

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ КРУГЛОМ НАРУЖНОМ ШЛИФОВАНИИ С ОСЕВОЙ ПОДАЧЕЙ

П.П. Переверзев, М.К. Алсигар

В работе представлена модель процесса формообразования поверхности в реверсных зонах обрабатываемой поверхности заготовки при круглом наружном шлифовании с осевой подачей на станках с ЧПУ, предъявляет высокие требования к службе подготовки управляющих программ. Разработана и обоснована модель формообразования поверхности, что позволяет вести пошаговый расчет текущих значений фактической радиальной подачи и размеров радиусов в разных зонах обрабатываемой поверхности и прогнозировать значения размеров шлифуемой поверхности на протяжении всего цикла шлифования для заданных условий обработки, обеспечивает наибольшую производительность и минимальную стоимость обработки.

Ключевые слова: продольная подача, фактическая радиальная подача, режимы резания, цикл шлифования, рабочий цикл шлифования, сила резания.

Введение

Высокое качество и эффективный результат производства достигаются благодаря использованию текущих технологий и оснащения. Ключевым требованием, предъявляемым к оборудованию, является обеспечение высокой производительности при условии соблюдения высочайших требований точности обработки. С целью удовлетворения текущих потребностей станкостроительные предприятия стараются своевременно проводить внедрение различных современных инновационных разработок. В этом случае склоняются к совершенствованию не только механической части, но и электронной, при этом улучшая эргономику и дизайн оборудования.

Поэтому для проектирования высокопроизводительных циклов круглого наружного шлифования с осевой подачей в реверсных зонах (СЕЧ 1) необходима модель взаимосвязи процесса формообразования поверхности с режимами резания, упругими деформациями и технологическими условиями шлифования [1, 3, 4].

Эта модель позволит вести расчет производительности операции, текущих значений подач, величины фактически снятого припуска по ступеням цикла, текущих значений радиусов обрабатываемой поверхности и ос-

нового времени операции. Управление производительностью операции КШПП (круглое шлифование с продольной подачей) КШ (круглое шлифование с радиальной подачей) ведется с помощью автоматических ступенчатых циклов радиальной и осевой подач, управляемым по командам прибора активного контроля ПАК в зависимости от оставшейся части припуска. Активный контроль диаметра вала ведется паком только в одном сечении. Поэтому переключение ступеней радиальной и осевой подач во всех сечениях обрабатываемой поверхности ведется в зависимости от снятой величины припуска только в одном сечении, контролируемом паком. Остальные сечения обрабатываемой поверхности вала на операции КШПП не контролируются. Поэтому в конце цикла шлифования диаметральные размеры вала в других сечениях, и особенно в реверсных зонах, могут существенно отличаться от размеров в сечении пака из-за разных условий обработки и переменной податливости технологической системе по длине обрабатываемой поверхности. В результате погрешность обработки в разных сечениях может тоже существенно различаться [4, 5]. Поэтому для прогноза погрешности обработки необходимы модели расчета глубины, силы резания, упругих деформаций и других параметров шлифования во всех сечениях обрабатываемой поверхности. Эти модели должны учитывать все особенности КШПП в разных сечениях обрабатываемой поверхности [1, 2, 5, 6]. Сечение 1 находится в реверсной зоне, в которой начинается рабочий ход (РХ) и заканчивается холостой ход (ХХ). Цикл шлифования в сечении 1 состоит из пяти этапов (рис.), соответственно обозначенных Э1–Э5.

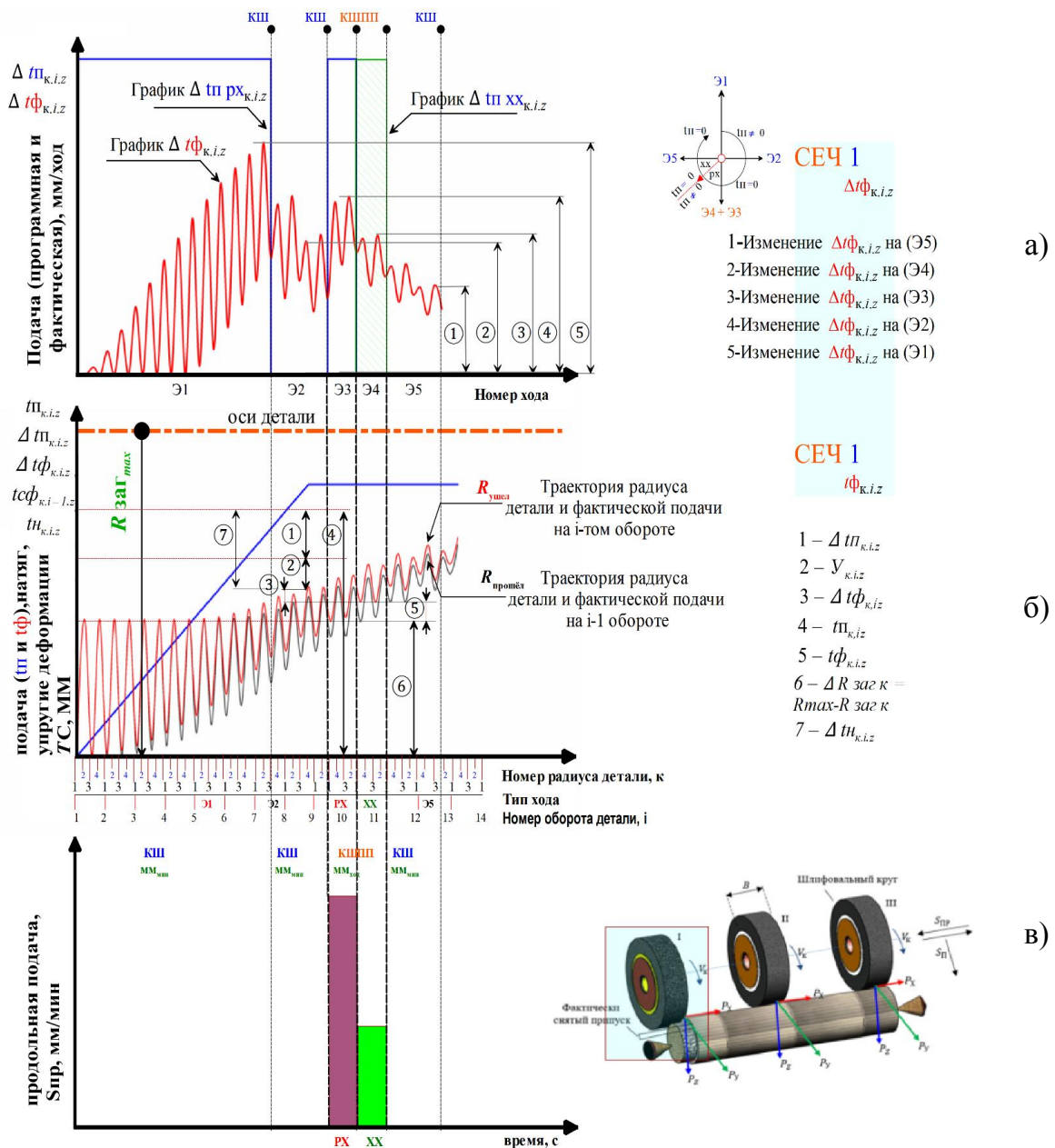
Этап Э1 КШ (круглое шлифование с радиальной подачей) ведется в режиме круглого врезного шлифования с радиальной подачей S_p . Шлифовальная бабка круга подается на величину программной подачи t_p , равной заданной в цикле глубине резания на двойной ход (ДХ). Из-за наличия перебега круга шлифование ведется частью высоты круга. На рис. на этапе Э1 показан график программной и фактической подачи при круглом шлифовании с радиальной подачей [2, 5, 6].

Этап Э2 тоже ведется в режиме круглого врезного шлифования, но с этапом выхаживания, при радиальной подаче, равной нулю. На этом этапе происходит остановка движения круга с радиальной подачей и включение осевой подачи $S_{пр}$. Шлифование поверхности производится за счет натяга, образовавшегося на этапе Э1. На рис. на этапе Э2 показан график программной и фактической подачи при круглом шлифовании с радиальной подачей.

Этап Э3 ведется при круглом шлифовании с осевой подачей (КШПП). Шлифовальный круг уже заглубился на величину радиальной программной подачи $\Delta t_{k,i,z}$, и в связи с наличием исходного радиального биения поверхности заготовки рассчитывается на каждом k -том радиусе детали, i -том обороте детали и z -той ступени цикла шлифования. На этом этапе

включается осевая подача $S_{пр}$ [мм/мин] и начинается рабочий ход (РХ). Поскольку начался другой вид шлифования (КШПП), то фактическая подача $\Delta t\phi_{k,i,z}$ имеет уже другой физический смысл и измеряется в мм/ход или в мм/оборот. График переменной $\Delta t\phi_{k,i,z}$ тоже постоянно изменяется и показан в виде ломаной линии. На (рис. а) график подач $\Delta t\phi$ на этапе Э3 примыкает к графикам на этапах Э1 и Э2. Осевая программная подача на этом этапе больше нуля (рис. б).

