

ненко Б.Н. Пути эффективного внедрения лазерных технологических комплексов // Мат. 3-й междунар. конф. «ВИТТ-99».. – Мн.: БГУ, 1999. - Ч.2. – С. 195 – 197. 5. Свирский Д.Н., Сухиненко Б.Н. и др. Технологические методы устранения погрешности послойного формообразования // Инженерия поверхности и реновация изделий. – Киев: АТМУ, 2001. – С. 219 – 221. 6. Свирский Д.Н., Сухиненко Б.Н. Практико-логический подход к оценке прочности современных конструкционных материалов // Труды XXXVI Междунар. сем. «Актуальные проблемы прочности», – Витебск: ВГТУ, 2000.- Ч. 1– С. 240 – 243. 7. Патент РБ № 3091.

УДК 621.9

Е.Э.Фельдштейн

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В ТОКАРНЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИНАХ И РЕЗЦОВЫХ ВСТАВКАХ

*Зеленогурский университет
Зелена Гура, Польша*

Работоспособность режущих инструментов определяется интенсивностью изнашивания режущих лезвий и возможностью их разрушения. Периоды стойкости инструментов, рассчитанные на основании первого критерия, широко известны и приведены в справочной литературе. Возможность же отказа инструментов вследствие их поломки рассмотрена в значительно меньшем объеме. Это вызвано, в частности, стохастическим характером процесса разрушения режущих лезвий и необходимостью значительного расхода инструментов. Между тем, в настоящее время получить достоверную информацию о возможности разрушения инструмента можно без дорогостоящих натуральных испытаний, на основе математического моделирования. Ниже рассматривается возможность использования метода конечных элементов (МКЭ) для прогнозирования разрушений многогранных сменных пластин сборных токарных резцов при различных условиях их работы.

В ходе моделирования пластину разбивали на ряд изопараметрических элементов, размеры которых уменьшались в направлении вершины резца. С учетом глобальной системы координат $X_0Y_0Z_0$, оси X_0 и Y_0 которой привязаны к режущим кромкам, составляющие силы резания P_x, P_y, P_z , найденные по [1], преобразовывались в $P_{X_0}, P_{Y_0}, P_{Z_0}$:

$$P_{X_0} = -(P_{y_x} + P_{x_x}); P_{Y_0} = P_{y_y} + P_{x_y}; P_{Z_0} = P_z,$$

где $P_{X_0}, P_{Y_0}, P_{Z_0}$ – силы, направленные вдоль глобальных осей X_0, Y_0, Z_0 ; P_{y_x} – составляющая силы P_y , действующая вдоль оси X_0 ; P_{x_x} – составляющая силы P_x , действующая вдоль оси X_0 ; P_{y_y} – составляющая силы P_y , действующая вдоль оси Y_0 ; P_{x_y} – составляющая силы P_x , действующая вдоль оси Y_0 . Знаки учитывают направление действия сил. Схема действия сил и глобальная система координат показаны на рис.1,а.

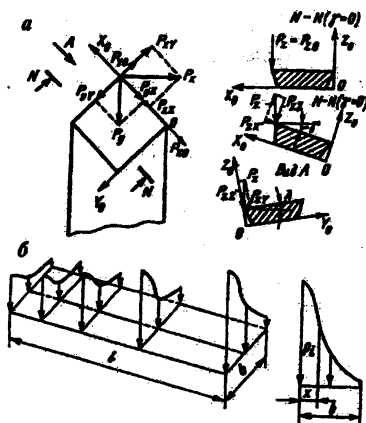


Рис.1. Схема действия сил резания в глобальной системе координат (а) и в узлах контактной площадки (б)

До задания условий приложения внешних усилий к узлам необходимо уточнить значения прикладываемых сил с учетом геометрии инструмента и направления осей глобальной системы координат пластины. При изменении положения пластины происходит перераспределение составляющих силы, действующих вдоль глобальных осей координат, в соответствии со следующими зависимостями:

$$P_{Z_\gamma} = P_{z_z} = P_z \cos \gamma; P_{Y_\gamma} = P_{y_y}; P_{X_\gamma} = P_{x_x} + P_{z_x} = P_{x_x} - P_z \sin \gamma;$$

$$P_{Z_\lambda} = P_{z_z} = P_{z_0} \cos \lambda; P_{Y_\lambda} = P_{y_y} - P_{z_y} = P_{y_y} - P_{z_0} \sin \lambda; P_{X_\lambda} = P_{x_x},$$

где γ, λ – соответственно главный передний угол и угол наклона главной режущей кромки реза; $P_{Z_\gamma}, P_{Y_\gamma}, P_{X_\gamma}$ – силы, действующие на пластину в глобальной системе координат при $\gamma \neq 0$; $P_{Z_\lambda}, P_{Y_\lambda}, P_{X_\lambda}$ – то же при $\lambda \neq 0$ (см. рис.1, а).

