

УДК 621.9.21

В. В. ПОСТНОВ

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

В рамках термодинамики неравновесных процессов рассмотрено влияние режимов лезвийной обработки и износа инструмента на процессы диссипации механической энергии. Показано существование минимума коэффициента трансформации механической энергии в тепловую в определенном диапазоне скоростей (температур) резания. Экспериментальная проверка предложенных режимов регулирования процесса обработки показала существенное снижение интенсивности износа инструмента при обеспечении минимума энтропии на задней поверхности инструмента. *Нестационарность резания; диссипация; энтропия, износ инструмента*

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время лезвийная обработка вступает в новый этап повышения конкурентоспособности по сравнению с другими методами формообразования в связи с развитием мехатронных станочных систем, оснащенных интеллектуальным компьютерным управлением. Их эффективное использование предполагает высокую степень управляемости технологического процесса механообработки при соблюдении принципов его внешней (на стадии технологической подготовки) и внутренней (на стадии реализации процесса) оптимизации.

Следует учесть, что на известную внутреннюю нестабильность процесса резания, связанную с циклическим характером стружкообразования, значительными градиентами температур, контактными нагрузок и скоростей деформации, необратимым ростом износа инструмента и т.д., накладывается внешняя нестационарность, обусловленная использованием систем автоматического управления технологическим модулем, реализующих направленное изменение элементов режима резания как управляющих параметров для поддержания на оптимальном уровне температурно-скоростного и силового режимов нагружения инструмента.

Вышеизложенное позволяет трактовать лезвийную обработку на мехатронных станочных модулях как управляемый нестационарный процесс резания, предъявляющий новые требования к виду и методам установления физических и математических зависи-

мостей между входными воздействиями и выходными параметрами процесса, обеспечивающими его технико-экономическую эффективность.

Для описания указанных зависимостей наиболее перспективным представляется структурно-энергетический подход [1], использующий гипотезу о независимости удельной энергии разрушения материала при изнашивании от вида подводимой энергии (механической, тепловой, электромагнитной и т.д.). Это позволяет учесть взаимосвязь процессов механо-химического воздействия на разрушаемую поверхность трения с тепловыми явлениями в зоне фрикционного контакта для получения аналитических зависимостей, описывающих процесс изнашивания инструмента.

В данной работе использованы методы термодинамики неравновесных процессов и теории подобия для математического описания взаимосвязанных температурно-деформационных и формообразующих процессов в зоне контакта резца с деталью при нестационарных условиях нагружения.

Представление о диссипативных структурах как открытых системах, формирующихся в процессе обмена веществом и энергией с окружающей средой, введены Т. Николисом и И. Пригожиным [1]. Движущей силой явления самоорганизации диссипативных структур является стремление открытых систем при нестационарных процессах к снижению производства энтропии. В процессе резания снижение энтропии в зоне обработ-

ки возможно не только за счет обмена теплом (диссипации тепловой энергии), но и количеством вещества в виде стружки и обработанной поверхности детали. При этом скорость резания, подача инструмента и глубина резания влияют не только на интенсивность теплообразования, но и на интенсивность стока тепла, поскольку произведение $v \cdot s \cdot t$ выражает отвод объема нагретой стружки в единицу времени. Температура резания, таким образом, выступаст не только в роли отрицательного фактора (термическое разупрочнение инструментального материала), но и как положительный фактор, указывающий на увеличение теплосодержания ΔH , улучшение отвода тепловой энергии из зоны обработки, снижение скорости образования энтропии в системе контакта инструмента с деталью. Катастрофического износа и разрушения контактных поверхностей инструмента не будет происходить, пока система «инструмент - деталь» способна освобождать себя от той энтропии, которую она вынуждена производить в процессе диссипации подводимой к ней механической энергии.

В дальнейшем под нестационарной лезвийной обработкой понимается процесс срезания единичного слоя припуска, при котором технологические параметры — скорость v резания, подача S инструмента и глубина t резания изменяются во времени с ускорением a_v резания, скоростями изменения подачи a_s и глубины a_t резания соответственно. Таким образом, число независимых переменных воздействий для нестационарного резания увеличивается вдвое.

1. ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Современные модели обрабатываемости резанием получены для стационарной обработки и в математическом описании основных выходных параметров — интенсивности износа, периода стойкости инструмента — учитывают только текущие значения элементов режима резания ($v, s, t...$), но не скорости и характера их возможного изменения ($a_v, a_s, a_t...$) во время обработки и текущего значения износа инструмента. Результаты выполненного ранее теоретико-экспериментального анализа контактных процессов при нестационарных условиях механообработки показали [3], что при оценке интенсивности износа инструмента необходимо учитывать явления запаздывания и наследственности в процессах изменения температурных и сило-

вых параметров контактирования по сравнению с изменением внешних условий нагружения, связанные с энтропийными процессами в каждой из основных зон контакта инструмента с деталью.

Нестационарную лезвийную обработку при переменных во времени условиях нагружения целесообразно описывать, используя принципы термодинамики неравновесных процессов [2], с помощью так называемых диссипативных функций $\bar{\Psi}$, представляющих собой скорость изменения $du_i/d\tau$ энергии, затрачиваемой на какой-либо процесс (например, пластическое течение обрабатываемого материала) и отнесенной к единице фактической площади A_r контакта.

$$\bar{\Psi} = \frac{1}{A_r} \frac{du_i}{d\tau} = \theta \frac{d\bar{s}_i}{d\tau}, \quad (1)$$

где θ — температура контакта, К; $\frac{d\bar{s}_i}{d\tau} = \frac{1}{A_r} \cdot \frac{ds_i}{d\tau}$ — удельная скорость изменения энтропии S_i системы.

В основу аналитического описания предельного состояния инструментального материала в процессе его изнашивания положено математическое выражение закона сохранения энергии в виде уравнения баланса диссипативных функций. При этом предполагается [1], что внешняя энергия \bar{W}_p затрачивается на процессы упруго-пластической деформации обрабатываемого материала \bar{W}_d , формоизменение и диспергирование (износ) инструментального материала \bar{W}_F , структурно-фазовые превращения и накопление энергии в поверхностных слоях контактирующих материалов \bar{W}_c .

Уравнение баланса диссипативных функций запишем в следующем виде:

$$\bar{\psi}_p = \bar{\psi}_d + \bar{\psi}_F + \bar{\psi}_c. \quad (2)$$

Условие формоизменения (прочность) инструментального материала при его износе записывается в виде

$$U(\bar{r}, \tau) = U(\bar{r}, \tau_0) + \Delta U(F, \Delta\tau) \leq U_{кр} = \text{const}, \quad (3)$$

где $U(\bar{r}, \tau)$ — уровень удельной внутренней энергии в локальных объемах изнашиваемого материала в момент времени деформирования τ ; $U(\bar{r}, \tau_0)$ — начальный уровень удельной внутренней энергии (при τ_0), характеризующий предысторию его нагружения, т. е. «наследственные» свойства материала; $\Delta U(\bar{r}, \Delta\tau)$ — изменение удельной внутренней энергии за время деформирования

(изнашивания $\Delta\tau$); \bar{r} — параметр, характеризующий координаты локальных объемов материала.

Уравнение баланса диссипативных функций (2) совместно с условием прочности (3) описывает изменение предельного механического состояния контактной поверхности изнашиваемого тела в процессе его деформирования и разрушения.

Кроме этого, необходимо учесть, что в процессе резания контактирующие материалы обладают не только способностью необратимо поглощать внешнюю механическую энергию деформирования и трения, но и трансформировать ее значительную часть (до 95% и более) в тепловую энергию, рассеиваемую в окружающую среду.

С учетом вышеизложенных условий однозначности получены решения для конкретизации основных составляющих уравнения (2) баланса диссипативных функций [1].

Уравнение баланса диссипативных функций (2) с учетом его основных составляющих можно записать в виде

$$\frac{1}{A_r} \frac{d}{d\tau} (P_z l) = -10^5 e' \theta_m + \frac{1}{A_r} \frac{dV_h}{d\tau} U_\Phi, \quad (4)$$

где P_z — тангенциальная составляющая силы резания; e' — скорость деформации в приконтактном слое инструмента; θ_m — температура, модифицированная по темпу изменения скорости резания и степени отклонения от характерной температуры θ_p ; U_Φ — приведенная энергия формообразования, учитывающая упрочнение изнашиваемого слоя под действием нормальных напряжений ρ_r на локальном фрикционном контакте вследствие частичного залечивания микротрещин; V_h — объем изношенного слоя инструмента.

Более целесообразно в качестве параметров, характеризующих термодинамические структурно-чувствительные свойства контактирующих материалов, отражающих физико-химическую природу процессов, протекающих в деформируемых локальных объемах, использовать относительные безразмерные критерии:

- коэффициент трансформации энергии $\chi = \frac{\Psi_d}{\Psi_p}$, характеризующий способность обрабатываемого материала необратимо превращать затраченную механическую энергию в тепловую;

- коэффициент поглощения энергии $\delta = \frac{\Psi_F}{\Psi_p}$, характеризующий способность изнашиваемого инструментального материала необратимо поглощать затраченную энергию.

