

УДК. 621. 923

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ И
ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ
НЕОДНОРОДНЫХ НАПЛАВЛЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ****Тищенко Л.Н., докт. техн. наук, Коломиец В.В., докт. техн. наук**
*(ХНТУСХ им. П. Василенко, Харьков)***Клименко С.А., докт. техн. наук**
*(ИСМ им. В.Н.Бакуля НАН Украины)***Vijay Kumar, M.A. W Usmani, prof. (Dr)**
*(IIT GREATER NOIDA, India)***Фадеев В.А., докт. техн. наук**
(ГП ХМЗ «ФЭД»)

Были проанализированы корреляции и взаимосвязи характеристики резания однородных материалов.

В процессе резания материалов, то есть разрушения слоя материала режущим инструментом, большинство физико-механических явлений, сопровождающих процесс резания, оказывают влияние на характеристики работоспособности режущих инструментов.

При изучении взаимосвязи и контактных явлений при резании материалов наряду с износостойкостью режущих инструментов необходимо понять природу этих явлений и их влияние на весь ход процесса резания.

Износ режущего инструмента в процессе резания является сложной функцией от сил трения, степени деформирования срезаемой части материала, величины и колебаний сил и температуры резания, характера взаимодействия обрабатываемого и инструментального материалов при высоких переменных давлениях. В процессе резания наблюдается одинаковое влияние некоторых факторов и на физико-механические характеристики процесса и на характеристики работоспособности режущего инструмента. Поэтому условия, изменяющие процессы трения, стружкообразования, динамику и тепловые явления, приводят в то же время к изменению интенсивности износа и стойкости режущего инструмента. Изменяя факторы, непосредственно влияющие на физико-механические характеристики процесса резания, мы косвенно устанавливаем влияние трения, стружкообразования, динамики и температуры резания на характеристики работоспособности режущего инструмента [1].

При обработке наплавленных материалов нестационарность процесса одновременно влияет на физико-механические характеристики процесса обработки и на характеристики работоспособности режущего инструмента.

Поэтому для правильного понимания явлений и процессов обработки наплавленных материалов, необходимо теоретически установить их взаимосвязи и взаимовлияния, что позволит установить общие

закономерности обработки неоднородных материалов и предложить ряд способов их эффективного изменения для улучшения характеристик обрабатываемости этих материалов и повысить работоспособность режущих инструментов.

Рассмотрим взаимосвязь трения и деформации стружки в процессе изнашивания режущего инструмента. Износостойкость инструментальных материалов, которая определяется как отношение работы сил трения ($A = F_{тр} \cdot V$) к изношенной массе материала ΔM , имеет экстремальную зависимость при определенной скорости резания:

$$B = F_{тр} \cdot V / \Delta M \quad (1)$$

Сила трения $F_{тр}$ для каждого материала зависит от сопротивления обрабатываемого материала пластическому сдвигу (H/m^2), зависит также от параметров сечения среза и величины переднего угла и угла сдвига. Если силу трения заменить на нормальную силу на передней поверхности инструмента с учетом коэффициента трения получим [2]:

$$B = \frac{\mu \cdot \tau_p \cdot a \cdot b \cdot V}{\Delta M} = \frac{\mu \cdot \tau_p \cdot a \cdot b \cdot V}{\Delta M} \left[\frac{\cos \gamma - \sin \gamma}{\operatorname{tg} \beta_1} + \cos \gamma + \sin \gamma \right], \quad (2)$$

заменив в этой зависимости $\operatorname{tg} \beta_1 = \cos \gamma / (K - \sin \gamma)$, получим:

$$B = \frac{\mu \cdot \tau_p \cdot a \cdot b \cdot V}{\Delta M} \left[\frac{(\cos \gamma - \sin \gamma)(K - \sin \gamma)}{\cos \gamma} + \cos \gamma + \sin \gamma \right]$$

или:

$$B_{II} = \frac{\mu \cdot \tau_p \cdot a \cdot b \cdot V}{\Delta M} [K - K \operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tg} \gamma \cdot \sin \gamma + \cos \gamma] \quad (3)$$

Таким образом, износостойкость инструментального материала на передней поверхности прямо пропорциональна скорости трения, коэффициентам трения и усадки стружки, т. е. степени деформации срезаемого материала, зависит от свойств обрабатываемого и инструментального материалов, сечения среза и переднего угла резца.

При обработке неоднородных материалов с переменными свойствами μ и τ_p будут переменными и величины коэффициентов трения μ , усадки стружки K и ширины среза b . Поэтому износостойкость инструментального материала B и величина изношенной его массы ΔM будут величинами, зависимыми от переменных величин процесса.

