



Арзумян А.М., Минасян З.А., Акопян С.А.

Гюмрийский филиал Государственного инженерного университета Армении.

Республика Армения, Гюмри

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАПАЗОНА ДОСТОВЕРНОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

Регулирование температуры в зоне резания предопределяет точность и качество обработанной поверхности и может производиться с помощью подбора оптимальных параметров механической обработки. С этой точки зрения разработаны механические модели определения температуры в зоне резания, адекватно раскрывающих сущность процесса, которая представляет собой актуальную задачу.

Выявлены диапазоны достоверности рассматриваемых математических моделей.

Ключевые слова: температура, математическая модель, режимы резания, достоверность, анализ.

Введение

Моделирование процесса лезвийной обработки в параметрууправляемых процессах резания требует разработки математического описания данного процесса в зоне резания, определяющего производительность обработки, точность и качество обработанной поверхности.

Постановка задачи

Процесс резания сопровождается выделением определенного количества теплоты, которое распространяется в изделие, инструмент и окружающую среду, оказывая влияние на качество обработанной поверхности, износ режущего инструмента и точность обработки. Следовательно, исследование температурных полей в зоне резания является одной из целевых задач исследования процесса тонкой обработки цветных металлов и сплавов режущими пластинами из синтетического корунда.

В работе проведен анализ математических моделей расчета средней температуры в зоне резания при тонколезвийной обработке цветных металлов и сплавов и ее сравнение с экспериментальными данными.

Анализ математических моделей расчета средней температуры в зоне резания и их сравнение с математической моделью, полученной на основании обобщения результатов проведенных нами экспериментов при тонколезвийной обработке цветных металлов и сплавов режущими пластинами из синтетического корунда, позволил выявить их точность и определить диапазон их достоверности.

Изложение основного материала исследования

В рамках данной работы в качестве объектов сравнения были выбраны следующие математические модели расчета средней температуры в зоне резания:

- математическая модель, разработанная Воронцовым А. Л. с сотрудниками [1],
- математическая модель, разработанная нами на основании уравнения первого начала термодинамики [2],
- математическая модель, разработанная нами на основе модификации известной методики Кукджанова В. Н. [3],
- математическая модель, полученная на основании обобщения результатов проведенных нами экспериментов.

Математическая модель расчета средней температуры в зоне резания, разработанная Воронцовым А. Л., имеет вид [1]:

$$T_1 = 1 / \left(\frac{1}{2 \cdot T_h} + \frac{1}{\sigma_s \cdot F_t} \right) \quad (1)$$

где F_t — температурный показатель,
 T_h — температура плавления обрабатываемого материала,
 σ_s — напряжение текучести обрабатываемого материала.

На основе уравнения первого начала термодинамики нами разработана математическая модель расчета средней температуры в зоне резания при тонколезвийной обработке цветных металлов и сплавов режущими пластинами из синтетического корунда.

Первое начало термодинамики для процесса резания формулируется следующим образом: работа резания расходуется на изменение полной энергии режущего инструмента и обрабатываемой детали, а также на нагревание режущего инструмента, обрабатываемой детали и на потери теплоты в окружающую среду со снимаемой стружкой.

Математическая модель расчета средней температуры в зоне резания имеет вид [2]:

$$T_2 = T_0 + \frac{(P_z + P_y) \cdot v_{p.u.} \cdot \tau \cdot (1 - \alpha_p) - \frac{m_{p.u.} \cdot v_{p.u.}^2}{2} - \frac{m_{dem} \cdot v_{dem}^2}{2}}{\tau \cdot \left[\frac{\lambda_{p.u.}}{b} \cdot a \cdot c + \frac{\lambda_{dem.}}{\sqrt{2}} \cdot a' \cdot \sin \beta \right] + m_{p.u.} \cdot c_{p.u.} + m_{dem.} \cdot c_{dem.}} \quad (2)$$

