

линией на рисунке показано угловое положение фрезы, когда зуб Z закончил резание и действующая на него сила резания упала до нуля, а пунктирной — положение фрезы, при котором действующая на зуб Z сила резания снизилась до максимально допустимой с точки зрения необходимого увеличения периода стойкости фрезы при использовании данного способа. Значение этой силы резания определяется экспериментальным путем.

Применение данного способа фрезерования позволяет увеличить период стойкости режущего инструмента по сравнению с известными способами зубофрезерования червячной или дисковой модульной фрезой, а при сохранении периода стойкости инструмента на прежнем уровне — ужесточить режимы обработки и повысить производительность труда на операции зубофрезерования. Увеличение периода стойкости инструмента при использовании предложенного способа обеспечивается улучшением условий его работы, что обусловлено следующими особенностями реализации.

1. Поскольку импульсы движения подачи заготовки или фрезы производятся после поворота фрезы на K реек (зубьев), не кратное общему числу реек (зубьев) фрезы, то повышается равномерность действия сил резания на зубья фрезы. При этом каждый зуб фрезы снимает стружку максимальной толщины значительно реже, чем при непрерывном движении подачи заготовки или фрезы в период резания, и тепловой режим работы зубьев фрезы улучшается.

2. Так как процесс резания происходит в основном при отсутствии относительного осевого перемещения заготовки и фрезы, то исключается дополнительное давление заготовки на зубья фрезы, переменное по контуру зуба, т.е. снижается общая нагрузка на зубья фрезы и повышается равномерность этой нагрузки в процессе зубонарезания. Неравномерность нагрузки в различных точках задней поверхности зуба фрезы при непрерывно перемещающейся относительно него заготовке связана с изменением в этих точках угла между направлением силы давления заготовки и касательной к задней поверхности зуба в точке приложения этой силы. Изменение направления касательной к задней поверхности зуба фрезы в разных точках этой поверхности связано с криволинейной формой последней.

3. Поскольку движение подачи происходит импульсами, имеет место эффект увеличения толщины стружки, что, как известно из опыта фрезерования с попутной подачей и применения инструмента с прогрессивной схемой резания, способствует уменьшению удельной силы резания и в конечном счете приводит к увеличению периода стойкости инструмента.

4. Резание с переменной подачей, как показали исследования для различных видов обработки [4], способствует, как правило, снижению интенсивности изнашивания инструмента и повышению производительности обработки.

Наиболее благоприятные условия для реализации описанного способа фрезерования зубьев цилиндрических зубчатых колес возникают при попутной подаче заготовки (см. рис. 1) или фрезы параллельно оси заготовки. При этом усилия, необходимые для осуществления подачи, минимальны, а в механизме подач отсутствуют зазоры, что позволяет производить движение подачи импульсами с высокой частотой и малой амплитудой.

Рассмотрим основные условия применения и параметры предложенного способа фрезерования зубьев цилиндрических зубчатых колес.

Наилучшие условия для реализации этого способа будут иметь место, ког-

Для детали 130-1701112 ($m = 4,25$ мм, $z = 45$, $h = 7,896$ мм), изготавливаемой на Минском заводе шестерен с помощью червячной фрезы, имеющей $z_0 = 10$, $r_{a0} = 50$ мм, длина пути вершины зуба фрезы, на котором может происходить импульс движения подачи, составляет при расчете по зависимости $L = L_{a-b} - L_{a-c} = 2,9$ мм, а при расчете по зависимости $L' = L'_{a-b} - L'_{a-c} = 2,86$ мм. Расчеты показывают, что наилучшие условия применения способа наблюдаются при прочих равных условиях, если у нарезаемого зубчатого колеса $m < 4,5$ мм или если зубчатое колесо имеет отрицательную высотную коррекцию (при $m > 4,5$ мм, $h < 10$ мм). С уменьшением количества реек фрезы до 9 сдвигается допустимое значение h до 12 мм при $m = 5$ мм. Однако и при $m = 4,5$ мм, $h = 10$ мм, $d_{a0} = 100$ мм ($L = -0,6$ мм) возможна реализация данного метода, так как незначительное уменьшение скорости резания на длине $L = 0,6$ мм не может ухудшить режущие свойства червячной фрезы и качество обработки.

