

Решение данной задачи возможно с помощью методов линейного программирования.

Вывод:

Приведенные зависимости позволяют на этапе отладки процесса зубофрезерования цилиндрической шестерни червячной фрезой определить режимы зубофрезерования, которые обеспечат требуемое качество шестерён в заданных условиях производства

1. Кане, М.М. Анализ взаимосвязей некоторых параметров качества поверхностей зубьев цилиндрических шестерён с режимами зубофрезерования / М.М.Кане, В.К.Шелег, М.А.Кравчук, П.И.Кот // Сб. ст. «Актуальные вопросы машиноведения», ОИМ, Минск, 2019.
2. Медведицков, С.Н. Высокопроизводительное зубонарезание фрезами / С.Н.Медведицков. – М.:Машиностроение, 1981.
3. Кане, М.М. Изменение параметров качества поверхности зубьев цилиндрических зубчатых колес на различных операциях их изготовления / М.М. Кане, А.И. Медведев // Вестник машиностроения. – 1997. – №7.
4. Режимы резания металлов: Справочник/ Ю.В.Барановский, Л.А.Брахман, А.И.Гдалевич и др. Под ред. А.Д.Корчёмкина.-М.: НИИТавтопром, 1995.

УДК 621.9.06

**ОБРАБОТКА НЕЖЕСТКИХ ЗАГОТОВОК НА ДВУХСУППОРТНЫХ
ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧПУ**

Каштальян И.А., Шпак А.В., Небышинец А.С.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Резервы эффективного использования двухсуппортных токарных станков с числовым программным управлением (ЧПУ) находятся в рациональном совмещении обработки поверхностей заготовки при общей частоте вращения шпинделя. Причем число вариантов совмещения может существенно возрасти, если на станке будет реализована функция независимого управления суппортами. На двухсуппортном вертикальном патронном полуавтомате мод. 1Ф751Ф3, оснащённом микропроцессорным устройством с ЧПУ, данная задача управления решена путем включения в состав технологического программного обеспечения программного модуля, реализующего алгоритм независимого управления координатными перемещениями. По данному алгоритму согласование начала отработки обеих управляющих программ (для правого и левого суппортов) осуществляется с помощью признака синхронизации Н. В управляющей программе (УП) для правого (левого) суппортов под адресом Н задается номер кадра, с которого начинается отработка УП для левого (правого)

суппорта. Использование этой функции управления позволяет обеспечить оптимальное сочетание рабочих и вспомогательных ходов для правого и левого суппортов при их совместной работе.

Наибольший эффект от совместного точения двумя резцами, установленными на разных суппортах, может быть получен при изготовлении нежестких деталей (кроме увеличения производительности обработки значительно повышается точность формы детали в продольном сечении за счет уравнивания радиальных сил резания). Настройку резцов осуществляют по одной из известных схем: с делением глубины резания; с делением подачи. Указанные схемы точения имеют один общий недостаток, который обусловлен возникновением вибраций вследствие взаимного влияния реализуемых процессов резания друг на друга (при совпадении частот вынужденных колебаний одного и другого процессов резания появляются резонансные явления). Для исключения этого недостатка целесообразно для одного из процессов обеспечить управляемое закономерное изменение уровня вибраций (например, путем включения в один из процессов резания кинематической неустойчивости). Для этого в технологическое программное обеспечение устройства ЧПУ был включен модуль, позволяющий периодически увеличивать подачу от S_{\min} до S_{\max} , а потом снижать ее до первоначального значения. Изменение подачи между ее пиковыми значениями производится приращениями величиной ΔS по мере обработки участков Δl между приращениями: устройство ЧПУ поочередно реализует зависимость $S_{\max} = S_{\min} + n_s \Delta S$ и зависимость $S_{\min} = S_{\max} - n_s \Delta S$, где n_s – число приращений скорости подачи при ее изменении от S_{\min} до S_{\max} . Длина пути разгона (замедления) при этом определяется из выражения $l_1 = n_s \Delta l$: значение ΔS выбирается кратным 0,1 мм/мин; Δl принимается кратной единице дискретности.

