

ВПЛИВ ФОРМИ ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ ГАЧКА ГОЛКИ НА ЇЇ МІЦНІСТЬ

Запропоновано формули для обчислення радіуса кривизни волокна гачка голки в точці, де визначаються напруження, відстані від неї до нейтральної лінії та формула максимального нормального напруження в точці небезпечного перерізу гачка в місці його згину. За розрахункову схему гачка прийнято стержень великої кривизни. Проаналізовано вплив різних форм поперечного перерізу гачка на міцність голки.

Ключові слова: міцність, гачок голки, форма перерізу.

Formulas are offered for the calculation to radius of curvature fibre hook of needle in a point, where stresses are determined, distance from it to the neutral line and formula of maximal normal stress in the point of dangerous a cut hook in the place of his bending. For the calculation chart of hook the bar of large curvature is accepted. Influence of different forms of transversal a cut hook is analysed on strength of needle.

Keywords: strength, hook needles form section.

Вступ

Результати експлуатаційних спостережень в'язального обладнання з голками, які рухомі відносно гольниці (круглов'язальні та плоскі машини, панчішно-шкарпеткові та рукавичні автомати тощо) дозволяють зробити висновок, що домінуючим видом відмов голок є руйнування їх гачків [1, 2].

Фрактографічний аналіз поверхонь злому гачків свідчить про їх характер від утомленості з чітко вираженими зонами поступового руйнування та статичного злому з дрібно- та крупнозернистою структурами відповідно [3]. Місцем зародження руйнування здебільшого є місце згину гачка з внутрішньої його сторони, де концентрація напружень найвища. Згідно класифікації зломів від утомленості [4] за місцем зародження та напрямком розвитку тріщини приймаємо гіпотезу про дію в небезпечному перерізі гачка голки поздовжньої сили N та згинаючого моменту M .

Вищезгадане та динамічний аналіз взаємодії голки з клинами допускає прийняти за розрахункову схему гачка стержень великої кривизни, для якого $(R_0/d) \leq 5$, де R_0 , d – радіус кривизни вісі гачка та його діаметр (рис. 1).

Згідно [5] при розрахунках на статичну міцність повні нормальні напруження в точках перерізу кривого стержня визначаються за формулою:

$$\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M}{S} \cdot \frac{z}{\rho}, \quad (1)$$

де A , S – площа та статичний момент площі поперечного перерізу відносно нейтрального шару з радіусом r ; z – відстань від нейтральної лінії до точки A – місця зародження тріщини від утомленості; ρ – радіус кривизни волокна в точці A , де визначається напруження (рис. 1).

Проаналізуємо вплив форми небезпечного перерізу гачка голки на характеристики його міцності за деформацією згину, тобто розглядаючи другу складову нормального напруження в рівнянні (1). Порівнюємо наступні форми перерізів: A – круглий (традиційний); B – еліптичний; C – з симетричними боковими площеннями. Надалі в розрахункових формулах геометричні параметри перерізів різних форм позначаємо в дужках відповідними літерами. Форми B та C прийнято з міркувань збільшення величини статичного моменту S площі перерізу відносно нейтральної лінії. Також враховуємо вимоги до форми робочої поверхні гачка за технологіями утворення петель та виробництва голки.

Визначення напружень в точках поперечного круглого перерізу стержнів великої кривизни детально викладено в [5]. Для перерізів форм B та C відсутні відомості щодо визначення радіуса кривизни r нейтрального шару та зміщення z_0 нейтральної лінії від центру ваги перерізу (точки O'), які враховують при обчисленні відстані z від нейтральної лінії до точки A та радіусу кривизни ρ волокна в точці A .

Основний розділ

При визначенні $r_{(B)}$ для еліптичного перерізу B з довжинами осей l та a , розбиваємо площу еліпса на елементарні площі dA лініями, які паралельні нейтральній лінії (на рис. 1 – НЛ). Обчислюємо величину $r_{(B)}$ за формулою [5]:

$$r_{(B)} = \frac{A}{\int_A \frac{dA}{\rho}}, \quad (2)$$

де $A = \pi \frac{al}{4}$ – площа еліпсу [6].

