

УДК 629.1

Е.В. Сидорова, канд. техн. наук, доц.
Донецкий национальный технический университет, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3050104; E-mail: sydorova@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЕ НАГРУЖЕНИЕ РЕЖУЩЕЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ ТОЧЕНИИ ШХ15

*Определение влияния режимов резания на термомеханическое нагружение режущей пластины при точении ШХ15 на базе анализа распределения нормальных напряжений, касательных напряжений и температур в различных зонах контакта режущей пластины с обрабатываемым материалом позволяет получить информацию, на основе которой возможно установить рациональные режимы резания, обеспечивающие низкие значения рассматриваемых напряжений и их более равномерный характер распределения вдоль контактной зоны, что немаловажно для повышения ресурса режущей пластины. Для этого были получены интерполяционные графики двумерной зависимости контактного нормального напряжения, касательного напряжения и температуры 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). **Ключевые слова:** точение, моделирование, режим резания, термомеханическое нагружение, сталь ШХ15.*

1. Введение

Определение влияния режимов резания на термомеханическое нагружение режущей пластины при точении ШХ15 на базе анализа распределения нормальных напряжений, касательных напряжений и температур в различных зонах контакта режущей пластины с обрабатываемым материалом позволяет получить информацию, на основе которой возможно установить рациональные режимы резания, обеспечивающие низкие значения рассматриваемых напряжений и их более равномерный характер распределения вдоль контактной зоны, что немаловажно для повышения ресурса режущей пластины.

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], *Криворучко Д.В.* [2] и ряда других авторов.

Таким образом, целью данной работы является определение влияния режима резания на термомеханическое нагружение режущей пластины 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) проанализировать характер распределения напряжений по фон Мизесу и характер стружкообразования;

4) идентифицировать зоны контакта инструмента со стружкой, с зоной больших деформаций, с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки, с обработанным материалом и проанализировать распределение контактных напряжений;

5) определить режим резания, обеспечивающий низкие значения рассматриваемых напряжений и их более равномерный характер распределения вдоль контактной зоны режущей пластины и обрабатываемого материала.

2. Основное содержание и результаты работы

Данные исследования были выполнены для условий продольного точения. Обрабатываемый материал – закаленная сталь ШХ15 (твердость 45 HRC), характеристики и закон поведения при больших деформациях которого представлен в работе [3]. Инструментальный материал SP0819 режущей пластины ATI Stellram CNMG542A-4E SP0819 CNMG160608E-4E состоял из TiAlN PVD-покрытия на мелкозернистой твердосплавной подложке. Для всех исследований глубина резания оставались постоянной: $t = 1$ мм. Скорость резания варьировалась в рекомендованном производителем интервале $v = 100-200$ м/мин с шагом 50 м/мин, подача $s = 0,05-0,15$ мм/об с шагом 0,05 мм/об.

При разработке модели термомеханического состояния материала и режущего инструмента с PVD-покрытием при точении 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. Моделирование процесса резания ШХ15 режущей пластиной было выполнено на основе Произвольного подхода Лагранжа-Эйлера. Подробная методика моделирования представлена в работе [4]. Полученные результаты численного моделирования нагружения режущей пластины при обработке резанием, прежде всего, объясняются чувствительностью обрабатываемого материала к эффекту наклепа, температуре и скорости деформации, а также характером трибологического взаимодействия обрабатываемого материала с режущей пластиной.

Распределение напряжений по фон Мизесу, а также полученная форма стружки при имитации процесса резания ШХ15 при различных режимах резания представлены на рисунке 1. Рассмотрим расположение зоны максимальных значений напряжений по фон Мизесу по отношению к контактной зоне, а также характер стружкообразования при точении ШХ15. Для режима резания $v = 100$ м/мин и $s = 0,05$ мм/об высокие напряжения концентрируются в зоне контакта инструмента с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки и с обработанным материалом. Для режима резания $v = 150$ м/мин и $s = 0,05$ мм/об напряжения в зоне контакта с режущей пластиной несколько снижаются, но распространяются уже на большую часть контактной зоны. В большей степени это проявляется для режима $v = 200$ м/мин и $s = 0,05$ мм/об. Для подачи $s = 0,05$ мм/об радиус закругления стружки имеет минимальное значение, при этом зона контакта инструмента со стружкой является минимальной. Однако, для подачи $s = 0,1$ мм/об радиус закругления стружки имеет максимальные значения, что, соответственно, влечет за собой увеличение зоны контакта по передней поверхности. Высокие напряжения концентрируются в зоне

контакта режущей пластины с обрабатываемым материалом и снижаются с увеличением скорости. Для подачи $s = 0,15$ мм/об радиус закругления стружки имеет средние значения. С увеличением скорости резания зона высоких напряжений сдвигается в противоположную от контактной зоны сторону.

