№ 1 (53) Вібрації в техніці та технологіях
2009

II. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

Беловод А. И.

Полтавская государственная аграрная академия

УДК 621.9 – 621.98

ВЛИЯНИЕ ВИДА ОБРАБОТКИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЕРИАЛА УПРОЧНЯЕМОЙ ДЕТАЛИ

Розглянутий механізм напруженого стану оброблюваних деталей, зміни деформацій і напруг на їх поверхнях.

The mechanism of the tense state of workparts, change of deformations is considered and напруг on their surfaces.

Определение усилий и напряжений при упрочняющей обработке производили методом решения приближенных уравнений равновесия и пластичности, который основан на следующих положениях:

1. Напряженно-деформированное состояние любого элемента обрабатываемого материала детали (образца) рассматривается либо ассиметричным, либо плоским (плоская деформация или плоское напряжённое состояние).

2. Дифференциальные уравнения равновесия для плоской задачи упрощаются принятием допущения, что нормальные напряжения зависят только от одной координаты, благодаря чему остаётся одно дифференциальное уравнение с обыкновенными производными.

Данное допущение исключает возможность определения напряженного состояния в каждой точке деформируемого тела.

Метод решения уравнений равновесия и уравнения пластичности позволяет определить напряжения и усилия на контакте тела с инструментом. Для определения усилия деформирования нет необходимости определять напряжения в каждой точке деформированного тела [1].

Вибрационную обработку элементарного участка режущей поверхности диска копача свеклоуборочной машины можно рассматривать как его осадку с шириной *2b* и высотой *2h* неограниченной длины по окружности (рис. 1).

Выделим в деформированном теле бесконечно малый объём, ограниченный плоскостями на расстоянии X и X+*d*X от начала координат с длиной, принятой равной единице. На выделенный объём действуют нормальные напряжения σ_z, σ_x, $\sigma_к+d\sigma_x$ и касательное – τ_{xz}.

В соответствии со вторым допущением принимаемым, что σ_x и σ_z не зависят от координаты Z (постоянны по высоте), они зависят только от координаты X.

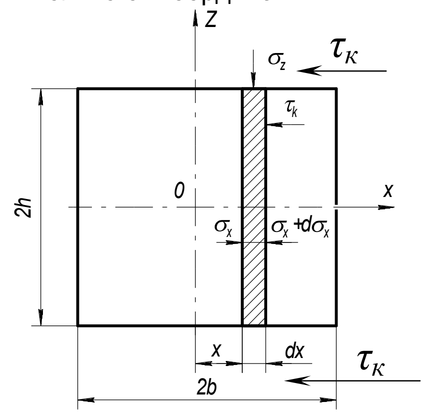

Рис. 1. Схема к определению усилия деформирования

Касательное напряжение τ_{xz} переменно по ширине и высоте и на контактной поверхности будет равно касательному напряжению $\tau_{K,}$ вызванному трением тела об инструмент. Величина τ_{xz} будет уменьшаться при удалении от контактной поверхности и вследствие асимметрии на середине высоты выделенного элемента будет равна нулю. Примем, что τ_{xz} зависит от высоты элемента линейно, т.е.:

$$\tau_{xz} = \frac{\tau_{xz}}{h}. \qquad (1)$$

Тогда
$$\frac{d\tau_{xz}}{dz} = \frac{\tau_{xz}}{h}. \qquad (2)$$

Подставив значение $\frac{d\tau_{xz}}{dz}$ в уравнение равновесия $\frac{d\sigma_x}{dx} + \frac{\tau_{\hat{e}}}{dz} = 0$, получаем:

$$\frac{d\sigma_x}{dx} + \frac{\tau_{\hat{e}}}{h} = 0 \cdot \qquad (3)$$

Так как касательное напряжение на контактной поверхности обусловлено трением металла об инструмент, то оно может быть определено:

$$\tau_{\hat{e}} = f\sigma_z. \qquad (4)$$

Уравнение пластичности для плоского деформированного состояния в этом случае будет иметь вид:

$$\sigma_x - \sigma_z = \pm 2\tau_{\max}\sqrt{1 - \left(\frac{\tau_{xz}}{\tau_x}\right)^2}, \qquad (5)$$