Таким образом, уравнение баланса диссипативных функций в критериальном виде

$$\chi(\tau) + \delta(\tau) = 1. \quad (5)$$

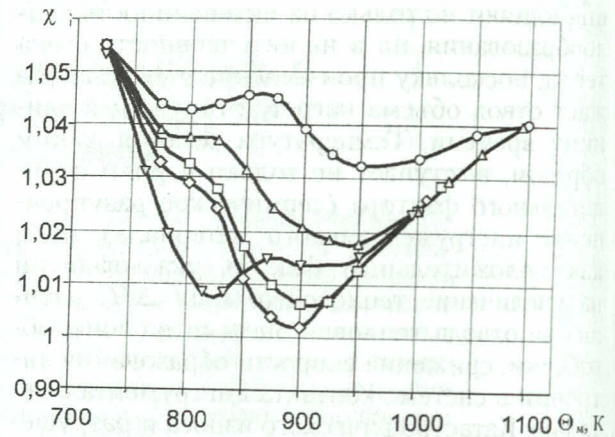


Рис. 1. Влияние температуры резания, модифицированной по скорости деформации, на коэффициент трансформации механической энергии в тепловую при различных ускорениях резания: ХН73МБТЮ-ВК8 ($S = 0,1$ мм/об; $t = 0,5$ мм; $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$). Значения a_v , м/мин²: 0 (о); 0,9 (Δ); 2,7 (□); 3,6 (◇); -3,6 (∇)

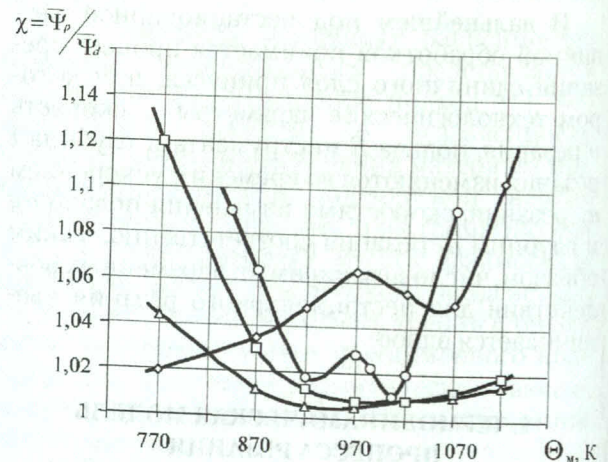


Рис. 2. Влияние температуры Θ_m резания на коэффициент χ при точении различных обрабатываемых материалов резцом ВК8 ($S = 0,1$ мм/об, $t = 0,5$ мм, $a_v = 0$). Материал: ХН73МБТЮ (о); ХН35ВТЮВД (Δ); 13Х12Н2ВМФШ (□); ВТ3-1 (◇)

Зависимости $\chi(\Theta)$ при различных вариантах нестационарного резания представлены на рис. 1. Общей закономерностью $\chi(\Theta)$ является наличие минимума (стремление к единице) при определенных температурах резания и преимущественное влияние положительных ускорений резания на минимальное значение $\chi(\Theta)$, чем отрицательных ускорений. Можно сделать вывод о том, что увеличенные ускорения резания до определенного значения ($a_v = 3,6$ м/мин² на рис. 1) вызывают снижение уровня зависимости $\chi(\Theta)$. При