где P_z — тангенциальная составляющая силы резания, P_y — вертикальная составляющая силы резания, $v_{p.u.}$ — окружная скорость движения режущего инструмента, v_{dem} — скорость перемещения обрабатываемой детали, α — долевая часть от теплоты, выделяющейся в процессе резания, τ — время установившегося режима механической обработки, и $m_{p.u.}$ и m_{dem} — масса соответственно режущего инструмента и обрабатываемой детали, $\lambda_{p.u.}$ и λ_{dem} — коэффициенты теплопроводности материалов соответственно режущего инструмента и обрабатываемой детали, $(a \times b \times c)$ — соответственно длина, высота и ширина обрабатываемой детали, $(a' \times b' \times c')$ — габаритные размеры режущей пластины, β — угол при вершине режущей пластины, $c_{p.u.}$ и c_{dem} — массовая теплоемкость соответственно режущего инструмента и обрабатываемой детали, T_0 — начальная температура режущего инструмента или обрабатываемой детали.

Модификация методики расчета средней температуры в зоне резания Кукуджанова В. Н. позволила нам получить следующую математическую модель [3]:

$$T_3 = T_0 + \left(T_h - T_0 \right)^{1.46} - \left[\frac{\sqrt{3} \sin \beta_1 (P_z \cos \beta_1 - P_y \sin \beta_1) / h_1}{\left[\frac{(A_0 + B_0 (\bar{\epsilon})^{0.15})}{(T_h - T_0)^{1.46}} \right] \left[1 + 0.008 \ln \left(\frac{(\bar{\epsilon} - K\tau)}{\dot{\epsilon}_0} \right) \right]} \right]^{0.68} \quad (3)$$

где A_0 и B_0 — эмпирические коэффициенты, P_z — тангенциальная составляющая силы резания, P_y —

вертикальная составляющая силы резания, β_1 — угол сдвига, $\bar{\epsilon}$ — средняя деформация, $\dot{\epsilon}_0$ — начальная деформация, T_0 — температура окружающей среды, T_h — температура плавления обрабатываемого материала, где K — коэффициент тензора деформации, τ — время.

Для определения средней температуры в зоне резания при тонколезвийной обработке цветных металлов нами были проведены экспериментальные исследования при следующих минимальных, оптимальных и максимальных режимах резания, которые были выбраны исходя из кинематических особенностей станка и размеров режущих пластин:

- подача резания $s_{мин} = 0,007$ мм/об, $s_{опт} = 0,022$ мм/об, $s_{макс} = 0,07$ мм/об

- глубина резания $t_{мин} = 0,02$ мм, $t_{опт} = 0,05$ мм, $t_{макс} = 0,2$ мм

- скорость резания $v_{мин} = 88$ м/мин, $v_{опт} = 250$ м/мин, $v_{макс} = 492$ м/мин

В качестве режущего инструмента был использован синтетический корунд, имеющий следующую геометрию: $\alpha = 6^\circ$, $\gamma = -6^\circ$, $\lambda = 6^\circ$, $\phi = \phi_1 = 45^\circ$, $\beta = 90^\circ$, $r = 0,3...0,5$ мм.

Оценка средней температуры в зоне резания проведена по схеме, представленной на рис. 1, и основанной на методе естественной термопары. Для ее измерения использована естественная термопара из двух прижатых тремя электроизоляционными прокладками (3) заготовок (2), изолированных друг от друга. С этой целью, свободные концы термопары были погружены в отдельные стаканы Дьюара. Возникающая в термопаре в процессе резания термоэдс, усиливалась посредством усилителя и подавалась на вход светолучевого осциллографа. На рис. 2 приведены тарировочные графики естественной термопары.

