

справляется с задачей классификации РС по выбранным классам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

3. Ханов, В.А.
Автоматизированный мониторинг
технологии производства
резинотехнических изделий авиационного
назначения. / Б.Н.Марьин,

С.И.Феоктистов, Д.Н.Фролов, В.А. Ханов // «Полёт». – 2009. – №6. – С. 50–52.

Khanov, V.A. Estimation of the condition of the polymeric material on the basis of neuronetwork modeling. / D.L. Karachenkov, D.N.Frolov, V.A.Khanov // Modern materials and technologies 2007: Materials of international VIII Russia-China Symposium: two volumes. – Khabarovsk: Pacific National University, 2007. – vol. 2. – p. 92–96.

УДК 621.77

АНАЛИТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИЛОВОГО РЕЖИМА ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА С ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКИМ УПРОЧНЕНИЕМ

© 2012 А.И. Хаймович, А.В. Кузнецов

Самарский государственный аэрокосмический университет
(Национальный исследовательский университет)

ANALYSIS OF THE CUTTING FORCE OF HEAT RESISTING ALLOYS DURING HIGH-SPEED MILLING

© 2012 A.I. Khaimovich, A.V. Kuznetsov

In this article the analytical model of process of high speed milling of the heat resisting alloys is considered.

Key words: High-speed milling, heat resisting alloys, rheological properties, Johnson-Cook constitutive model

В современных авиационных ГТД используются детали, изготавливаемые из вязких жаропрочных сплавов, обработка которых вызывает ряд трудностей.

Оптимальное сочетание скорости резания v , глубины t и ширины резания s обеспечивает минимальное значение мощности резания P за счет разупрочнения обрабатываемого материала при резании с высокими скоростями.

Минимум функционала $\left(\frac{P}{st}\right)$

соответствует минимальной диссипации мощности резания, затрачиваемой на пластическую деформацию при максимальной производительности.

Разделим очаг пластической деформации (ОПД) в зоне резания на N

характерных областей, геометрия которых определяется положением условной плоскости сдвига, задаваемой коэффициентом усадки стружки λ_s и геометрией режущего клина.

В этом случае в соответствии с экстремальными принципами механики сплошных сред, имеем:

$$\left(\frac{P}{t}\right) \leq \sum_{j=1}^N [\sigma_s(\dot{\epsilon}_{2\max_j}(v_i), \theta_j)] p_j \xrightarrow{v_i \rightarrow v} \min_1$$

$$p_j = [\dot{\epsilon}_{2evj}(v_i)] \frac{W_j}{t} \Big|_{t=const},$$

где $\dot{\epsilon}_{2\max_j}(v_i) = \max\{\dot{\epsilon}_{2j}(v_i)\}$ - максимальное значение интенсивности скорости деформации на j -участке для кинематически допустимого поля скоростей (КДПС) v_i ,

$$\dot{\epsilon}_{2_{evj}}(v_i) = \frac{\int \dot{\epsilon}_{2j}(v_i) dw}{W_j} - \text{средняя по}$$

локальному объему W_j интенсивность скорости деформаций на j -участке для КДПС $v_i, \sigma_s(\dot{\epsilon}_{2_{\max j}}(v_i), \theta_j)$ - эквивалентное напряжение, θ_j - температура резания.

p_j - имеет физический смысл относительной мощности резания при $\sigma_s = 1$, которая рассеивается в единичном объеме $\frac{W_j}{t}$ для j - области ОПД.

Для оценки температуры резания был применен аналитический метод, изложенный в работе [1].

В качестве объекта экспериментальных исследований был выбран сплав ХН45МВТЮБР-ИД, который широко используется для производства компрессорных лопаток ГТД.

Полуэмпирическая зависимость эквивалентного напряжения (интенсивности напряжений) от скоростного и температурного режима фрезерования была получена авторами на основе обработки экспериментальных данных и формализована в виде закона, подобного модели Джонсона-Кука [2].

$$\sigma_s = 600 \cdot 10^6 \left[0,85(1 + 1,3\bar{\epsilon}_2^{0,86}) + 0,061 \ln \frac{v - v_0}{v_{\max} - v_0} \right] \cdot \left[1 - 1,347 \frac{\theta - \theta_{nl}}{\theta_{nl} - 450} \right],$$

$$v_{\max} = 600 \text{ м / мин}, v_0 = 50 \text{ м / мин}, \theta_{nl} = 2000^\circ \text{С}$$

На рисунке 1 представлены результаты аналитического моделирования силового режима фрезерования в виде поверхности относительной удельной мощности фрезерования $p = p(v, f_z)$, f_z - подача на зуб.

Анализ геометрической формы поверхности $p = p(v, f_z)$ показывает, что увеличение скорости резания при фиксированной подаче на зуб приводит к увеличению усилия резания по логарифмическому закону, что связано с повышенными вязкопластическими свойствами обрабатываемого материала.

При постоянной скорости резания в интервале подач в области $f_z = 0,04 \dots 0,08$ мм/зуб, процесс резания характеризуется локальным минимумом по мощности резания (Рисунок 1), что объясняется оптимальной формой ОПД в зоне резания.