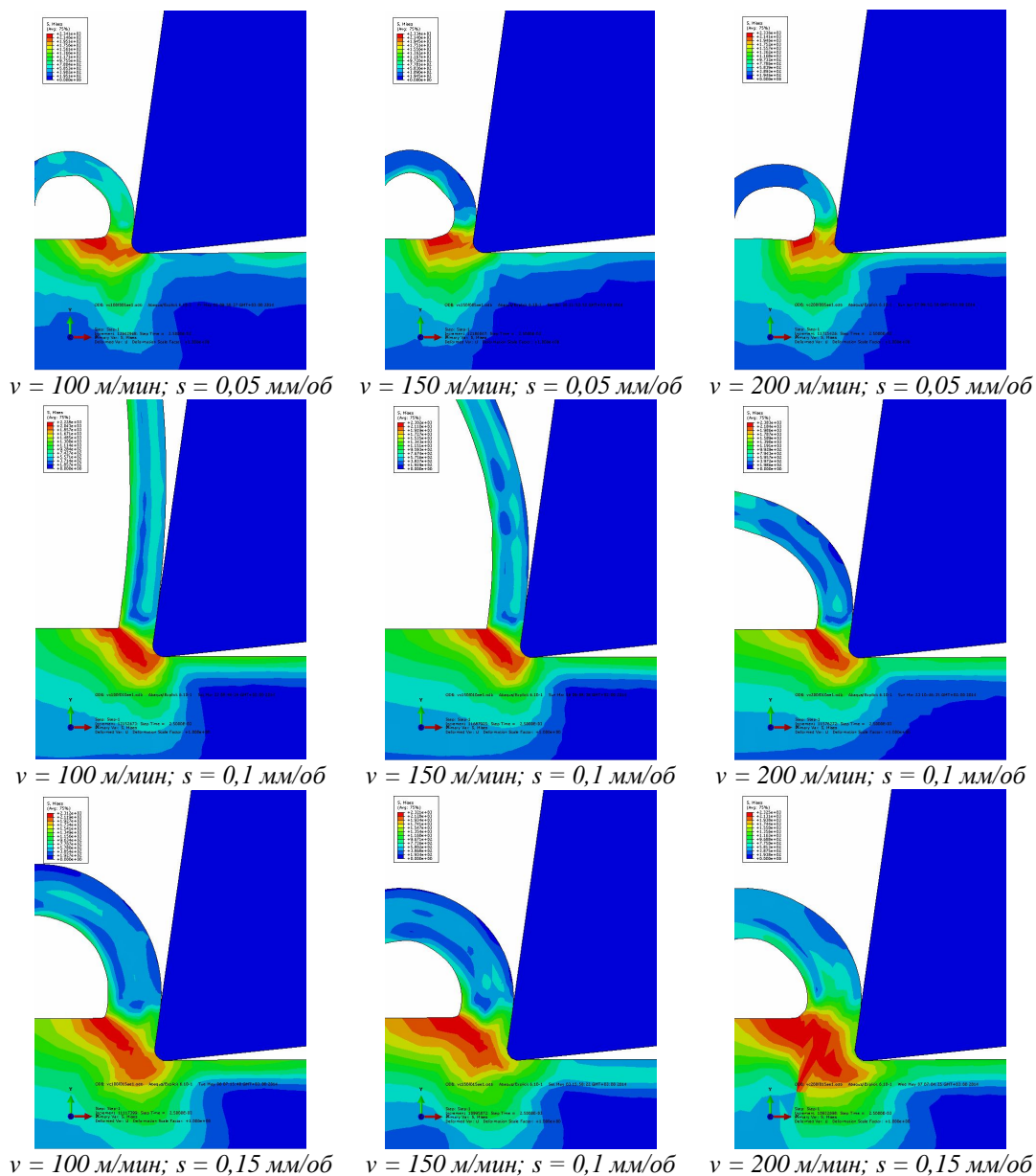


Рис. 1. Распределение напряжений по фон Мизесу и стружкообразование при точении стали ШХ15

