

УДК 621.91

Ключко А. А., Годзула И. Г.
ДГМА, г. Краматорск, Украина

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ НА ИХ ДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ

Несущая система металлорежущего станка должна обеспечивать и сохранять в течение срока службы станка обработку резанием с заданными режимами и требуемой точностью. Исходя из этого, основными критериями работоспособности несущей системы являются жесткость, а также виброустойчивость, обеспечивающая возможность устойчивой работы станка при заданных режимах.

Целью работы является повышение виброустойчивости вертикально-фрезерных обрабатывающих центров на основе диагностирования и оценки точностных характеристик зубчатых колес, входящих в приводы движения.

Во время работы прямозубых колес в их зацеплении возникают динамические процессы, величина и характер которых определяется не только передаваемой мощностью, но и рядом других факторов. Поэтому при поиске способов снижения виброактивности цилиндрических эвольвентных прямозубых передач необходимо базироваться на общих законах теории колебаний и четко представлять основные причины, определяющие характер и интенсивность вибраций, возникающих в зацеплении.

Динамические процессы в эвольвентных прямозубых передачах, порождающие колебательную энергию, условно могут быть подразделены на три группы: динамическое соприкосновение профилей зубьев в процессе пересопряжения, вызываемое упругими деформациями зубьев, упругими деформациями тела зубчатых колес и их опор, а также неточностями изготовления и монтажа зубчатого венца; динамическое взаимодействие профилей зубьев, вызванное колебательным состоянием упругой системы (в целом), в которую входит зубчатая передача; динамическое взаимодействие профилей зубьев, вызванное неравномерностью нагрузки или неравномерным режимом работы двигателя [1]. Возникающие колебания в зубчатых колесах могут сопровождаться различными разрушениями зубьев (рис. 1).

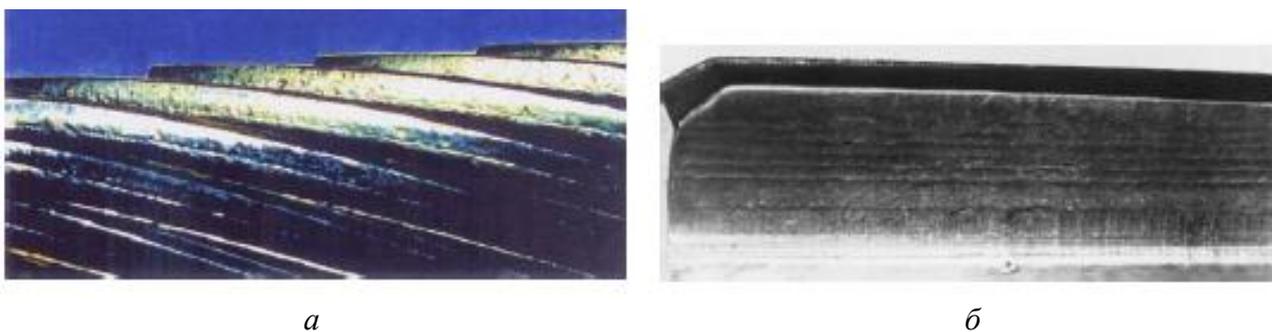


Рисунок 1 – Повреждения зубьев колес: *а* – пластическая деформация при качении;
б – пластическая деформация при ударе

Очевидно, что критерии для оценки виброустойчивости вертикально-фрезерных обрабатывающих центров следует основывать на показателях точности зубчатых колес. Влияние ошибок формы, размеров, положения рабочих профилей зубьев, являющихся причиной погрешности перемещения, проявляется непрерывно по мере вращения колеса. При этом в каждый момент времени проявляется влияние ошибки положения именно той точки профиля, которая в данный момент вышла на линию зацепления и находится в контакте с профилем парного колеса (рис. 2). Относительное угловое положение

контактирующих профилей определяется положением точки контакта на общей нормали к профилям, т.е. для эвольвентных профилей теоретически – на прямой линии зацепления. Следовательно, кинематическую ошибку можно измерить как линейное перемещение на основной окружности [1, 2].

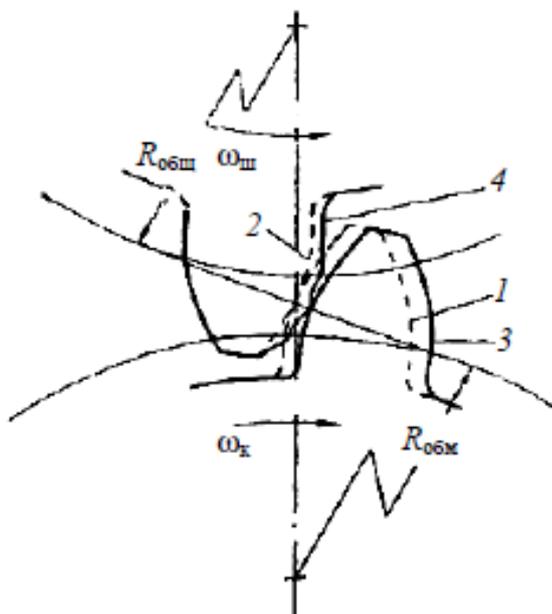


Рисунок 2 – Ошибка положения ведомого колеса: 1 – идеальное положение ведомого колеса; 2 – теоретически точное ведущее колесо; 3 – действительное положение ведомого колеса вследствие ошибок профиля; 4 – профиль ведущего колеса

Математически действующую кинематическую ошибку представляют как:

$$\Delta y = \int_0^x \delta p dx, \quad (1)$$

где y – перемещение ведомого звена, происходящее от перемещения x ведущего;

δp – ошибка радиуса окружности, на которой измеряют y .

