

УДК 621.9.02

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ТОЧЕНИИ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ И РАСЧЕТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ

Д. И. Волков¹, С. Л. Проскураков²

¹rmsi@rgata.ru ²rmsi@rgata.ru

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П. А. Соловьева
(РГАТУ им. П. А. Соловьева)

Поступило в редакцию 22.07.2013

Аннотация. Рассмотрены особенности тепловых процессов при высокоскоростном точении жаропрочных никелевых сплавов инструментами из сверхтвердых материалов и керамики. При высоких скоростях, более 10 раз превышающих скорости резания твердосплавными инструментами наблюдаются качественные изменения в самом процессе резания. Экспериментально и теоретически установлено, что эти изменения происходят в процессах деформирования, действия температурных источников и стружкообразования. Предложен метод для определения оптимальной скорости для условий высокоскоростного точения.

Ключевые слова: высокоскоростное точение; никелевый сплав; СТМ; керамика; метод определения скорости.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодня наиболее изученным является процесс точения с обычными скоростями резания, при этом рассматривается модель с формированием сливной стружки. Вопросами определения оптимальной скорости резания при лезвийной обработке занимаются многие исследователи, но они не охватывают высокоскоростную область. Так, теоретико-экспериментальные исследования выполненные профессором А. Д. Макаровым [1], проведены для обычных скоростей. Он установил наличие оптимальной температуры и соответствующей ей значение оптимальной скорости при резании металлов. Профессор С. С. Силин [2], основываясь на этом положении, разработал теоретический метод определения оптимальной скорости резания.

Расчеты по определению оптимальной скорости для условий высокоскоростного точения, выполненные с использованием известных расчетных методов, показали существенные ошибки в определении скорости. Таким образом, можно сделать вывод, что простая экстраполяция полученных для обычного точения зависимостей в новую скоростную область недопус-

тима. Это подтверждается исследованиями, выполненными в работах [3–5], из которых следует, что при увеличении скорости более чем на порядок в процессе резания происходят не только количественные, но и качественные изменения. В настоящее время практически нет расчетного метода для определения оптимальной скорости для высокоскоростного резания, а эффективное внедрение в производство требует разработки такого метода. В существующих рекомендациях по выбору скорости резания фирмы-изготовители режущего инструмента обычно предлагают довольно широкий скоростной диапазон. Например, из каталога фирмы Sandvik Coromant следует, что для эффективной обработки жаропрочных сплавов керамическими пластинами СС670 рекомендуется скорость резания от 150 до 300 м/мин. Для условий современного производства такой диапазон скоростей не всегда позволяет найти оптимальное решение, поэтому требуется более точное определение оптимальной скорости резания.

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

Необходимость данных исследований связана с тенденцией к постоянному росту уровня

скоростей резания. Это происходит ввиду улучшения свойств инструментальных материалов, появления новых видов износостойких покрытий, совершенствования режущей керамики и сверхтвердых материалов. При многократном увеличении скорости, по сравнению традиционно применяемой, многие материалы при резании образуют элементную стружку, подобную формообразующей при резании титановых сплавов. Элементная стружка образуется при высокоскоростном точении нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов, это хорошо видно на фотографиях микрошлифов стружек (рис. 1, 2).

В этих скоростных условиях практически не остается металлов, которые при резании образовывали бы сливную стружку. Применение известных расчетных методов для определения эффективных режимов резания, а также расчета силы и температуры резания при высоких скоростях резания показало, что расчетные и экспериментальные данные могут многократно отличаться.

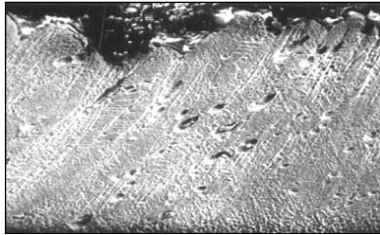


Рис. 1. Микрошлиф стружки, полученный при обычном ($v = 0,5$ м/с) точении сплава ХН73МБТЮ, резец – ВК100М

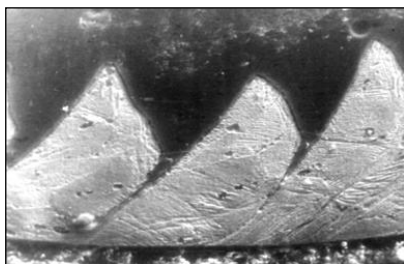


Рис. 2. Микрошлиф стружки, полученный при высокоскоростном точении ($v = 5$ м/с) точении сплава ХН73МБТЮ, резец – пластина из киборита