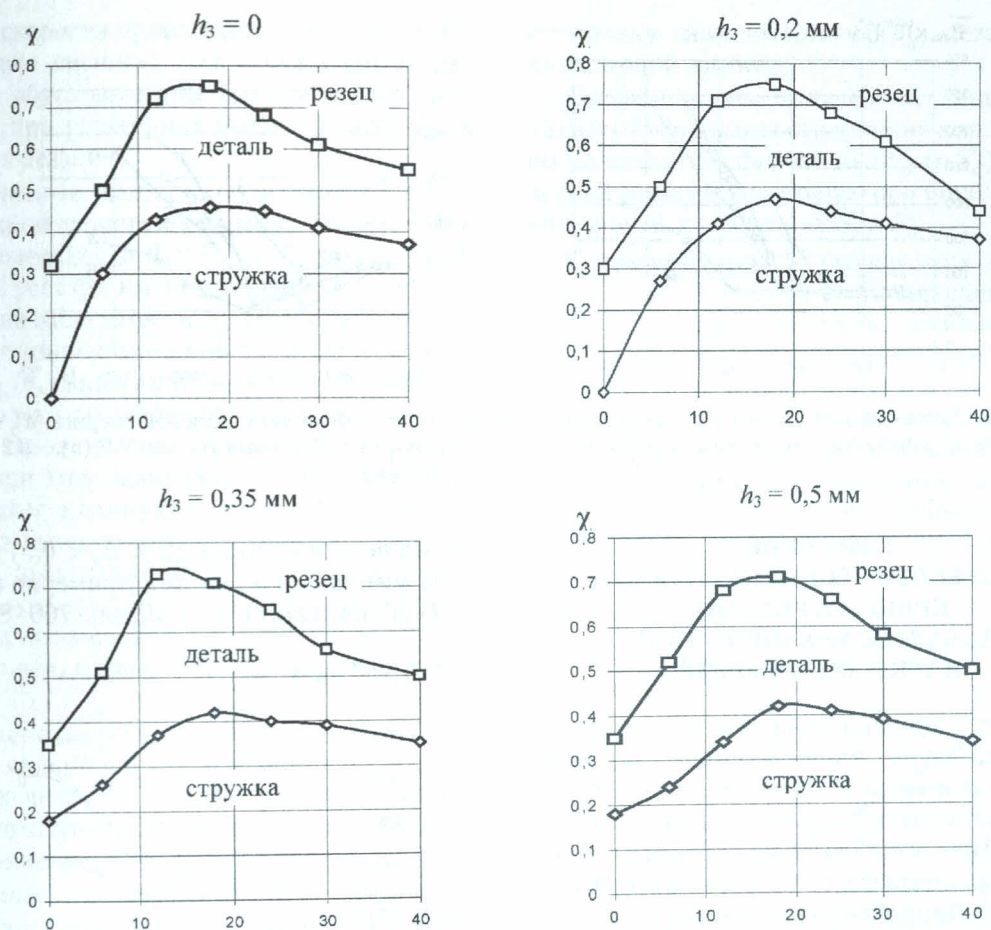


Рис. 3. Влияние скорости резания и износа инструмента на соотношение диссипативных составляющих энергетического баланса при точении сплава ХН7ЗМБТЮ резцом ВК8 ($S = 0,1$ мм/об; $t = 0,75$ мм)

этом наблюдается снижение температуры Θ_m , при которой наблюдается минимальное значение коэффициента трансформации энергии. При температурах Θ_m резания, больших этой критической температуры, зависимости $\chi(\Theta)$ сливаются в единую кривую для различных значений a_v . Следует отметить, что температуры минимума χ практически соответствуют диапазону гомологических температур $(0,56 \div 0,58 \Theta_{пл})$ [3], при которых наблюдается увеличение интенсивности роста скорости пластической деформации.

Очевидно, это соответствует таким условиям контактирования материалов инструмента и заготовки, когда максимальное значение необратимо поглощаемой обрабатываемым материалом энергии деформаций поверхностных слоев пары трения почти полностью трансформируется в тепловую энергию и отводится от зоны контакта стружкой и обработанной поверхностью детали. Уровень же энергии, накапливаемой в локальных объемах поверхностного слоя инструментального ма-

териала в виде различного рода дефектов и повреждений, определяющих интенсивность его износа, в этом случае будет минимальным.

Следует отметить, что решающее влияние на образование экстремальных температурно-энергетических зон ($\chi \rightarrow 0$) оказывает обрабатываемый материал. В качестве подтверждения этого вывода на рис. 2 приведены зависимости $\chi(\Theta_m)$ для одного инструментального и различных обрабатываемых материалов. Видно, что температуры минимума χ существенно различны (от 920 до 1030 К).

Ранее нами было показано, что для каждого из исследованных обрабатываемых материалов указанный температурный диапазон минимума $\chi(\Theta)$ совпадает с диапазоном температур, соответствующих максимуму релаксационных процессов в данном материале и связанных [1] с развитием структурно-фазовых и магнитных превращений, изменением микромеханизма пластической деформации, минимумом высокотемпературной пластичности обрабатываемого материала.