Включение в один из процессов резания модулированной подачи (независимо от схемы резания) наряду с повышением производительности и точности обработки приводит к снижению уровня вибраций технологической системы. При точении с делением подачи кроме того наблюдается надежное дробление стружки за счет периодического совпадения поверхностей резания обоих резцов (рисунок 1).

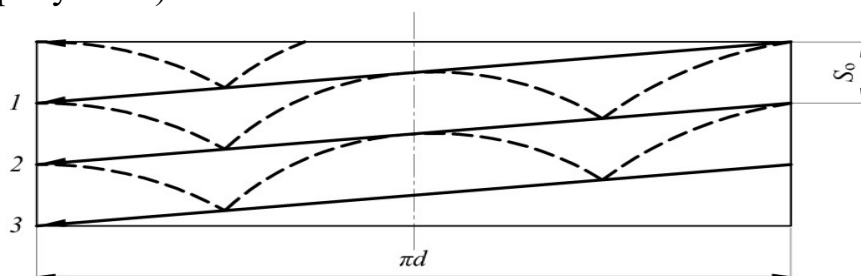


Рисунок 1 – Схема следов вершин резцов на развертке наружной поверхности заготовки при совместном точении двумя резцами с делением подачи: след вершины резца, работающего с постоянной (сплошная линия) и модулированной (пунктирная линия) подачей

Экспериментальные исследования выполнялись с использованием станка мод. 1А751ф3, оснащенного устройством ЧПУ с функцией независимого управления суппортами и функцией модулированного изменения подачи. Обработывалась наружная поверхность втулок из стали 40ХН (длина втулки 145 мм, наружный диаметр 150 мм, внутренний 135 мм) при консольном закреплении в патроне и частоте вращения шпинделя $n_{ш}=255$ об/мин. Была реализована схема точения с делением подачи (оба рабочих хода выполнялись с глубиной резания $t=3$ мм и скоростью резания $v=120,1$ м/мин). Резец, установленный в револьверной головке правого суппорта, перемещался с модулированной подачей, среднее значение которой было равно подаче резца, установленного на левом суппорте.

В результате выполненных экспериментов установлено, что включение в процесс резания одним из резцов модулированной подачи обеспечивает уменьшение шероховатости обработанной поверхности и надежное дробление стружки. Уменьшение шероховатости обусловлено снижением уровня вибраций технологической системы, за счет уменьшения вероятности возникновения резонансных явлений при наложении друг на друга однородных процессов резания. Надежное дробление стружки обеспечивается за счет периодического сближения поверхностей резания обоих резцов.

УДК 658.512

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЖЕСТКОСТИ НАПРАВЛЯЮЩИХ КАЧЕНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

Колесников Л. А.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Точность современных станков определяется многими факторами, одним из важнейших которых является жесткость направляющих. В настоящее время наиболее распространены направляющие качения. Оценим характер изменения жесткости такой направляющей в зависимости от направления действия силы. В качестве тестовой использовалась направляющая Rexroth серии 1851 типоразмера 45 с роликовыми телами качения и натягом $0.08C$, где C – динамическая грузоподъемность, $C=92300$ Н. В соответствие с данными [1] жесткость направляющей в вертикальном направлении принималась равной 1833 Н/мкм, а в горизонтальном направлении – 1143 Н/мкм.

Была разработана псевдоплоская МКЭ-модель тестовой направляющей качения, включающая опорную рельсу, саму каретку и упругие тела (1...4), моделирующие тела качения (рисунок 1, а). Тело каретки и рельса выполнены из стали ($E=2 \times 10^5$ МПа), а модуль Юнга упругих тел подбирался таким образом, чтобы эквивалентная жесткость модели направляющей в