Следовательно, разрабатываемая модель высокоскоростного точения должна строиться на общих принципах процесса и уже учитывать циклический механизм стружкообразования как наиболее близкий к реально происходящему процессу.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Предлагаемый расчетный метод для определения оптимальной скорости резания основан на разработках [6], где отмечается экстремальная зависимость относительного теплового потока в стружку от скорости, но как определить или рассчитать эти потоки – не приводится. Поэтому предлагается расчетный метод для определения теплового баланса зоны резания, который и позволяет определить условия максимума теплового потока в стружку. На рис. 3 представлен расчетный тепловой баланс при точении сплава ХН73МБТЮ инструментом из сверхтвердого материала (СТМ) марки киборит, из графика можно определить $Pe_{опт}$, соответствующее максимуму Q_c .

В данном случае Pe – это аналог критерия Пекле, применяемого в тепловых расчетах, например в работе [2]. Из $Pe_{опт}$ можно рассчитать оптимальную скорость резания – $v_{опт}$, так как

$$\frac{опт}{Pe} \quad (1)$$

где $Pe_{опт}$ – значение критерия Pe , соответствующее резанию с $v_{опт}$; a_1 – толщина сечения среза; a – коэффициент температуропроводности обрабатываемого материала.

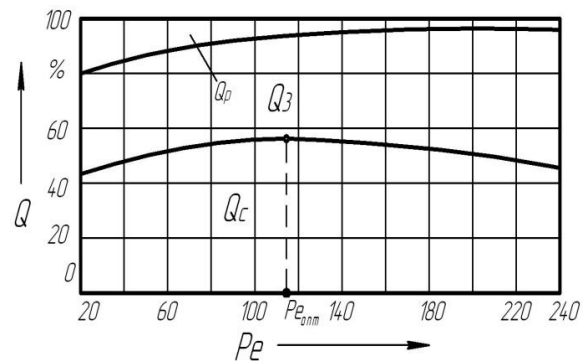


Рис. 3. Тепловой баланс при высокоскоростном точении жаропрочного сплава ХН73МБТЮ. Q_c , Q_p и Q_z – тепловые потоки в стружку, резец и заготовку

Исходными данными для расчета соответствующих уравнений теплового баланса служат известные до опыта параметры: теплофизические и механические свойства обрабатываемого и инструментального материалов; глубина резания; величина подачи; геометрические параметры резца и др.

Необходимые для расчета свойства обрабатываемого материала: λ – коэффициент теплопроводности; c_p – удельная объемная теплоемкость; $\theta_{пл}$ – температура плавления; σ_s – предел

прочности при растяжении; δ – относительное удлинение при стандартных испытаниях образцов; E – модуль упругости; γ – процентное содержание интерметаллидной фазы в жаропрочных никелевых сплавах (для других материалов принимается $\gamma' = 1$).

Свойства инструментального материала: λ_p – коэффициент теплопроводности; $(cp)_p$ – удельная объемная теплоемкость; θ_T – температуростойкость (для пластин из киборита $\theta_T = 1300^\circ \text{C}$); μ_3 – коэффициент трения на задней контактной площадке «резец – заготовка» (экспериментально установлено, что для расчетов $\mu_3 = 0,3$).

Геометрические параметры инструмента: γ – главный передний угол; α – главный задний угол; φ – угол в плане; φ_1 – вспомогательный угол в плане; r_e – радиус при вершине резца; ρ_l – радиус округления режущей кромки.

Известные до опыта элементы режима резания: t – глубина резания; s – подача (принимается из условий шероховатости и величины радиуса при вершине резца, из обеспечения прочности лезвия рекомендуется s принимать в пределах от 0,15 до 0,3 мм/об). Подачу менее 0,15 мм/об назначать нежелательно из-за того, что увеличивается температура резания. Это происходит по причине ухудшения теплоотвода из зоны резания, так как тонкая стружка не может передавать больше теплоты.