Аналогично можно показать, что износостойкость инструментального материала по задней поверхности также является переменной величиной и зависит от таких же факторов:

$$B_3 = \frac{A_{TP}}{\Delta M} = \frac{F_{TP}}{\Delta M} = \frac{0,625 \cdot \mu \cdot \tau_p \cdot \ell_K \cdot V}{\Delta M} \sqrt{\frac{\operatorname{tg} \beta_1}{\operatorname{Sin} \alpha}} = \frac{0,625 \cdot \mu \cdot \tau_p \cdot \ell_K \cdot V}{\Delta M} \sqrt{\frac{\operatorname{Cos} \gamma}{\operatorname{Sin} \alpha (K - \operatorname{Sin} \gamma)}} \quad (4)$$

Износостойкость инструмента по передней и задним поверхностям при резании неоднородных материалов можно выразить с учетом характеристик нестационарности процесса резания следующей зависимостью:

$$B = B_{II} + B_3 = \frac{\mu \cdot \tau_p \cdot V \cdot K_H}{\Delta M} \left[a \cdot v (K - K \operatorname{tg} \gamma + \operatorname{tg} \gamma \cdot \operatorname{Sin} \gamma + \operatorname{Cos} \gamma) + 0,625 \cdot \rho \cdot \ell_K \cdot \sqrt{\frac{\operatorname{Cos} \gamma}{\operatorname{Sin} \alpha (K - \operatorname{Sin} \gamma)}} \right] \quad (5)$$

где: a и v - толщина и ширина среза, мм;

K - коэффициент продольной усадки стружки;

μ - коэффициент трения;

ρ - радиус округления режущей кромки резца, мм;

ℓ_K - суммарная длина контакта режущих кромок с обрабатываемой деталью, мм;

τ_p - сопротивление обрабатываемого наплавленного материала пластическому сдвигу, Н/м²;

ΔM - масса изношенной части инструментального материала, Н;

K_H - Коэффициент неоднородности обрабатываемого материала.

Рассмотрим взаимовлияние динамики процесса обработки и тепловых явлений на характеристики работоспособности режущего инструмента. Работоспособность режущего инструмента может быть оценена по максимальному пути резания при оптимальной скорости резания и принятой стойкости режущего инструмента, удовлетворяющей потребности производства:

$$L_{\max} = V_{\text{ОПТ}} \cdot T_{\max} \quad (6)$$

Оптимальную скорость резания можно определить из условия затрачиваемой работы на процесс резания, которая затем превращается в теплоту:

$$A_{зт} = Q \cdot I = P_z \cdot V_{\text{ОПТ}} \quad (7)$$

где I - механический эквивалент теплоты (4200 дж/ккал);

$P_z \cdot V_{\text{ОПТ}}$ - работа резания, дж/мин.

Отсюда определим оптимальную скорость резания:

$$V_{\text{ОПТ}} = \frac{Q \cdot I}{P_z} \quad (8)$$

Тогда пройденный путь при резании может быть определен:

$$L_{\max} = \frac{Q \cdot I \cdot T_{\max}}{P_Z} = \frac{4200 \cdot Q \cdot T_{\max}}{P_Z} \quad (9)$$

Из этой зависимости видно, что пройденный путь режущим инструментом зависит от количества теплоты, выделившейся в процессе резания, стойкости инструмента и силы резания. Чем большая необходимая сила для осуществления процесса резания, тем будет короче путь резания режущего инструмента, т. е. тем меньше будет его работоспособность даже при обработке однородных материалов.

При резании неоднородных материалов величины выделившейся теплоты в зоне резания под действием переменной силы P_Z будет переменной и зависимой от степени неоднородности материала.

Таким образом, все физико-механические характеристики – деформация стружки, трение, динамика процесса и тепловые явления, зависят от условий резания и неоднородности материала и оказывают косвенное влияние на все характеристики работоспособности режущего инструмента. Особенностью взаимовлияния физико-механических характеристик работоспособности режущего инструмента при обработке наплавленных материалов является учет их неоднородности и введение ограничений на элементы режима резания.

Как известно, качество обработанной поверхности оценивается ее шероховатостью, отклонением формы и физическим состоянием. Теоретические параметры шероховатости обычно рассчитываются по эмпирическим зависимостям, в которые входят только технологические параметры процесса и геометрические углы инструмента. Так, например, при точении, высоту неровностей профиля определяют по такой эмпирической зависимости [3]:

$$R_Z = \frac{C_R \cdot t^{X_R} \cdot S^{Y_R} \cdot \varphi^{Z_R} \cdot \varphi_1^{Z_R}}{V^{U_R} \cdot r^{K_R}}, \quad (10)$$

где: C_R - коэффициент, зависящий от рода обрабатываемого материала.

