

использование различных методов физико-механической обработки, в частности, введение в зону резания энергии вынужденных ультразвуковых колебаний.

В результате многочисленных исследований установлено, что наложение на инструмент вынужденных ультразвуковых колебаний позволяет значительно повысить эффективность механической обработки. При этом удаётся достичь повышения производительности процесса, стойкости режущего инструмента, а так же точности и качества изготавливаемых изделий.

Для изучения влияния ультразвуковых колебаний на процесс резания резьбы были проведены специальные исследования при помощи разработанных и изготовленных быстросъемных ультразвуковых устройств.

Сравнительные исследования крутящего момента $M_{кр}$ проводили при обычном и ультразвуковом нарезании резьб в титановых, нержавеющей и жаропрочных сплавах комплектметчиков и одним метчиком полного профиля, а также метчиками с покрытием из нитрида титана (TiN) (рис. 1).

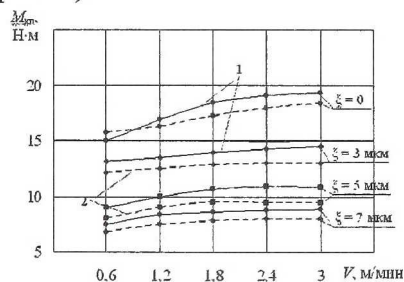


Рис. 1 Влияние V и ξ на $M_{кр}$ при обработке сплава ВТ9 метчиком $M8 \times 1,25$ (ТС – сульфидфрезол):

1 – метчик без покрытия TiN; 2 – метчик с покрытием TiN

Снижение крутящего момента при наложении на метчик ультразвуковых колебаний объясняется рядом факторов.

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ МАТЕРИАЛА ПО ЭНДОХРОННОЙ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ БЕЗ ПОВЕРХНОСТИ ТЕКУЧЕСТИ

© 2012 Горбунов С. В.

Самарский государственный технический университет, Самара

STRENGTH ASSESSMENT OF MATERIAL BY ENDOCHRONIC PLASTICITY THEORY WITHOUT FLUIDITY SURFACE

© 2012 Gorbunov S. V.

Это снижение сопротивления пластической деформации, за счет активизации дислокаций и их размножения в ультразвуковом поле, уменьшения коэффициента трения, изменения векторов сил на режущих поверхностях инструмента, активацией технологической среды и др.

В результате нанесения износостойких покрытий изменяются физико-механические характеристики рабочих поверхностей метчика: износостойкость, теплостойкость, микротвердость и др. Последние оказывают влияние на стойкость инструмента, а также силы резания и крутящий момент.

При обычной обработке увеличение $M_{кр}$ связано, в частности, с наростообразованием и последующим защемлением метчика. При наложении ультразвуковых колебаний указанные явления или исчезают

полностью или проявляются в значительно меньшей степени.

Кроме того, применение покрытий позволяет значительно повысить физико-механические характеристики рабочих поверхностей инструмента особенно твердость и износостойкость, что позволяет дополнительно повысить стойкость метчиков на 20-40%.

Таким образом, при наложении ультразвуковых колебаний работоспособность инструмента повышается в 3-5 раз, причём лучшие результаты получены при использовании метчиков с износостойкими покрытиями.

The variant of endochronic theory of high-temperature plasticity without fluidity surface for a collapsing material is studied. The limiting surface of steady deformation is constructed. It is shown that transition through this surface correlates with divergence of numerical iterative calculation procedure. Calculation example is quoted.

Для описания процесса высокотемпературного пластического деформирования предлагается вариант эндохронной теории пластичности без поверхности текучести, учитывающий кинетику накопления поврежденности. Для случая сложного напряжённого состояния определяющие соотношения рассматриваемой математической модели в главных осях имеют вид:

$$\varepsilon_i = e_i + e_i^p,$$

$$e_i = \frac{1+\mu}{E} \sigma_i - \frac{\mu}{E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3),$$

$$e_i^p = \frac{3}{2} \beta_i - \frac{1}{2} (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3),$$

$$\dot{\beta}_i = \begin{cases} \lambda (a S^{n-1} \sigma_i - \beta_i(t)), & a S^{n-1} \sigma_i > \beta_i(t), \\ 0, & a S^{n-1} \sigma_i \leq \beta_i(t), \end{cases}$$

$$\sigma_i = \sigma_i^0 (1 + \omega),$$

$$\dot{\omega} = \gamma (\sigma_1 \dot{e}_1^p + \sigma_2 \dot{e}_2^p + \sigma_3 \dot{e}_3^p),$$

$$S = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2},$$

$$\beta_i(0) = 0, \quad \omega_i(0) = 0, \quad (i = \overline{1, 3}).$$

Здесь ε_i , e_i и e_i^p — полная, упругая и пластическая деформации (соответственно) для i -ой оси; β_i — активные пластические деформации, которые наблюдались бы в отсутствие пуассоновского сужения материала; σ_i^0 и σ_i — соответственно номинальное и истинное напряжения; E — модуль упругости; μ — коэффициент поперечной деформации; n , a , λ , γ — константы модели; ω — скалярный параметр поврежденности; S — интенсивность напряжений.