После имитации процессов точения были идентифицированы различные зоны контакта режущей пластины с обрабатываемым материалом: зона контакта инструмента со стружкой 1, с зоной больших деформаций 2, с зоной подминания

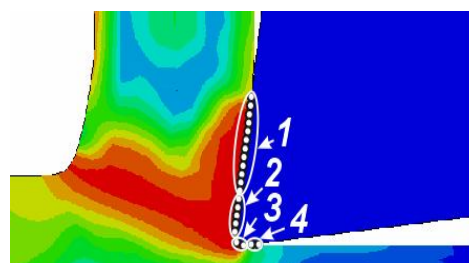


Рис. 2. Контактные зоны

материала округленным участком режущей кромки 3, с обработанным материалом 4 (рис. 2).

Интерполяционные графики двумерной зависимости контактного нормального напряжения σ , касательного напряжения τ и температуры θ от скорости резания и подачи при точении стали ШХ15 представлены на рисунках 3-5.

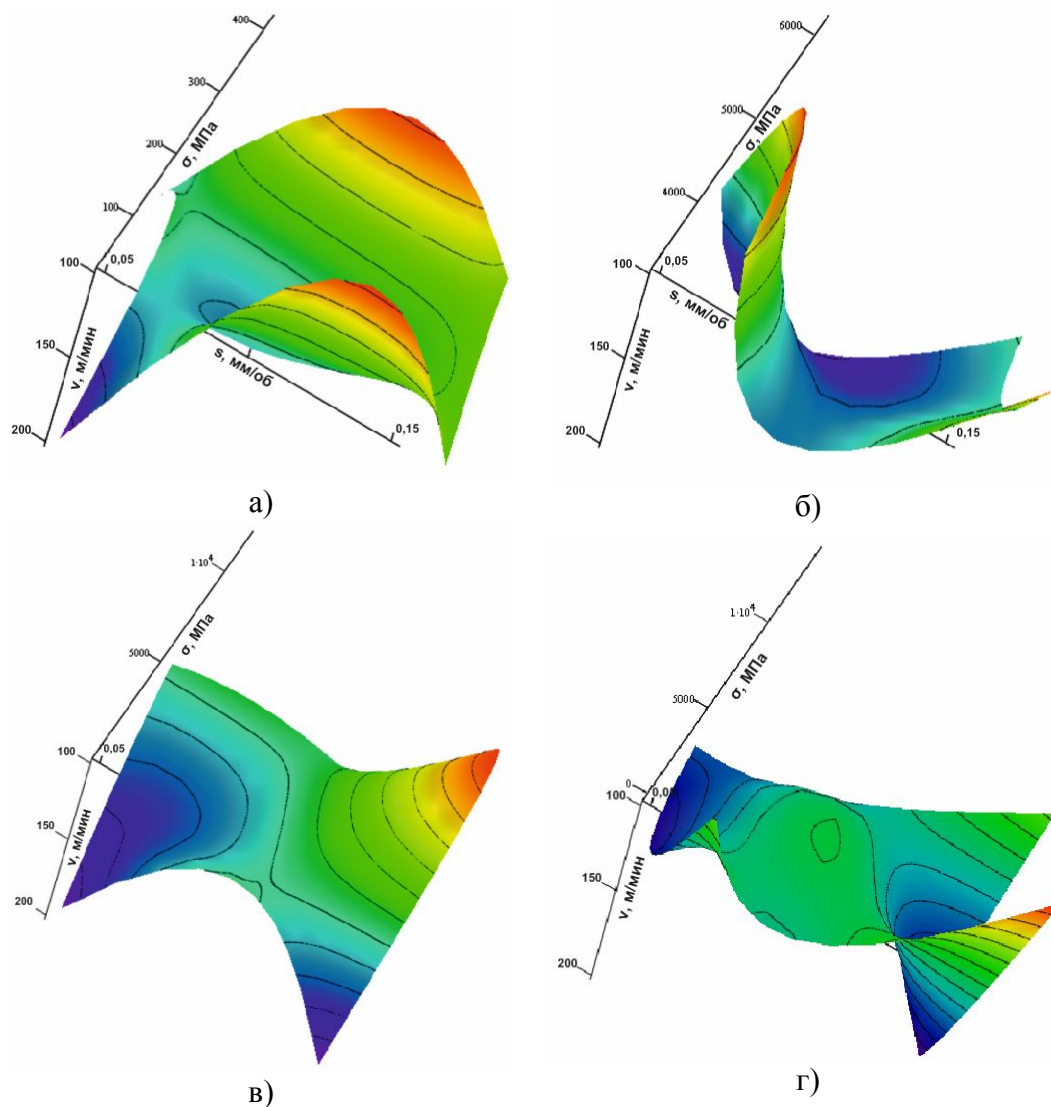


Рис. 3. Влияние скорости резания и подачи на контактное нормальное напряжение σ в зоне 1 контакта инструмента со стружкой (а), в зоне 2 контакта инструмента с зоной больших деформаций (б), в зоне 3 контакта инструмента с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки температуры (в), в зоне 4 контакта инструмента с обработанным материалом (г) при точении стали ШХ15

