

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО СОСТОЯНИЯ ЗОНЫ РЕЗАНИЯ ПРИ  
ОБРАБОТКЕ ИНСТРУМЕНТОМ С ПОКРЫТИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Базаров А.В., Петряева И.А.

*(кафедра «Технология машиностроения», ДонНТУ, г. Донецк)*

Перспективным путем совершенствования режущего инструмента, оснащенного твердосплавными пластинами является нанесение различных покрытий [1, 2, 3, 5].

Распределение температуры на рабочих поверхностях режущего лезвия, является одной из важнейших характеристик тепловых явлений при эксплуатации инструмента и влияет на закономерности износа этих поверхностей [4]. Инструментальные материалы сохраняют свои исходные свойства - механическую прочность, твердость, износостойкость при повышении температуры до значений, не превышающих их температуростойкости. При более высокой температуре в материале происходят структурно-фазовые превращения, вызывающие снижение его твердости. Следствием этого является уменьшение износостойкости, повышения интенсивности износа и сокращение периода стойкости инструмента.

Таким образом, эффективность использования современных инструментов с износостойкими покрытиями зависит от правильного выбора условий их эксплуатации. В связи с этим, представленный анализ теплового состояния в зоне резания при точении инструментами с износостойкими покрытиями весьма актуальна.

Одним из способов исследования температурного состояния инструмента являлось использование программного пакета SolidWorks 2012 как эффективного средства решения различных задач, в том числе исследования, расчета и анализа тепловых процессов в технических системах. Модель сделана в SolidWorks, а расчеты выполнены с применением расчетного модуля Simulation, который входит в этот программный пакет. Решение задачи определения теплового состояния резца, которое осуществляется с помощью данного программного пакета, позволяет сделать численный анализ тепловых явлений методом конечных элементов (МКЭ).

Первым этапом исследований является аналитическое определение температурного поля лезвия инструмента и температуры резания, позволяют прогнозировать его тепловое состояние в зависимости от условий обработки.

В зоне резания имеет место переплетение путей движения потоков теплоты, поэтому математическое описание процесса теплообмена оказывается очень сложным.

Расчет величин плотности тепловых потоков осуществлен с помощью математического пакета Mathcad Professional 15.

Аналитически определены температурные поля лезвия инструмента и значения температуры резания. Расчеты выполнены для следующих условий обработки: обрабатываемый материал – сталь 45, инструментальный материал – твердый сплав Т15К6; износостойкие покрытия - карбид титана TiC, нитрид титана TiN. Геометрические параметры инструмента: главный угол в плане  $\varphi = 93^\circ$ , вспомогательный  $\varphi_1 = 8^\circ$ , задний  $\alpha = 5^\circ$ , передний  $\gamma = 15^\circ$ . Режимы резания: глубина резания  $t = 1$  мм, подача  $s = 0.2$  мм/об, скорость резания  $V = 3$  м/с. Расчет величин плотности тепловых потоков осуществлен с помощью математического пакета Mathcad Professional 15. Так, для инструмента без покрытия плотность равномерно распределенного теплового потока составила: по передней поверхности -  $q_1 = 2,421 \times 10^8$  Вт / м<sup>2</sup>, на задней поверхности -  $q_2 = -6,481 \times 10^8$  Вт / м<sup>2</sup>.

Исследования температурного состояния инструмента выполнялись при помощи программного пакета SolidWorks 2012, в котором получена конечно-элементная модель резца с режущей пластиной трехгранной и ромбической формы из твердого сплава без покрытия и с покрытиями карбида титана TiC; нитрида титана TiN; тепловые расчеты выполнены с применением расчетного модуля Simulation, входящего в этот программный пакет.

По результатам расчетов получены картины распределения температуры по поверхности резца, которые отображают особенности нагружения передней и задней поверхностей в целом и функциональных зон этих поверхностей. (рисунок 1). Аналогично определены величины плотности тепловых потоков и распределения температур для инструмента с покрытиями карбида титана TiC; нитрида титана TiN (рисунок 2, 3).

