УДК 621.793.02

Е.В. Сидорова, А.Н. Михайлов, А.П. Недашковский
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: sydorova@gmail.com

ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТОЧЕНИЯ БЕЗ СНИЖЕНИЯ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕЙ ПЛАСТИНЫ

Представленная методика учитывает физико-механические процессы в зоне резания и позволяет значительно сократить объём экспериментальных исследований при определении режимов резания для повышения технологической производительности на примере точения закалённой легированной стали 42CrMo4. Благодаря разработанной модели стойкости режущей пластины были определены зависимости стойкости режущей пластины от скорости резания, позволившие повысить технологическую производительность точения в 1,5 раза без снижения стойкости режущей пластины.
Ключевые слова: *технологическая производительность, точение, физико-механические процессы, стойкость, режимы резания.*

1. Введение

Повышение технологической производительности точения является актуальной задачей современного машиностроения. Решение данной задачи реализуется за счёт снижения времени на обработку, которое может быть достигнуто увеличением скорости резания, подачи и глубины резания. Однако, режимы резания имеют различное влияние на стойкость режущей пластины. Таким образом, интенсификация режимов резания может привести к резкому снижению стойкости режущей пластины.

Для обеспечения повышения производительности точения без снижения стойкости режущей пластины необходимо знать зависимости влияния режимов на процессы в зоне резания. Существует множество экспериментальных исследований посвящённых данному вопросу, позволивших определить эмпирические зависимости.

Стремление сократить объём экспериментальных исследований по причине высоких временных и денежных затрат, объясняет интерес в разработке теоретических основ на базе изучения физико-механических процессов в зоне резания. Это работы проф. Старкова В.К. [1], проф. Верещаки А.С. [2], проф. Залоги В.А. [3], и многих других учёных.

Одним из наиболее эффективных методов теоретических исследований является создание и анализ моделей, симулирующих процесс резания, например работы проф. Пантале О. [4], проф. Криворучко Д.В. [5].

Определение влияния физико-механических процессов на стойкость режущей пластины позволит выполнять прогнозы и выбирать режимы резания, позволяющие увеличивать технологическую производительность без снижения стойкости.

Таким образом, целью данной работы является повышение технологической производительности точения без снижения стойкости режущей пластины.

Для этого необходимо решить следующие задачи:

1) разработать теоретическую модель процесса точения;
2) провести экспериментальные стойкостные испытания режущих пластин;
3) разработать модель стойкости режущей пластины;

4) определить зависимость стойкости режущей пластины от скорости резания;
5) повысить технологическую производительность точения без снижения стойкости режущей пластины.

2. Основное содержание и результаты работы

В качестве примера для реализации поставленных задач, рассмотрим точение закалённой легированной стали 42CrMo4 твердосплавной режущей пластиной WC-Co6% с PVD-покрытием TiAlN и 4E-геометрией ATI Stellram [6], специально разработанной для точения труднообраюатываемых материалов в авиационной промышленности.. Державка Sandvik Coromant DCLNR3232P-16 обеспечивала наклон режущей пластины таким образом, что передний угол γ=6, а задний угол α=6°. Главный угол в плане режущей пластины φ=45°.

Закалённая легированная сталь 42CrMo4 (аналог 38ХМ) была подвергнута закалке в масле при температуре 850°C в течении 180 минут и отпуску при температуре 600°C в течении 240 минут, после чего твёрдость материала составила 38 HRC. Химический состав представлен в таблице 1. Удельная сила резания такого материала составляет 2500 Н/мм^2. Данная сталь применяется для деталей, подверженных высоким и средним нагрузкам. Это валы, оси, зубчатых реек, коленчатых валов, стержней, шестерён и др. При точении, такие свойства рассматриваемого материала как высокая твёрдость, низкая пластичность вызывают существенный износ пластины.

Таблица 1. Химический состав легированной стали 42CrMo4

C%	Si% max	Mn%	P% max	S% max	Cr%	Mo%	Fe
0,38-0,45	0,40	0,60-0,90	0,025	0,035	0,90-1,20	0,15-0,30	остальное

В среде конечно-элементного термомеханического моделирования в ABAQUS Explicit 6.10 была разработана модель процесса точения, учитывающая геометрические параметры, режимы резания, физико-механические характеристики обрабатываемого материала, подложки и PVD-покрытия, законы поведения обрабатываемого материала при больших деформациях, тепловые и механические законы контактного взаимодействия. Данная модель позволяет получать информацию о физико-механических параметрах нагружения режущей пластины. Нами были рассмотрены такие параметры как контактное нормальное напряжение, контактное касательное напряжение, контактная температура.

Экспериментальные стойкостные исследования выполнялись на токарном металлорежущем станке модели H.Ernault Somua 450 NCS для режимов резания, представленных в таблице 2.

