

УДК 629.1

Е.В. Сидорова, канд. техн. наук, доц.

Донецький національний технічний університет

Тел.: +38 (062) 301 08 05; E-mail: syedorova@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ЛОКАЛЬНЫЙ РЕСУРС РЕЖУЩЕЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ ТОЧЕНИИ ШХ15

Определено влияние режимов резания на локальный ресурс режущей пластины при точении ШХ15 твердосплавной режущей пластиной с PVD-покрытием, что позволило установить режим резания, обеспечивающий максимальный общий ресурс режущей пластины с учётом особенностей термомеханического нагружения зон контакта инструмента со стружкой, с зоной больших деформаций, с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки, с обработанным материалом. Локальный ресурс представляет собой объём материала, снимаемого за период стойкости рассматриваемой зоны режущей пластины. Общий ресурс определяется исходя из минимального значения локального ресурса режущей пластины. Для этого были получены интерполяционные графики двумерной зависимости локального ресурса режущей пластины от скорости резания и подачи на основании имитации термомеханического состояния материала и режущего инструмента с PVD-покрытием при точении в программной среде SIMULIA/Abaqus 6.10 (Dassault Systemes) и регрессионного уравнения зависимости стойкости от термомеханических параметров нагружения.

Ключевые слова: точение, моделирование, режим резания, термомеханическое нагружение, локальный ресурс, сталь ШХ15.

1. Введение

Определение влияния режимов резания на локальный ресурс режущей пластины при точении ШХ15 твердосплавной режущей пластиной с PVD-покрытием позволяет установить режим резания, обеспечивающий максимальный общий ресурс режущей пластины с учётом особенностей термомеханического нагружения зон контакта инструмента со стружкой, с зоной больших деформаций, с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки, с обработанным материалом.

Однако, для получения данных о процессах при точении необходимы теоретические модели, так как малая и закрытая зона контакта режущего инструмента и обрабатываемого материала вызывают сложности определения параметров экспериментальным методом, который, помимо всего, весьма дорогостоящий. Проблема термомеханического моделирования процесса резания решалась посредством компьютерной имитации в работах Pantale O. [1] и ряда других авторов.

Таким образом, целью данной работы является определение режима резания, обеспечивающего максимальный общий ресурс режущего инструмента на основании локального анализа при точении стали ШХ15. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- 1) разработать модель термомеханического состояния материала и режущего инструмента при точении стали ШХ15;
- 2) сымитировать процесс точения для различных скоростей резания и подач;

- 3) идентифицировать зоны контакта инструмента со стружкой, с зоной больших деформаций, с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки, с обработанным материалом;
- 4) определить влияние режима резания на значения локального ресурса режущей пластины;
- 5) определить режим резания, обеспечивающий максимальное значение ресурса режущего инструмента.

2. Основное содержание и результаты работы

Данные исследования были выполнены для условий продольного точения. Обрабатываемый материал – закаленная сталь *ШХ15* (твёрдость 45 HRC), характеристики и закон поведения при больших деформациях которой представлен в работе [2]. При точении указанного материала использовались режущие пластины ATI Stellram с 4Е-геометрией CNMG542A-4E SP0819 CNMI60608E-4E. Данная режущая пластина состоит из подлож мелкозернистого наноструктурированного карбида SP0819 и сверхтвёрдого PVD-нанопокрытия TiAlN, которое значительно повышает теплостойкость и сопротивление износу при точении. Максимальная рабочая температура 1000°C. Державка *Sandvik Coromant DCLNR3232P-16* обеспечивает наклон режущей пластины: передний угол $\gamma = 9^\circ$; задний угол $\alpha = 6^\circ$; главный угол в плане $\varphi = 50^\circ$, вспомогательный угол в плане $\varphi_1 = 50^\circ$. Режущая кромка пластины закруглённая. Толщина PVD-покрытия – 5 мкм.

Скорость резания варьировалась в рекомендованном производителем интервале $v = 100\text{-}200$ м/мин с шагом 50 м/мин, подача - $s = 0,05\text{-}0,15$ мм/об с шагом 0,05 мм/об, для всех исследований глубина резания оставалась постоянной $t = 1$ мм.