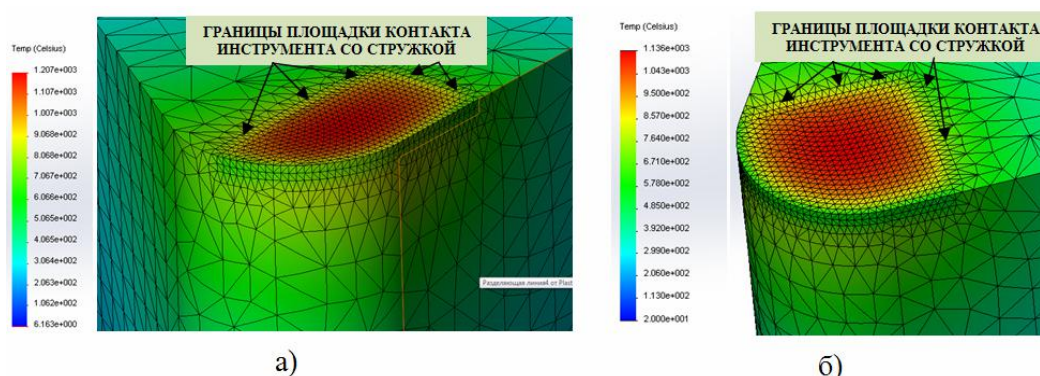


Рис. 1. Распределение температур по поверхностям резца без покрытия: а) – с режущей пластиной ромбической формы; б) – с режущей пластиной трехгранной формы

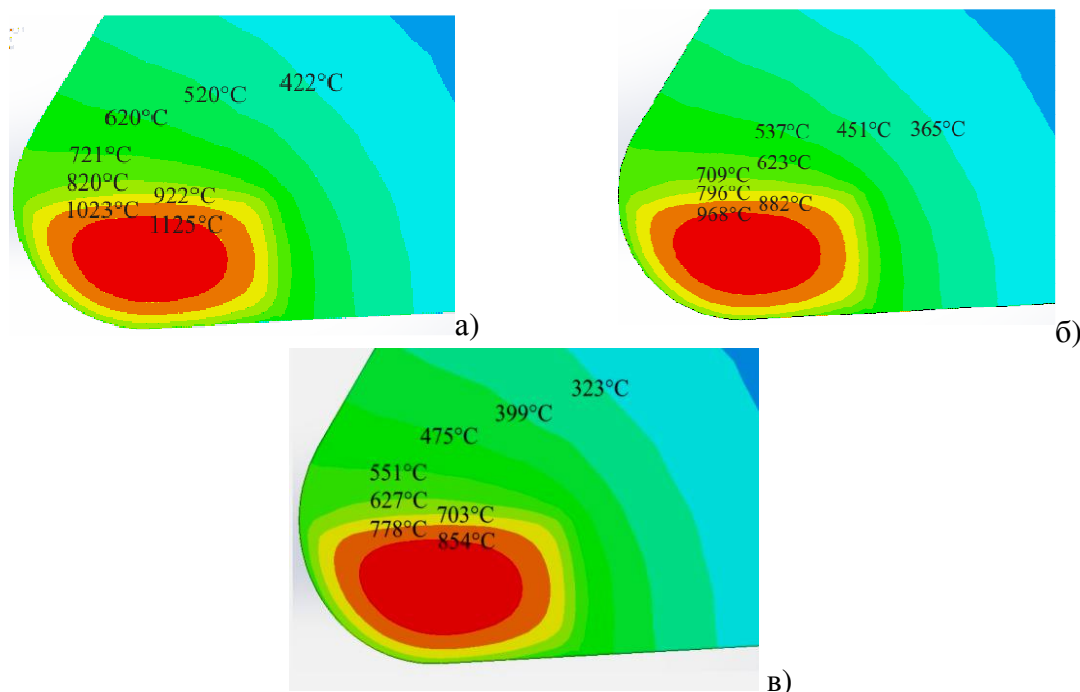


Рис. 2. Распределение температур по передней поверхности твердосплавной пластины ромбической формы: а) – без покрытия; б) – с покрытием карбида титана TiC; в) – с покрытием нитрида титана - TiN

Полученные картины распределения температуры по поверхностям режущей части инструмента без покрытия, показывают, что максимальное значение температуры на площадке контакта стружки с передней поверхностью превышает  $1000^{\circ}\text{C}$ , далее при удалении от зоны резания температура снижается.