Наиболее стабильный характер распределения нормальных напряжений в контактной зоне наблюдается при средних значениях скорости резания и подачи. При низких значениях подачи и высокой скорости резания распределение напряжений имеет чередующийся характер – за низкими значениями в зоне 1 контакта инструмента со стружкой, следуют высокие в зоне 2 контакта инструмента с зоной больших

деформаций, затем опять низкие в зоне 3 контакта инструмента с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки и высокие в зоне 4 контакта инструмента с обработанным материалом.

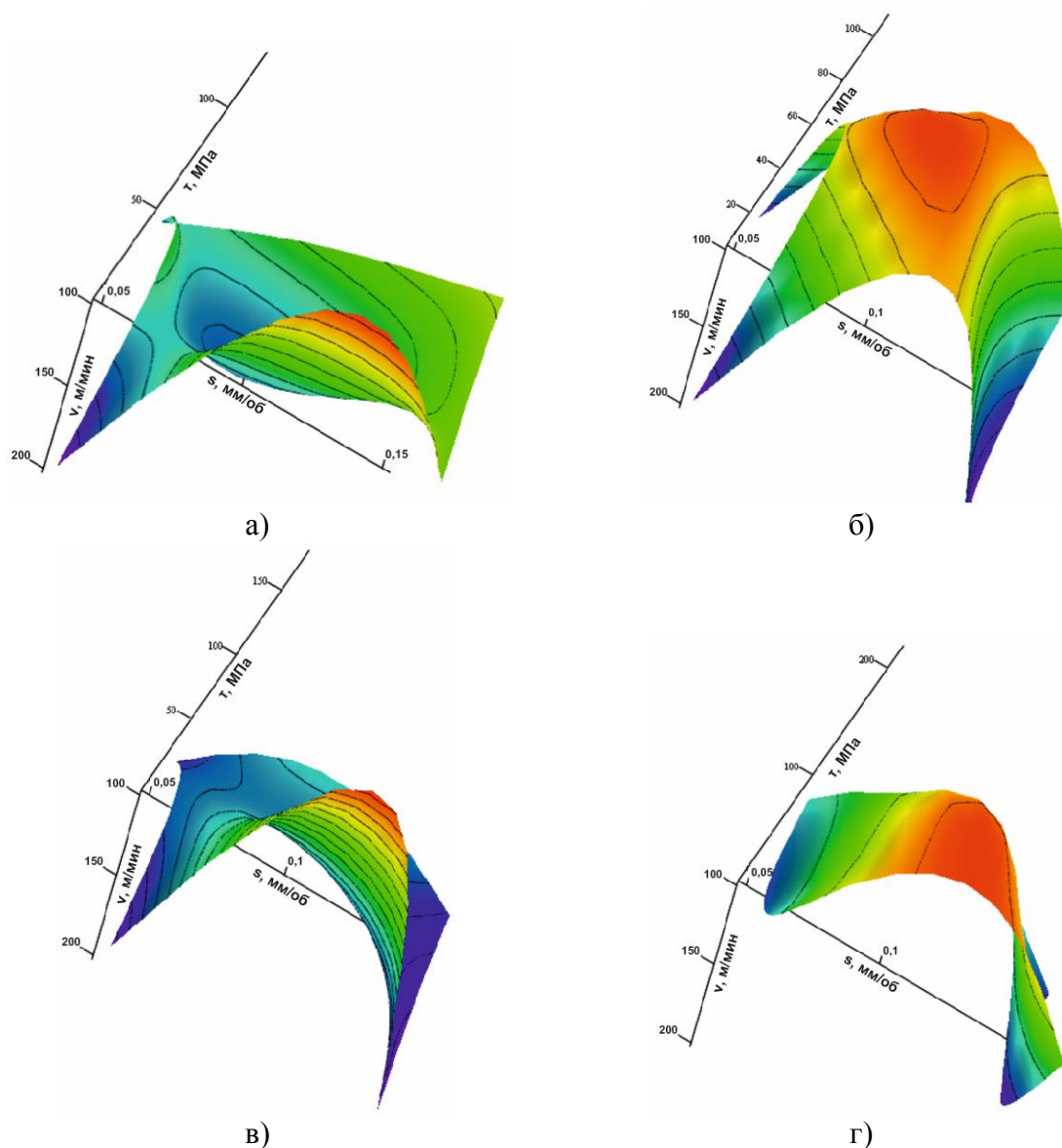


Рис. 4. Влияние скорости резания и подачи на контактное касательное напряжение τ в зоне 1 контакта инструмента со стружкой (а), в зоне 2 контакта инструмента с зоной больших деформаций (б), в зоне 3 контакта инструмента с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки (в), в зоне 4 контакта инструмента с обработанным материалом (г) при точении стали ШХ15

Минимальные значения касательного напряжения во всех контактных зонах наблюдаются при высокой скорости резания и низкой подаче. При средних значениях подачи и скорости резания распределение напряжений имеет чередующийся характер – за низкими значениями в зоне 1 контакта инструмента со стружкой, следуют высокие в зоне 2 контакта инструмента с зоной больших деформаций, затем опять низкие в зоне 3

контакта инструмента с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки и высокие в зоне 4 контакта инструмента с обработанным материалом.