Для расчетов надо использовать данные о свойствах обрабатываемого материала, полученные при температурах 500...700° С, иногда исследователи берут данные о свойствах из справочной литературы, полученные при 20° С, это приводит к неточностям в расчетах. Например, коэффициент теплопроводности для сплава ХН73МБТЮ при 20° С $\lambda = 19,3 \text{ Дж}/(\text{м}\cdot\text{с}\cdot\text{К})$, а при 500° С $\lambda = 27,5 \text{ Дж}/(\text{м}\cdot\text{с}\cdot\text{К})$.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ

Рассчитываем параметры срезаемого слоя: ширину и толщину среза – b_1 и a_1 , а также суммарную длину рабочих частей режущих кромок – b . Для этого применяются уточненные формулы из работы [2]. С учетом специфики формирования среза при высокоскоростном точении рассматриваем только первый случай. Это – снятие припуска с заготовки осуществляется радиусной и прямолинейной частями главной режущей кромки:

$$b_1 = \sqrt{\left[\frac{S}{2} - \frac{(r_e - t) \cos \varphi - r_e}{\sin \varphi} \right]^2 + \left[r_e \sqrt{1 - \left(\frac{S}{2r_e} \right)^2} - r_e + t \right]^2}. \quad (1)$$

$$b = r_e \frac{\cos \varphi - 1}{\sin \varphi} + \frac{t}{\sin \varphi} + r_e \left(\varphi + \arcsin \frac{S}{2r_e} \right). \quad (2)$$

После расчета b_1 и b определяется α_1 из соотношения $a_1 = \frac{s \cdot t}{b_1}$, и находятся значения для следующих критериев параметров:

$$D = \frac{a_1}{b_1}; \quad M = \frac{b}{b_1}; \quad E_1 = \frac{\rho}{a_1}; \quad F = \frac{\lambda_p}{\lambda} \beta \varepsilon; \quad B = \text{tg} \beta_1;$$

$$\beta = (90^\circ - \alpha - \gamma) \frac{\pi}{180^\circ}; \quad \varepsilon = (180^\circ - \varphi - \varphi_1) \frac{\pi}{180^\circ}.$$

Экспериментально установлено, что для условий высокоскоростного точения при оптимальной скорости резания, $B = \text{tg} \beta_1$ стремится к 1. Для упрощения расчетов используем приведенные выражения для температуры и теплоты, они обозначены как θ' и Q' , между ними существует следующая взаимосвязь:

$$\theta = \theta' \frac{\tau_p}{cp}; \quad Q = Q' \frac{\lambda b_1 \tau_p}{cp}.$$

Приведенные θ' и Q' более удобны для расчетов, так как впоследствии при определении относительного теплового потока в стружку Ψ происходит деление числителя на знаменатель. Теплота от деформации в условной плоскости сдвига, переходящая в стружку Q'_{CD} , рассчитывается по формулам

$$Q'_{CD} = Q'_{AB} - Q'_{3D}, \quad (3)$$

$$Q'_{AB} = \frac{1,76 \sqrt{P_e} \cdot \theta'_{AB}}{\sin \beta_1 \sqrt{\frac{1}{B} + \text{tg} \gamma}}, \quad (4)$$

$$\theta'_{AB} = \sqrt{\frac{P_e}{\pi} \cdot \frac{1/B + \text{tg} \gamma}{1 + B^2}}, \quad (5)$$

переходящая в заготовку теплота Q'_{3D} определяется по следующей зависимости

$$Q'_{3D} = \frac{1,56 \cdot \theta'_{AB}}{\sin \beta_1}. \quad (6)$$

Приведенная теплота от трения на передней поверхности резца, переходящая в стружку ($Q_{СП}$), и резец ($Q_{РП}$) рассчитывается по следующим формулам

$$Q'_{СП} = 1,035 \cdot \sqrt{P_e \frac{\cos \gamma + \sin \gamma - B(\cos \gamma + \sin \gamma)}{\cos \gamma + B \sin \gamma}} \theta'_M, \quad (7)$$

$$Q'_{РП} = 0,26 \frac{FD^{0,3}}{B^{0,3}} [\cos \gamma + \sin \gamma - B(\cos \gamma - \sin \gamma)]^{0,3} \theta'_M, \quad (8)$$

где θ'_M – максимальная приведенная температура на передней поверхности резца определяется по формуле

$$\theta'_M = 0,9675 n \sqrt{P_e} \cdot \sqrt{1 + \frac{1 - B \operatorname{ctg} \gamma}{B + \operatorname{ctg} \gamma}}, \quad (9)$$