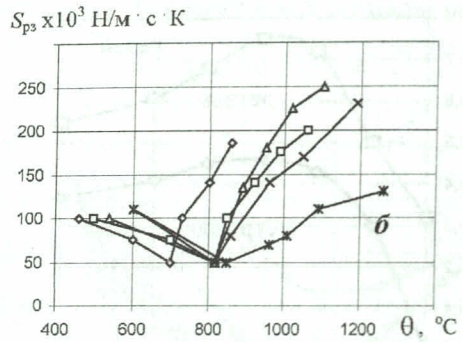
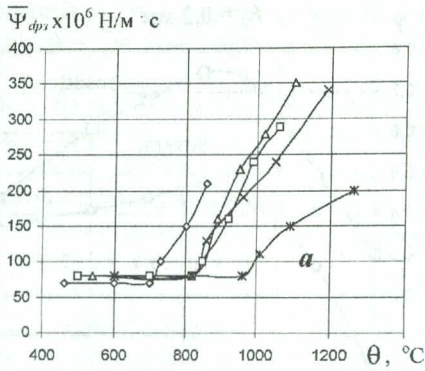


Рис. 4. Влияние фаски износа и температуры на диссипативную функцию тепловой энергии (а), и энтропию (б) процесса теплоотвода в резец по задней поверхности. Значения h_3 , мм: 0 (о); 0,2 (□); 0,35 (Δ); 0,5 (×); 0,6 (ж)

2. ВЛИЯНИЕ ВНУТРЕННЕЙ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ НА БАЛАНС МЕХАНИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИЙ

На рис. 3 представлены результаты расчета баланса затраченной механической энергии и выделившейся тепловой энергии Ψ_{di} , отводимой из зоны резания в стружку, деталь и резец. При этом оценивалось влияние износа инструмента как основного фактора внутренней нестационарности зоны контакта инструмента с деталью на относительные значения удельных энергий (диссипативных функций) в виде коэффициента трансформации механической энергии в тепловую.

Поскольку убывание энтропии происходит в результате обмена системой «резец-деталь» энергией с внешней средой (стружкой и деталью), то в процессе эволюции формы резца в результате его износа самоорганизуются те диссипативные структуры на его передней и задней поверхностях, которые максимально способны поглощать энергию. Таким образом, можно сделать заключение о том, что в процессе резания осуществляется основной принцип синергетики [2] — принцип самоорганизации неживой материи путем экономии или минимизации энтропии.

Вышеизложенное иллюстрируется данными на рис. 4, из которого видно, что для различных сочетаний скорости резания и фаски износа в диапазоне температур до 950°C (температуры красной точки твердого сплава ВК8) существует постоянство диссипации энергии $\bar{\Psi}_{дрз}$ в резец по его изнашиваемой задней поверхности и минимальное постоянное значение энтропии $S_{рз}$, которое реализуется при любом значении h_3 , но при различных значениях скорости резания. В зоне уста-

новившегося износа ($0,2 < h_3 < 0,5$) температура минимума энтропии примерно постоянна (увеличивается в диапазоне 760–820°C).

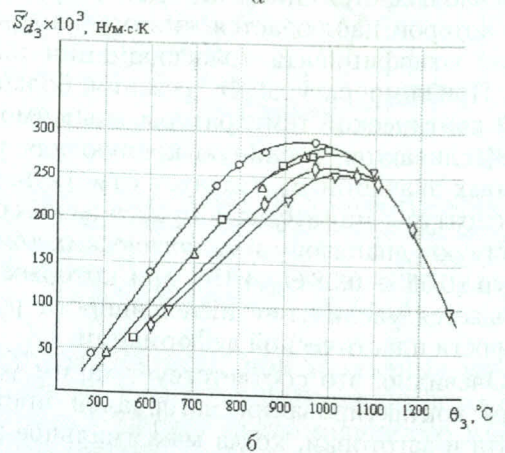
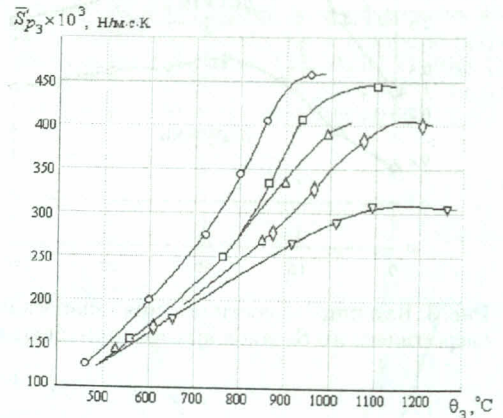


Рис. 5. Зависимость производства энтропии $\bar{S}'_{рз}$ (а) и $\bar{S}'_{дз}$ (б) от средней температуры задней поверхности (ХН73МБТЮ-ВК8). Значения h_3 , мм: 0 (о); 0,2 (Δ); 0,35 (□); 0,5 (◇); 0,6 (▽)

Необратимость диссипативных процессов обеспечивается соответствующими потоками энтропии. На рис. 5, а, б представлены рассчитанные по уравнению (4) с учетом (1) зави-

симости скорости производства энтропии \bar{S}'_{p3} от действия внешних сил и скорости ее изменения, обусловленной тепловыми процессами \bar{S}'_{d3} при различных фасках износа h_3 и скоростях резания.

