



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 54820

(13) A

(51) 7 G01M13/02

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СТЕНД ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ КРУГОВИХ ЗУБЦІВ КОНІЧНИХ КОЛІС

1

2

(21) 2002043246

(22) 19 04 2002

(24) 17 03 2003

(46) 17 03 2003, Бюл. № 3, 2003 р.

(72) Загребельний Валентин Миколайович, Гаврилюк Юрій Романович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

(57) 1 Стенд для випробування кругових зубців конічних коліс, що складається з рами, кронштейнів, навантажувача та його накладок призматичної форми, який відрізняється тим, що накладки виконані у вигляді сегментів, робоча конусна поверхня яких додатково оброблюється одночасним поздовжнім та профільним відводом інструменту

2 Стенд за п. 1, який відрізняється тим, що накладки виконані у вигляді сегментів з диску діаметром  $d_n$ , товщиною  $h$  та конусною зовнішньою поверхнею з кутом конусності  $\alpha_n$ 

$$d_n = d_o + 2\Delta r_{\Sigma_n} + 2h \cdot \operatorname{tg} \alpha_n, \text{ де}$$

 $d_o$  - номінальний діаметр двосторонньої зуборізної різцевої головки {7,5", 9", 12", 18"}, мм, $\Delta r_{\Sigma_n}$  - сумарна поправка твірного радіуса односторонньої різцевої головки з зовнішніми різцями, яка враховує коректури налагодження верстата, тип твірного колеса, різницю кривизни радіусів двосторонньої і односторонньої головок, а також поправку радіуса для одержання необхідної довжини контакту, мм, $h$  - товщина диску, мм, $\alpha_n$  - кут конусності бокової поверхні диску

$$\alpha_n = \alpha - \Delta\alpha, \text{ де}$$

 $\alpha$  - кут профілю нормального початкового контуру, $\Delta\alpha$  - поправка на кут профілю різця головки, який компенсує поправку випуклих сторін на кут

профілю

$$\Delta\alpha = N/6, \text{ де}$$

 $N$  - номер різця зуборізної головки3 Стенд за п. 1, який відрізняється тим, що накладки виконані у вигляді сегментів з кільця діаметром  $d$ , з конусним отвором діаметром  $d_B$ , товщиною  $h$  та кутом конусності  $\alpha_B$ 

$$d = d_B + 2h \operatorname{tg} \alpha_B + S_n, \text{ де}$$

 $d_B$  - внутрішній менший діаметр конусного отвору, мм, $h$  - товщина кільця, мм, $\alpha_B$  - кут конусності отвору в кільці, $S_n$  - товщина зуба по розподільному діаметру в нормальному перерізі, мм

$$d_B = d_o + \Delta r_{\Sigma_B}, \text{ де}$$

 $\Delta r_{\Sigma_B}$  - сумарна поправка твірного радіуса односторонньої різцевої головки з внутрішніми різцями, яка враховує коректури налагодження верстата, тип твірного колеса, різницю кривизни радіусів двосторонньої і односторонньої головок, а також поправку радіуса для одержання необхідної довжини контакту, мм,

$$\alpha_B = \alpha + \Delta\alpha$$

4 Стенд за п. 2, який відрізняється тим, що діаметр диску  $d_n$  та кут конусності  $\alpha_n$  накладки визначаються за наступними залежностями

$$d_n = d_o + 2h \operatorname{tg} \alpha_n,$$

$$\alpha_n = \alpha - \Delta\alpha$$

5 Стенд за п. 3, який відрізняється тим, що діаметр кільця  $d$ , отвору  $d_B$  та кут конусності  $\alpha_B$ , визначаються за наступними залежностями

$$d = d_o + 2h \operatorname{tg} \alpha_B + S_n,$$

$$d_B = d_o$$

$$\alpha_B = \alpha + \Delta\alpha$$

Винахід відноситься до галузі проектування, дослідження та виготовлення деталей машин, а саме до стендових експериментальних натурних випробувань конічних зубчастих передач з круговим зубом на втомлену міцність при згині