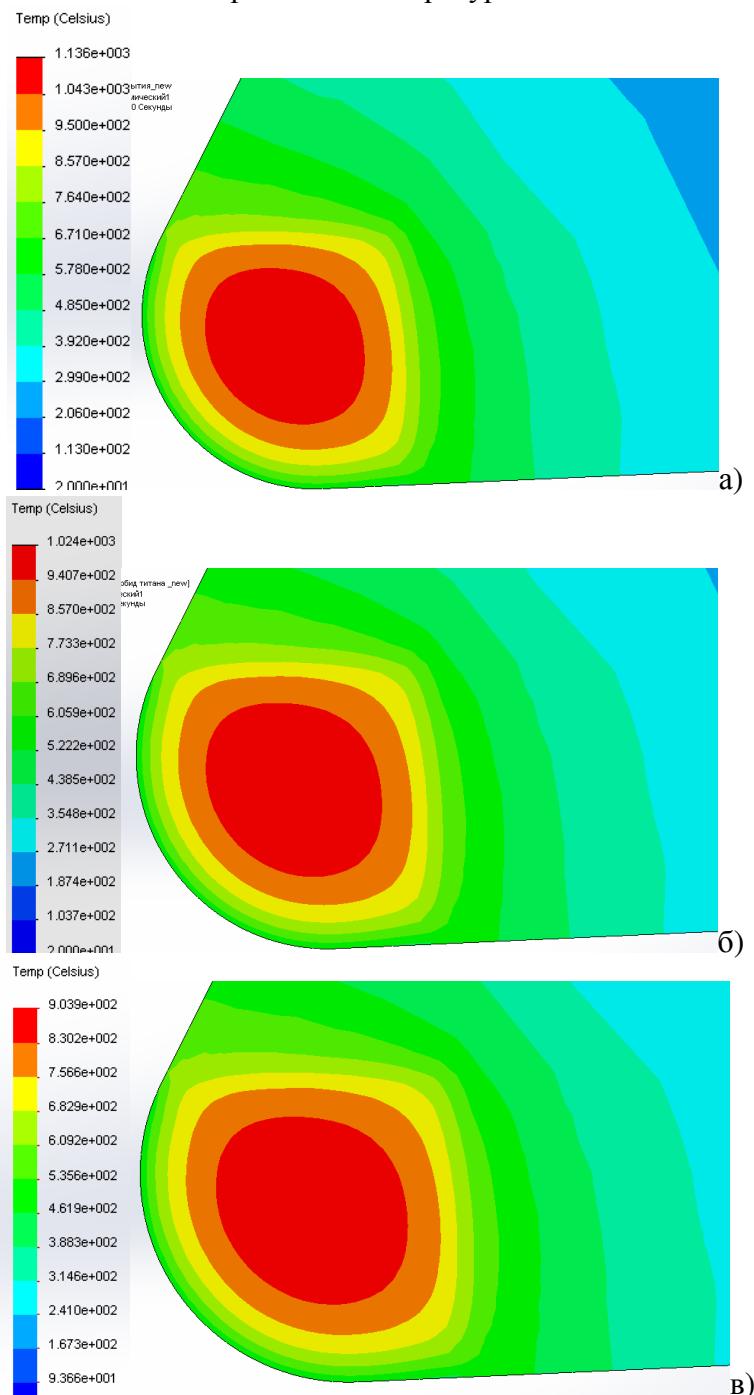


Рис. 3. Распределение температур по передней поверхности твердосплавной пластины трехгранной формы: а) – без покрытия; б) – с покрытием карбида титана TiC; в) – с покрытием нитрида титана - TiN

В данном случае температура резания превышает предельно допустимую для заданных условий обработки. Кроме того, представленная модель термомеханических нагрузений позволяет выделить функциональные зоны превышения предельно допустимой температуры с целью обеспечения требуемых эксплуатационных свойств режущего инструмента.

