

УДК 620.178.1

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГРАНИЧНОГО СТАНУ ДИСКІВ ВИМІРОМ ТВЕРДОСТІ

**Свіргун О.А., к.т.н., доцент, Думіндяк С.Б., студент**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

Питання забезпечення надійності елементів трансмісії ще на етапі проектування – гостре питання, що стоїть в сучасному машинобудуванні [1, 3, 4]. Під граничним станом будемо розуміти такий стан попереднього руйнування диска, коли весь матеріал диска пластично деформований [2].

Коли пластичні деформації в дисках були досліджені вимірюванням твердості, кількісної інформації при цьому отримати не вдалося. Після того як встановили, що підвищення твердості пластично деформованого металу феноменологічно можна пов'язати зі зростанням інтенсивності напружень, були запропоновані методики визначення напружень і обертів в дисках зі зміною твердості. Їх опробування при пластичній роздачі шайби показало, що точність визначення напружень залежить від рівнянь, які використовуються при розшифровці результатів вимірювання твердості. Проведено оцінку точності визначення напружень і обертів в дисках за зміною твердості, при цьому результати вимірювання твердості розшифровували за різними методиками.

Диски з різних матеріалів пластично деформувалися обертанням на розгінних установках. Після цього уздовж радіуса дисків вимірювали твердість. Випробовуючи зразки на розтяг або стискання, будували тарувальний графік «твердість-інтенсивність напружень-інтенсивність деформацій».

Матеріали дисків вважали спочатку ізотропними, нестисливими, які підпорядковуються критерію текучості Мізеса. Рівняння спільності деформацій записували і вирішували в логарифмічних деформаціях:

$$\frac{de_{\varphi}}{dr} = \frac{1 - \exp|e_{\varphi} - e_r|}{r}. \quad (1)$$

Для визначення компонент тензора напружень та деформацій використовували відомі тригонометричні підстановки.

Напруження визначали за трьома методиками: аналітично і двома іншими, що використовують результати вимірювання твердості. Оцінювали також точність визначення обертів за твердістю, що виміряна на пластично деформованих або зруйнованих дисках.

*Методика 1.* Криву плинності матеріалу апроксимували ступеневою залежністю виду:

$$\sigma_i = A + B e_i^m, \quad (2)$$

невідомі коефіцієнти в якій визначали методом найменших квадратів за експериментальними даними. Для збільшення точності апроксимації

коефіцієнти  $A$ ,  $B$  та  $m$ , знаходили за значеннями  $\sigma_i$ ,  $e_i$ , що визначені в кожному з дисків за твердістю. Саме тому рівняння для кожного з дисків було своїм, справедливим лише в певному інтервалі значень  $\sigma_i$ ,  $e_i$ .

*Методика 2.* Виміром твердості встановлювали розподіл  $\sigma_i$  по радіусу диска, потім вирішували рівняння рівноваги:

$$\frac{dm}{d\rho} = \left[ \frac{d\sigma_i}{d\rho} \frac{1}{\sigma_i} + \left\{ \frac{dh_0}{d\rho} \frac{1}{h_0} + a \frac{de_i}{d\rho} \cos\omega \right\} - \frac{\sin\omega}{\rho \sin\left(\omega + \frac{\pi}{6}\right)} + \frac{Cn^2\rho}{\sigma_i \sin\left(\omega + \frac{\pi}{6}\right)} \right] \frac{\operatorname{ctg}\left(\omega + \frac{\pi}{6}\right)}{1 - ae_i \sin\omega \operatorname{ctg}\left(\omega + \frac{\pi}{6}\right)}. \quad (3)$$

*Методика 3.* Виміром твердості встановлювали розподіл  $\sigma_i$  по радіусу диска, а з кривої плинності по  $\sigma_i$  знаходили відповідне значення  $e_i$  (це рівносильно визначенню за твердістю значень  $\sigma_i$ ,  $e_i$ ).

Згладжування експериментальних даних проводили за ділянками, на кожній з яких за методом найменших квадратів відшукували коефіцієнти полінома другого ступеня. Диференціальні рівняння вирішували методом Рунге-Кутта.

За результатами експериментальних досліджень отримана таблиця даних для латунного диску, після його розгону до 30000 об/хв.

Розподіл інтенсивності напружень по радіусу диска встановлювали за величиною твердості. Крива плинності матеріалу диску з достатньою точністю описується рівнянням виду:

$$\sigma_i = -44,719 + 70,91e_i \quad (4)$$

в межах

$$0,010 \leq e_i \leq 0,130. \quad (5)$$

При проведенні експериментальних досліджень та використання різних методик встановлено, що основні відмінності спостерігаються для радіальних напружень.

### Список літератури:

1. Калінін Є.І., Романченко В.М., Шуляк М.Л., Поляшенко С.О. Балансування валів з урахуванням їх деформацій в процесі експлуатації. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, № 12, 2018, С. 215-222.

2. Калінін Є.І. Вплив обертання елементів трансмісії як пружної системи на власні коливання. Інженерія природокористування, №1(5), 2016, С 24-28.

3. Калінін Є.І., Шуляк М.Л., Шевченко І.О. Дослідження перехідних процесів в коробці змінних передач мобільного енергетичного засобу. Вісник ХНТУСГ, Вип. 168, 2016, С. 73-79.

4. Калінін Є.І., Романченко В.М., Юр'єва Г.П. Формування умови стійкості лінійної системи при випадкових збуреннях її параметрів. Технічний

сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, № 7, 2017, С. 100-108.