Результаты проведенных экспериментов были обработаны методом факторного планирования эксперимента вида 3^3 , с использованием пакета программ "LabView" [5] и представлено ниже:

$$T_3 = 50.0087 + 101.8173 \cdot t + 551.6048 \cdot s + 0.2596 \cdot v - 156.4249 \cdot t^2 + 3444.3920 \cdot t \cdot s + 0.9379 \cdot t \cdot v - 3301.5733 \cdot s^2 + 4.1154 \cdot s \cdot v - 0.0002 \cdot v^2 - 14240.5327 \cdot t^2 \cdot s - 2.8937 \cdot t^2 \cdot v - 30009.8784 \cdot t \cdot s^2 - 8.5838 \cdot t \cdot s \cdot v - 0.0010 \cdot t \cdot v^2 - 31.4615 \cdot s^2 \cdot v - 0.0038 \cdot s \cdot v^2 + 133378.8049 \cdot t^2 \cdot s^2 + 59.3469 \cdot t^2 \cdot s \cdot v + 0.0035 \cdot t^2 \cdot v^2 + 95.9255 \cdot t \cdot s^2 \cdot v + 0.0197 \cdot t \cdot s \cdot v^2 + 0.0314 \cdot s^2 \cdot v^2 - 557.2145 \cdot t^2 \cdot s^2 \cdot v - 0.0987 \cdot t^2 \cdot s \cdot v^2 - 0.1552 \cdot t \cdot s^2 \cdot v^2 + 0.7053 \cdot t^2 \cdot s^2 \cdot v^2 \quad (4)$$

где t , s и v — соответственно глубина резания, подача и скорость движения режущего инструмента.

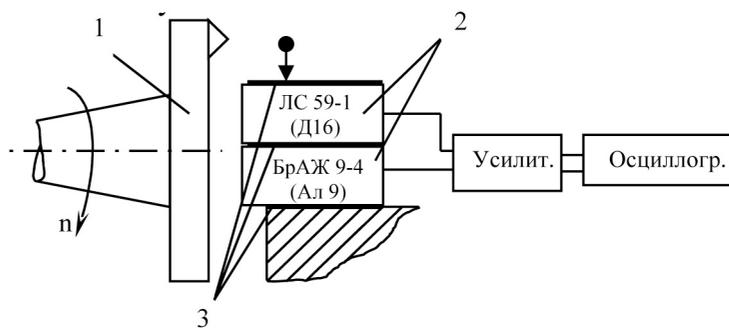


Рис. 1. Схема измерения средней температуры резания, 1 – режущий инструмент, 2 – заготовки, 3 – изоляция

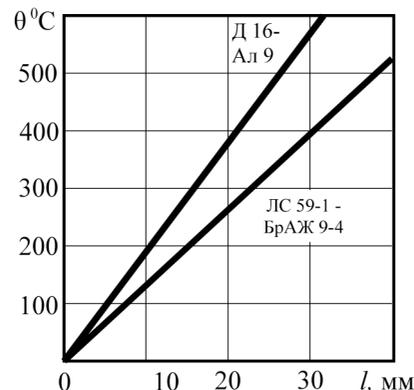


Рис. 2. Тарировочные графики

Таблица 1.

Сравнительный анализ математических моделей

Температура резания Режимы обработки	$T_{э}$, °C	T_1 , °C	T_2 , °C	T_3 , °C	$\Delta = \frac{ (T_{экс.} - T) }{T_{экс.}} \cdot 100\%$		
					$\Delta_1\%$	$\Delta_2\%$	$\Delta_3\%$
<i>мин</i>	80,94	53,77	22,05	68,48	33,6	72,7	15,4
<i>опт</i>	141,68	140,43	74,63	144,53	0,9	47,3	2,0
<i>макс</i>	242,16	245,07	242,53	219,58	1,2	0,2	9,3

Результаты расчетов по полученной модели хорошо согласуются с экспериментальными данными (коэффициент согласования – 0,95).

В таблице 1 приведены результаты сравнения математических моделей (1), (2), (3) с математической моделью (4), обобщающей данные экспериментов.

Выводы

Проведенный сравнительный анализ показывает, что рассмотренные математические модели не являются универсальными и не могут охватить весь интервал режимов резания при тонколезвийной обработке. По этому каждая модель имеет свой диапазон достоверности. Так при минимальных режимах обработки наиболее достоверной является модель (3), при оптимальных – модель (1) и при максимальных – модель (2).

