

УДК 621.913.3:621.833.002.2

Повышение производительности зубодолбления

Канд. техн. наук

А. И. Голембиевский

В. А. Терентьев

А. И. Трофимов

Машинное время зубодолбления, как известно, складывается из двух составляющих, первая из которых определяет время профилирования зубьев нарезаемого колеса T_0 , а вторая — время врезания долбяка на глубину зуба T_v , и записывается в виде

$$T_M = T_0 + T_v = \frac{\pi m z}{n s_k} a + \frac{h}{n s_p} \text{ мин}, \quad (1)$$

где m — модуль обрабатываемого колеса, мм;

z — число зубьев нарезаемого колеса;

n — число двойных ходов долбяка в минуту;

s_k — круговая подача, мм/дв. ход долбяка;

a — число проходов;

h — величина врезания (высота зуба плюс 0,2—0,5 мм на безударный ход).

s_p — радиальная подача, мм/дв. ход долбяка.

Из приведенного уравнения видно, что уменьшить машинное время и тем самым повысить производительность зубодолбления можно путем увеличения скорости резания — числа двойных ходов долбяка в минуту, путем увеличения скорости обката — круговой подачи или путем увеличения скорости врезания — радиальной подачи.

В то же время в известных работах, посвященных зубодолблению, рассматриваются только два первых пути решения этой проблемы. В данной статье обосновывается третий, из названных выше, путь повышения производительности зубодолбления.

При зубодолблении по сложившейся традиции врезание долбяка на глубину зуба осуществляется одновременно с обкаткой.

Причем, радиальную подачу устанавливают равной 0,1—0,2 значения круговой подачи. Следовательно, процесс зубодолбления на этапе врезания осуществляется при суммарной подаче, векторное значение которой составляет 1,02 значения круговой подачи. Перераспределение этого значения, т. е. увеличение скорости врезания за счет уменьшения скорости обката, приведет к увеличению машинного времени и, следовательно, к снижению производительности.

Рис. 1

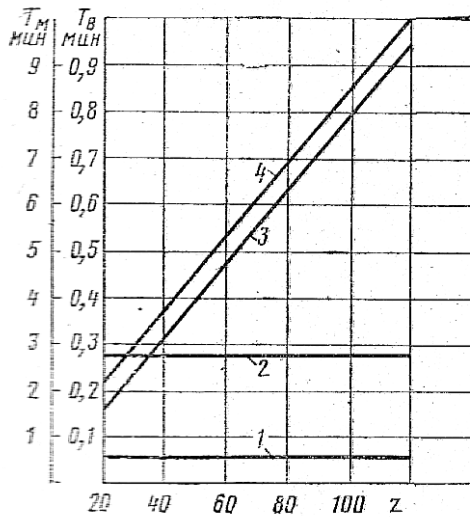
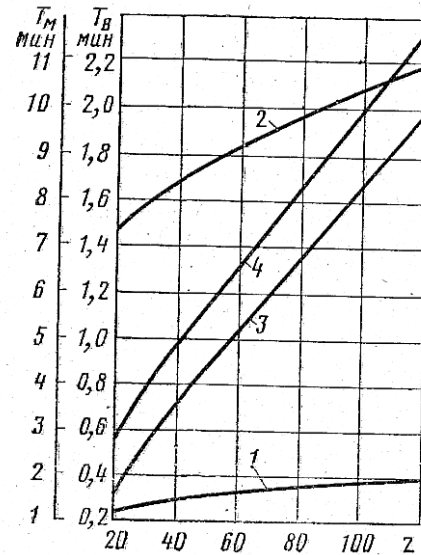


Рис. 2



Будем считать, что суммарная подача на этапе врезания лимитирует технологическую надежность станка. Тогда, перейдя к схеме последовательного, т. е. раздельного выполнения движений врезания и обката, и установив при этом значение радиальной подачи, равное суммарной подаче при традиционной схеме движений, т. е. 1,02 значения круговой подачи, можно значительно уменьшить вторую составляющую уравнения (1).