При обработке наплавленных материалов величина этого коэффициента для различных слоев, участков и отдельных мест может изменяться. Поэтому и теоретическая величина шероховатости для разных слоев наплавленного материала может быть переменной, если учесть, что высота неровностей обрабатываемой поверхности зависит также от оптимальной скорости резания. Тогда теоретическую величину шероховатости можно выразить в зависимости от динамических и тепловых характеристик процесса резания:

$$R_Z = \frac{C_R \cdot t^{X_R} \cdot S^{Y_R} \cdot \varphi^{Z_R} \cdot \varphi_1^{Z_R}}{\left(\frac{Q \cdot I}{P_Z}\right)^{U_R} \cdot r^{K_R}} \quad (11)$$

или:

$$R_Z = \frac{C'_R \cdot t'^{X_R} \cdot S'^{Y_R} \cdot \varphi^{Z_R} \cdot \varphi_1^{Z_R}}{(Q \cdot I)^{U_R} \cdot r^{K_R}}, \quad (12)$$

где: C'_R , t'^{X_R} , S'^{Y_R} - величины, учитывающие совместно силы P_Z^U , которые также зависят от этих параметров.

Из этого выражения следует, что высота неровностей профиля, а, следовательно, и другие характеристики шероховатости, зависят от силы резания, с увеличением которой они также увеличиваются, и зависит от теплоты, возникающей при резании, с увеличением которой они уменьшаются. И динамические и температурные характеристики процесса обработки наплавленного материала являются переменными.

Известно, что от переменного качества обработанного восстановленного поверхностного слоя зависят эксплуатационные характеристики деталей и изделий, которые в таких условиях будут также переменные [4]. От физико-механических характеристик процесса обработки восстановленных деталей неоднородными материалами зависит не только качество обработки, но и косвенно эксплуатационные свойства поверхностных слоев деталей машин и изделий. Из-за наличия микронеровностей на контактирующих поверхностях фактическая площадь контакта значительно меньшая, чем номинальная. Это приводит к значительному уменьшению контактной жесткости, которая зависит от неровностей поверхности, радиусов закругления выступов и впадин, которые определяют истинную жесткость опорной поверхности и ее прочность.

Переменные физико-механические характеристики неоднородных наплавленных материалов оказывают решающее влияние и на основные эксплуатационные характеристики деталей и изделий к которым относятся: выносливость, износостойкость, коррозионная стойкость, точность, статическая и динамическая непроницаемость, эстетичность и др.

Таким образом, установлено, что эксплуатационные характеристики восстановленных наплавкой деталей машин зависят от отклонений формы, шероховатости и физических свойств обработанной поверхности, которые в свою очередь зависят от степени неоднородности наплавленного материала и переменных физико-механических характеристик, сопровождающих процесс обработки, которые, в свою очередь зависят от условий и параметров процесса. После обработки неоднородных поверхностных слоев покрытий на эксплуатационные характеристики деталей оказывают прямое влияние такие характеристики, как нестабильность физико-механических свойств, химического состава наплавленного слоя, внутренние микродефекты со структурной неоднородностью и остаточными напряжениями. На основе установленных теоретических закономерностей и отличий в процессах обработки резанием неоднородных наплавленных материалов следует разрабатывать конкретные технологические процессы обработки с учетом

применения инструментов из сверхтвёрдых материалов и рациональных способов упрочнения режущих элементов.

Список литературы

1. Маталин А.А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин. /А.А. Маталин – Киев, Техника, 1971, - 144 с.
2. Силин С.С. Метод подобия при резании материалов. /С.С. Силин – М.: Машиностроение, 1979. – 152 с.
3. Дунин-Барковский И.В. Измерение и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности. /И.В. Дунин-Барковский, А.Н. Карташова - М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
4. Обработка резанием деталей с покрытиями /С.А Клименко, В.В. Коломиец, М.Л. Хейфец, А.М. Пилипенко, Ю.А. Мельнийчук, В.В. Бурькин. Под общ. ред. С.А. Клименко. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2011, - 353 с.

Анотація

Теоретичне обґрунтування взаємозв'язку і взаємовпливу характеристик обробки різанням неоднорідних наплавлених матеріалів

Тищенко Л.М., Коломієць В.В., Клименко С.А., Vijay Kumar, Фадеев В.А.

Були проаналізовані кореляції і взаємозв'язку характеристики різання однорідних матеріалів.

Abstract

Theoretical substantiation of the connection and influence of the characteristics of the cutting heterogeneous weld materials

Tishchenko L., Kolomiets V.V., Klimenko S.A. Vijay Kumar, Fadeev V.A.

The correlations and intercoupling of the characteristics of cutting of nonhomogenous molten materials were taken up.