

4. Яловенко С.Н. Теория относительности. Новый взгляд. Яловенко С.Н. Уральский научный вестник. Научно-теоретический и практический журнал. №5(20) 2009. ЖПС «Уралнаучкнига» 2009. ISSN 1561-6908, Теория относительности. Новый взгляд. стр. 33
5. Яловенко С.Н. Чёрный предел. Яловенко С.Н. Вестник национального технического университета «ХПИ» №8 2009г Тематический выпуск «Новые решения в современных технологиях»; Чёрный предел. Харьков., 2009 г. стр.81
6. Яловенко С.Н. Чёрный предел часть 1. Яловенко С.Н. Вестник национального технического университета «ХПИ» №43 2008г Тематический выпуск «Новые решения в современных технологиях»; Чёрный предел часть 1 Харьков., 2008 г. стр.144
7. Яловенко С.Н. «Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд» Яловенко С.Н. ТОВ издательство «Форт» 2009г. ISBN 978-966-8599-51-4
8. «Наука и инновации - 2010» №.13., Материалы 6 Международной научно-практической конференции.. Techniczne nauki Fyzyka. издает. «Nauka I studia;2010». Яловенко С.Н. ISBN 978-966-8736-05-6. Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд. Часть 5. Мировоззрение, стр. 105
9. «Наука : Теория и практика - 2010» №.7.Материалы 6 Международной научно-практической конференции. издает. «Nauka I studia;2010». Яловенко С.Н., ISBN 978-966-8736-05-6. Чёрный предел. Теория относительности: новый взгляд, стр. 78
10. Yalovenko S.N. Black limit. Theory of relativity. New view., Yalovenko S.N. Научно-теоретический и практический журнал. «Современный научный вестник №21 (77) 2009» ISSN 1561-6886 ФИЗИКА. Стр.67.
11. «Наука: Теория и практика» №.6., Материалы 6 Международной научно-практической конференции. издает. «Nauka I studia;2009». ISBN 978-966-8736-05-6. Yalovenko S.N. раздел. Fyzyka. Teoretyczna fzyka. Black limit. Theory of relativity. New view. Стр.17.

Визначено \square **тепловий баланс і температура різання, що виникає на передній поверхні ріжучого інструменту, від його тертя зі стружкою**

Ключові слова: температура різання, якість обробки, інструмент

\square **Определены тепловой баланс и температура резания, возникающая на передней поверхности режущего инструмента, от его трения со стружкой**

Ключевые слова: температура резания, качество обработки, инструмент

\square **Determined by the heat balance and the cutting temperature, which arises on the surface before it, the cutting tool from its friction with the chip**

Keywords: cutting temperature, the quality of processing, tool

УДК 621.923

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА И ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЗАНИЯ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

В. А. Жовтобрюх

Директор ООО «Технический центр «ВариУс»,
Спуск Калинина, 10, г. Днепропетровск, 49038
Контактный тел.: (050) 3202704, (056) 7900678
E-mail: td@varius.com.ua

1. Введение

Исследования, о которых идет речь в статье, относятся к области технологии машиностроения. Одним из актуальных вопросов, посвященных повышению качества и производительности механической обработки, является определение условий снижения температуры резания. Данный вопрос исследовался многими украинскими и зарубежными учеными, однако и до настоящего времени отсутствуют однозначные аналитические решения о тепловом балансе и температу-

ре резания. Это не позволяет выявить в полной мере и реализовать на практике потенциальные возможности процессов механической обработки.

2. Постановка проблемы

Для установления условий снижения температуры резания, обеспечивающих повышение качества и производительности обработки, важно на основе известных результатов исследований теплового про-

цесса при резании разработать математическую модель определения теплового баланса и температуры резания с учетом режимов резания и характеристик инструмента. Исследования проводились согласно тематического плана работ ОАО ХМЗ "Свет шахтера".

3. Анализ последних достижений и публикаций

В работах [1,2] приведены теоретические решения о распределении тепла в зоне резания, что позволило в первом приближении рассчитать температуру резания, возникающую на передней поверхности режущего инструмента, от его трения со стружкой. Однако решения носят расчетно-экспериментальный характер, т.к. в них отсутствует аналитическое представление силы резания. Она определяется экспериментальным путем. Это позволяет получить лишь частные решения для вполне конкретных условий обработки. Поэтому настоящая статья посвящена расчету температуры резания и баланса тепла при резании с учетом аналитического представления силы резания, что позволит получить более общие теоретические решения и наиболее полно обосновать технологические возможности механической обработки.

