

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ ГЛУБОКОРАСТОЧНОГО СТАНКА КЖ-1910 В РЕЖИМЕ НИЗКИХ СКОРОСТЕЙ

В 2012 году в механосборочном цехе № 12 ПАО «Новокраматорский машиностроительный завод» производилась модернизация глубокорасточного станка КЖ-1910 производства Краматорского завода тяжелого станкостроения.

В результате модернизации была увеличена длина станины с 18 до 34 метров. Длина ходового винта модернизированного станка составила 27 метров. Это позволило производить обработку внутренней поверхности толстостенных кованых труб для атомной энергетики длиной 9 и 12 метров. Внутренний диаметр труб составляет 985 мм.

В процессе пусконаладочных работ была обнаружена интересная особенность: после обработки внутренней поверхности трубы режущим инструментом оставались канавки (рисунок 1).

С помощью панели визуализации MP277 фирмы Siemens, установленной на станке, была произведена запись осциллограммы линейной скорости подачи режущего инструмента. Измерение линейной скорости производилось с помощью датчика абсолютного положения с SSI интерфейсом. На один оборот датчик дает 8192 импульса. Данная осциллограмма представлена на рисунке 2.

При записи осциллограммы линейная скорость подачи режущего инструмента, заданная оператором, составляла 6 мм/мин. Однако по факту скорость скачкообразно менялась от 0-2 до 14-15 мм/мин. Это негативно сказывалось на качестве обрабатываемой поверхности и точности обработки. Для обеспечения требуемой шероховатости оператору приходилось выполнять чистовую обработку с высокой скоростью подачи и соответствующе высокой скоростью вращения детали. Поскольку вес детали составляет 20-25 тонн, то ее повышенная скорость вращения при чистовой обработке является небезопасной как для оборудования, так и для оператора.

Для выявления природы происходящих процессов был произведен анализ литературных источников. Анализ источников [1-5] показал, что в данном случае ухудшение качества технологического процесса обработки поверхности заготовки связано с наличием упругости кинематической передачи при нелинейности характеристики трения.

Расчеты механической части привода подачи показали, что наименее жестким звеном кинематической цепи является ходовой винт. При диаметре винта 120 мм и длине 27 м его жесткость на кручение составляет 62 2990 Нм/рад. При приведении жесткости ходового винта механизма подачи к валу электродвигателя его жесткость составляет всего 0.116 Нм/рад. Собственная частота колебаний ходового винта составляет 19.1 Гц.

В механизме подачи станка КЖ-910 имеется 4 основных точки трения: трение на валу двигателя; трение в передаче «ходовой винт-гайка»; трение между поверхностью опорной станины и стеблевой бабкой; трение между борштангой и опорными люнетами.

Первым было выдвинуто предположение о наличии нелинейной характеристики трения на валу электродвигателя механизма подачи. Данная ситуация и возможный метод решения рассматривается в источнике [4]. Для проверки данного предположения с помощью среды Starter (Siemens) были получены и проанализированы осциллограммы скорости двигателя. Осциллограммы показали, что электродвигатель имеет постоянную скорость вращения без каких-либо колебаний и пульсирующий момент.

После этого дальнейший анализ показал, что в механизме подачи происходят срывные фрикционные автоколебания в двух точках трения. Первой точкой трения с нелинейной характеристикой является передача «ходовой винт-гайка». Вторая точка трения с нелинейной характеристикой состоит из трения между поверхностью опорной станины и стеблевой бабкой и трения между борштангой и опорными люнетами.



