

ФРЕЗЕРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС НА ЗУБОФРЕЗЕРНОМ
СТАНКЕ С САУ

Сравнительно новым методом повышения эффективности выполнения различных операций механической обработки является оснащение металлорежущих станков системами адаптивного управления (САУ). Сущность работы системы состоит в том, что за счет изменения режимов резания (чаще всего подачи) САУ обеспечивает поддержание оптимальной силы резания в период обработки детали независимо от изменения припуска, колебания твердости заготовки и износа инструмента, что приводит к повышению производительности и стойкости инструмента.

Как известно, усилия резания при зубофрезеровании изменяются как по длине рабочего хода в зависимости от положения фрезы относительно нарезаемой заготовки, так и в каждом сечении, перпендикулярном оси заготовки, вследствие неравномерной загрузки зубьев червячной фрезы.

Для выравнивания усилий резания на протяжении цикла зубофрезерования нами была применена система адаптивного управления. САУ включает два основных блока: регулируемый электропривод подачи, состоящий из двигателя постоянного тока, червячного редуктора с электромагнитной муфтой, и электронный блок управления. САУ встраивается в электрическую схему зубофрезерного станка и управляет циклом обработки, поддерживая постоянное усилие резания за счет непрерывного изменения подачи фрезы. Стабилизация усилия путем изменения скорости резания в настоящее время не экономична. Управляющим сигналом является отклонение тока нагрузки от заданной величины на двигателе главного движения. Этот сигнал передается на двигатель подачи, который изменяет обороты и величину подачи.

Резание начинается с подачей S_1 , в 2...3 раза большей подачи фрезы S_0 при обычной обработке. Подача по мере врезания фрезы на полную глубину зуба уменьшается до величины S_0 (рис. 1). На участке выхода подача вновь увеличивается до величины S_1 . Таким образом, на всей длине фрезерования обработка ведется со средней подачей, превосходящей подачу фрезерования без САУ. При этом либо повышается

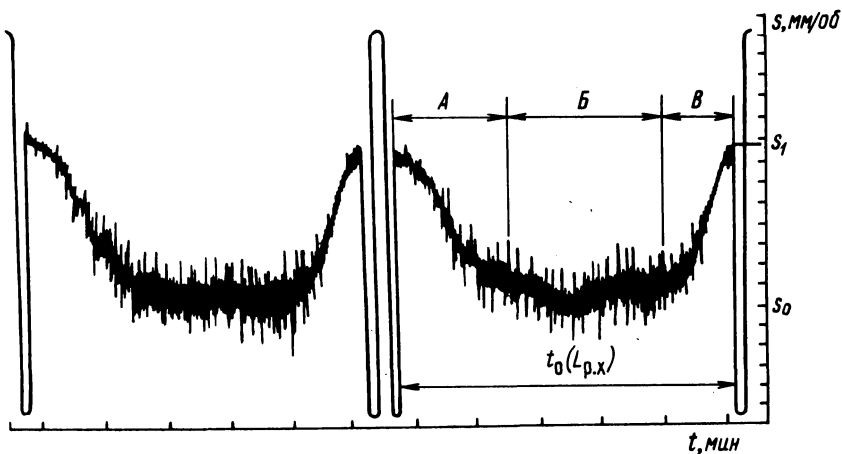


Рис. 1. Изменение подачи при зубофрезеровании с САУ: А – выход фрезы; Б – установившееся резание; В – врезание.

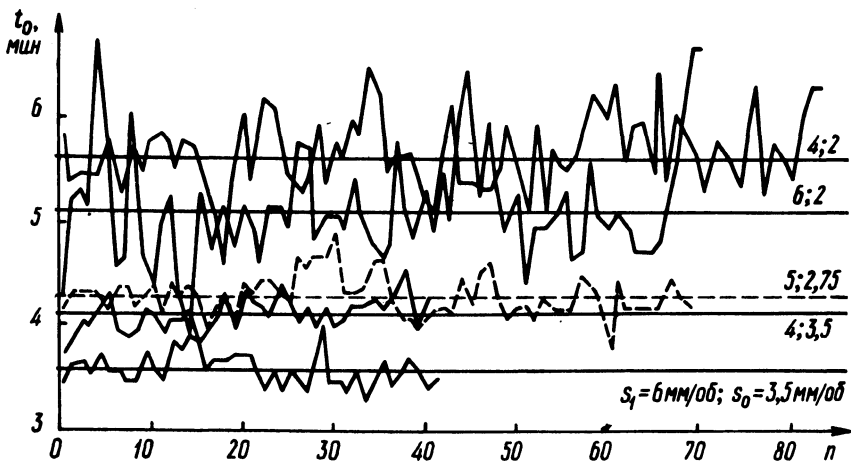


Рис. 2. Изменение производительности при зубофрезеровании шестерен с САУ (n – номер детали при обработке).