Існують стендові випробування зубчастих коліс на працюючих передачах із замкненим силовим потоком, що дають достатньо достовірні результати, оскільки проводяться на відповідним чином налаштованих та діючих механізмах та на

(13) A

(11) 54820

(19) UA

конкретних зубчастих парах колесо - шестірня

Однак, такі випробування потребують значних витрат часу, злам одного зубця вибраковує з експерименту пару спряжених коліс цілком, існує вплив тертя кочення та ковзання, необхідне точне складання вузла зубчатої пари та усіх елементів, що забезпечують передачу силових потоків при обертанні [1]

Відомий стенд для випробування прямозубих конічних зубчастих коліс на втомлену міцність при згині на механічних двухпозиційних пульсаторах інерційного типу, що діють за принципом сталості сил, на основі коливального навантаження зони контакту змінними зусиллями без кочення та відрізанняються високою продуктивністю, надійністю, простотою конструкції, невеликою вартістю та можливістю багаторазового дослідження одного колеса, послідовним навантаженням по одному зубу. Конструкція такого стенду складається з рами, на якій змонтовані кронштейни та навантажувач з накладками призматичної форми

Але на цьому стенді застосовані накладки навантажувача розраховані лише на випробування конічних прямозубих зубчастих коліс, бо їх призматична форма відповідає профілю зуба саме цього типу передач [2]

Задача винаходу - підвищення ефективності та точності стендових випробувань на пульсаторах вигнутих та угнутих сторін зубців конічних зубчастих коліс та шестерень з круговим зубом на втомлену міцність при згині, за рахунок виконання накладок навантажувача у формі, що відповідає профілю відповідної похідної поверхні

Технічний результат забезпечується тим, що стенд для випробування кругових зубців конічних коліс застосовується для випробування угнутої поверхні зубців ведомих коліс, а накладки виконані у вигляді сегментів з диску діаметром  $d_H$ , товщиною  $h$  та конусною зовнішньою поверхнею з кутом конусності  $\alpha_H$

$$d_H = d_0 + 2\Delta r_{\Sigma H} + 2h \cdot \operatorname{tg} \alpha_H,$$

де  $d_0$  - номінальний діаметр двосторонньої зуборізної різцевої головки,  $\Delta r_{\Sigma H}$  - сумарна поправка твірного радіуса односторонньої різцевої головки з зовнішніми різцями, яка враховує коректури налагодження верстата, тип твірного колеса, різницю кривизни радіусів двохсторонньої і односторонньої головок, а також поправку радіуса для одержання необхідної довжини контакту,  $h$  - товщина диску,  $\alpha_H$  - кут конусності бокової поверхні диску

$$\alpha_H = \alpha - \Delta \alpha,$$

де  $\alpha$  - кут профілю нормального початкового контуру,  $\Delta \alpha$  - поправка на кут профілю різця головки, який компенсує поправку випуклих сторін на кут профілю

$$\Delta \alpha = \frac{N}{6},$$

де  $N$  - номер різця зуборізної головки

Також для випробування вигнутої поверхні зубців ведомих коліс, а накладки виконані у вигляді сегментів з кільця діаметром  $d$ , з конусним отвором діаметром  $d_B$ , товщиною  $h$  та кутом конусності  $\alpha_B$

$$d = d_B + 2h \cdot \operatorname{tg} \alpha_B + S_n,$$

де  $d_B$  - внутрішній менший діаметр конусного отвору,  $h$  - товщина кільця,  $\alpha_B$  - кут конусності отвору в кільці,  $S_n$  - товщина зуба по розподільному діаметру в нормальному перерізі

$$d_B = d_0 + 2\Delta r_{\Sigma B},$$

де  $2\Delta r_{\Sigma B}$  - сумарна поправка твірного радіуса односторонньої різцевої головки з внутрішніми різцями, яка враховує коректури налагодження верстата, тип твірного колеса, різницю кривизни радіусів двохсторонньої і односторонньої головок, а також поправку радіуса для одержання необхідної довжини контакту, мм,