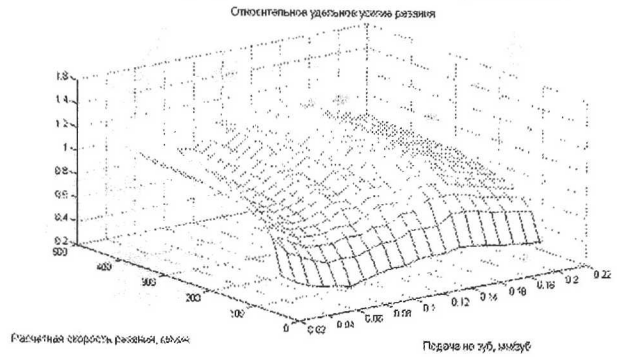


Рисунок 1 - Расчетное относительное удельное усилие резания в зависимости скорости резания и величины подачи на зуб $p = p(v, f_z)$ при ВСО сплава ХН45МВТЮБР-ИД.

С целью проверки состоятельности аналитической модели были проведены экспериментальные исследования по измерению усилия резания при высокоскоростном фрезеровании образцов из сплава ХН45МВТЮБР-ИД.

Сила резания измерялась с помощью 3-х осевого динамометрического стола Kistler9257В с регистрацией составляющих усилия резания F_x, F_y, F_z в реальном времени.

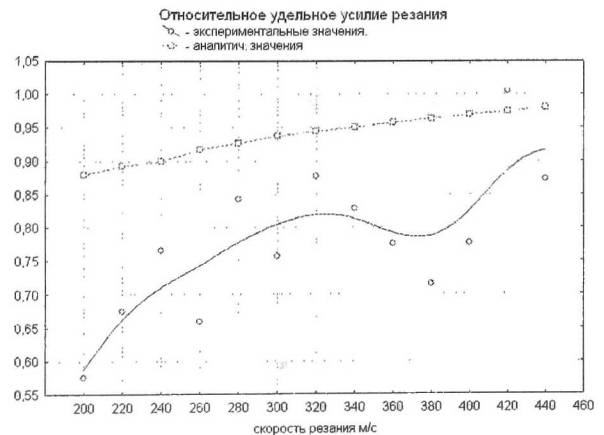


Рисунок 2 - Зависимость относительной силы резания от скорости резания при высокоскоростном фрезеровании образца из ХН45МВТЮБР-ИД (ЭП718 ИД). Подача 0,32 мм на оборот, фреза диаметром 12 мм, боковой сьем 0,1 мм, сьем по высоте 4 мм.

На рисунке 2 приведены теоретические и экспериментальные кривые зависимости усилия резания от

скорости резания. Экспериментальная кривая получена аппроксимацией опытных значения методом минимизации среднеквадратичных отклонений. Теоретическая кривая является сечением поверхности $p = p(v, f_z)$ плоскостью $f_z = 0,08 \text{ мм/зуб}$.

Анализ приведенных данных свидетельствует, что представленная аналитическая модель процесса фрезерования вязкопластического материала является верхнеграничной оценкой силового режима фрезерования. Точность аналитической модели большей степенью определяется точностью определяющих соотношений, $\sigma_s(\dot{\epsilon}_{2\max_j}(v_i), \theta_j)$ устанавливающих связь между инвариантами напряженного и

деформированного состояния для конкретного обрабатываемого материала в определенных условиях резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

3. Силин, С. С. Метод подобия при резании материалов [Текст]: / С. С. Силин. М.: Машиностроение, 1979. - 152 с.
- Johnson, G.R. Cook, W.H. A constitutive model and data for metals subjected to large strains, high strain rates and high temperatures. [Электронный ресурс]: /Johnson G.R., Cook W.H. // *Proceedings of the 7th International Symposium on Ballistics*. - 1983. - p 541-547 / <http://www.lajss.org/HistoricalArticles/A%20constitutive%20model%20and%20data%20for%20metals.pdf>

ШЕСТИЛУЧЕВЫЕ СКЛАДЧАТЫЕ СТРУКТУРЫ, КАК ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОСНОВА ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАНЕЛЕЙ

© 2012 Халиулин В.И., Шабалов А.В.

Казанский национальный исследовательский технический университет -КАИ им. А.Н.Туполева, Казань

SIX-RAYED FOLD STRUCTURES AS GEOMETRIC BASE FOLDED CORE

© 2012 Khaliulin V.I., Shabalov A.V.

This work presents an overview of six-rayed nodes of folded structures, the mathematical model of six-rayed nodes and mathematical model of the filler, made the possibility of modifying the six-rayed folded aggregate

В настоящее время в конструкции фюзеляжей ЛА все больше используются композиционные материалы, в частности 3-хслойные панели. Заполнителем в большинстве случаев служат соты. Альтернативой сотовому заполнителю является заполнитель типа z-гофр. Благодаря своей геометрической структуре такой заполнитель позволяет избавляться от влаги в панели и изготавливается из единого листа без применения клеевых соединений.

На данный момент наиболее изученными являются 4-х лучевые структуры типа z-гофр. Для них разработаны различные технологии

изготовления, разнообразные варианты конструкций с их использованием, проведена классификация этих структур. Однако 4-х лучевые структуры не лишены недостатков, усложняющих их применение. В частности, сложно изготавливать панели одинарной и двойной кривизны с использованием 4-х лучевых структур. Деформация заполнителя в состояние двойной кривизны сопровождается еще и деформацией граней.

Этих недостатков лишены 6-ти лучевые структуры. Благодаря своей геометрии эти структуры могут принимать форму, как одинарной кривизны, так и