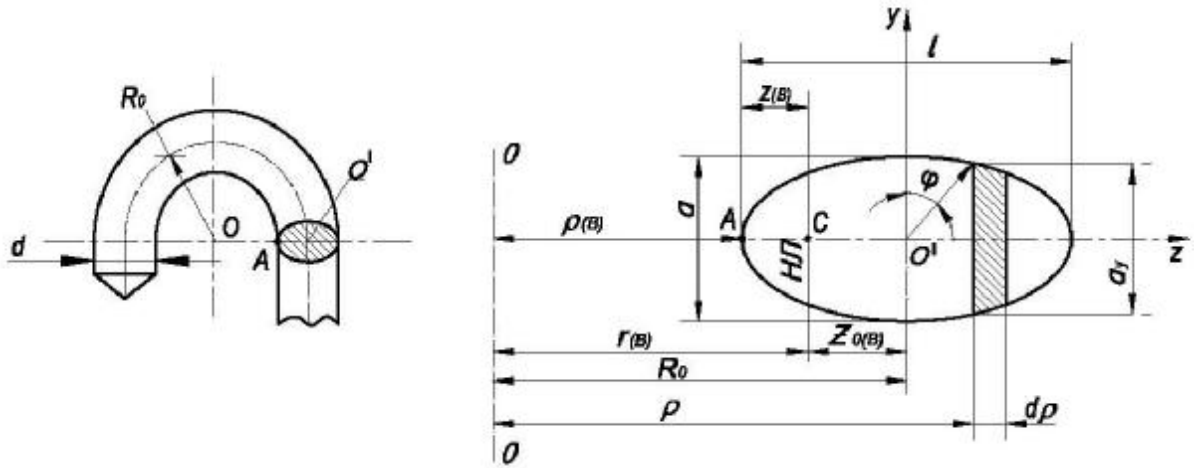


Рис. 1

Залежно від центрального кута ϕ (рис. 1) $\rho = R_0 + z = R_0 + \frac{l}{2} \sin \phi$, де $z = \frac{l}{2} \sin \phi$ – з рівняння еліпсу [6]; $d\rho = \frac{l}{2} \cos \phi d\phi$; $a_y = 2y = 2 \cdot \frac{a}{2} \cos \phi = a \cos \phi$; $dA = a_y d\rho = \frac{al}{2} \cos^2 \phi d\phi$, де $y = \frac{a}{2} \cos \phi$. Після підстановки dA і ρ в (2) та інтегрування маємо:

$$\int_A \frac{dA}{\rho} = \pi \frac{a}{l} \left(2R_0 - \sqrt{4R_0^2 - l^2} \right) \text{ та } r_{(B)} = \frac{l^2}{4 \left(2R_0 - \sqrt{4R_0^2 - l^2} \right)}. \quad (3)$$

Відповідно до рис. 1 маємо:

$$z_{o(B)} = R_0 - r_{(B)}; S_{(B)} = A \cdot z_{o(B)}; z_{(B)} = \frac{l}{2} - z_{o(B)}; \rho_{(B)} = R_0 - \frac{l}{2}. \quad (4)$$

У випадку поперечного перерізу з симетричними боковими площеннями (рис. 2) визначення інтегралу (2) спрощується представленням перерізу прямокутником $I(abKM)$ та двома сегментами $\text{II}(aMA)$ та $\text{III}(bBK)$, з подальшим інтегруванням кожної складової та додаванням результатів цих інтегрувань:

$$\int_A \frac{dA}{\rho} = \int_A \frac{dA_I}{\rho_I} + \int_{A_{II}} \frac{dA_{II}}{\rho_{II}} + \int_{A_{III}} \frac{dA_{III}}{\rho_{III}}. \quad (5)$$