Таблица 2. Режимы резания

код режима резания	скорость резания, м/мин	подача, мм/об	глубина резания, мм
v200s03t3	200	0,3	3
v150s03t3	150	0,3	3
v100s03t3	100	0,3	3
v150s01t3	150	0,1	3

Разработанная модель стойкости твердосплавной режущей пластины WC-Co6% с PVD-покрытием TiAlN и 4E-геометрией ATI Stellram представляет собой регрессионное уравнение зависимости стойкости T от физико-механических параметров нагружения (контактного нормального напряжения σ, контактного касательного напряжения τ, контактной температуры t):

$$T = e^{k + x \cdot \ln(\sigma) + y \cdot \ln(\tau) + z \cdot \ln(t)}, \quad (1)$$

где k, x, y, z – коэффициенты уравнения регрессии.

Для определения коэффициентов экспериментальным путём была оценена стойкость режущей пластины при различных режимах точения закалённой стали 42CrMo4.

На основании представленных данных была разработана следующая система регрессионных уравнений для определения коэффициентов:

$$\begin{cases} \ln(T_{v200s03t3}) = k + x \cdot \ln(\sigma_{v200s03t3}) + y \cdot \ln(\tau_{v200s03t3}) + z \cdot \ln(t_{v200s03t3}) \\ \ln(T_{v150s03t3}) = k + x \cdot \ln(\sigma_{v150s03t3}) + y \cdot \ln(\tau_{v150s03t3}) + z \cdot \ln(t_{v150s03t3}) \\ \ln(T_{v100s03t3}) = k + x \cdot \ln(\sigma_{v100s03t3}) + y \cdot \ln(\tau_{v100s03t3}) + z \cdot \ln(t_{v100s03t3}) \\ \ln(T_{v150s01t3}) = k + x \cdot \ln(\sigma_{v150s01t3}) + y \cdot \ln(\tau_{v150s01t3}) + z \cdot \ln(t_{v150s01t3}) \end{cases}; \quad (2)$$

Зависимость стойкости режущей пластины от физико-механических параметров нагружения для рассматриваемых режимов резания представлена в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость стойкости режущей пластины от физико-механических параметров нагружения

код режима резания	физико-механическое нагружение			стойкость T, с
	контактное нормальное напряжение σ, МПа	контактное касательное напряжение τ, МПа	контактная температура t, °C	
v200s03t3	2345	85	655	260
v150s03t3	1125	40	620	740
v100s03t3	3150	35	570	780
v150s01t3	1535	50	445	2200

Таким образом, k=39; x=-0,42; y=-0,67; z=-4,2, а модель стойкости режущей пластины примет следующий вид:

$$T = e^{39 - 0{,}42 \cdot \ln(\sigma) - 0{,}67 \cdot \ln(\tau) - 4{,}2 \cdot \ln(t)}, \quad (3)$$

Процесс точения симулировали для скоростей резания от 100 м/мин до 200 м/мин. Подача 0,3 мм/об и глубина резания 3 мм оставалась постоянной. На основании подученных значений физико-механического нагружения (контактного нормального напряжения, контактного касательного напряжения, контактной температуры) и модели стойкости режущей пластины была определена зависимость стойкости режущей пластины от скорости резания стали 42CrMo4 (рис. 1).

Технологическая производительность:

$$K_p = \frac{1}{t_o}, \tag{5}$$

где t_o – основное время на обработку, мин:

$$t_o = \frac{\pi \cdot D \cdot L}{1000 \cdot v \cdot s}, \tag{6}$$

где D – диаметр заготовки, мм; L - длина рабочего и холостого хода инструмента, мм; v - скорость резания, м/мин; s - подача, мм/об.

Таким образом, при увеличении скорости резания технологическая производительность увеличивается во столько же раз.