где $n =$

$$\frac{\sqrt{P_e} B^{0,3} [\cos \gamma + \sin \gamma - B(\cos \gamma - \sin \gamma)]^{0,2}}{\sqrt{P_e} B^{0,3} [\cos \gamma + \sin \gamma - B(\cos \gamma - \sin \gamma)]^{0,2} + 0,25 FD^{0,3} \sqrt{\cos \gamma + B \cdot \sin \gamma}}. \quad (10)$$

Приведенная теплота от трения на задней поверхности распределяется между заготовкой и резцом, соответственно $Q'_{ЗЗ}$ и $Q'_{РЗ}$, которые рассчитываются по следующим формулам

$$Q'_{ЗЗ} = 1,05 \cdot (P_e E)^{0,5} \frac{B^{0,25}}{\sin^{0,25} \alpha} \cdot \theta'_N, \quad (11)$$

$$Q'_{РЗ} = \frac{0,25 FD^{0,3} E^{0,3} B^{0,15}}{\sin^{0,15} \alpha} \cdot \theta'_N, \quad (12)$$

где θ'_N – максимальная приведенная температура на задней поверхности резца определяется по формуле

$$\theta'_N = 0,6 n_1 P_e^{0,5} E^{0,5} \frac{B^{0,25} \cos \alpha}{\sin^{0,25} \alpha}, \quad (13)$$

где

$$n_1 = \frac{\sqrt{P_e} E_1^{0,2} B^{0,1}}{\sqrt{P_e} E_1^{0,2} B^{0,1} + 0,24 FD^{0,3} \sin^{0,1} \alpha}. \quad (14)$$

Затем рассчитываются приведенные тепловые потоки в стружку, заготовку и резец

$$Q'_C = Q'_{СД} + Q'_{СП}, \quad (15)$$

$$Q'_З = Q'_{ЗД} + Q'_{ЗЗ}, \quad (16)$$

$$Q'_P = Q'_{РП} + Q'_{РЗ}, \quad (17)$$

и определяется величина относительного теплового потока в стружку:

$$\Psi = \frac{Q'_C}{Q'_C + Q'_З + Q'_P}. \quad (18)$$

Значение $Pe_{\text{опт}}$ находится из максимума функции Ψ , физический смысл этого заключается в том, что определяется максимальный относительный тепловой поток, уходящий в стружку. Для этого применялся метод последовательных приближений, задавалось начальное

значение Pe ($Pe = 20$) и выполнялся расчет параметра B по формуле

$$B = \frac{0,95 P_e^{0,19} D^{0,18} E^{0,1}}{F^{0,25} (1 - \sin \gamma)^{0,73}}, \quad (19)$$

затем рассчитывается Ψ , далее значение критерия Pe увеличивается ($Pe = 20$) и расчеты повторяются. После этого происходит сравнение значений Ψ ($Pe = 20$) и Ψ_1 ($Pe = 40$), если $\Psi_1 > \Psi$, то значение Pe еще увеличивается, и расчеты повторяются до тех пор, пока не выполняется условие $\Psi_n < \Psi_{n-1}$.

Затем уменьшаем значение Pe , но с меньшей дискретностью, чем оно увеличивалось в первом случае, и опять определяется величина Ψ , расчеты продолжают по циклу, пока не выполняется условие $\Psi_m > \Psi_{m-1}$. Решение этой задачи легко решается с помощью вычислительной техники.

Формула (19) экспериментальная, получена для следующих условий: Pe может изменяться в диапазоне от 25 до 250; F от 8 до 25; E от 0,1 до 1,0; D от 0,05 до 0,5; γ от -10 до 20° ; α от 3 до 20° .

По найденному значению $Pe_{\text{опт}}$ по формуле (1) определяется $v_{\text{опт}}$, расчеты показали, что оптимальная скорость резания для жаропрочных сплавов может составлять 300–400 м/мин.

Теперь можно рассчитать оптимальную температуру при высокоскоростном точении. Определим величину критерия B , соответствующего оптимальному режиму (точение с $Pe_{\text{опт}}$ и соответственно с $v_{\text{опт}}$), затем по формуле (19) выполним следующие расчеты: определим сопротивление сдвигу для обрабатываемого материала (соответствующее результатам стандартных испытаний образцов при относительном сдвиге $\varepsilon_u = 1$) – τ_0 .