$$\alpha_B = \alpha + \Delta \alpha$$

Для випробування угнутої поверхні зубців ведучих коліс, а діаметр диску  $d_H$  та кут конусності  $\alpha_H$  накладки визначаються по наступним залежностям

$$d_H = d_0 + 2h \cdot \operatorname{tg} \alpha_H,$$

$$\alpha_H = \alpha - \Delta \alpha$$

А для випробування вигнутої поверхні зубців ведучих коліс, а діаметр кільця  $d$ , отвору  $d_B$  та кут конусності  $\alpha_B$ , визначаються за наступними залежностями

$$d = d_0 + 2h \cdot \operatorname{tg} \alpha_B + S_n,$$

$$d_B = d_0,$$

$$\alpha_B = \alpha + \Delta \alpha$$

Крім того, робоча конусна поверхня сегменту накладки додатково обробляється з одночасним повздовжнім та профільним відводом інструменту

Вигляд та характеристики заготовель для виготовлення накладок навантажувача наведені на кресленнях на фіг 1 та 2 - заготовля-диск для виготовлення накладок для випробування угнутих сторін зубців коліс та шестерень з круговим зубом, на фіг 3 - схема вирізання накладки навантажувача з диску, на фіг 4 та 5 - заготовля-кільце для виготовлення накладок для випробування вигнутих сторін зубців коліс та шестерень з круговим зубом, на фіг 6 - схема вирізання накладки з кільця

Конструктивно навантаження в стенді для випробування кругових зубців конічних коліс здійснюється за допомогою змінних накладок важеля пульсатора. Накладки являють собою ділянку конічної похідної поверхні з радіусом близьким до похідного радіусу зубців шестерні чи колеса, та кутом конусності, що дорівнює куту профілю різця, тому вони виготовляються індивідуально для кожного колеса та шестерні з круговим зубом

Геометрія перехідних частин бокової поверхні кругових зубців для угнутої та вигнутої сторін відрізняється. Внаслідок цього, при інших рівних умовах, величина та характер розподілу напруг згину на перехідних галтелях угнутої та вигнутої сторін зуба будуть також різні. Тому для навантаження угнутої сторони зуба з диску 1 виготовляються накладки 2 діаметром  $d_H$  з зовнішньою конусною поверхнею з кутом  $\alpha_H$ , а товщина диску  $h$ , дорівнює ширині посадочної поверхні важеля навантажувача

Розміри диску для виготовлення накладок для випробування угнутої поверхні зубців ведомих коліс визначаються по наступних залежностях

$$d_H = d_0 + 2\Delta r_{\Sigma H} + 2h \cdot \operatorname{tg} \alpha_H,$$

де  $d_0$  - номінальний діаметр двосторонньої зу-

борізної різцевої головки {7,5", 9", 12", 18"}, мм,

$\Delta r_{\Sigma H}$  - сумарна поправка твірного радіуса односторонньої різцевої головки з зовнішніми різцями, яка враховує коректури налагодження верстата, тип твірного колеса, різницю кривизни радіусів двохсторонньої і односторонньої головок, а також поправку радіуса для одержання необхідної довжини контакту, мм,

$h$  - товщина диску, мм,

$\alpha_H$  - кут конусності бокової поверхні диску

$$\alpha_H = \alpha - \Delta\alpha,$$

де  $\alpha$  - кут профілю нормального початкового контуру,  $\Delta\alpha$  - поправка на кут профілю різця головки, який компенсує поправку випуклих сторін на кут профілю

$$\Delta\alpha = \frac{N}{6},$$

де  $N$  - номер різця зуборізної головки

В свою чергу, розміри накладок для випробування угнутої поверхні зубців ведучих коліс визначаються за вже відомими параметрами по наступних залежностях

$$d_H = d_0 + 2h \cdot \operatorname{tg}\alpha_H,$$

$$\alpha_H = \alpha - \Delta\alpha$$

При проведенні порівняльних випробувань вигнутої сторони кругового зуба з кільця 3 діаметром  $d$ , що має конусний отвір з кутом  $\alpha_H$  та меншим діаметром  $d_B$  виготовляються накладки 4. Товщина диску  $h$  також обирається відповідно ширини посадочної поверхні важеля навантажувача. Розміри кільця 3 визначаються по наступних залежностях