Силы, действующие на режущую пластину, необходимо разделить на составляющие, приложенные к соответствующим узлам. Было принято, что нагрузка от силы резания на передней поверхности распределяется по закону

$p_i = p_{\max} \exp(-3(x/b)^2)$, где p_{\max} – максимальное значение удельной силы резания вдоль ширины режущей кромки; x – текущая координата точки вдоль площадки контакта; b – ширина площадки контакта, принимаемая согласно [2].

Максимальная удельная сила резания в этом случае находится из выражения:

$$p_{\max} = \frac{b}{0} \int_0^b \exp(-3(x/b)^2) dx = 0,5\sqrt{(\pi/3)} \cdot \operatorname{erf}(\sqrt{\pi}) \cdot \bar{p},$$

где \bar{p} – среднее значение удельной силы.

Подобный закон распределения нагрузки достаточно точно соответствует реальным условиям контакта режущей пластины со стружкой [3]. Аналогичным образом определялись нагрузки в узлах на задней поверхности пластины. Расчетная схема для распределения силы резания по узлам приведена на рис.1, б.

Кроме сил резания, на режущую пластину действуют силы зажима, возникающие в узлах крепления при их затяжке [4], а также высокие температуры резания. Эти температуры, найденные в узлах конечноэлементной модели для различных условий резания [5], учитывались при расчетах напряженного состояния в пластине.

Рассмотрим результаты моделирования напряженного состояния сменных пластин из твердого сплава Т15К6 при черновом точении стали 45. Вследствие действия контактных нагрузок и температур наибольший уровень растягивающих напряжений наблюдается вблизи режущей кромки и в области вершины резца, далее напряжения распространяются с разной интенсивностью по всей пластине. Высокие значения напряжений, особенно при использовании трехгранных пластин с отверстием, наблюдаются вдоль вспомогательной задней поверхности. За пределами пятна контакта стружки с передней поверхностью пластины напряжения снижаются примерно в два раза. Напряжения, возникающие в вершине трехгранной твердосплавной пластины, при тех же режимах резания примерно в 1,5 раза выше напряжений в четырехгранной. Характерные картины растягивающих напряжений σ_{\max} , возникающих в пластинах под действием сил резания и температурного поля, показаны на рис.2. Сжимающие напряжения возникают вдоль главной режущей кромки практически сразу за зоной контакта передней поверхности со стружкой.

Рассмотренную выше методологию можно использовать и при анализе инструментов для чистовой обработки. В частности, получена картина напряжений в многогранных пластинах и резцовых вставках из композита 10, возникающих при точении закаленной порошковой стали (рис. 3). Легко заметить концентрацию напряжений непосредственно в зоне контакта, причем главное напряжение σ_{\max} превышает временное сопротивление σ , инструментального материала. Распределение напряжений сжатия в резцовых вставках гораздо более сложное, чем в многогранных пластинах. Вдоль главной режущей кромки и в теле пластины наблюдаются зоны растягивающих на-

напряжений, что свидетельствует о возможности возникновения зон концентрации напряжений и разрушения инструмента. Уровень напряжений в многогранной пластине примерно в 2 раза ниже по сравнению с впаиванным поликристаллом композита.

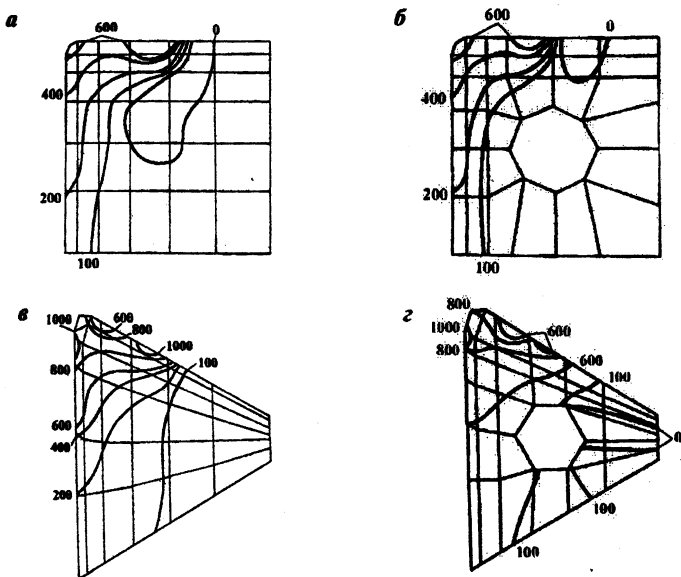


Рис.2. Распределение напряжений σ_{\max} , МПа, в верхнем слое квадратных (а, б) и трехгранных (в, г) пластин: а, в – крепление прихватом; б, г – крепление L-образным рычагом ($t = 7$ мм; $S = 0,8$ мм/об; $v = 150$ м/мин; $\varphi = 90^\circ$)