Нанесение покрытий на режущую часть инструмента способствует уменьшению контактных нагрузок, снижению мощности тепловых источников и благоприятному перераспределению тепловых потоков, тем самым, уменьшая термомеханическую напряженность режущей части инструмента. В наиболее нагруженной зоне инструмента значение температуры составило: для покрытий карбида титана TiC в пределах  $960^{\circ}\text{C}$ ; нитрида титана TiN –  $850^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, можно утверждать, что температура резания также снизилась и не превышает предельно допустимую для заданных материалов.

Анализ теплового состояния режущей части инструмента с различными покрытиями показал снижение температуры на передней поверхности резца в целом: для покрытий карбида

титана TiC до 14%; нитрида титана TiN до 24% по сравнению с инструментом без покрытий.

Покрытие карбида и нитрида титана являются базовыми при производстве твердых сплавов с износостойкими покрытиями, поскольку они зачастую входят в состав многослойных покрытий, и, как правило, представляют собой слой, непосредственно примыкающей к твердосплавной основе, и играют важную роль в повышении стойких характеристик инструмента. В процессе осаждения покрытий карбида титана формируется переходный слой покрытия - основа, а также происходят основные изменения в структуре и свойствах поверхностной области твердых сплавов.

Для инструментов с покрытиями карбида титана TiC и нитрида титана TiN выполнена оценка соответствия результатов расчетов, полученных на основе МКЭ с экспериментальным данным. С этой целью для моделей термомеханических нагружений резцов, полученных по МКЭ определены значения температуры вблизи площадки контакта инструмента со стружкой (за ее пределами). Для заданных условий обработки расхождение значений температуры в пределах 7-12%, что позволяет считать результаты расчета температур достоверными, а также использовать представленную методику с целью оценки и прогнозирования теплового состояния инструмента для различных видов и вариантов структуры износостойких покрытий.

Таким образом, выполненные исследования позволили определить следующее:

1. Разработанная на основе функционально-ориентированного подхода методика расчета температур в зоне резания с использованием метода конечных элементов позволяет оценить тепловое состояние твердосплавного инструмента с различными видами и вариантами структуры износостойких покрытий при обработке без проведения специальных экспериментов.

2. На основании представленной методики выполнен анализ теплового состояния твердосплавных инструментов с различными покрытиями. Установлено снижение температуры на передней поверхности твердосплавной пластины за счет применения инструментов с покрытиями: карбида титана TiC до 14%; нитрида титана TiN до 24%.

3. Оценка соответствия результатов исследования на основе МКЭ экспериментальным данным для инструментов с покрытиями карбида титана TiC и нитрида титана TiN показала незначительное расхождение значений температуры на передней поверхности инструмента, что дает основание применять представленную методику с целью оценки и прогнозирования теплового состояния инструмента для различных видов и вариантов структуры износостойких покрытий.

**Список литературы:** 1. Табаков, В. П. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями на основе сложных нитридов и карбонитридов титана. - Ульяновск : УлГТУ, 1998. - 122 с. 2. Верещака, А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойким покрытием. – М.; Машиностроение,1993. - С.368. 3. Тулисов, А. Н. Повышение работоспособности режущего инструмента путем нанесения двухслойных покрытий со слоями сложного состава // Тезисы докладов 41-й научно-технической конференции. - УлГТУ: Вузовская наука в современных условиях», 2006. - С. 31. 4. Табаков, В. П. Влияние состава износостойкого покрытия на контактные и тепловые процессы и на изнашивание режущего инструмента // СТИН. 1997. - № 10. - С. 20 - 24. 5. Тимошенко, В. А. Избирательное нанесение покрытий на режущий инструмент / В. А. Тимошенко, Е. В. Голдыш, А. В. Тимошенко // СТИН. 1995.- №11.-С. 20-23.