Следовательно, в условиях, характерных для обработки цилиндрических зубчатых колес в автотракторостроении ($m = 3 \dots 5$ мм, $d_{a0} = 80 \dots 150$ мм), применение предлагаемого способа зубофрезерования принципиально возможно и при использовании стандартных червячных фрез.

Частота импульсов движения подачи заготовки или фрезы при $n_0 = 100 \text{ мин}^{-1}$, $z_0 = 10$, $K = 3$ составляет 333 импульса в минуту.

Допустимую продолжительность импульса движения подачи (мин) можно определить по формуле

$$t_{\text{имп}} = \frac{L}{v_r \cdot 1000},$$

где L — длина пути зуба фрезы, на котором происходит импульс движения подачи, мм; v_r — скорость главного движения резания, м/мин.

При обработке детали 130-1701112 с $v_r = 30$ м/мин $t_{\text{имп}} = 0,0058$ с. Импульс движения подачи определяется по формуле

$$l = S_0 \frac{n}{n_{\text{имп}}} = S_0 \frac{K}{z z_0 i},$$

где S_0 — подача на оборот заготовки, мм/об; n — частота вращения заготовки, об/мин; z — число зубьев нарезаемого зубчатого колеса; i — число заходов червячной фрезы.

При $S_0 = 4$ мм/об $K = 3$ $l = 0,026$ мм.

Скорость движения импульсной подачи (м/мин)

$$v_S = \frac{l}{1000 t_{\text{имп.д}}},$$

где $t_{\text{имп.д}}$ — действительная продолжительность импульса движения подачи, мин.

При обработке детали 130-1701112 и использовании спроектированного нами устройства к станку 5В312 $v_S = 0,43$ м/мин.

Следовательно, скорость движения импульсной подачи во много раз (при-

мерно в 72 раза) меньше скорости главного движения резания. Поэтому импульс движения подачи без ухудшения условий резания может происходить с опережением, т. е. до момента, когда один зуб фрезы придет в точку a . При этом будет лишь незначительно уменьшаться мгновенная скорость резания. Главное, чтобы в момент импульса зуб 4 еще не начал резание.

Минутная подача заготовки или фрезы

$$S_{\text{мин}} = l n_{\text{имп}} = l n_0 \frac{z_0}{K}$$

Для предложенного нами устройства к станку 5В312 при $K = 3$ $n_0 = 100$ об/мин, $S_{\text{мин max}} = 26$ мм/мин, $S_{\text{мин min}} = 3$ мм/мин, т. е. можно обеспечить увеличение $S_{\text{мин}}$ по сравнению с принятыми в настоящее время режимами обработки ($S_0 = 1,5 \dots 2,5$ мм/об, $v_c = 30$ м/мин) почти в 5 раз.

Рассмотренный способ фрезерования зубьев цилиндрических зубчатых колес был реализован в условиях Минского завода шестерен и подтвердил свою высокую эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овумян Г.Г., Адам Л.И. Справочник зубореза. – М., 1983. – 223 с. 2. Аленин М.П. Осуществление прерывистых осевых подач на зубофрезерных станках//Станки и инструмент. – 1967. – № 3. – С. 32. 3. А.с. 729928 (СССР). Система управления приводом подач зубофрезерного станка/С.Б.Фраймович, В.И.Шляхецкий, Ю.А.Лукашев. 4. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. – М., 1977. – 304 с.