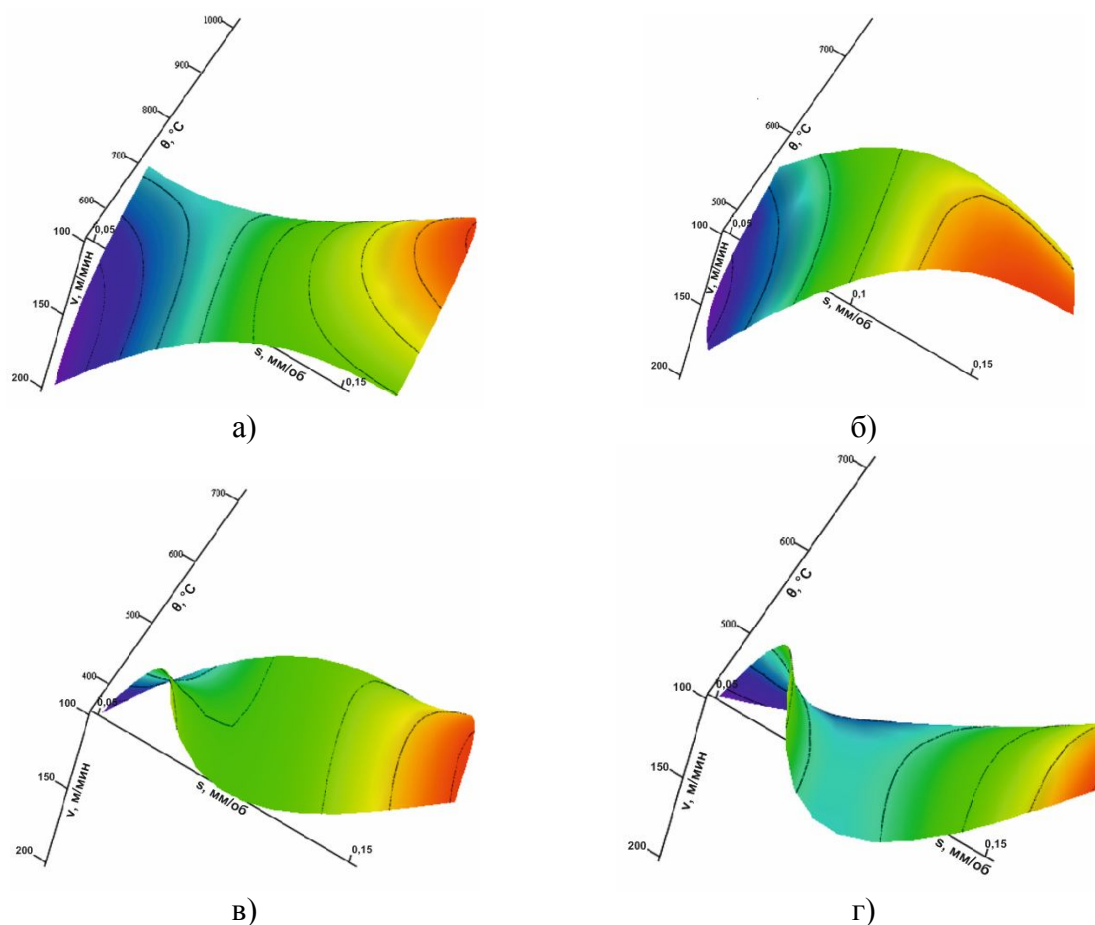


Рис. 5. Влияние скорости резания и подачи на контактную температуру θ в зоне 1 контакта инструмента со стружкой (а), в зоне 2 контакта инструмента с зоной больших деформаций (б), в зоне 3 контакта инструмента с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки температуру (в), в зоне 4 контакта инструмента с обработанным материалом (г) при точении стали ШХ15

Увеличение скорости на малых подачах приводит к снижению контактных температур в зонах 1 контакта инструмента со стружкой и 2 контакта инструмента с зоной больших деформаций, при этом несколько возрастает температура в зонах 3 контакта инструмента с зоной подминания материала округленным участком режущей кромки температуру и 4 контакта инструмента с обработанным материалом. Наиболее стабильный характер распределения температур вдоль контактной зоны наблюдается при средних подачах.

Таким образом, с точки зрения снижения напряжений и их более равномерного характера распределения вдоль контактной зоны рекомендуемым является режим резания $v = 200$ м/мин, $s = 0,05$ мм/об и $t = 1$ мм. Данный режим соответствует минимальному радиусу стружки.

3. Заключение

Согласно интерполяционных графиков двумерной зависимости контактного нормального напряжения, касательного напряжения и температуры от скорости резания и подачи, полученных на основании имитации термомеханического состояния материала и режущего инструмента с PVD-покрытием при точении стали ШХ15 в программной среде SIMULIA/Abaqus 6.10 (Dassault Systemes), и с точки зрения снижения напряжений и их более равномерного характера распределения вдоль контактной зоны, рекомендуемым является режим резания $v = 200$ м/мин, $s = 0,05$ мм/об и $t = 1$ 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. Моделирование процессов резания методом конечных элементов: методологические основы: монография / Д.В. Криворучко, В.А. Залога; Под общ. ред. В.А. Залоги. — Сумы: Университетская книга, 2012. — 496 с.
3. 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.
4. 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 редакції 21.05.2014

E.V. Sydorova