Действующая кинематическая ошибка зависит от точности профилей, от размера зубьев, их расположения относительно друг друга и относительно оси вращения. Поэтому эту ошибку рассматривают как комплексную, которую можно разложить на ряд составляющих, зависящих от перечисленных выше ошибок элементов колеса. Ошибки формы, размеров и положения рабочих профилей, измеряемые каждая в соответствующем направлении, могут быть приведены на направление линии действия кинематической ошибки, вследствие чего последнюю и называют приведённой ошибкой [3].

Таким образом, одним из прогрессивных направлений повышения динамической устойчивости вертикально-фрезерных обрабатывающих центров является повышение точности изготовления зубчатых колёс. Увеличение точности изготовления прямозубых колёс высокоскоростных цилиндрических эвольвентных двухступенчатых редукторов с пятой до четвёртой степени понижает общие уровни вибраций редукторов в среднем на 6 дБ. Однако при использовании этого направления следует учитывать, что интенсивность вибраций зависит не только от величины и частоты слагаемых погрешностей прямозубых зацеплений, но и от сочетания погрешности конкретного вида и её величины с конструктивными динамическими характеристиками всего агрегата и с режимами его работы [4].

В современном машиностроении активно совершенствуются конструкции зубчатых передач. Так, применение конструкций зацепления колёс с увеличенной головкой зуба (так называемый "глубокий" профиль), зацеплений сборных колёс со смещёнными друг

относительно друга зубчатыми венцами и др. позволяет улучшить работоспособность и несущую способность зацепления, а также снизить уровень вибрации и шума. Например, применение зубчатых зацеплений зубьев с "глубоким" профилем в применяемом диапазоне передаточных чисел 1,6...4,0 приводит к снижению уровня вибрации до 2,5.. .6,2 децибел.

Выводы

1. Требования к точности и жёсткости фрезерных обрабатывающих центров основываются на величине показателей точности зубчатых колёс. Для установления указанных зависимостей целесообразно принять основными показателями точности колёс действующую ошибку и поэлементные показатели точности: ошибки профиля, шага, накопленную ошибку шага, биение начальной окружности, отклонение направления зуба.

2. Работа выполнена на основании изучения имеющего опыта и обобщения известных результатов и является актуальной при исследовании процессов динамических колебаний металлорежущих станков.

3. Необходимо выбирать рациональную геометрию зацепления, а также оптимальную модификацию зубьев, что уменьшит износ профиля зубьев в процессе эксплуатации приводов, улучшая их динамические характеристики.

Перечень источников литературы: 1. Machine gearing – development and technology. Sigg H. "Proc. Inst. Mech. Eng.", 1990, 204, 7A1. 2. Ванин, В.А. Точность кинематических цепей металлорежущих станков: учебное пособие / В.А. Ванин, А.Н. Колодин, В.Х. Фидаров. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 188 с. 3. Денисенко А.Ф., Зубенко В.Л., Болотов Б.Е. Прогнозирование параметрической надежности станочных систем по виброакустическим критериям. Самара: СамГТУ, 2004. 251 с. 4. Вибростабилизирующая обработка крупногабаритных зубчатых колес / Е. В. Мироненко, А. А. Клочко, В. Д. Ковалев [и др.] // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем: сб. науч. тр. – Краматорск : ДГМА, 2009. – Вып.25. – С. 90–94.

Рецензент: **Ковалев В.Д.**, д.т.н., проф., ДГМА

ВЛИЯНИЕ ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС
ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРОВ
НА ИХ ДИНАМИЧЕСКУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ

Клочко А. А., Годзула И. Г.

Требования к точности и жёсткости фрезерных обрабатывающих центров основываются на величине показателей точности зубчатых колёс. Работа выполнена на основании изучения имеющегося опыта и обобщения известных результатов и является актуальной при исследовании процессов динамических колебаний металлорежущих станков.

ВПЛИВ ТОЧНОСТНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЧАТИХ КОЛІС
ВЕРТИКАЛЬНО-ФРЕЗЕРНИХ ОБРОБНИХ ЦЕНТРІВ
НА ЇХ ДИНАМІЧНУ СТІЙКІСТЬ

Клочко О. О., Годзула І. Г.

Вимоги до точності і жорсткості фрезерних обробних центрів ґрунтуються на величині показників точності зубчастих коліс. Робота виконана на підставі вивчення досвіду і узагальнення відомих результатів і є актуальною при дослідженні процесів динамічних коливань металорізальних верстатів.

INFLUENCE OF COGWHEELS PRECISION PARAMETERS
OF VERTICAL MILLING MACHINING CENTERS
ON THEIR DYNAMIC STABILITY

Klochko A.A., Godzula I.G.

Requirements for accuracy and rigidity of milling machining centers are based on the value of indicators of precision gears. This work was based on a review of available experience and generalization of known results and is relevant in the study of processes of dynamic vibration of machine tools.

Ключевые слова: обрабатывающий центр, зубчатое колесо, динамические колебания

Ключові слова: обробний центр, зубчасте колесо, динамічні коливання

Key words: machining center, gear, dynamic vibration

Дата подання статті до редакції: 18 жовтня 2014 р.