Полученные данные показывают, что с увеличением скорости резания (температуры задней поверхности θ_3) \bar{S}'_{p3} и \bar{S}'_{d3} возрастают. При этом рост фаски износа вызывает снижение уровня зависимости $\bar{S}'_{p3}(\theta_3)$, тем большее, чем выше температура контакта. Для зависимости $\bar{S}'_{d3}(\theta_3)$ аналогичное поведение наблюдается только до температур порядка 1220 К (950°C). В зоне высоких температур \bar{S}'_{d3} снижается, при этом зависимость для различных h_3 сливается в единую кривую. Это позволяет сделать вывод о том, что при температурах контакта, превышающих некоторую критическую $\theta_{кр}$, эффективность диссипации энергии в виде тепла за счет роста площади контакта при увеличении фаски износа резко снижается.

Следует отметить, что температура 1223 К (950°C) является так называемой температурой красной точки для твердого сплава ВК8, используемого в данном эксперименте в качестве инструментального материала.

Графическим представлением уравнения баланса диссипативных функций (2) в форме скоростей изменения энтропии являются зависимости $\bar{S}'_p = f(\bar{S}'_d)$, которые могут быть построены для задней поверхности (фаски износа) с деталью (рис. 6) на основании температурных зависимостей \bar{S}'_{pi} и \bar{S}'_{di} (рис. 5) для различных сочетаний скоростей резания и ширины фаски задней поверхности инструмента. На расчетные экспериментальные зависимости пунктирной линией нанесены линии полной трансформации механической энергии в тепловую при условии $\bar{S}'_p = \bar{S}'_d$. Полученные зависимости $\bar{S}'_p(\bar{S}'_d)$ с достаточной точностью могут быть аппроксимированы отрезками прямых.

Изменение энтропии dS_p системы трения при резании может быть представлено [2] суммой

$$dS_p = d_e S + d_i S, \quad (6)$$

где $d_e S$ — изменение энтропии за счет обмена теплом и количеством вещества с окружающей средой ($d_e S = S'_d d\tau$); $d_i S$ — изменение энтропии за счет процессов внутри системы.

Представленные на рис. 6 данные показывают, что скорость производства энтропии \bar{S}'_p больше скорости ее отвода в виде тепла \bar{S}'_d ,

поскольку зависимости $\bar{S}'_p(\bar{S}'_d)$ лежат выше пунктирной линии.

Особенностью полученной зависимости является тенденция стремления к максимально полной трансформации ($\bar{S}'_p = \bar{S}'_d$) механической энергии в тепловую при определенных критических значениях \bar{S}'_p и \bar{S}'_d .

С увеличением \bar{S}'_p свыше этих значений приращение тепловой составляющей \bar{S}'_d скорости изменения энтропии начинает отставать от производства механической энергии \bar{S}'_p в зоне контакта инструмента с деталью. С позиций синергетики эти критические значения \bar{S}'_p являются точками бифуркации [2], при которых происходит изменение механизма диссипации энергии. Точки бифуркации соответствуют переломам зависимостей $\bar{S}'_p(\bar{S}'_d)$.

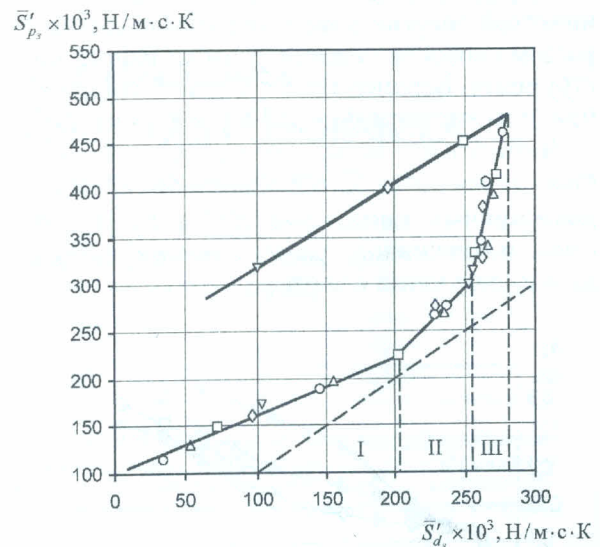


Рис. 6. Зависимость между механической \bar{S}'_p и тепловой \bar{S}'_d составляющими скорости производства энтропии при точении сплава ХН73МБТЮ резцом ВК8 ($S = 0,21$ мм/об; $t = 1,0$ мм)