Рисунок 1 – Внутренняя поверхность трубы после обработки

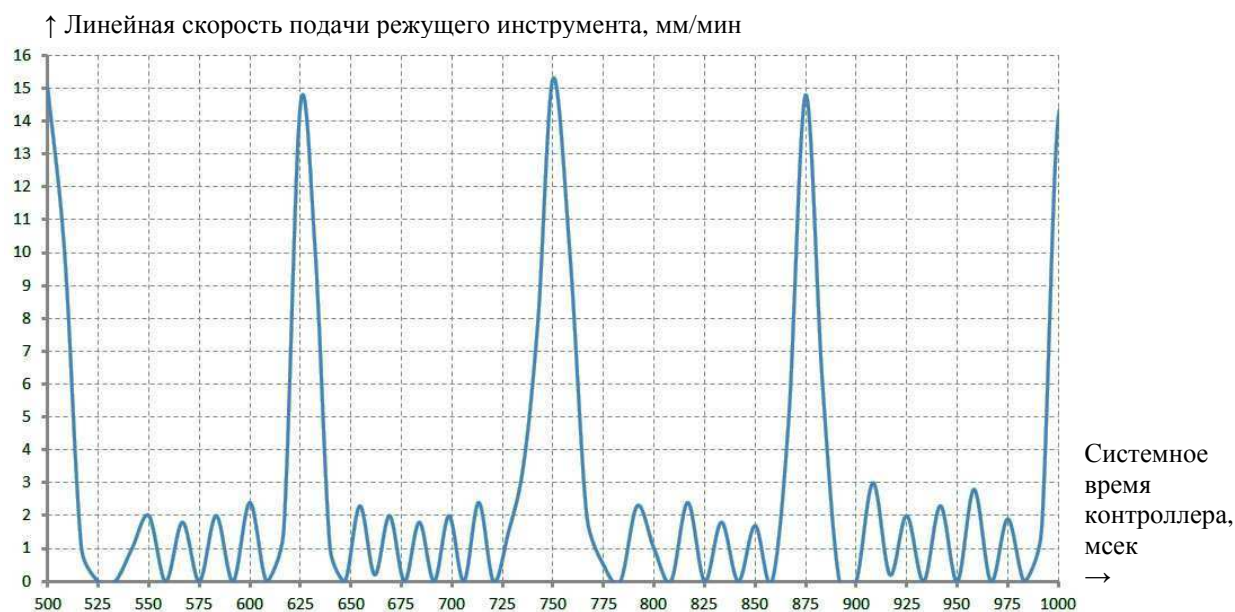


Рисунок 2 – Осциллограмма линейной скорости подачи режущего инструмента

Объединение сил трения между поверхностью опорной станины и стеблевой бабкой и трения между борштангой и опорными люнетами обосновывается тем, что стеблевая бабка и борштанга имеют жесткую кинематическую связь и всегда перемещаются с одинаковой линейной скоростью. Расчеты показали, что жесткость этой связи многократно превосходит жесткость ходового винта. Следовательно, упругой связью между стеблевой бабкой и борштангой можно пренебречь.

В итоге природа происходящих процессов, показанных на рисунке 2, описывается следующим образом:

1 электродвигатель при вращении закручивает ходовой винт;

2 ходовой винт запасает потенциальную энергию упругой деформации, которая пропорциональна углу скручивания; усилие F стремящееся повернуть винт в паре «ходовой винт - гайка» так же линейно растет пропорционально углу скручивания;

3 при превышении усилием F определенной величины в паре «ходовой винт - гайка» происходит срыв винта во вращение и режущий инструмент незначительно продвигается вперед; при этом потенциальная энергия упруго деформированного винта не полностью переходит в кинетическую энергию движущегося инструмента, то есть винт раскручивается не полностью;

4 за 4-5 циклов срыва винта во вращение в паре «ходовой винт - гайка» в ходовом винте запасается упругая деформация, энергии которой достаточно для резкого ускорения стеблевой бабки на станине с борштангой и режущим инструментом;

5 при последующем срыве винта во вращение в паре «ходовой винт - гайка» происходит срыв в движение стеблевой бабки по станине, борштанги по опорным люнетам и передача потенциальной энергии закрученного винта в кинетическую энергию стеблевой бабки с борштангой и режущим инструментом;

6 затем цикл автоколебаний линейной скорости инструмента повторяется.

Выводы. Произведен анализ происходящих процессов в механизме подачи режущего инструмента глубокорасточного станка КЖ-1910, установлена основная причина возникновения автоколебаний скорости подачи – это наличие упругости кинематической передачи при нелинейности характеристики трения.

Литература

1. Клепиков В.Б. О фрикционных колебаниях в электроприводах. *Электричество*, 1986, №4, с. 59-62.
2. Клепиков В.Б. Палис Ф., Клепиков А.В. Экспериментальное исследование электромеханической системы с отрицательным вязким трением. *Вестник ХГПУ. Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика*. №61, Харьков, 1999, с. 26-32.
3. Клепиков В.Б. Палис Ф., Клепиков А.В., Глебов О.Ю. Моделирование электроприводов с нелинейной нагрузкой типа пара трения. *Вестник ХГПУ. Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика*. №113, Харьков, 2000, с. 30-33.
4. Baryshnikov A.S., Terekhov W.M., Palis F. Self-learning fuzzy control system of servodrives with non-linear elastic mechanical transmission. *Вестник ХГПУ. Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика*. Харьков, 1997, с. 22-23.
5. Задорожний Н.А., Марилов Н.Г., Кутовой Ю.Н., Арус Мохаммед. Анализ электромеханической системы приводов машин с упругими механическими связями в режимах низких скоростей и буксовании. *Вестник ХГПУ. Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика*. Харьков, 1997, с. 122-123.