DEFINITION OF INFLUENCE OF CUTTING CONDITIONS ON THERMOMECHANICAL LOADING OF THE CUTTING INSERT FOR TURNING SH15

Determination of the influence of cutting conditions on thermomechanical loading of the insert during turning SH15 is based on the analysis of the distribution of normal stresses, shear stresses and temperatures in different contact zones of the insert and material being processed to obtain information on the basis of which it is possible to establish rational cutting conditions, ensuring low values of these stress and their more uniform distribution pattern along the contact zone, which is important for improving resource insert. Were obtained for this two-dimensional interpolation graphics depending contact normal stress, shear stress and temperature of the cutting speed and feed on the basis of simulation of thermo-mechanical state of the material and cutting tools with PVD-coated in turning in a software environment SIMULIA / Abaqus 6.10 (Dassault Systemes).

Keywords: turning, modeling, cutting mode, thermomechanical loading, steel SH15.

О.В. Сидорова

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ НА ТЕРМОМЕХАНІЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ РІЖУЧОЇ ПЛАСТИНИ ПРИ ТОЧІННІ ШХ15

Визначення впливу режимів різання на термомеханічне навантаження ріжучої пластини при точінні ШХ15 на базі аналізу розподілу нормальних напружень, дотичних напруг і температур у різних зонах контакту ріжучої пластини з оброблюваним матеріалом дозволяє отримати інформацію, на основі якої можливо встановити раціональні режими різання, що забезпечують низькі значення розглянутих напруг і їх більш рівномірний характер розподілу вздовж контактною зони, що важливо для підвищення ресурсу ріжучої пластини. Для цього були отримані інтерполяційні графіки двовимірної залежності контактного нормального напруги, дотичного напруження і температури від швидкості різання і подачі за допомогою імітації термомеханічного стану матеріалу і ріжучого інструменту з PVD-покриттям при точінні в програмному середовищі SIMULIA / Abaqus 6.10 (Dassault Systemes).

Ключові слова: точіння, моделювання, режим різання, термомеханічне навантаження, сталь ШХ15.