При разработке модели термомеханического состояния материала и режущего инструмента с PVD-покрытием при точении стали *ШХ15* в программной среде *SIMULIA/Abaqus 6.10 (Dassault Systemes)* были учтены геометрические параметры, режимы резания, термомеханические характеристики обрабатываемого материала, подложки и PVD-покрытия, законы поведения обрабатываемого материала при больших деформациях, тепловые и механические законы контактного взаимодействия, что позволило получить информацию о термомеханических параметрах: контактных нормальных напряжениях, контактных касательных напряжениях и контактных температурах для заданных условий процесса точения. Моделирование процесса резания *ШХ15* режущей пластиной было выполнено на основе Произвольного подхода Лагранжа-Эйлера. Подробная методика моделирования представлена в работе [3].

Полученные результаты численного моделирования нагружения режущей пластины при обработке резанием, прежде всего, объясняются чувствительностью обрабатываемого материала к эффекту наклена, температуре и скорости деформации, а также характером трибологического взаимодействия обрабатываемого материала с режущей пластиной.

После имитации процессов точения были идентифицированы различные зоны контакта режущей пластины с обрабатываемым материалом: зона контакта инстру-

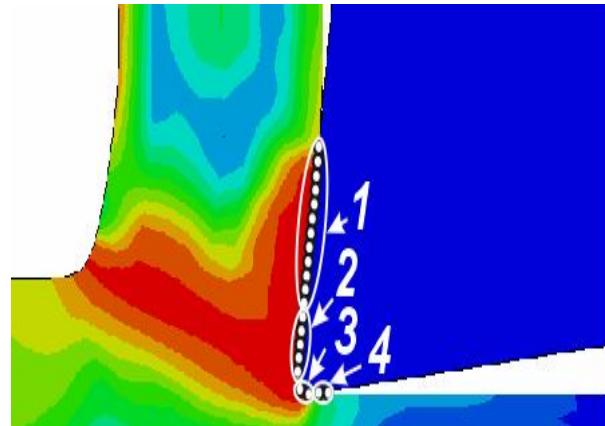


Рис. 1. Контактные зоны

мента со стружкой 1, с зоной больших деформаций 2, с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки 3, с обработанным материалом 4 (рис. 1).

Регрессионное уравнение зависимости стойкости T от термомеханических параметров нагружения (контактного нормального напряжения σ , контактного касательного напряжения τ , контактной температуры θ) для данной режущей пластины [3]

$$T(\sigma, \tau, \theta) = e^{25,06 + 0,01 \cdot \ln(\sigma) - 0,79 \cdot \ln(\tau) - 3 \cdot \ln(\theta)} \quad (1)$$

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

Для оценки состояния зон режущей пластины и способности сопротивления заданным параметрам нагружения введем понятие локального ресурса режущей пластины. Локальный ресурс R_i (см^3) представляет собой объем материала, снимаемого за период стойкости рассматриваемой зоны режущей пластины

$$R_i = T_i \cdot Q, \quad (2)$$

где T_i – стойкость i -той зоны, мин; Q - объем снимаемого материала в минуту

$$Q = v \cdot s \cdot t, \quad (3)$$

где v – скорость резания, м/мин; s – подача, мм/об; t – глубина резания, мм.

Общий ресурс определяется исходя из минимального значения локального ресурса режущей пластины.

Таким образом, можно определить режим резания, обеспечивающий максимальный общий ресурс режущей пластины.

Влияние режима резания на значения локального ресурса режущей пластины при точении стали ШХ15 представлено на рисунке 2.

Анализ интерполяционных графиков двумерной зависимости ресурса режущей пластины от скорости резания и подачи в различных зонах контакта режущей пластины с обрабатываемым материалом делают очевидным факт отсутствия такого режима резания, который бы обеспечил высокие значения ресурса пластины в различных зонах. Так, в зоне 1 контакта инструмента со стружкой высокие значения ресурса пластины обеспечиваются при высокой скорости резания, но низкой подаче; в зоне 2 контакта инструмента с зоной больших деформаций – при высокой скорости резания, но низкой подаче или средней скорости резания и высокой подаче; в зоне 3 контакта инструмента с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки – при низкой/средней скорости резания и низкой подаче или средней скорости резания и высокой подаче; в зоне 4 контакта инструмента с обработанным материалом – при средней скорости резания и высокой подаче.