Можно выделить четыре характерных участка. Как показано на рис. 5, с увеличением скорости (температуры) резания и фаски износа \bar{S}'_{p3} и \bar{S}'_{d3} увеличиваются, но в пределах первого участка (до $\bar{S}'_d \cong 200 \cdot 10^3$ Н/м·с·К) рост \bar{S}'_p замедлен вследствие снижения силы резания P_z в этом диапазоне скоростей резания. Первая точка бифуркации соответствует температуре $\theta_3 = 760^\circ\text{C}$, или средней температуре резания $\theta = 720^\circ\text{C}$, являющейся для данной пары «инструмент–деталь» оптимальной по критерию минимума интенсивности износа инструмента. Зависимость $\bar{S}'_p(\bar{S}'_d)$ в этой точке бифуркации максимально приближена к линии полной трансформации энергии в тепловую ($\bar{S}'_p = \bar{S}'_d$).

В пределах второго линейного участка энтропийной зависимости (до $\bar{S}'_{d_3} \cong 260 \times 10^3$ Н/м·с·К) наблюдается снижение интенсивности нарастания \bar{S}'_{d_3} с увеличением температуры резания при практически линейном росте S'_{p_3} (см. рис. 5). Это своеобразная переходная зона, в пределах которой происходит постепенное, но незначительное увеличение скорости изменения $d_i S/d\tau$ энтропии за счет процессов, происходящих внутри термодинамической системы. Верхняя температурная граница участка соответствует $\theta_3 = 900^\circ\text{C}$ или средней температуре $\theta = 850^\circ\text{C}$.

Третий участок зависимости $\bar{S}'_p(S'_d)$ соответствует резкому увеличению \bar{S}'_{p_3} при незначительном возрастании \bar{S}'_{d_3} . В пределах этого участка, как было указано выше, снижается эффективность канала диссипации механической энергии в виде теплового потока с ростом скорости резания и фаски износа инструмента. Верхней температурной границей при этом является $\theta_3 = 1050^\circ\text{C}$ и $\theta_{\text{ср}} = 950^\circ\text{C}$.

Четвертый, высокотемпературный участок зависимости $\bar{S}'_p(S'_d)$ характеризуется одновременным снижением \bar{S}'_{p_3} и \bar{S}'_{d_3} вследствие интенсивного разрушения материалов инструмента и заготовки.

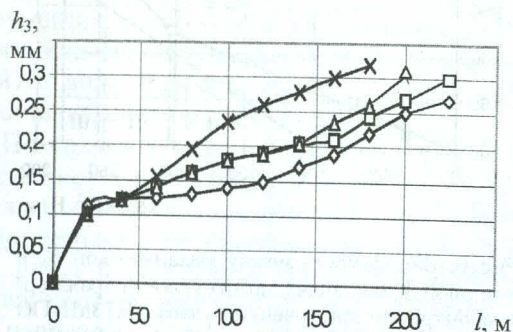


Рис. 7. Влияние пути резания на износ реза ВК8 при точении сплава ХН73МБТЮ с различными режимами регулирования скорости и температуры резания: \diamond — $S_{d_{p3}} = \min$; \square — $\theta_o = \text{const}$; Δ — $v_o = 12$ м/мин; \times — $v_o = 16$ м/мин

Полученная зависимость $\bar{S}'_{p_3}(S'_{d_3})$ позволяет сделать заключение о существовании энергетически оптимальной зоны эксплуатации режущего инструмента (зона II на рис. 6), в пределах которой наблюдается наиболее полная диссипация механической энергии в тепловую и отвод ее из зоны контакта термopластическим деформированным приконтактным слоем h_{θ_3} обработанной поверхности детали. Указанная зона ограничена снизу оптимальной температурой резания θ_o . Верхняя температурная граница, по-видимому, со-

ответствует температуре потери формоустойчивости задней поверхности инструмента и может быть связана с началом интенсивного диффузионного износа режущего инструмента.