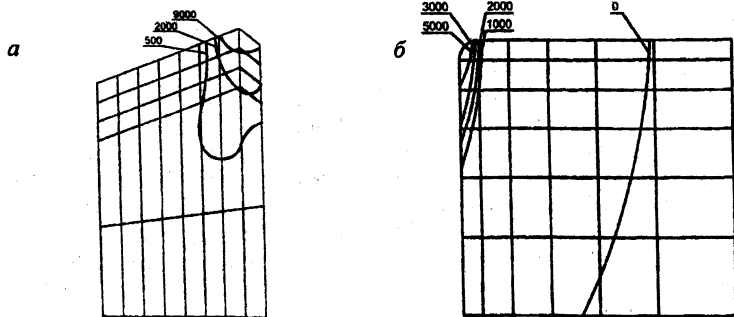


Рис.3. Распределение напряжений σ_{\max} в верхнем слое резовых вставок (а) и квадратных пластин б) из композита 10

Уравнения множественной регрессии для расчета главных напряжений в резцах с многогранными пластинами из композита 10 имеют вид

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= 0,477 \cdot 10^7 t^{0,48} S^{1,31} r_g^{-0,63} h_3^{0,67} v^{-0,53}, \\ \sigma_{\min} &= -0,819 \cdot 10^4 t^{-0,17} S^{1,08} r_g^{-0,57} h_3^{0,57} v^{0,26},\end{aligned}$$

где r_g и h_3 – радиус вершины и износ резца, мм.

Для вставок с впаянным поликристаллом

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= 0,129 \cdot 10^7 t^{0,38} S^{1,02} r_g^{-0,69} h_3^{0,83} v^{-0,23}, \\ \sigma_{\min} &= -0,685 \cdot 10^4 t^{0,49} S^{0,97} r_g^{-0,69} h_3^{0,53} v^{0,18}.\end{aligned}$$

На основании полученных зависимостей можно легко оценить влияние рассматриваемых факторов на уровень напряжений в режущем клине. Так, с ростом скорости резания отмечается снижение максимальных (растягивающих) главных напряжений. Это можно объяснить снижением сил резания с ростом скорости при обработке закаленных сталей. Напряжения растут с ростом подачи, глубины резания и износа резца. В резцовой вставке уровень максимальных напряжений в 2 раза выше по сравнению с многогранной пластиной, а минимальные напряжения из сжимающих преобразуются в растягивающие.

Рассчитав напряжения в режущей пластине, можно оценить возможность ее разрушения при различных условиях обработки и способах ее закрепления в корпусе и принять меры по его предотвращению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник технолога -машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/ Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с. 2. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах: Учебник для вузов. – Мн.: Вышэйшая школа, 1990. – 512 с. 3. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с. 4. Ящерицын П.И., Фельдштейн Е.Э., Куцер В.М., Шараф А.Х. Закономерности изменения условий контактирования и закрепления сменных пластин в корпусах сборных резцов// Весці АН БССР. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 1992. – № 4. – С. 62-65. 5. Ящерицын П.И., Фельдштейн Е.Э., Куцер В.М. и др. Моделирование и исследование тепловых процессов в технологической

УДК 621.9

Е.Э. Фельдштейн

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ СВЕРХСКОРОСТНОГО РЕЗАНИЯ

*Зеленогурский университет
Зелена Гура, Польша*

Увеличение скоростей резания до уровня, значительно превышающего традиционный, в настоящее время рассматривается как магистральное направление повышения производительности, точности и качества обработки. Существуют разные точки зрения относительно уровня скоростей сверхскоростного резания (*high speed cutting – HSC*). В настоящее время он привязывается к обрабатываемости того или иного материала (рис. 1). Например, растачивание отверстий и фрезерование блоков автомобильных двигателей из силумина производят со скоростями 7000...8000 м/мин, развертывание – 1000 м/мин. Однако обработка никелевых сплавов со скоростями свыше 50 м/мин уже является сверхскоростной, поскольку эти скорости на порядок превышают традиционные.

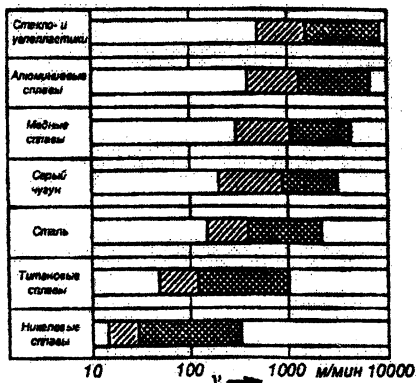


Рис. 1. Уровни скоростей резания при обработке различных материалов [1, 2]: