станки и инструмент», 1970, № 3.
3. Шенсинвол А. М., Режущий инструмент в приборостроении, Оборонгиз, М., 1953.
4. Седов Б. Е., Пути повышения производительности при зубодолблении, сб. Высокопроизводительный режущий инструмент, Московский дом научно-технической пропаганды, 1974.
5. Вайбел Ф., Инструмент для зубодолбления, Патент Швейцарии, № 481711, В23f, 1970.
6. Евдокимов В. А. и др., Совершенствование процесса зубодолбления, Орловское отделение Приокского книжного изд-ва, Орел, 1974.
7. Тиксье М., Способ нарезания цилиндрических колес, Патент № 475761, В23f, «Бюллетень изобретений», 1975, № 24.
8. Голембиевский А. И., Зубодолбежный станок, авторское свидетельство № 574283 В231 5/16, «Бюллетень изобретений», 1977, № 36.
9. Федотенок А. А., Кинематическая структура металлорежущих станков, изд-во «Машиностроение», М., 1970.

Статья поступила 14 ноября 1977 г.