Зовнішній діаметр кільця для виготовлення накладок для випробування вигнутої поверхні зубців ведомих коліс

$$d = d_B + 2h \cdot \operatorname{tg}\alpha_B + S_n,$$

де  $d_B$  - внутрішній менший діаметр конусного отвору, мм,

$h$  - товщина кільця, мм,

$\alpha_B$  - кут конусності отвору в кільці,

$S_n$  - товщина зуба по розподільному діаметру в нормальному перерізі, мм

$$d_B = d_0 + 2\Delta r_{\Sigma B},$$

де  $d_0$  - номінальний діаметр двохсторонньої зуборізної різцевої головки {7,5", 9", 12", 18"}, мм,

$\Delta r_{\Sigma B}$  - сумарна поправка твірного радіуса односторонньої різцевої головки з внутрішніми різцями, яка враховує коректури налагодження верстата, тип твірного колеса, різницю кривизни радіусів двохсторонньої і односторонньої головок,

а також поправку радіуса для одержання необхідної довжини контакту, мм,

$$\alpha_B = \alpha - \Delta\alpha$$

де  $\alpha$  - кут профілю нормального початкового контуру,

$\Delta\alpha$  - поправка на кут профілю різця головки, який компенсує поправку випуклих сторін на кут профілю

$$\Delta\alpha = \frac{N}{6},$$

де  $N$  - номер різця зуборізної головки

В свою чергу, розміри накладок для випробування вигнутої поверхні зубців ведучих коліс визначаються по наступних залежностях за вже відомими параметрами

$$d = d_0 + 2h \cdot \operatorname{tg}\alpha_B + S_n,$$

$$d_B = d_0,$$

$$\alpha_B = \alpha - \Delta\alpha$$

Крім того, для локалізації на поверхні накладки реальної плями контакту її конусна поверхня додатково обробляється з одночасним повздовжнім та профільним відводом інструмента, що формує, таким чином, на поверхні накладки місцево вигнуту поверхню, для одержання необхідної форми та розмірів плями контакту, яка характерна для реального зачеплення

Також в накладці виконуються різьбові монтажні отвори, а робоча поверхня піддається хіміко-термічній обробці, що відповідає якості та властивостям робочих поверхонь зубців реальних зубчастих передач з круговим зубом

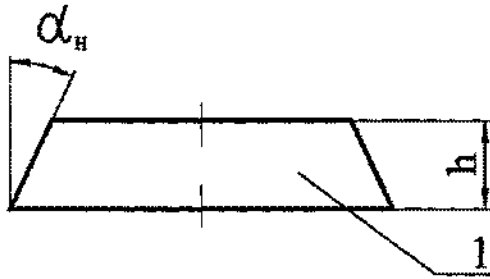
За характеристиками зубчастих коліс та шестерень з круговим зубом, які планується випробувати на стенді, по наведеним залежностям розраховуються розміри та характеристики заготовель диску та кільця. Після їх виготовлення дисковою фрезою у вигляді сегментів вирізаються саме накладки 2 та 4, відповідно з диску 1 та кільця 3

Реалізація даного стенду дозволить виконувати випробування на втомлену зламну міцність при згині кругових зубців кінчних ведучих та ведомих коліс, як з угнутого так і з вигнутого боків

