

УДК 621.941.01

## АНАЛИЗ КРИТЕРИАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ

Алексеев В. П., Хаймович А. И.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

С точки зрения физики процесса резание материалов является процессом интенсивного пластического деформирования и разрушения, сопровождаемый отделением части материала от заготовки. Адекватность имитационного моделирования процесса стружкоотделения от заготовки в САЕ-системе определяется выбором соответствующего критерия разрушения. Критерий разрушения – величина, описывающая момент истощения материалом пластичности в процессе формования.

Целью данной работы является анализ применимости различных критериев разрушения при лезвийной обработке при имитационном моделировании процесса резания в САЕ-системе DEFORM. Подтверждением адекватности выбранного критерия является соответствие формы стружки реальному процессу.

Для исследования геометрии стружки использовался обрабатывающий центр с ЧПУ ALZMETALL BAZ 15 CNC, современный монолитный фрезерный инструмент со стружкоделительными канавками диаметром 20 мм. Для эксперимента были выбраны заготовки  $D \times B \times Г$ : 40 × 24 × 6 мм. Поверхность каждого образца предварительно обрабатывалась так, чтобы исходная шероховатость у всех образцов была одинаковая – Ra 1,25. Материал заготовок: сталь ЭП33 ВД (10X11H23T3MP-ВД).

По ранее разработанной имитационной модели процесса фрезерования в программном обеспечении DEFORM 3D [1] произведён расчёт с заданными критериями разрушения (Cockroft-Latham, критерием достижения максимального главного напряжения).

Основным параметром исследования при конечно-элементном моделировании является форма стружки. На рисунке 1 показана форма стружки для условий резания  $S_z = 0,1$  мм;  $t = 0,3$  мм;  $V = 45$  м/мин.

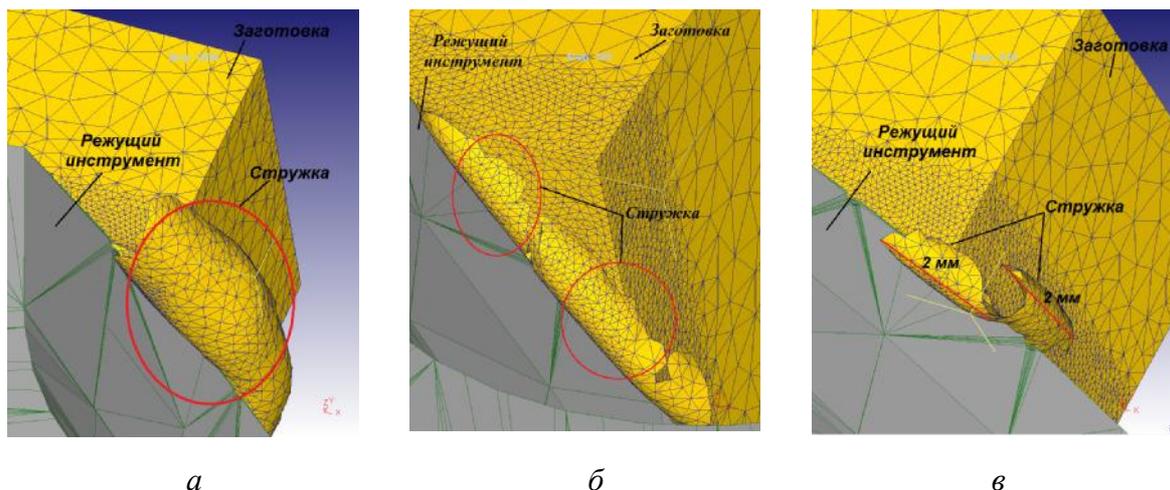


Рис. 1. Имитационная САЕ-модель геометрии стружки при обработке фрезой со стружкоделительными канавками на режимах  $S_z = 0,1$  мм;  $t = 0,3$  мм;  $V = 45$  м/мин:  
 а – без учёта критерия разрушения,  
 б – геометрия стружки по критерию разрушения Cockroft-Latham;  
 в – геометрия стружки по критерию достижения максимального главного напряжения

Исследование формы стружки после экспериментальных исследований (рис. 2) осуществлялось на сканирующем электронном микроскопе TESCAN VEGA с большой камерой и увеличенным моторизованным столиком.

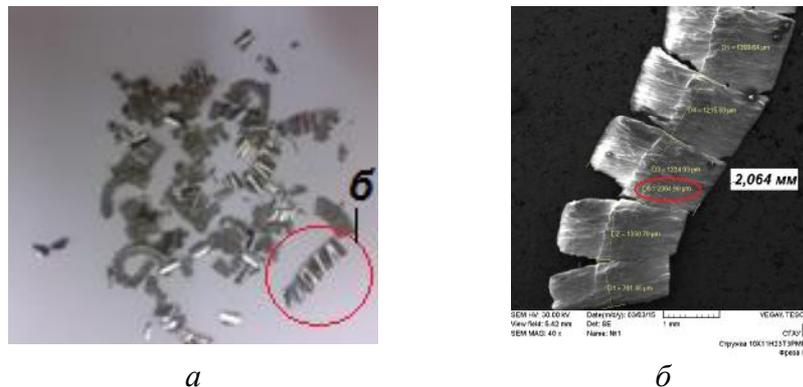


Рис. 2. Форма стружки при обработке стали 10X11H23T3MP-ВД фрезой со стружкоделительными канавками на режимах  $S_z = 0,1 \text{ мм}$ ;  $t = 0,3 \text{ мм}$ ;  $V = 5 \text{ м/мин}$ :  
 а – стружка; б – увеличенный фрагмент сегмента стружки

Из рисунка видно, что геометрия стружки при моделировании имеет относительное различие с экспериментальными данными, что объясняется чувствительностью кривизны стружки к параметрам сетки (величина ячеек и области заужения сетки). Оба представленных критерия не учитывает тот факт, что в процессе лезвийной обработки разрушение материала происходит не за счёт влияния растягивающих и сжимающих напряжений, а за счёт разницы в пластических деформациях сдвига между двумя смежными полосами скольжения [2].

Выводы:

1) геометрия стружки при моделировании имеет относительное различие с экспериментальными данными, что объясняется чувствительностью кривизны стружки к численным параметрам (плотность сетки). Свойства материала оказывают непосредственное влияние на кривизну стружки;

2) критерий разрушения Cockroft-Latham является энергетическим. Энергетические критерии позволяют достаточно адекватно оценивать возможность разрушения твёрдых тел при монотонных процессах пластического деформирования с относительно несложной траекторией деформации. В связи с этим они не учитывают ряд важных особенностей поведения материалов при деформировании, что приводит к занижению критических напряжений и деформаций при моделировании немонотонных процессов;

3) предлагаемые в DEFORM критерии разрушения не учитывают экспериментальный факт увеличения технологической пластичности материала при увеличении в схеме напряжённого материала сжимающих напряжений, поэтому представленные критерии не обеспечивают достоверной картины разрушения.

#### Библиографический список

1. Сурков О. С., Кондратьев А. И., Алексеев В. П., Хаймович А. И. Исследование обрабатываемости жаропрочной стали 10X11H23T3MP-ВД для деталей ГТД// Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С. П. Королёва (НИУ). – №5 (47). – 2014.
2. Atlati, S., Haddag, B., Nouari, M., Zenasni, M. Analysis of a new Segmentation Intensity Ratio “SIR” to characterize the chip segmentation process in machining ductile metals (2011) International Journal of Machine Tools and Manufacture, 51 (9), pp. 687-700.