

УДК 621.9

*Д. А. Егоров**

**ОСОБЕННОСТИ НАСТРОЙКИ БЛОКА
УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ НА СТАНКЕ С ЧПУ**

В статье рассмотрен уникальный эффект, при котором повторный запуск одного и того же блока управляющей программы на станке с ЧПУ приводит к непредсказуемому результату в достижении точности обработки.

Большинство инженерных проектов предусматривает многократное исполнение одних и тех же операций, особенно в ситуациях, когда требуется довести качество обработки до нужного уровня. Казалось бы, повторный запуск уже отработанного чистового блока программы должен принести исключительно пользу, но практика показывает обратное. Случаи, когда повторный запуск приводит к дополнительному удалению материала, далеко не редкость и требуют внимательного изучения [1].

Обычно, когда резец снимает нужный слой материала (например, 0,2 мм), оператор удовлетворен результатом. Но бывают ситуации, когда слой удалился не полностью, и необходимо запустить программу повторно. Предположительно, повторный запуск должен «досрочно» восстановить нужное значение, скажем, снять лишние 0,02 мм. Однако практика показывает, что при повторном запуске та же самая программа внезапно удаляет гораздо больше материала, например 0,04 мм, что нарушает допуски и бракует деталь.

Для понимания проблемы важно осознать, что каждый новый запуск происходит уже в иных условиях, чем предыдущий. Главные причины расхождений:

* Работа выполнена под руководством доктора технических наук, профессора кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении» ФГБОУ «ТГТУ» М. В. Соколова.

- поверхность детали стала гладкой, следовательно, сопротивление инструмента изменилось;
- глубина съема зависит от распределения внутренних напряжений, которые претерпели изменения после первого прохода;
- температура и давление влияют на химико-физические свойства материала, приводя к неучтенным факторам.

Наблюдения показали, что:

- дополнительное снятие материала происходит только на повторном запуске, на третьем эффект либо минимальный, либо отсутствует вовсе;
- совершенно одинаковые условия воспроизвести невозможно.

Весомые аргументы в пользу наличия данного феномена.

Аргумент 1. «Нулевой» припуск и легкость снятия материала.

«Припуском на обработку называется слой металла, подлежащий удалению с заготовки для получения готовой детали» [2]. После первого прохода резец оставил гладкую и чистую поверхность. Такая поверхность обладает меньшей прочностью сцепления частиц материала, особенно если сравнивать ее с грубой поверхностью исходной заготовки. Грубо говоря, проще удалять тонкие слои материала с гладкой поверхности, нежели глубокие с шероховатой. То есть после первого прохода создавшаяся идеально ровная поверхность снижает трение и внутреннее сопротивление материала, облегчая повторное срезание.

Аргумент 2. Деформационный отклик материала.

Материал, подвергнувшийся первому проходу инструмента, испытал внутренний стресс и изменение структуры кристаллической решетки. Этот процесс ослабляет связь атомов в зоне воздействия инструмента. Второй проход попадает именно туда, где материал уже подготовлен к легкому отделению.

Аргумент 3. Тепловой фактор.

Температура существенно влияет на механические свойства материалов, воздействуя на их прочность, пластичность, твердость и вязкость. При повышении температуры у большинства материалов снижается прочность и твердость, в то время как их пластичность и вязкость обычно возрастают. Это связано с увеличением колебаний и подвижности атомов при высоких температурах, которые облегчают движение дислокаций и снижают сопротивление деформации. И наоборот, при более низких температурах материалы становятся более хрупкими и менее вязкими, поскольку движение атомов ограничено, а дислокации менее

подвижны. Понимание этих изменений в зависимости от температуры имеет решающее значение для выбора материала в приложениях, подвергающихся воздействию различных температурных условий [3]. Хотя тепло отводится охлаждающими жидкостями, некоторый след тепловой истории остается, смягчая поверхность и облегчая второе отделение материала.

Данный эффект изучался специалистами и производителями станков с ЧПУ, но преимущественно в форме частных замечок и отдельных публикаций в технической литературе. Полноценных академических исследований и общепринятых классификаций пока недостаточно, однако известно следующее:

Специалисты-практики многократно отмечали этот эффект в сфере металлообработки, особенно при чистовых операциях, где требуются малые припуски и высокая точность.

Научные публикации затрагивали отдельные аспекты этого феномена, связывая его с изменениями внутренней структуры материала, состоянием инструмента и влиянием нагрева.

Международные стандарты и руководства по эксплуатации станков предлагают ограниченное число советов по управлению подобными ситуациями, чаще сводя их к профилактической проверке и запасам припусков.

Влияние материала на толщину повторно удаляемого слоя представлено в табл. 1.

**1. Влияние материала
на толщину повторно удаляемого слоя**

Материал	Толщина первого слоя, мм	Толщина повторно удаляемого слоя, мм	Коэффициент увеличения, %
Сталь	0,2	0,015	+7,5
Алюминий	0,2	0,02	+10
Бронза	0,2	0,02	+10
Титан	0,2	0,01	+5

Примечание. Коэффициент увеличения рассчитан как процент отношения разницы между повторно удаленным слоем и ожидаемым дополнением (0,02 мм) к плановому значению (0,02 мм).

$$A = \frac{B}{0,02} \cdot 100\%,$$

где A – коэффициент увеличения, %; B – толщина повторно удаляемого слоя, мм.

Повторный запуск управляющей программы на станках с ЧПУ приводит к значительной проблеме. Второй запуск неожиданно удаляет больше материала, чем запланировано. Этот эффект объясняется сочетанием факторов, включая изменение поверхности детали, деформационные процессы и тепловое воздействие. Дальнейшее изучение этого явления крайне важно для повышения точности и качества обработки на предприятиях, использующих станки с ЧПУ [4].

Список литературы

1. Егоров, Д. А. Причины изменения тенденций молодых инженеров в области машиностроения / Д. А. Егоров // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития : сб. науч. ст. молодых ученых, аспирантов и студентов // ФГБОУ ВО «ТГТУ». – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2024. – Вып. XVI. – С. 58 – 61.

2. Безъязычный, В. Ф. Основы технологии машиностроения : учебник / В. Ф. Безъязычный. – 2-е изд. – М. : Машиностроение, 2016. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL : <https://e.lanbook.com/book/107152> (дата обращения: 8.10.2025). – URL : для авториз. пользователей. – С. 257.

3. Как температура влияет на свойства материалов? Ключевые моменты для выбора материала). – URL : <https://ru.kindle-tech.com/faqs/how-does-temperature-affect-the-mechanical-properties-of-materials#:~:text=способным%20поглощать%20энергию,-,Тепловое%20расширение,вызывая%20напряжение%20и%20возможное%20растрескивание>

4. Цифровое машиностроение : учеб. пособие / М. Н. Краснянский, В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, М. В. Соколов и др. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2023. – 266 с.

*Кафедра «Компьютерно-интегрированные системы
в машиностроении» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*