

**С.П. Никитин**

**S.P. Nikitin**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет  
Perm National Research Polytechnic University

## **ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ТОКАРНОГО СТАНКА НА ТЕМПЕРАТУРУ РЕЗАНИЯ ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ РЕЗАНИИ**

### **INFLUENCE OF CUTTING MACHINE THERMODYNAMIC SYSTEM PARAMETERS ON CUTTING TEMPERATURE IN THE PROCESS OF INTERRUPTED CUTTING**

Приведены результаты численного моделирования процессов в теплодинамической системе токарного станка при прерывистом резании. Исследовано влияние конструктивных параметров станка и режимов резания на эффект снижения температуры резания при прерывистой обработке. Полученные зависимости позволяют управлять температурой резания при прерывистом резании.

**Ключевые слова:** металлорежущий станок, динамическая система металлорежущего станка, тепловая система, прерывистое резание, температура резания.

The results of numerical modeling of cutting machine thermodynamic system processes during interrupted cutting are presented herein. The influence of machine design value and cutting modes on cutting temperature reduction is investigated. The following characteristics allow to control cutting temperature in the process of interrupted cutting.

**Keywords:** cutting machine, cutting machine dynamic system, thermal system, interrupted cutting, cutting temperature.

Температура резания часто определяет качество и производительность обработки со снятием стружки. В некоторых случаях для снижения температуры резания используют специальные приемы. Одним из таких приемов является использование прерывистого резания. При токарной обработке прерывистое резание является одним из условий обработки. Знание зависимости температуры резания от параметров технологической системы при прерывистом точении помогает достигать заданных значений качества и производительности. Для исследований использовалась теоретическая модель теплодинамической системы\*,

---

\* Никитин С.П. Моделирование динамики процесса механической обработки с учетом взаимодействия упругой и тепловой систем станка // СТИН. 2008. № 6. С. 8–13.

которая учитывает взаимодействие механических упругих процессов, процесса резания и тепловых процессов при токарной обработке. В данной работе прерывистое резание представлено как вынужденные колебания теплодинамической системы от периодического изменения силы резания. Для оценки уровня колебаний температуры резания использовалась амплитудно-частотная характеристика теплодинамической системы токарного станка (рис. 1).

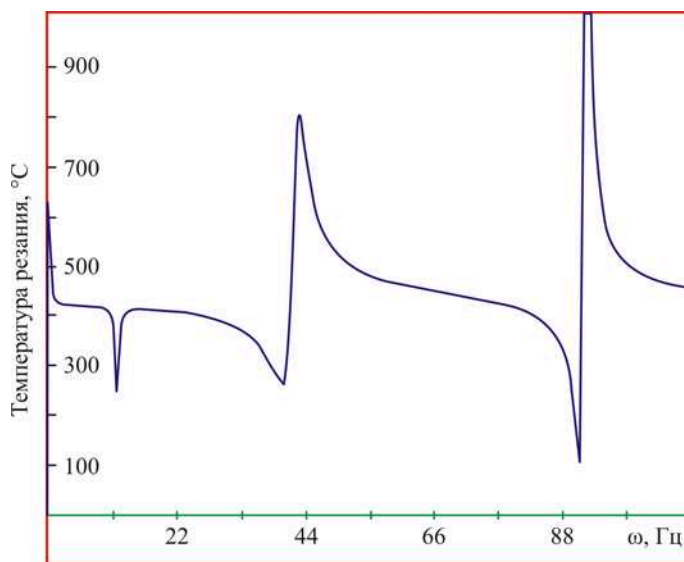


Рис. 1. Амплитудно-частотная характеристика колебаний температуры резания теплодинамической системы токарного станка

На амплитудно-частотной характеристике хорошо видно снижение колебаний температуры резания с ростом частоты колебаний силы резания. В рамках работы была поставлена задача выяснить, от каких параметров зависит величина снижения температуры резания. Для этого по графику амплитудно-частотной характеристики определялись начальное значение (температура резания при постоянной силе резания  $T2_{ст}$ ), сниженное значение при переменной силе резания ( $T2_{min}$ ), величина снижения ( $dT2$ ) и резонансное значение температуры резания ( $T2$ ) при колебаниях на собственных частотах теплодинамической системы. Резонансные пики определяются эквивалентными жесткостями привода главного движения, привода подач и несущей системы станка.

На рис. 2 представлена зависимость температуры резания от эквивалентной жесткости привода главного движения  $C_2$ . Эквивалентная жесткость привода главного движения не оказывает влияния на снижение температуры резания при переменной силе резания. Снижается только резо-

нансный пик температуры. Эквивалентная жесткость привода подач  $C_x$  вызывает некоторое увеличение температуры резания, как при постоянной, так и при переменной силе резания (рис. 3). При этом величина снижения температуры резания ( $dT_2$ ) с ростом эквивалентной жесткости привода подач также возрастает. Значительное снижение имеет резонансный пик температуры резания.