Литература

[1]. Воронцов А. Л., Султан-Заде Н. М., Албагачиев А. Ю. Разработка новой теории тепловых процессов резания. Примеры практических расчетов температуры

резания. Часть 1. //Вестник машиностроения. – М.: – № 6. – 2011. – С. 72–79.

- [2] Арзумян А.М., Минасян З.А., Акопян С.А. Применение первого начала термодинамики к параметруправляемым процессам обработки металлов // МНТК «Автоматизация, проблемы, идеи, решения» (АПИР-13). – Тула: – 13–15 ноября 2008. – С. 190–192.
- [3] Кукуджанов В.Н. О современных тенденциях интегрирования уравнений упругопластических сред при конечных деформациях //Институт Проблем Механики РАН. – М.: – 2008. – С. 263–271.
- [4] Арзумян А.М., Акопян С.А. Математическая модель теплового стационарного процесса обработки металлов резанием. //Периодический научный журнал – Хандзта, Кутаиси: – 2009. – С. 103–105.
- [5] Баласанян Б. С., Арзумян А. М., Баласанян А. Б., Бабаян А. С., Фаградян В. М. Структурные особенности моделирования экстремальных технологических процессов в среде LabVIEW. //Сборник трудов международной н/т конференции “Технология и техника автоматизации-2009”, посвященный 65-летию машиностроительного факультета ГИУА. – Ереван: – 2009. – С. 148–154.

Arzumanyan A.M., Minasian Z.A., Hakobyan S.A.
State Engineering University of Armenia. Armenia, Gyumri

COMPARATIVE ANALYSIS AND DETERMINATION
OF ACCURACY RANGE OF MATHEMATICAL MODEL OF CALCULATING
THE AVERAGE TEMPERATURE IN THE CUTTING ZONE

Temperature control in the cutting zone determines the accuracy and surface finish quality and can be done by selecting the optimal parameters of machining. From this point of view, developed mechanical models determine the temperature in the cutting zone, adequately discovering essence of the process which is a relevant issue. Identified the ranges of the reliability of the mathematical models.

Keywords: ctemperature, mathematical model, cutting, reliability, and analysis.

Referencec

- [1] Voroncov A.L., Sultan-Zade N.M., Albagachiev A.Ju. Razrabotka nowoj teorii teplovikh processov rezanija. Primery prakticheskikh raschetov temperatury rezanija. Chast 1. // Vestnik mashinostroeniya. – M.: – № 6. – 2011. – S. 72–79.
- [2] Arzumanjan A.M., Minasjan Z.A., Akopjan S.A. Primenenie pervogo nachala termodinamiki k parametroupravljaemym processam obrabotki metallov // MNTK «Avtomatizacija, problemy, idei, reshenija» (APIR-13). –Tula: – 13–15 nojabrja 2008. –S. 190–192.
- [3] Kukudzhanov V.N. O sovremennyh tendencijah integrirovaniya uravnenij uprugoplasticheskikh sred pri konechnyh deformacijah // Institut Probmem Mehaniki RAN. – M.: – 2008. – S. 263–271.
- [4] Arzumanjan A.M., Akopjan S.A. Matematicheskaja model teplovogo stacionarnogo processa obrabotki metallov rezaniem. //Periodicheskij nauchnyj zhurnal-Handzta, Kutaisi: – 2009. – S. 103–105.
- [5] Balasanjan B.S. Arzumanjan A.M., Balasanjan A.B., Babajan A.S., Баласанян А. Б., Бабаян А.С., Fagradjan V.M. Strukturnye osobennosti modelirovaniya eksperimentalnyh tehnologicheskikh processov v srede LabVIEW. //Sbornik trudov mezhdunarodnoj n/t konferencii “Tehnologija i tehnika avtomatizacii - 2009”, posvjashennij 65-letiju mashinostroitel'nogo fakulteta GIUA. - Erevan: – 2009. – S. 148–154.