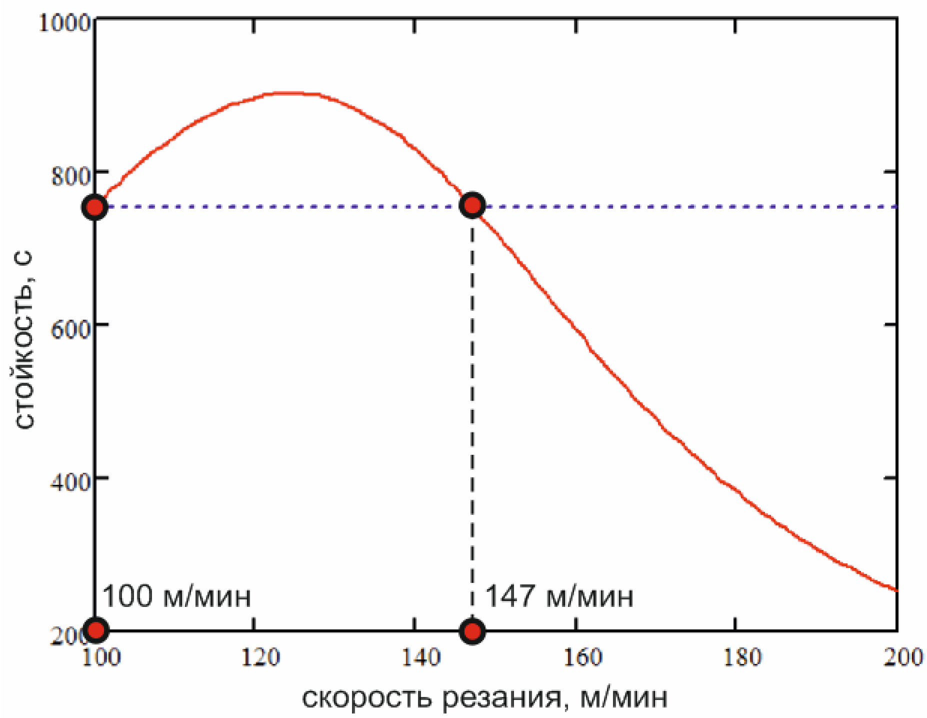

Рис. 1. Зависимость стойкости режущей пластины от скорости резания при точении стали 42CrMo4

При точении стали 42CrMo4 для рассматриваемого промежутка скоростей, согласно рисунку 1, при обеспечении равной стойкости режущей пластины и прочих равных условиях за счёт увеличения скорости резания с 100 до 147 м/мин технологическая производительность увеличилась в 1,5 раза.

3. Заключение

Благодаря разработанной модели стойкости режущей пластины были определены зависимости стойкости режущей пластины от скорости резания, позволившие повысить технологическую производительность точения в 1,5 раза без снижения стойкости режущей пластины. Представленная методика учитывает физико-механические процессы в зоне резания и позволяет значительно сократить объём экспериментальных исследований при определении режимов резания для повышения технологической производительности точения.

Список литературы:

1. Старков, В.К. Физика и оптимизация резания материалов / В.К. Старков. - М. : Машиностроение, 2009. – 640 с.

2. Верещака, А.С. Резание материалов. Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: учеб. для техн. вузов. / А.С. Верещака, В.С. Кушнер. — М.: Высшая школа, 2009. – 536 с.

3. Розробка наукових основ підвищення ресурсу інструментів із керамічних та надтвердих матеріалів для переривчастого різання на основі імітаційного моделювання : Звіт про НДР (проміжний) / Наук. керівник: В.О. Залога. — Суми : СумДУ, 2010. — 120 с.

4. Pantalé, O. Plateforme de prototypage virtuel pour la simulation numérique en grandes transformations thermomécaniques rapides: habilitation à diriger des recherches / Pantalé Olivier; Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes. – Soutenue 19.07.05. – Toulouse, 2005. – 229 p.

5. Криворучко Д.В. Основи 3D-моделювання процесів механічної обробки методом скінченних елементів: навчальний посібник/ Д.В. Криворучко, В.О. Залога, В.Г. Корбач.- Суми: Вид-во СумДУ, 2009. –208 с.

6. Tournage [Электронный ресурс] / STELLRAM. – Режим доступа: http://213.174.143.38/download/stellram-turning-french-pdf-8650940.html - (06.05.2012).

Надійшла до редколегії 23.05.2012 р.

E. Sydorova, A. Mikhailov, A. Nedashkovsky

IMPROVING TECHNOLOGICAL PERFORMANCE OF TURNING WITHOUT REDUCTION OF STRENGTH OF CUTTING PLATE

The presented method takes into account the physical and mechanical processes in the cutting zone, and can significantly reduce the amount of experimental studies to determine the cutting process to enhance performance on an example of turning of hardened alloy steel 42CrMo4. Through the presented model of the strength of cutting plate is determined dependence of the strength of cutting plate and cutting speed, which allowed to improve the technological performance by 1.5 times without reduction of strength of cutting plate.

Keywords: *technological performance, turning, physical and mechanical processes, strength, cutting conditions.*

О.В. Сидорова, О.М. Михайлов, О.П. Недашковський

ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ТОЧІННЯ БЕЗ ЗНИЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РІЖУЧОЇ ПЛАСТИНИ

Представлена методика враховує фізико-механічні процеси в зоні різання і дозволяє значно скоротити обсяг експериментальних досліджень при визначенні режимів різання для підвищення технологічної продуктивності на прикладі точіння загартованої легованої сталі 42CrMo4. Завдяки розробленій моделі стійкості ріжучої пластини були визначені залежності стійкості ріжучої пластини від швидкості різання, що дозволили підвищити технологічну продуктивність точіння в 1,5 рази без зниження стійкості ріжучої пластини.

Ключові слова: *технологічна продуктивність, точіння, фізико-механічні процеси, стійкість, режими різання.*