При отсутствии опытных данных о значении τ_0 можно воспользоваться формулой (полученной Н. Г. Абуладзе)

$$\tau_0 = 0,74 \sigma_\varepsilon \cdot 6^{0,6 \cdot \delta}, \quad (20)$$

затем рассчитывается сопротивление сдвигу как функция от степени деформации, температуры и скорости деформации из решения следующей системы уравнений

$$\begin{cases} \tau_P = \tau_0 \left(\frac{1 + 1/B}{1/B^2 + \operatorname{tg} \gamma} \right)^{0,736} \exp \left[-7 \left(\frac{0,825 \cdot \theta_{AB}}{\theta_{nl}} \right)^{3 \cdot \gamma^{0,135}} \right] \\ \tau_P = \frac{\theta_{AB} \cdot c_P}{\sqrt{\frac{P_e}{\pi} \cdot \frac{1/B + \operatorname{tg} \gamma}{1 + B^2}}} \end{cases} \quad (21)$$

Расчеты осуществляется известными методами, аналогично нахождению $P_{\text{опт}}$. Задается начальное значение θ_{AB} , например 1000°C , и выполняется расчет τ_p по уравнениям системы (21). Затем сравниваем полученные значения τ_p , если необходимо, то увеличиваем температуру $-\theta_{AB}$ и повторяем расчеты до тех пор, пока величина τ_p , рассчитанная по этим уравнениям, не примет одинаковое значение. Далее выполняется расчет средних температур на контактных площадках и температуры резания ($\bar{\theta}_H$, $\bar{\theta}_3$ и $\bar{\theta}_P$) по следующим формулам:

$$\bar{\theta}_H = 0,67\theta_{AB}(1 + 0,73\Psi_N), \quad (22)$$

$$\theta_{AB} = \frac{\tau_p}{cp} \sqrt{\frac{P_e}{\pi} \cdot \frac{1/B + tg\gamma}{1 + B^2}}, \quad (23)$$

$$\Psi_N = \frac{2,575n \sqrt{\left(1 + \frac{1 - B \operatorname{ctg}\gamma}{B + \operatorname{ctg}\gamma}\right)(1 + B^2)}}{\sqrt{1/B + tg\gamma}}. \quad (24)$$

Формула для расчета n приведена ранее.

Далее рассчитываем среднюю температуру на задней контактной площадке

$$\bar{\theta}_3 = \frac{0,88 \cdot \theta_{AB}}{\sin \beta_1 \sqrt{P_e (1/B + tg\gamma)}} \cdot (1 + 0,86\Psi_{N1}), \quad (25)$$

$$\Psi_{N1} = \frac{1,21n_1 \sqrt{P_e E(1 + B^2)} B^{0,25} \cos \alpha \cdot \sin \beta_1}{\sin^{0,25} \alpha}, \quad (26)$$

n_1 рассчитываем по формуле (12), а далее температуру резания $-\theta_P$ по выражению

$$\theta_P = \frac{l}{l + \Delta} \cdot \bar{\theta}_H + \frac{\Delta}{l + \Delta} \cdot \bar{\theta}_3, \quad (27)$$

где $l = \frac{a_1}{B \cdot \cos \gamma}$, $\Delta = 1,25a_1 E_1 \sqrt{B/\cos \alpha}$,

l – длина площадки контакта на передней поверхности, Δ – на задней поверхности реза.

Расчеты по определению оптимальной температуры при высокоскоростном резании показали, что при точении жаропрочных сплавов на никелевой основе она находится в пределах $1050 \dots 1150^\circ \text{C}$, в зависимости от прочности сплава и процентного содержания упрочняющей γ' – фазы. Расчеты показали, что чем прочнее сплав, тем выше оптимальная температура резания.

Выполнена экспериментальная проверка формулы (27). Для опытов использовались пла-

стины из ниборита, который обладает электропроводностью. Поэтому для измерения температуры резания применяли метод «естественной» термопары, который подробно описан в работе [2]. Разработана оригинальная установка, схема представлена на рис. 4, для построения графиков использовался 2-координатный потенциометр мод. ППД-4. Выполнена градуировка для термопары ХН73МБТЮ–ниборит, температурная зависимость термоЭДС приведена в табл. 1.