Поскольку в испытаниях при высоких температурах трудно определить предел упругости, в приведённой теории пластичности поверхность текучести отсутствует. Это предположение не противоречит современным физическим

представлениям о наличии при малых напряжениях элементарных актов пластического деформирования в микрообъёмах; величина деформации пластичности в данном случае на несколько порядков меньше упругой составляющей, поэтому в практических расчётах по предложенной модели сколь бы то ни было весомых погрешностей не обнаруживается. В качестве примера для сплава ЭИ415 при $T = 20^\circ\text{C}$ на рис. 1 для случая плоского напряжённого состояния в пространстве главных номинальных напряжений в результате численного расчёта методом Эйлера по соотношениям данной теории построен участок “поверхности текучести” — напряжённые состояния, удовлетворяющие условию

$$\frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(e_1^p - e_2^p)^2 + (e_1^p - e_3^p)^2 + (e_2^p - e_3^p)^2} = 0,002, \text{ и}$$

приведены экспериментальные значения напряжений, при которых остаточная деформация составила 0,173% [1].

Было выполнено исследование соотношений приведённой модели на устойчивость в смысле Ляпунова для случаев одноосного, плоского и сложного напряжённых состояний, в результате получено условие асимптотической устойчивости процесса деформирования и уравнение предельной поверхности:

$$a n \gamma S_0^{n+1} e^{\gamma n z} = 1,$$

в котором S_0 — интенсивность номинальных напряжений, а величина z находится посредством численного решения нелинейного уравнения

$$z = (A_1 B_1 + A_2 B_2 + A_3 B_3) e^{\gamma n z},$$

$$A_i = a S_0^{n-1} \sigma_i^0,$$

$$B_i = \frac{3}{2} \sigma_i^0 - \frac{1}{2} (\sigma_1^0 + \sigma_2^0 + \sigma_3^0), \quad i = \overline{1, 3}.$$

На рис. 2 для сплава ЭИ415 при $T = 20^\circ\text{C}$ в случае плоского напряжённого состояния построена кривая, отвечающая выведенному уравнению предельной поверхности; также приведён участок предельной поверхности, полученный в

результате численного решения системы дифференциальных уравнений предложенной модели методом Эйлера и соответствующий началу расходимости итерационной процедуры расчёта. Точки здесь соответствуют напряжённым состояниям, при которых опытные образцы разрушались [1].

На основании полученных для разных материалов данных можно постулировать корреляцию условия устойчивости по Ляпунову решений системы уравнений предложенной здесь эндохронной теории и расходимости вычислительной процедуры метода Эйлера.

При расчёте по предложенной модели также вычислялась величина работы истинных напряжений на пластических деформациях:

$$W = \int_0^t (\sigma_1 de_1^p + \sigma_2 de_2^p + \sigma_3 de_3^p).$$

Было установлено, что для поверхности текучести и предельной поверхности соответствующие им значения величины W являются константами. Таким образом, предельное состояние согласно рассматриваемой теории наступает при достижении работой истинных напряжений на пластических деформациях некоторого критического значения.

ОБЗОР ОСНОВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

© 2012 Горшкалев А.А., Карташова В.В.

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева (Национальный исследовательский университет)», Самара

OVERVIEW OF THE MAIN WAYS TO IMPROVE AIRCRAFT ENGINE

© 2012 Gorshkalev A., Kartashova V.

In today's world the development of aviation is on the way to increase speed and altitude, which requires the use of very large capacity engines at small mass and dimensions. The paper considers the factors characterizing the perfection of engines and the main directions of further modernization of the engine.

В современном мире развитие авиации идет по пути увеличения скоростей и высот полета, что требует

применения двигателей очень больших мощностей при малых массе и габаритах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков А.М. Сложное нагружение и теории пластичности изотропных металлов // Изв. АН СССР ОТН, 1955. — №8. — С. 81–92.

2.

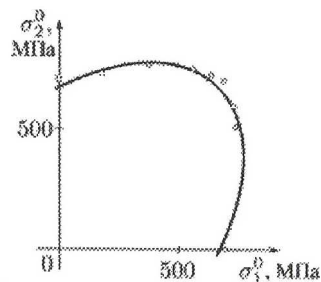


Рис. 1. Участок расчётной кривой текучести для сплава ЭИ415 при $T = 20^\circ\text{C}$, точки — экспериментальные данные

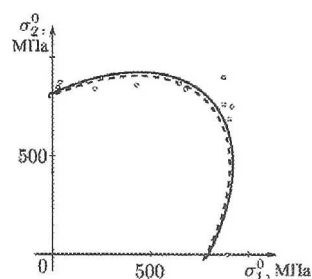


Рис. 2. Участок предельной поверхности для сплава ЭИ415 при $T = 20^\circ\text{C}$: аналитический критерий потери устойчивости по Ляпунову (сплошная линия), расчёт по методу Эйлера (штриховая линия), точки — эксперимент