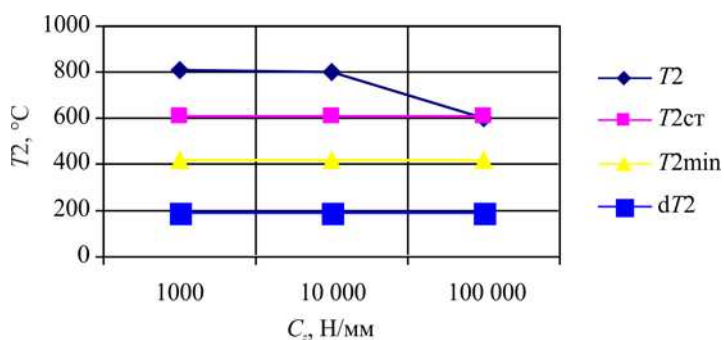


Рис. 2. Влияние жесткости привода главного движения на температуру резания

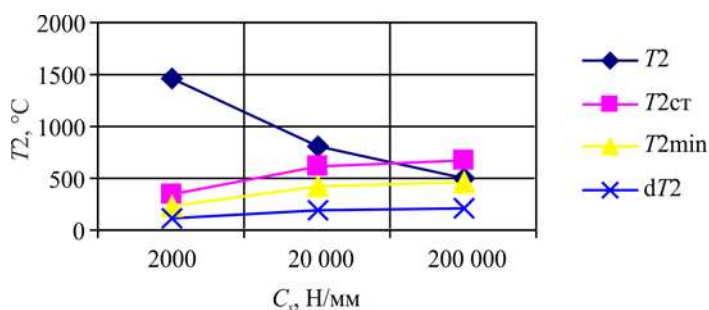


Рис. 3. Влияние жесткости привода подач на температуру

Эквивалентная жесткость несущей системы станка  $C_y$  (рис. 4) оказывает аналогичное влияние. Тепловая емкость пластинки резца  $C_{пл}$ , которая определяется теплоемкостью материала, оказывает разнонаправленное действие (рис. 5).

Если температура резания при постоянной силе резания практически не изменяется, то температура резания при периодической силе резания значительно снижается, что приводит к росту эффекта снижения температур резания ( $dT_2$ ).

Тепловое сопротивление стружки  $R_{стр}$  (рис. 6) вызывает рост температуры резания при постоянной и переменной силе резания, но при переменной

силе резания температура резания растет медленней, что приводит к усилению эффекта снижения температуры резания при прерывании процесса.

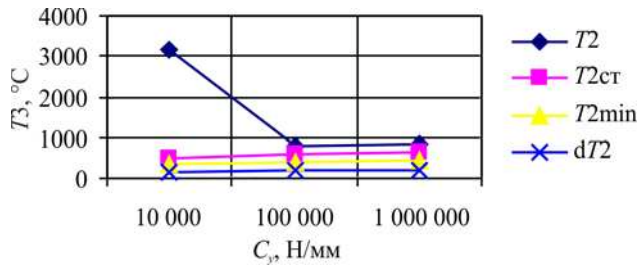


Рис. 4. Влияние жесткости несущей системы на температуру

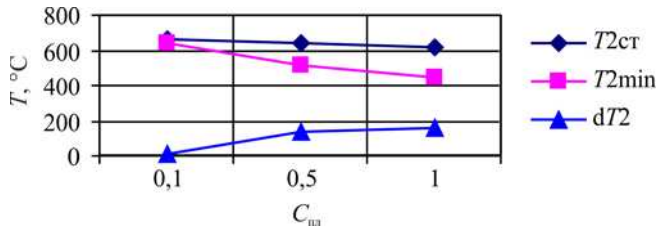


Рис. 5. Влияние тепловой емкости пластинки резца на температуру

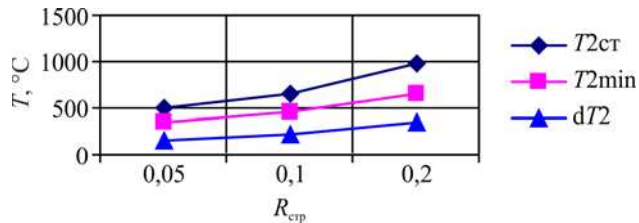


Рис. 6. Влияние теплового сопротивления стружки на температуру

Тепловое сопротивление стружки

$$R_{\text{стр}} = \frac{\omega}{\lambda \nu b a},$$

где  $\omega$  – коэффициент температуропроводности обрабатываемого материала;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности;  $\nu$  – скорость резания;  $b$  – ширина срезаемого слоя;  $a$  – толщина срезаемого слоя.

Уменьшение коэффициента теплопроводности обрабатываемого материала, скорости резания, ширины и толщины срезаемого слоя, рост коэффициента температуропроводности усиливает эффект снижения температуры при прерывистом резании, но абсолютное значение ее возрастает.