4. Цель работы

Обоснование условий повышения эффективности механической обработки на основе теоретического определения теплового баланса и температуры резания, возникающей на передней поверхности инструмента.

5. Результаты исследований

Основными источниками тепла при резании являются пластическое деформирование материала и трение передней и задней поверхностей инструмента с обрабатываемым материалом [2]. Практикой установлено, что температура резания основных конструкционных материалов определяется главным образом интенсивностью трения стружки с передней поверхностью инструмента. Поэтому установим плотность теплового потока q (рис. 1). Рассмотрим резец с нулевым передним углом γ . Мощность теплового потока, действующего на передней поверхности резца, равна $W = P_y \cdot V_1$,

где $P_y = \frac{\sigma_{ск} \cdot b}{\lg 2 \beta \cdot \lg \beta}$ – радиальная составляющая силы

резания, Н [3]; $\sigma_{ск}$ – предел прочности на сжатие обрабатываемого материала, Н/м²; a , b – толщина и ширина среза, м; β – угол сдвига обрабатываемого материала; $\lg 2 \beta = 1/f$; f – коэффициент трения стружки с передней поверхностью резца; V_1 – скорость сходящей стружки, м/с.

Угол сдвига материала β можно определить на основе известной формулы проф. Зворыкина К.А.:

$$\beta = 45^\circ + \frac{\gamma - \Psi}{2}, \quad (1)$$

где Ψ – условный угол трения на передней поверхности резца ($\lg \Psi = f$), град.

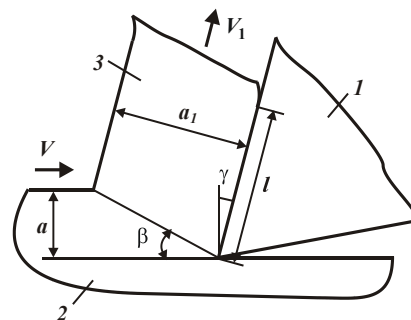


Рис. 1. Расчетная схема параметров процесса стружкообразования при резании: 1 – резец; 2 – обрабатываемый материал; 3 – образующаяся стружка.

Из зависимости (1) вытекает, что чем больше передний угол резца γ и меньше угол Ψ , тем больше угол β и меньше степень пластического деформирования обрабатываемого материала, а, соответственно, выше эффективность процесса резания. Скорость V_1 определяется из условия неразрывности (сплошности) обрабатываемого материала, превращаемого в стружку: $V \cdot a = V_1 \cdot a_1$, где a_1 – толщина стружки, м. Откуда

$V_1 = V / \xi$, где $\xi = a_1 / a$ – коэффициент усадки стружки

ки, определяется по формуле профессора Тиме: $\lg \beta = \frac{\cos \gamma}{\xi - \sin \gamma}$. Для $\gamma = 0$ имеем $\xi = \frac{1}{\lg \beta}$. Тогда $V_1 = V \cdot \lg \beta$

и $W = \sigma_{ск} \cdot f \cdot Q$. Плотность теплового потока равна

$$q = \frac{W}{F} = \frac{\sigma_{ск} \cdot f \cdot a \cdot V}{l}, \quad (2)$$

где $F = l \cdot b$ – площадь контакта стружки с передней поверхностью резца, м²; l – длина контакта стружки с передней поверхностью резца, м.

Определим температуру, возникающую на передней поверхности резца. Очевидно, часть тепла будет уходить в тело резца, а остальная часть тепла – в стружку. Под действием постоянного теплового потока плотностью q , в теле резца будет формироваться установившийся во времени тепловой процесс, характеризующийся постоянной температурой на передней поверхности резца. Если рассматривать режущую часть резца в виде прямолинейной пластины, то и на задней стороне пластины будет поддерживаться постоянная температура, равная температуре окружающей среды.

В работе [4] приведено решение о распределении температуры в прямолинейной пластине высотой H от действия на нее постоянного во времени теплового потока плотностью q . Как установлено, температура вглубь рассматриваемой пластины уменьшается по линейной зависимости, достигая нулевого значения на конце пластины. Максимальная температура θ_{max} равна

$$\theta_{max} = \frac{q \cdot H}{\lambda_n}, \quad (3)$$

где $\lambda_{\text{и}}$ – коэффициент теплопроводности материала инструмента, Вт/(м·К).

Установим характер распределения температуры в образующейся стружке. Для этого условно разобьем ее на множество элементарных бесконечно тонких адиабатических стержней, каждый из которых нагревается до определенной величины за время τ контакта с передней поверхностью резца. В работе [4] приведено решение о распределении температуры в адиабатическом стержне при действии на его торец в течение времени τ теплового потока плотностью q . Максимальная температура достигается на торце стержня:

$$\theta_{\text{max}} = \frac{q \cdot l_2}{\lambda_{\text{и}}} ; \quad (4)$$

$$l_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot \lambda_{\text{и}}}{c_{\text{и}} \cdot \rho_{\text{и}}} \cdot \tau} , \quad (5)$$

где l_2 – глубина проникновения тепла в адиабатический стержень, м; $c_{\text{и}}$ – удельная теплоемкость обрабатываемого материала, Дж/(кг·К); $\rho_{\text{и}}$ – плотность обрабатываемого материала, кг/м³.

Применим полученное решение для определения значений плотности теплового потока q_1 и q_2 , определяющих температуру режущей части резца (пластины) и образующейся стружки. Для этого сравним значения максимальной температуры θ_{max} , описываемой зависимостями (1) и (2), рассматривая в первом случае плотность теплового потока, равной q_1 , а во втором случае – равной q_2 , где $q_1 = q - q_2$. Тогда зависимости (1) и (2) примут вид

$$\theta_{\text{max1}} = \frac{(q - q_2) \cdot H}{\lambda_{\text{и}}} ; \quad (6)$$

$$\theta_{\text{max2}} = \frac{q_2 \cdot l_2}{\lambda_{\text{м}}} . \quad (7)$$

Из условия $\theta_{\text{max1}} = \theta_{\text{max2}}$, после несложных преобразований получим

$$q_2 = q \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{l_2}{H} \cdot \frac{\lambda_{\text{и}}}{\lambda_{\text{м}}}\right)} . \quad (8)$$

Очевидно, $H > l_2$, тогда плотность теплового потока q_2 будет незначительно отличаться от суммарной плотности теплового потока q . Из этого вытекает, что основная часть тепла уходит в стружку, а в инструмент уходит весьма незначительная часть тепла. Это подтверждается известными экспериментальными данными, согласно которым, например, при точении стали в инструмент уходит всего 3...6 % тепла. На основе полученных решений определим температуру резания. Для этого подставим зависимость (8) в (7):

$$\theta_{\text{max2}} = \frac{q}{\lambda_{\text{м}}} \cdot \frac{1}{\left(\frac{1}{l_2} + \frac{1}{H} \cdot \frac{\lambda_{\text{и}}}{\lambda_{\text{м}}}\right)} . \quad (9)$$

Поскольку $H > l_2$, то вторым слагаемым в знаменателе можно пренебречь. Величина l_2 определяется зависимостью (5). Входящее в нее время τ контакта стружки с передней поверхностью резца равно $\tau = l/V_1$, где $V_1 = \frac{V}{\xi} = V \cdot \tan \beta = \frac{\sigma_{\text{сж}}}{\sigma}$. Тогда

$$\theta_{\text{max2}} = a \cdot \sqrt{\frac{2}{c \cdot \rho \cdot \lambda} \cdot \frac{V}{l} \cdot \sigma \cdot \sigma} . \quad (10)$$

В работе [3] приведены зависимости для определения параметров l и σ :

$$l = a \cdot \frac{\tan\left(45^\circ + \frac{\psi}{2}\right)}{\cos \psi} , \quad (11)$$

$$\sigma = \frac{\sigma_{\text{сж}}}{\tan\left(45^\circ - \frac{\psi}{2}\right)} . \quad (12)$$

Подставляя зависимости (11) и (12) в (10), с учетом $\cos \psi \approx 1$, имеем

$$\theta_{\text{max2}} = \sigma \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot a \cdot V}{c_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{м}} \cdot \lambda_{\text{м}}}} . \quad (13)$$

Уменьшить температуру θ_{max2} на передней поверхности инструмента можно уменьшением параметров a , V и $\sigma_{\text{сж}}$. Наибольшее влияние на температуру θ_{max2} оказывает прочность (соответственно твердость) обрабатываемого материала. На основе данного подхода в дальнейшем может быть определена температура резания, возникающая на задней поверхности инструмента и в плоскости сдвига материала, что позволит в общем виде чисто аналитически установить основные параметры теплового процесса при механической обработке.

6. Выводы

В работе получена зависимость, позволяющая аналитически определить температуру резания на передней поверхности инструмента без проведения дополнительных экспериментальных исследований по установлению недостающих параметров. Теоретически установлено, что уменьшить температуру резания и соответственно повысить качество обработки можно уменьшением толщины среза, скорости резания и прочности (твердости) обрабатываемого материала. Предложенный в работе подход открывает новые технологические возможности повышения качества и производительности механической обработки.

Література

1. Якимов, А. В. Оптимизация процесса шлифования [Текст] / А. В. Якимов. – М.: Машиностроение, 1975. – 175 с.
2. Бобров, В. Ф. Основы теории резания металлов [Текст] / В. Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 343 с.
3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения [Текст]. Т. 1. Механика резания материалов / под ред. Ф. В. Новикова и А. В. Якимова. – Одесса: ОНПУ, 2002. – 580 с.
4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения [Текст]. Т. 10. Концепции развития технологии машиностроения / под ред. Ф. В. Новикова и А. В. Якимова. – Одесса: ОНПУ, 2005. – 565 с.

Подано результати математичного опису механізму розділення полідисперсного матеріалу на фракції в процесі його ситового аналізу. Встановлено, що в умовах конкретного виробництва спостерігається стабільність співвідношень між фракціями сипкого матеріалу, яка дозволяє прогнозувати його фракційний склад за результатами вимірювання середнього діаметру частинок

Ключові слова: полідисперсний сипкий матеріал, ситовий аналіз, фракційний склад, середній діаметр частинок

Представлены результаты математического описания механизма разделения полидисперсного материала по фракциям в процессе его ситового анализа. Установлено, что в условиях конкретного предприятия наблюдается стабильность соотношений между фракциями сыпучего материала, которая позволяет прогнозировать его фракционный состав по результатам измерения среднего диаметра частиц

Ключевые слова: полидисперсный сыпучий материал, ситовый анализ, фракционный состав, средний диаметр частиц

There are presented the results of mathematical description for polydisperse material mechanism of division on factions in the process of his sieve analysis. It is set that in the conditions of concrete production there is stability of correlations be-tween factions of friable material, which allows to forecast his fractious composition on results measuring of middle diameter for particles

Keywords: polydisperse friable material, sieve analysis, fractious composition, middle diameter for particles

1. Вступ

Визначення фракційного складу полідисперсних сипких матеріалів є одним з найбільш трудомістких процесів, який залежить від багатьох чинників. На кінцевий результат суттєво впливає процес розсівання

ПРО МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ РОЗДІЛЕННЯ ПОЛІДИСПЕРСНОГО МАТЕРІАЛУ НА ФРАКЦІЇ ПІД ЧАС ЙОГО РОЗСІВАННЯ

УДК 669.162.1

Ю. М. Пазюк

кандидат технічних наук, доцент
Кафедра програмного забезпечення
автоматизованих систем*
Контактний тел.: (0612) 223-82-30.
e-mail: yuriy.m.pazyuk@gmail.com

М. Ю. Пазюк

доктор технічних наук, професор, завідувач
кафедрою
Кафедра автоматизованого управління
технологічними процесами*
Контактний тел.: (0612) 223-83-30

В. І. Іванов

старший викладач
Кафедра металургії кольорових металів
*Запорізька державна інженерна академія
пр. Леніна, 226, м. Запоріжжя, Україна, 69006.
Контактний тел.: (0612) 223-83-24.
e-mail: colourmet@zgia.zp.ua

відібраної проби на фракції, протягом якого відбувається руйнування окремих частинок. Зменшення кількості розсівань дозволить наблизити одержані результати до реального стану сипкого середовища та забезпечити одержання достовірної інформації про фракційний склад матеріалу, що досліджують.