Т а б л. 1. Условия проведения эксперимента

Уровни варьирования независимых переменных	Без САУ		С САУ	
	V , м/мин	S , мм/об	S_1 , мм/об	S_0 , мм/об
Основной	39,2	2,64	5	2,75
Верхний	50	3,43	6	3,5
Нижний	31,4	1,96	4	2,0

производительность обработки, либо увеличивается стойкость червячных фрез при постоянной производительности.

С целью определения эффективности оптимизации режимов зубофрезерования САУ проводились испытания по стойкости и производительности в сравнении с обычной обработкой зубчатых колес. Шестерни обрабатывались как с помощью САУ, так и без нее методом встречного зубофрезерования на станке мод. 5Б312 без осевых передвижек. Параметры зубчатого колеса следующие: модуль 4,5 мм, число зубьев 21, ширина зубчатого венца 38 мм, материал колеса — сталь 25ХГТ, твердость — НВ156...207. Материал червячных фрез — быстрорежущая сталь Р6М5. Величина износа зубьев фрезы замерялась на специальном приспособлении лупой Бринеля МПБ-2. Величина подачи, характер ее изменения и время обработки фиксировались при помощи самопишущего ампервольтметра НЗ90.

Время резания при использовании САУ не постоянно и имеет случайный характер, как результат стохастического изменения условий зубофрезерования (рис. 2). Оценка производительности, выраженная через основное время, определяется по среднему значению основного времени:

$$\bar{t}_0 = \frac{\sum_{i=1}^n t_{0i}}{n}, \quad (1)$$

где \bar{t}_0 — среднее значение основного времени при зубофрезеровании с САУ; t_{0i} — основное время, необходимое для обработки i -й детали; n — количество обработанных деталей за интервал времени, по истечении которого определяется производительность.

Изменение режимов резания при зубофрезеровании как обычным методом, так и с САУ производилось в соответствии с методикой полного двухфакторного эксперимента (табл. 1). Поскольку применяемая система адаптивного управления реагирует на внешние воздействия изменением величины подачи, то испытания с САУ проводились при постоянной скорости резания, равной 31,4 м/мин. При этом изменялись только значения максимальной (S_1) и минимальной (S_0) подач. Каждый опыт повторялся три раза.

По результатам экспериментов получены математические зависимости стойкости и производительности от изменяющихся элементов режимов резания. При фрезеровании без САУ стойкостная зависимость имеет вид

$$\ln T = 4,272 - 0,433 x_1 - 0,428 x_2 + 0,092 x_1 x_2. \quad (2)$$

где $x_1 = 4,348 \ln v - 15,987$; $x_2 = 3,571 \ln s - 3,403$.

При фрезеровании с САУ стойкостная зависимость и производительность выражаются так:

$$\ln T = 4,4272 - 0,1042 x_3 - 0,4839 x_4 \quad (3)$$

$$\ln t_0 = 1,504 - 0,063 x_3 - 0,173 x_4, \quad (4)$$

где $x_3 = 4,926 \ln S_1 - 7,827$, $x_4 = 3,57 \ln S_0 - 3,475$.

Статистическая проверка показала, что полученные уравнения хорошо описывают экспериментальные результаты. Наличие эмпирических зависимостей (2), (3), (4) позволили расчетным путем установить возможности САУ по повышению эффективности операции зубофрезерования. Так, при сохранении постоянной производительности стойкость червячных фрез повышается в 1,3...1,4 раза, а производительность при постоянной стойкости — в 1,2 раза по сравнению с обычным зубофрезерованием в условиях эксперимента. При высоких значениях производительности зубофрезерования наблюдается уменьшение данного эффекта.

Таким образом, применяемая система адаптивного управления зубофрезерным станком позволяет в ходе обработки изменять величину подачи вследствие изменения условий протекания операции. При использовании САУ возможно повышение стойкости червячных фрез на 30...40%, а производительности операции — на 20% по сравнению с обычным зубофрезерованием.

УДК 621.833

М.М. Кане, канд.техн.наук
В.А. Шушкевич, И.К. Христук

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ШЕСТЕРЕН НА ДИНАМИКУ ПЕРЕДАЧИ В УСЛОВИЯХ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА ДТ-75

Работа выполнялась на стенде с внешним силовым замыканием. Исследование проводилось на шестернях постоянного зацепления 77.37.184 и 77.37.195 коробки передач трактора ДТ-75 [1...3]. Характер влияния режимов работы шесте-