где τ_{max} – максимальное касательное напряжение, которое может быть при пластической деформации и в условиях плоского деформированного состояния, равное:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_{\grave{o}\,\grave{a}\tilde{o}}}{\sqrt{3}}. \qquad (6)$$

При достижении $\tau_к$ максимальной величины τ_{max} можно записать:

$$\left.\begin{aligned} \sigma_x - \sigma_z &= 0 \\ \sigma_x &= \sigma_z \end{aligned}\right\}. \qquad (7)$$

Отсюда уравнение пластичности имеет вид:

$$d\sigma_x = d\sigma_z. \qquad (8)$$

В результате математических преобразований получаем:

$$\frac{d\sigma_{xz}}{dx} = -\frac{f\sigma_z}{h}. \qquad (9)$$

После разделения переменных и интегрирования находим:

$$\ln\sigma_z = -\frac{fx}{h} + C \cdot \qquad (10)$$

Отсюда $\sigma_z = Ce^{-\frac{fx}{h}}$. (11)

Постоянную интегрирования C находим из граничного условия, что $x = b$; $\sigma_z = -\sigma_т$ ($\sigma_т$ – принимаем положительным, а σ_z – в данном случае сжимающее, поэтому отрицательное):

$$C = -\sigma_T e^{-\frac{fb}{h}}. \qquad (12)$$

Следовательно,

$$\sigma_z = -\sigma_{\mathrm{T}} e^{\frac{f}{h}(b-x)}. \qquad (13)$$

Данное уравнение позволяет определить значение σ_z в любой точке контакта обрабатываемой поверхности диска.

Суммируя нормальные напряжения по контактной поверхности, можно определить полное давление на единицу длины обрабатываемого участка лезвия диска:

$$P = 2\int_0^b \sigma_z dx = 2\sigma_т \int_0^h e^{\frac{f}{h}(b-x)} dx = \sigma_т \frac{2h}{f}\left(e^{\frac{fb}{h}} - 1\right) \qquad (14)$$

Удельное давление (усилие) может быть получено делением полного усилия на контактную площадь:

$$p = \sigma_т \frac{h}{fb}\left(e^{\frac{fb}{h}} - 1\right) \qquad (15)$$

Полученные выражения позволяют сделать вывод, что величины нормального напряжения, полного и удельного давления зависят от обрабатываемого материала, степени и скорости деформации, определяемых величиной $\sigma_т$, и от параметра $\frac{fb}{h}$, отражающего влияние напряжённого состояния. Увеличение данного параметра повышает удельное давление. Чем больше коэффициент трения, тем больше удельное и полное давление.

При вибрационном деформировании происходит ослабление контакта (отрыв) обрабатывающего инструмента с обрабатываемой поверхностью. В силу этого снижается коэффициент трения по сравнению с обычной обработкой.

Результаты подсчётов удельного давления в зависимости от обрабатываемого материала и вида обработки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Удельное давление обработки

Материал	Удельное давление p, МН/м^2	
	Вибрационное деформирование, А = 0,5мм	Обычная обработка
Сталь65Г	2,98	7,45
Сталь 45	2,44	6,1
Сталь 10	1,42	3,55

Таким образом, как показали проведенные исследования, при вибрационном нагружении по сравнению с обычной обработкой поверхности детали (образца) требуется приложить в 2,5 раза меньше удельное давление для получения одинаковой величины деформации.

Литература

1. Дудников И.А. Упрочнение материала восстанавливаемых деталей машин методом обычного и вибрационного деформирования / И.А. Дудников., Т.Г. Лапенко, А.И. Беловод // Зб. наук. праць ЛДТУ. Випуск 15. Луцьк, 2007. – С.118 – 123.