УДК 621.923.77(088.8)

И.Л.БАРШАЙ, канд.техн.наук,
А.Л.АБУГОВ (БПИ)

КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРИ СОВМЕЩЕННОЙ ОБРАБОТКЕ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЕМ И ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Применение комбинированных устройств, сочетающих иглофрезы и деформирующие элементы, требует решения задачи, связанной с определением оптимальных параметров режима обработки. В частности, необходимо определить минутную подачу такого устройства, зависящую от подачи деформирующих элементов и обеспечивающую требуемые параметры шероховатости поверхности [1]. Работа указанных совмещенных устройств [2] основана на выполнении следующих кинематических движений (рис. 1): главное движение резания иглофрез $D_{rн}$, движение круговой подачи иглофрез $D_{Sн}$, главное движение деформирующих элементов D_d , движение продольной подачи детали D_S . Направления движений $D_{Sн}$ и D_d совпадают. Указанные кинематические движения обеспечивают требуемое качество обработанной поверхности цилиндрических деталей.

Вместе с тем при невысоких скоростях движения круговой подачи игло-

фрез (обычно $v_{Sи} = 4 \dots 14$ м/мин) снижается производительность процесса обработки при их равенстве со скоростями главного движения деформирующих элементов $v_d = 50 \dots 80$ м/мин. Кроме того, выбор одинаковых для иглофрез ($S_{о.и}$) и деформирующих элементов ($S_{о.д}$) подач на оборот соответственно для движений D_{Si} и D_d также не обеспечивает высокой производительности обработки. Это вызвано разницей площадей контакта инструментов с обрабатываемой поверхностью и значительным различием их подач, обеспечивающих требуемые параметры шероховатости поверхности.

Для повышения производительности обработки необходимо скорость главного движения деформирующих элементов v_d принимать большей, чем

скорость движения круговой подачи иглофрез v_{Si} . Подачи этих инструментов $S_{о.и}$ и $S_{о.д}$ на один оборот целесообразно принимать равными оптимальным при отдельной обработке иглофрезерованием и поверхностным пластическим деформированием (ППД). При этом должно быть обеспечено равенство минутных подач для иглофрез и деформирующих элементов. Исходя из последнего требования можно записать

$$S_{о.и} Z_{и} N_{и} = S_{о.д} Z_{д} N_{д} ,$$

где $S_{о.и}$ и $S_{о.д}$ — оптимальная подача (мм/об) соответственно на одну иглофрезу и деформирующий элемент; $Z_{и}$ и $Z_{д}$ — количество иглофрез и деформирующих элементов; $N_{и}$ и $N_{д}$ — частота вращения иглофрез и деформирующих элементов соответственно при круговой подаче иглофрез и главном движении деформирующих элементов, об/мин.

Тогда

$$N_{д} = \frac{S_{о.и} Z_{и} N_{и}}{S_{о.д} Z_{д}} .$$

Минимальная частота вращения деформирующих элементов определяется их максимально возможной подачей, превышение которой приведет к появлению на поверхности детали необработанных участков:

$$N_{дmin} = \frac{S_{о.и} Z_{и} N_{и}}{S_{о.дmax} Z_{д}} . \quad (1)$$

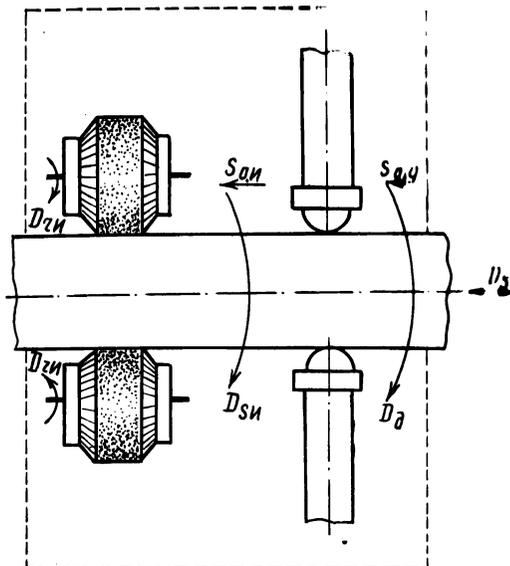


Рис. 1. Схема совмещенной обработки иглофрезерованием и ППД