Для подтверждения этого вывода на рис. 1

приведены зависимости **T_м** и **T_в** от числа зубьев нарезаемого колеса **z**, подсчитанные по уравнению (1) при следующих условиях:

m = 2 мм,

n = 200 дв. ходов/мин;

a = 1;

S_к = 0,4 мм/дв. ход; **h** = 2,25**m**,

S_р = 0,2**S_к** (при движении врезания, совмещенном с движением обката) и

S_р = 1,02**S_к** (при последовательном выполнении движений врезания и обката).

Причем, радиальную подачу устанавливают равной 0,1—0,2 значения круговой подачи. Следовательно, процесс зубодолбления на этапе врезания осуществляется при суммарной подаче, векторное значение которой составляет 1,02 значения круговой подачи. Перераспределение этого значения, т. е. увеличение скорости врезания за счет уменьшения скорости обката, приведет к увеличению машинного времени и, следовательно, к снижению производительности.

Из рис. 1 видно, что время врезания (прямая 1) при последовательном выполнении движений в 5 раз меньше времени врезания (прямая 2) при одновременном выполнении этих движений. Машинное время зубодолбления также уменьшается (соответственно прямые 3 и 4). Причем эффект снижения машинного времени при переходе к последовательному выполнению движений врезания и обката возрастает в процентном отношении по мере уменьшения числа зубьев нарезаемого колеса.

Как известно, для принятых значений «отскока» долбяка при обратном ходе, начиная с некоторого значения круговой подачи, возникает явление интерференции зубьев долбяка и нарезаемого колеса. Одним из эффективных решений, устраняющих это явление, является переход к зубодолблению с движением врезания по касательной к делительным окружностям долбяка и нарезаемого колеса, положенный в основу зубодолбежных станков с одним или двумя (а. с. 574283) делительными столами. Однако по традиции и этот способ зубодолбления предусматривает совместное выполнение движений врезания и обката. Поэтому необходимо оценить возможность уменьшения машинного времени при переходе к последовательному выполнению движений врезания и обката также и при этом способе зубодолбления.

Путь врезания при выполнении этого движения по касательной к делительным окружностям долбяка и нарезаемого колеса определяется из выражения

$$h = m \sqrt{2(z + z_d) + 4},$$

где z_d — число зубьев долбяка.

Подставляя приведенное выражение в уравнение (1) и заменяя радиальную подачу S_p ее аналогом S_t при касательном врезании, получим уравнение для подсчета машинного времени при зубодолблении с касательным движением врезания

$$T_{\text{м}} = \frac{\pi m z}{n s_{\text{к}}} a + \frac{m \sqrt{2(z + z_{\text{д}}) + 4}}{n s_{\text{т}}} \text{ мин.} \quad (2)$$

На рис. 2 приведены зависимости **$T_{\text{м}}$** и **$T_{\text{в}}$** от числа зубьев нарезаемого колеса **z** , подсчитанные по уравнению (2) при тех же условиях, что и в приведенном выше примере при использовании долбяка с **$z_{\text{д}} = 50$** .

Как видно из рис. 2, время врезания (кривая 1) при последовательном выполнении врезания и обката значительно меньше времени врезания (кривая 2) при совместном выполнении этих движений.

Эффект уменьшения времени врезания при последовательном выполнении движений возрастает с увеличением числа зубьев нарезаемого колеса. Это объясняется тем, что путь врезания возрастает с увеличением числа зубьев нарезаемого колеса при прочих равных условиях. Машинное время зубодолбления (соответственно кривые 3 и 4) уменьшается в 1,2—1,7 раза в зависимости от числа зубьев нарезаемого колеса.

Сравнение рис. 1 и рис. 2 показывает, что при переходе к последовательному выполнению движений врезания и обката эффект сокращения машинного времени при касательном движении врезания выше, чем при радиальном.

Реализация рассмотренного пути повышения производительности зубодолбления не вносит принципиальных изменений в конструкцию современных станков. Например, в базовом станке мод. 5122 предусмотрено переключение режима работы со схемы с одновременным осуществлением движений врезания и обката на схему с последовательным выполнением этих движений, а изменения сводятся лишь к увеличению предельных значений радиальных подач.

Проведенное исследование показывает, что в случае последовательного осуществления движений врезания и обката машинное время уменьшается как при зубодолблении с радиальным, так и с касательным движением врезания. Следовательно, этот путь является существенным резервом повышения производительности зубодолбления.