Режим минимума энтропии на задней поверхности реза по мере роста h_3 обеспечивается за счет снижения скорости резания от 18 до 12 м/мин, при этом каждому значению h_3 должна соответствовать определенная температура Θ_3 . Результаты контрольного стойкостного эксперимента в указанном режиме приведены на рис. 7. Для сопоставления на этом же рисунке показаны зависимости h_3 при оптимальной скорости $V_0 = 12$ м/мин, средней скорости этого диапазона $V = 16$ м/мин и постоянной оптимальной температуре резания.

Полученные результаты свидетельствуют о предпочтительности реализации регулирования режима обработки по закону минимизации энтропии на задней поверхности, поскольку интенсивность износа инструмента $h_{\text{ол}} = \Delta h/\Delta l$ при этом снижается в 1,5 раза по сравнению со средним и оптимальным скоростным режимом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При увеличении скорости резания коэффициенты трансформации энергии изменяются немонотонно, обеспечивая максимальное значение χ стружки и минимальное значение χ реза в диапазоне скоростей резания, совпадающем с диапазоном скоростей, оптимальных по интенсивности износа для сочетания ХН73МБТЮ–ВК8.

2. Стружка и деталь суммарно отводят из зоны резания до 75% образующегося при деформации тепла, при этом наиболее эффективен (до 50%) теплоотвод в стружку.

3. С ростом h_3 максимум относительной доли энергии, отводимой из зоны резания со стружкой, обеспечивается за счет увеличения скорости резания, что может быть связано с влиянием скорости резания на увеличение массы стружки, срезаемой в единицу времени.

4. С ростом фаски износа наблюдается снижение относительного количества трансформации тепла в стружку при увеличении χ детали и практическом постоянстве χ реза, т. е. резец за счет своего износа с определенной интенсивностью обеспечивает примерное постоянство своей относительной энергетической нагруженности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Постнов В. В., Шарипов Б. У., Шустер Л. Ш.** Процессы на контактных поверхностях, износ режущего инструмента и свойства обработанной поверхности: Учеб. пособие. Свердловск: УрГУ, 1988. 224 с.
2. **Иванова В. С.** Синергетика: Прочность и разрушение металлических материалов. М.: Наука, 1992. 160 с.
3. **Постнов В. В.** Исследование закономерностей нестационарных процессов резания металлов // Вестник УГАТУ. 2000. № 2. С. 203–207.

ОБ АВТОРЕ



Постнов Владимир Валентинович, доц., каф. автоматиз. технол. систем. Дипл. инж.-мех. (УГАТУ, 1972). Канд. техн. наук по процессам мех. и физ.-техн. обработки, станкам и инструментам (УГАТУ, 1981). Иссл. в обл. нестационарных процессов резания.

Сигнальная информация



С. Г. Селиванов
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИННОВАТИКА

Москва: Наука, 2004

283 с. ISBN 5-02-033611-4

Рецензенты: акад. АН РБ А. Г. Гумеров;
чл.-корр. АН РБ В. С. Мухин

В монографии дается теоретическое обобщение научных законов, закономерностей и методов инноватики. Показаны пути их использования в проектировании для решения задач технологического перевооружения машино-, приборо- и аппаратостроительного производства. Рассмотрены новые методы математического моделирования и оптимизации технологий, управления на этой основе технологическими проектами.

Монография предназначена для специалистов, решающих задачи технического и организационного развития производства. Издание может быть полезно студентам, аспирантам и докторантам.

СОДЕРЖАНИЕ

1. **Принципы инноватики.** Предмет и метод инноватики. Принципы инновационного развития. Формирование инновационных технологических укладов. Государственная инновационная политика.
2. **Технологии инноватики.** Классификация технологий. Социальные и политические инновационные технологии. Высокие и критические технологии. Перспективные и директивные технологии.
3. **Законы и закономерности технологической инноватики.** Законы инновационного проектирования. Закономерности инновационной деятельности. Законы, зависимости и методы технического творчества.
4. **Системотехника развития технологий.** Средства системотехнического развития технологий. Системотехническое моделирование технологий. Структурная оптимизация технологических процессов. Оптимизация технологий средствами искусственного интеллекта.
5. **Технологическое перевооружение производства.** Технологическая подготовка развития производства. Нейросетевые системы автоматизированного проектирования технологического перевооружения производства. Закономерности технологического перевооружения производства. Организация технологического перевооружения производства.
6. **Управление инновационными технологическими проектами.** Управление предпроектной фазой. Управление разработкой проекта. Управление реализацией и завершением проекта.
7. **Экономическая эффективность технологических проектов.** Методы оценки эффективности проектов. Рискография проектов.