Тепловое сопротивление передней поверхности резца  $R_{III}$  (рис. 7) вызывает возрастание температуры резания при постоянной силе резания, тогда как при переменной силе резания температура меняется незначительно. Это приводит к увеличению эффекта снижения температуры резания при прерывистом резании.

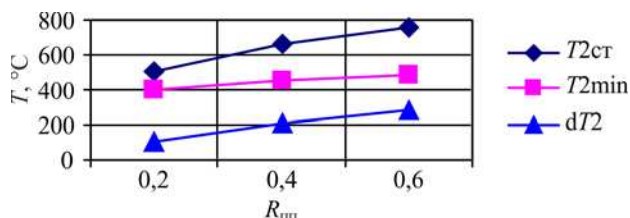


Рис. 7. Влияние теплового сопротивления передней поверхности резца на температуру резания

Тепловое сопротивление передней поверхности резца

$$R_{III} = \frac{\sqrt{\omega}}{\lambda l_{II} b} \sqrt{\frac{k l_{II}}{\nu}} T_2,$$

где  $k$  – коэффициент усадки стружки;  $l_{II}$  – длина контакта стружки с передней поверхностью;  $T_2$  – коэффициент, учитывающий распределение температуры на передней поверхности.

Таким образом, увеличение скорости резания, ширины срезаемого слоя, коэффициента теплопроводности обрабатываемого материала будет уменьшать эффект снижения температуры резания при прерывистом резании, а рост коэффициента усадки стружки и коэффициента температуропроводности обрабатываемого материала будет увеличивать этот эффект.

Тепловое сопротивление пластинки резца  $R_z$  (рис. 8) почти не меняет температуру резания при постоянной силе резания и увеличивает ее при прерывании силы резания. Это обеспечивает уменьшение эффекта снижения температуры резания при прерывистом резании при выборе материала пластинки резца с меньшим коэффициентом теплопроводности.

Тепловое сопротивление тела резца  $R_p$  (рис. 9) вызывает некоторое увеличение температуры резания при постоянной силе резания и почти не меняет ее при переменной силе резания. Таким образом, использование материала резца с меньшим коэффициентом теплопроводности вызывает незначительное снижение температуры резания при прерывистом резании.

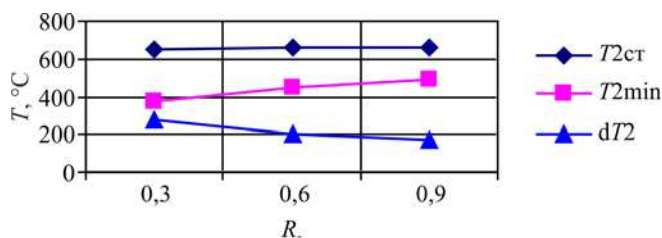


Рис. 8. Влияние теплового сопротивления пластины резца на температуру резания

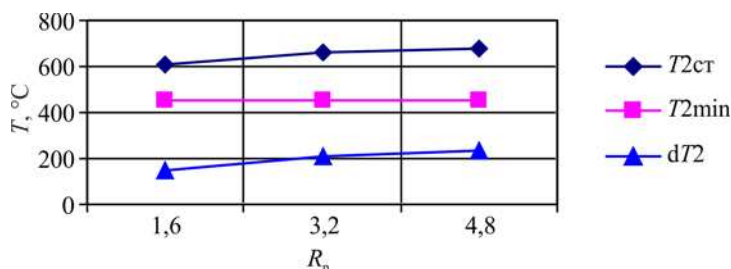


Рис. 9. Влияние теплового сопротивления резца на температуру резания

Сделаем следующие выводы. Прерывистое резание, если его рассматривать как вынужденные колебания в теплодинамической системе станка, приводит к снижению температуры резания.

Величиной снижения температуры резания при прерывистом резании можно управлять через параметры теплодинамической системы станка. Для большего снижения температуры резания при прерывистом резании можно увеличивать теплоемкость материала режущей пластины резца и снижать коэффициент теплопроводности материала тела резца.

Уменьшение коэффициента теплопроводности обрабатываемого материала, скорости резания, ширины срезаемого слоя, толщины срезаемого слоя, увеличение коэффициента температуропроводности обрабатываемого материала, увеличение коэффициента усадки стружки будут увеличивать эффект снижения температуры при прерывистом резании, но абсолютное значение температуры резания возрастет.

Режущие пластины резца с меньшим коэффициентом теплопроводности вызывают увеличение абсолютной температуры резания и уменьшение эффекта снижения температуры резания при прерывистом резании.

Эквивалентные жесткости упругой системы не вызывают снижения температуры резания при прерывистом резании, но влияют на колебательность теплодинамической системы технологического оборудования при резании

и в резонансном режиме вызывают резкое увеличение температуры резания при прерывистом резании.

Получено 15.02.2013

**Никитин Сергей Петрович** – кандидат технических наук, доцент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: perkan@perm.ru).

**Nikitin Sergey Petrovich** – Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: perkan@perm.ru).