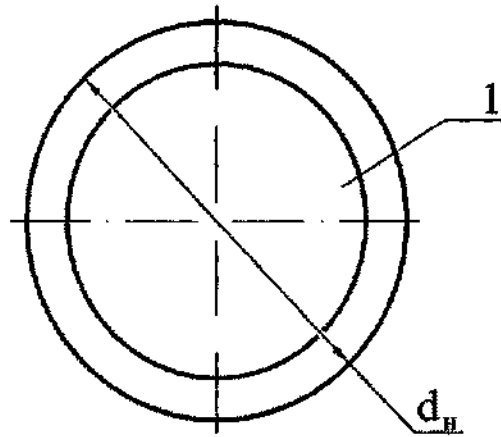
Література

1 Машини и стенды для испытания деталей / Под ред Д Н Решетова — М Машиностроение, 1979 — 343 с

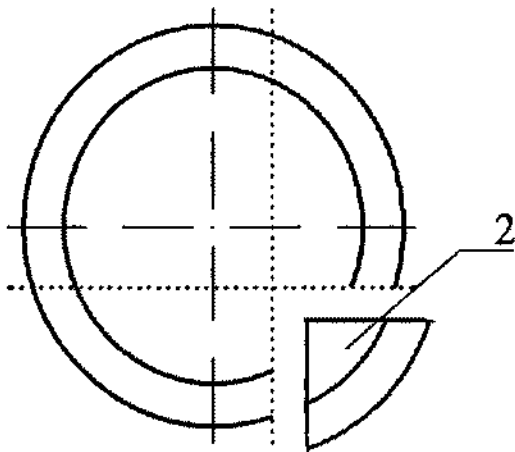
2 Рудницький В И, Трунов А Н Установка для испытания на выносливость при изгибе конических зубчатых колес Вестник машиностроения, 1966, № 9 — С 37



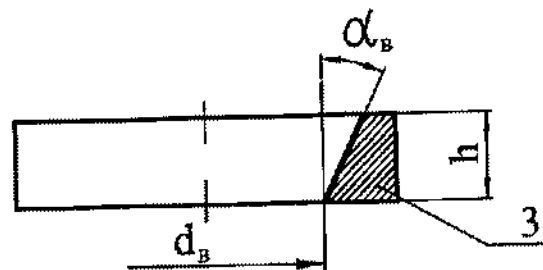
Фиг.1



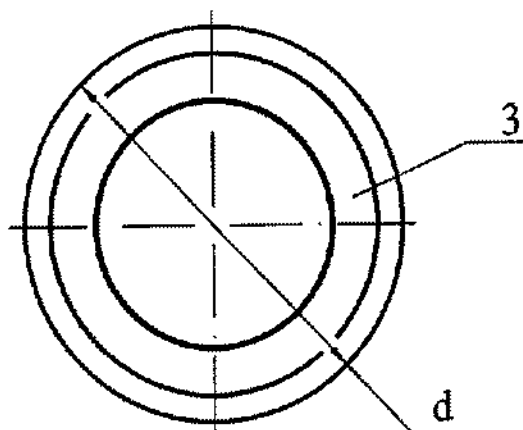
Фиг.2



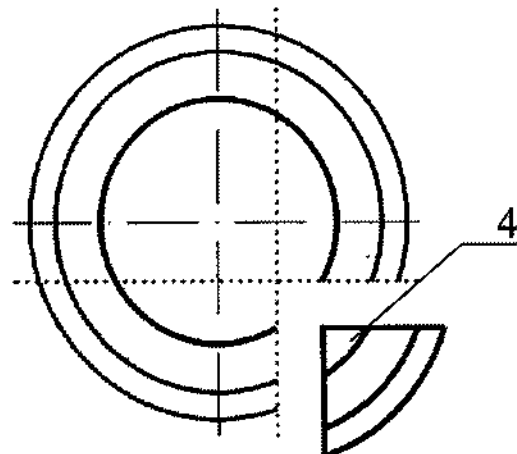
Фиг.3



Фиг.4



Фиг.5



Фиг.6