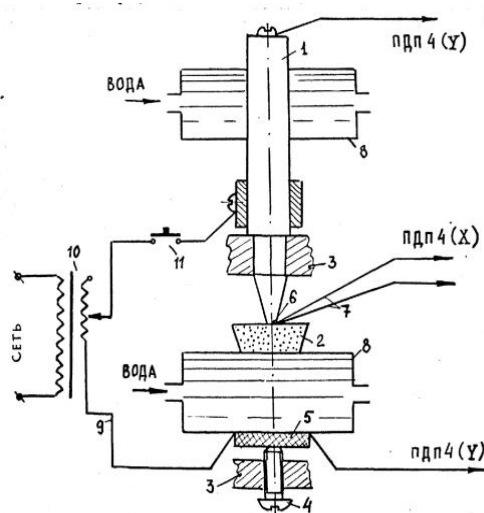


Рис. 4. Схема установки для градуировки термопары «режущая пластина – обрабатываемый материал»:

- 1 – термоэлектрод из исследуемого сплава;
- 2 – режущая пластина; 3 – корпус устройства; 4 – регулировочный винт;
- 5 – изолятор; 6 – стык исследуемой термопары, в него установлена контрольная термопара (7); 8 – охладители;
- 9 – соединительные провода;
- 10 – регулятор напряжения; 11 – кнопка

Таблица 1

Результаты градуировки термопары ХН73МБТЮ–нибрит

$\theta_e, ^\circ\text{C}$	200	400	600	800	1000	1200
$E, \text{мВ}$	1,8	4,4	7,0	10,3	13,7	19,2

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Таким образом, разработанная модель для расчета тепловых потоков, учитывающая циклический характер стружкообразования, с достаточной точностью описывает происходящие при резании процессы. А расчетная методика определения оптимальной скорости, построенная на поиске максимума относительного теплового потока в стружку, показала свою жизне-

способность. Сопоставление результатов расчетов и экспериментов по полученным формулам показало удовлетворительную сходимость. Поэтому разработанная расчетная модель может быть использована для определения уровня скоростей для высокоскоростного точения жаропрочных никелевых сплавов как инструментами из СТМ на основе КНБ так и режущей керамики.

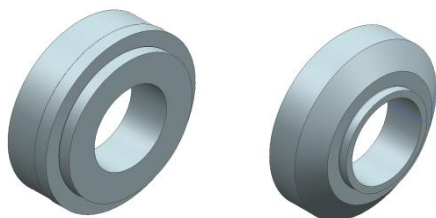


Рис. 5. Модель детали «Корпус» из материала INCONEL 718 соответственно до и после токарной обработки

Таблица 2
Данные по производственным испытаниям

	Керамический инструмент	Твердосплавной инструмент
Наименование державки	CRGNR 3225P-12CE	DCLNR-3232P-12
Наименование пластины	RNGN 120700T01020 CC6060	CNMG 120408-TF IC907
Режимы резания	$v = 220$ м / мин, $s = 0,2$ мм / об ($0,1$ мм / об при врезании), $t = 1,5$ мм	$v = 20$ м / мин, $s = 0,2$ мм / об ($0,1$ мм / об при врезании), $t = 1,5$ мм

ПРИЛОЖЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Полученные результаты работы использованы авторами для разработки методики расчетного определения оптимальной скорости для условий высокоскоростного резания жаропрочных сплавов. Элементарная стружка состоит из слабо связанных между собой элементов, поэтому на высоких скоростях не возникает проблем со стружкодроблением и возможна механизированная уборка стружки. Основные деформации и тепловыделения происходят в узкой полосе материала толщиной всего 5...15 мкм, это приводит к значительному росту температуры в этом слое, расчеты показывают, что она может достигать $0.65 \theta_{пл}$, что в три раза больше, чем при сливном стружкообразовании. Методика опробована на производстве при определении оптимальной скорости резания при точении заготовок из сплава INCONEL 718 (рис. 5) керамическим инструментом RNGN 120700T01020 CC6060. Результаты приведены

в табл. 2. Из них следует, что скорость резания 220 м/мин керамическим инструментом в 11 раз выше, чем твердосплавным.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования позволили разработать модель для расчета тепловых потоков при высокоскоростном резании с учетом циклического механизма стружкообразования как наиболее общего из видов стружек.

2. Разработана методика определения оптимальной скорости для условий высокоскоростного точения. Выполнена экспериментальная проверка, которая показала удовлетворительные результаты.