Разработанная методика и установленные зависимости позволили определить режим резания ($v = 150$ мм/мин, $s = 0,05$ мм/об, $t = 1$ мм), обеспечивающий максимальное значение общего ресурса режущей пластины 128 см^3 , что в 6 раз больше, чем режим резания, вызвавший минимальное значение общего ресурса режущей пластины ($v = 100$ мм/мин, $s = 0,05$ мм/об, $t = 1$ мм).

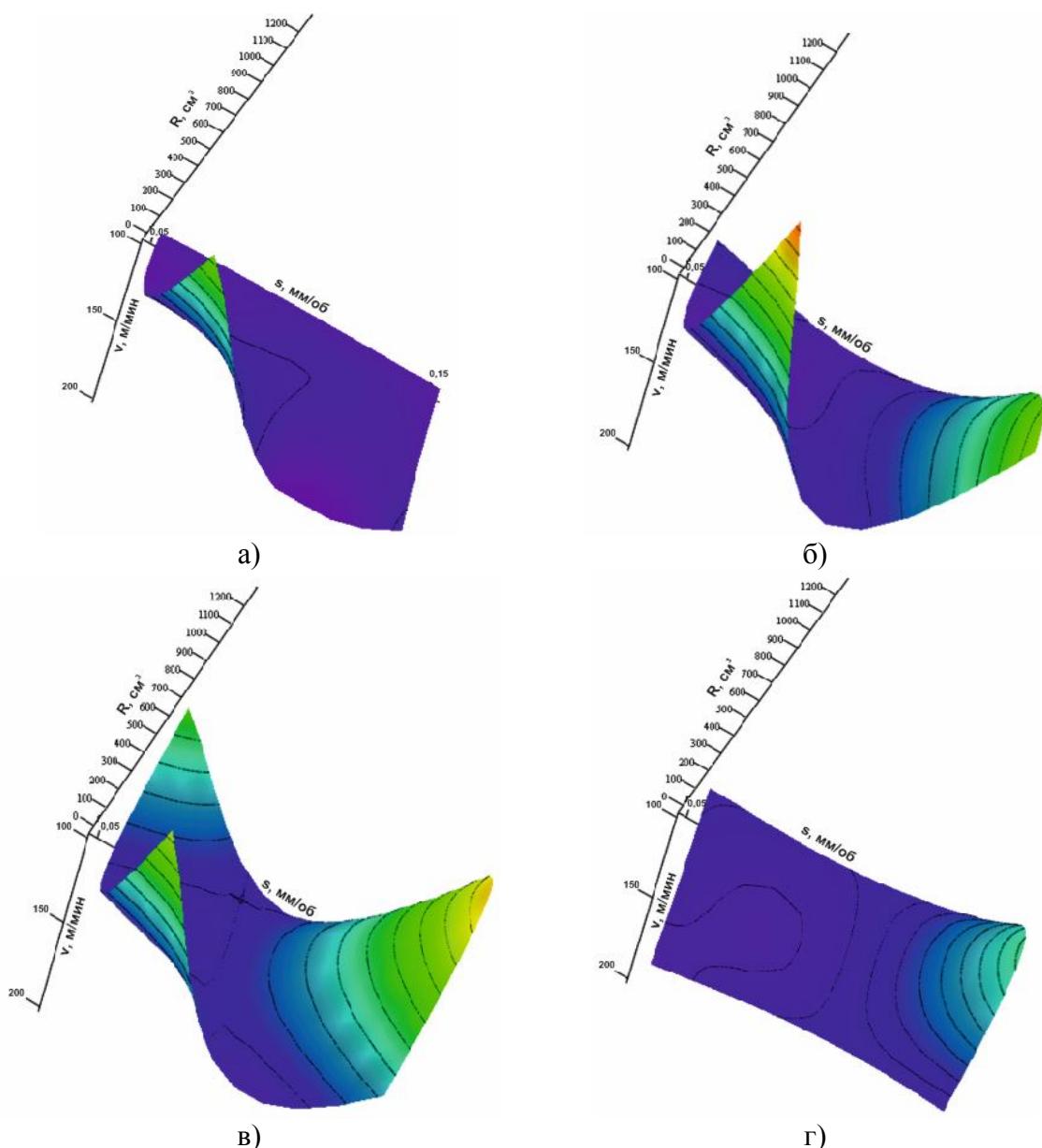


Рис. 2. Локальний ресурс режущої пластины при точенні сталі ШХ15 ($t = 1$ мм):