Этап Э4 тоже ведется в режиме (КШПП), но уже при обратном холостом ходе (ХХ), при котором нет дополнительной радиальной подачи. На этом этапе включена осевая подача $S_{пр}$ для (ХХ) и она больше нуля (рис. в).



Модель процесса формообразования обрабатываемой поверхности при круглом наружном шлифовании с осевой подачей

Этап Э5 опять ведется в режиме круглого врезного шлифования с этапом выхаживания, при радиальной подаче, равной нулю. На этом этапе происходит остановка движения круга с осевой подачей и включение радиальной подачи S_p . Шлифование поверхности производится за счет оставшегося натяга после этапа Э4.

На рис. б и в показана расчетная схема, устанавливающая взаимосвязь графиков накопленных программных $t_{п_{k,i,z}}$ и фактических $t_{ф_{k,i,z}}$ подач, натяга $t_{н_{k,i,z}}$, упругой деформации $y_{k,i,z}$ технологической системы с радиусами обрабатываемой поверхности $R_{k,i,z}$ при шлифовании некруглой заготовки с максимальным радиусом $R_{заг_{max}}$, начальными радиусами заготовки $R_{заг_k}$ и исходным радиальным биением, который рассчитывается по формуле

$$\Delta R_{заг_k} = R_{заг_{max}} - R_{заг_k}. \quad (1)$$

В соответствии с расчетной схемой, величины накопленных программных $t_{п_{k,i,z}}$ и фактических $t_{ф_{k,i,z}}$ подач рассчитываются как суммы соответствующих подач на каждом ходе круга, т. е.:

$$t_{п_{k,i,z}} = \sum_1^k \sum_1^i \sum_1^z \Delta t_{п_{k,i,z}}, \quad (2)$$

$$t_{ф_{k,i,z}} = \sum_1^k \sum_1^{i-1} \sum_1^z \Delta t_{ф_{k,i,z}}. \quad (3)$$

Такой подход дает возможность вести расчет формоизменения шлифуемой поверхности и прогнозировать погрешность обработки в конце цикла шлифования.

Выводы

1. В нереверсной зоне (КШПП) обрабатываемой поверхности шлифование ведется с использованием одного вида шлифования: круглое шлифование с осевой подачей.

2. В реверсных зонах (КШ) обрабатываемой поверхности шлифование ведется с использованием различных видов шлифования с частичным включением осевой подачи.

3. Создана математическая модель съема металла управления производительностью операции круглого наружного шлифования с продольной подачей, позволяющая для заданных циклов управления радиальной подачей и различных технологических условий операции шлифования вести расчет текущих значений фактических подач $t_{ф_{z,i}}^{px}$, $t_{ф_{z,i}}^{xx}$

4. Управление производительностью операции ведется с помощью автоматических ступенчатых циклов радиальной и осевой подач, управляемых по командам прибора активного контроля (ПАК) в зависимости от оставшейся части припуска.

Библиографический список

1. Переверзев, П.П. Моделирование взаимосвязи силы резания с основными технологическими факторами при круглом шлифовании с продольной подачей / П.П. Переверзев, М.К. Алсигар // Международное научное издание «Современные фундаментальные и прикладные исследования». – 2017. – № 4 (27).

2. Маслов, Е.Н. Теория шлифования материалов / Е.Н. Маслов. – М.: Машиностроение, 1974.– 319 с.

3. Переверзев, П.П. Моделирование процесса съема металла в автоматических циклах круглого наружного шлифования с продольной подачей / П.П. Переверзев, М.К. Алсигар // Металлообработка. – 2017. – № 6.

4. Переверзев, П.П. Математическое моделирование процесса силы резания при шлифовании с продольной подачей / П.П. Переверзев, М.К. Алсигар // V Международная заочная научно-практическая конференция «Автоматизированное проектирование в машиностроении» 29 ноября 2017 г.

5. Переверзев, П.П. Моделирование и оптимизация управляющих программ в автоматизированном машиностроительном производстве / П.П. Переверзев // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Машиностроение». – 2012. – № 12 (271). – С. 152–157.

6. Переверзев, П.П., Математические исследования и моделирование процесса съёма металла при наружном шлифовании с продольной подачей / П.П. Переверзев., М.К. Алсигар // II международная научно-практическая конференция «Мехатроника, автоматика и робототехника» 22 февраля 2018 г.