3. Методика опробована на производстве при определении оптимальной скорости резания при точении заготовок из сплава INCONEL, производительность обработки повысилась в 11 раз по сравнению с традиционной обработкой с использованием твердосплавного инструмента.

4. Расчетная методика позволила уточнить данные по скорости резания для конкретного случая в дополнение к рекомендациям фирм-изготовителей инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров А. Д. Оптимизация процессов резания. М.: Машиностроение, 1976. 278 с.
2. Силин С. С. Метод подбора при резании материалов. М.: Машиностроение, 1979. 152 с.
3. Проскуряков С. Л. Стружкообразование и тепловые процессы при высокоскоростной обработке жаропрочных сплавов: справочник // Справочник. Инженерный журнал. 2009. № 4. С. 41–43.
4. Волков Д. И., Проскуряков С. Л. Разработка модели процесса резания с учетом цикличности формирования стружки // Вестник УГАТУ. 2011. Т. 15, № 3 (43). С. 72–78.
5. Волков Д. И., Проскуряков С. Л. Динамическая модель зоны резания для условий высокоскоростного точения // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии имени П. А. Соловьева. 2011. № 1 (19). С. 43–49.
6. А. с. 1065085 СССР, МКИ В23В 1/00. Способ определения оптимальной скорости резания / И. Н. Туляков. Опубл. 07.01.84, Бюл. № 1.

ОБ АВТОРАХ

ВОЛКОВ Дмитрий Иванович, зав. каф. резания материалов, станков и инструментов им. С. С. Силина. Дипл. инж.-мех. (РАТИ, 1976). Д-р техн. наук (РАТИ, 1997). Иссл. в обл. мех. обработки.

ПРОСКУРЯКОВ Сергей Львович, доц. каф. резания материалов, станков и инструментов им. С. С. Силина. Дипл. инж.-мех. (РАТИ, 1982). Канд. техн. наук (ГПИ, 1989). Иссл. в обл. высокоскоростной лезвийной обработки.

METADATA

Title: Features thermal processes high speed turning of nickel alloys and of calculation of the correct cutting speed.

Authors: D. I. Volkov and S. L. Proskuryakov

Affiliation: Rybinsk State Aviation Technical University named after P. Solovyov.

Email: rmsi@rgata.ru

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 17, no. 8 (61), pp. 130-136, 2013. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The features of thermal processes in high-speed turning of heat resistant nickel alloy tools of superhard materials and ceramics. At high speeds, more than 10 times higher than the rate of carbide cutting tools are observed qualitative changes in the cutting process. Theoretically and experimentally established that these changes occur in the process of deformation, the actions of temperature sources and chip formation. We propose a method to determine the optimal speed for the conditions of high speed turning.

Key words: high-speed turning; nickel alloy; STM; ceramics; method of determining the rate of.

References (English transliteration):

1. A. D. Makarov, *Optimization of cutting processes*. Moscow: Mashinostroenie, 1976.
2. S. S. Silin, *Similarity method when cutting materials*. Moscow: Mashinostroenie, 1979.
3. S. L. Proskuryakov, "Education chips and thermal processes in high-speed HRSA," *Directory. Engineering Journal*, Vol. 4, pp. 41-43, 2009.
4. D. I. Volkov and S. L. Proskuriakov, "Development of a model of the cutting process, taking into account the formation of cyclic chip," *Vestnik UGATU*, Vol. 43, pp. 72-78, 2011.
5. D. I. Volkov and S. L. Proskuriakov, "A dynamic model for the conditions of the cutting area high speed turning," *Vestnik of Rybinsk State Aviation Technological Academy P. A. Solovyov*, Vol. 1 (19), pp. 43-49, 2011 .
6. A. s. (patent) 1065085 USSR, MKI V23V 1/00. A method for determining the optimum cutting speed / J. H. Tulyakov. Publ. 07.01.84, Bull. no. 1.

About authors:

VOLKOV, Dmitry Ivanovich, Head. cutting of materials, machines and tools dept. Dipl. Mech. Engineer (RATA, 1976). Dr. Tech. Sciences (RATA, 1997).

PROSKURYAKOV, Sergey Lyvovich, associate professor. Dipl. Mechanical Engineer (RATA, 1982). Candidate Tech. Sciences (GPI 1989).