а) в зоне 1 контакта інструмента со стружкою; б) в зоне 2 контакта інструмента с зоной больших деформаций; в) в зоне 3 контакта інструмента с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки; г) в зоне 4 контакта інструмента с обработанным материалом

3. Заключение

За счётом определения влияния режимов резания на локальный ресурс режущей пластины при точении SHX15 твердосплавной режущей пластиной с PVD-покрытием с учётом особенностей термомеханического нагружения зон контакта инструмента со стружкой, с зоной больших деформаций, с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки, с обработанным материалом, был установлен режим реза-

ния ($v = 150$ мм/мин, $s = 0,05$ мм/об, $t = 1$ мм), обеспечивающий максимальное значение общего ресурса режущей пластины 128 см^3 , что в 6 раз больше, чем режим резания, вызвавший минимальное значение общего ресурса режущей пластины ($v = 100$ мм/мин, $s = 0,05$ мм/об, $t = 1$ мм).

Список литературы:

1. Pantale, O. Modelisation et simulation tridimensionnelles de la coupe des metaux: these presentee pour obtenir le grade de docteur: mecanique / Pantale Olivier; Ecole Nationale d'Ingenieurs de Tarbes. – Soutenue 10.07.96. – Tarbes, 1996. – 177 p.
2. Habak, M. Etude de l'influence de la microstructure et des parametres de coupe sur le comportement en tournage dur de l'acier a roulement 100Cr6: these presentee pour obtenir le grade de docteur: mecanique et materiaux / Habak Malek; ENSAM. – Soutenue 11.12.06. – Angers, 2006. – 191 p.
3. Sydorova, H. Pratique de la modelisation des processus de coupe avec assistance / H. Sydorova // HAL: l'archive ouverte du Centre pour la communication scientifique directe. - 2014.

Надійшла до редколегії 18.12.2014.

E.V. Sydorova

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF CUTTING CONDITIONS ON THE LOCAL WORKING INSERT LIFE IN TURNING IIIХ15

The influence of cutting conditions on the local working insert life in turning IIIХ15 by carbide cutting inserts with PVD-coating was determined, that allowed to establish the cutting conditions, which provides the maximum general working insert life taking into account the features of thermomechanical loading of the contact zone of cutting insert with the chip, with the large deformation zone, with the crushing workpiece zone by the rounded part of the cutting edge, with the worked material. The local working insert life is the volume of material removed by cutting insert in tool life of contact zone. The general working insert life is determined on base of the local minimum working insert life. To this were obtained the two-dimensional interpolation graphics of the local working insert life dependence of cutting speed and feed on the basis of the thermo-mechanical state simulation of workpiece and cutting tool with PVD-coating in turning in the software SIMULIA/Abaqus 6.10 (Dassault Systemes) and the regression equation dependence of tool life and thermomechanical loading parameters.

Keywords: turning, modeling, cutting conditions, thermomechanical loading, local working insert life, steel IIIХ15

О.В. Сидорова

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ЛОКАЛЬНИЙ РЕСУРС РІЖУЧОЇ ПЛАСТИНИ ПРИ ТОЧИННІ IIIХ15

Визначено вплив режимів різання на локальний ресурс ріжучої пластини при точинні IIIХ15 твердосплавної ріжучої пластиною з PVD-покриттям, що дозволило встановити режим різання, що забезпечує максимальний загальний ресурс ріжучої пластини з урахуванням особливостей термомеханічного навантаження зон контакту інструменту зі стружкою, із зоною великих деформацій, із зоною підмінання матеріалу округленням ділянкою ріжучої кромки, з обробленим матеріалом. Локальний ресурс являє собою об'єм матеріалу, що знімається за період стійкості розглянутої зони ріжучої пластини. Загальний ресурс визначається виходячи з мінімального значення локального ресурсу ріжучої пластини. Для цього були отримані інтерполяційні графіки двовимірної залежності локального ресурсу ріжучої пластини від швидкості різання і подачі на підставі імітації термомеханічного стану матеріалу і ріжучого інструменту з PVD-покриттям при точинні в програмному середовищі SIMULIA/Abaqus 6.10 (Dassault Systemes) і регресійного рівняння залежності стійкості від термомеханіческих параметрів навантаження.

Ключові слова: точиння, моделювання, режим різання, термомеханічне навантаження, локальний ресурс, сталь IIIХ15.