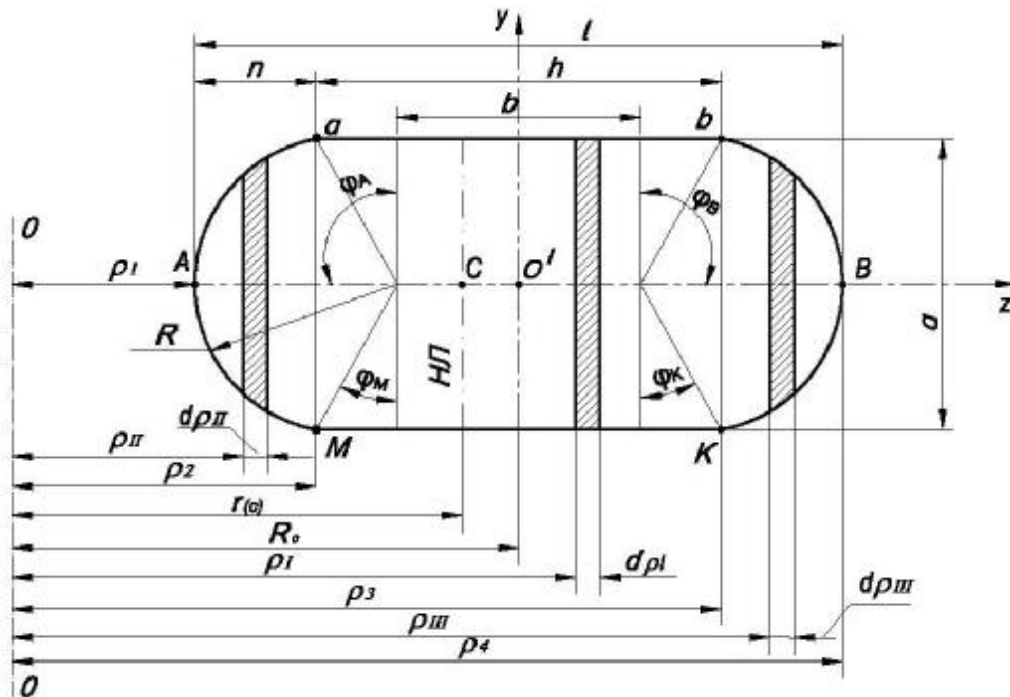


Рис. 2. Поперечний переріз з симетричними боковими площеннями

Для прямокутника I (рис. 2) маємо $dA_I = ad\rho_I$; $\rho_2 = R_o - b - \sqrt{R_o^2 - \frac{a^2}{4}}$; $\rho_3 = R_o + b + \sqrt{R_o^2 - \frac{a^2}{4}}$;

$$\int_{A_I} \frac{dA_I}{\rho_I} = \int_{A_I} \frac{ad\rho_I}{\rho_I} = a \int_{\rho_2}^{\rho_3} \frac{d\rho_I}{\rho_I} = a \ln \rho_I \Big|_{\rho_2}^{\rho_3} = a \ln \frac{\rho_3}{\rho_2} = a \ln k_1,$$

де

$$k_1 = \frac{R_o + b + \sqrt{R_o^2 - \frac{a^2}{4}}}{R_o - b - \sqrt{R_o^2 - \frac{a^2}{4}}}.$$

Для сегменту II (рис. 2)

$$\rho_{II} = R_o - b - R \sin \phi,$$

де $\phi = \phi_M = \arcsin \sqrt{1 - \frac{a^2}{4R^2}}$;

$$\rho_1 = \rho_{(\phi=\phi_A)} = R_o - b - R \sin \frac{\pi}{2} = R_o - b - R,$$

де $\phi_A = \frac{\pi}{2}$;

$$\rho_2 = \rho_{(\phi=\phi_M)} = R_o - b - R \sin \left(\arcsin \sqrt{1 - \frac{a^2}{4R^2}} \right) = R_o - b - R \sqrt{1 - \frac{a^2}{4R^2}};$$

$$d\rho_{II} = -R \cos \phi d\phi; \quad a = 2R \cos \phi; \quad dA_{II} = ad\rho_{II} = -2R^2 \cos^2 \phi d\phi.$$

Після підстановки та інтегрування маємо:

$$\begin{aligned} \int_{A_{II}} \frac{dA_{II}}{\rho_{II}} &= - \int_{\frac{\pi}{2}}^{\phi_M} \frac{2R^2 \cos^2 \phi d\phi}{R_o - b - R \sin \phi} = 2R^2 \int_{\phi_M}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^2 \phi d\phi}{R_o - b - R \sin \phi} = \\ &= 4R^2 \left\{ -\frac{k_2}{R^2} \left[\operatorname{arctg} k_3 - \operatorname{arctg} \frac{(R_o - b) \operatorname{tg} \frac{\phi}{2} - R}{k_2} \right] + \frac{R_o - b}{R^2} \left(\frac{\pi - \phi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) - \frac{1}{R} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \frac{\phi}{2} + 1} \right) \right\}, \end{aligned}$$

де $k_2 = \sqrt{(R_o - b)^2 - R^2}$ та $k_3 = \frac{R_o - b - R}{\sqrt{(R_o - b)^2 - R^2}} = \frac{\rho_1}{k_2} = \frac{\sqrt{R_o - b - R}}{\sqrt{R_o - b + R}}$.

Аналогічно для сегменту III (рис. 2) $\rho_{III} = R_o + b + R \sin \phi$, де $\phi = \phi_k = \arcsin \sqrt{1 - \frac{a^2}{4R^2}}$;

$$\rho_3 = \rho_{(\phi=\phi_k)} = R_o + b + R \sin \left(\arcsin \sqrt{1 - \frac{a^2}{4R^2}} \right); \quad \rho_4 = \rho_{(\phi=\phi_B)} = R_o + b + R, \quad \text{де } \phi_B = \frac{\pi}{2};$$

$$d\rho_{III} = R \cos \phi d\phi; \quad a = 2R \cos \phi; \quad dA_{III} = ad\rho_{III} = 2R^2 \cos^2 \phi d\phi.$$

$$\begin{aligned} \int_{A_{III}} \frac{dA_{III}}{\rho_{III}} &= \int_{\phi_k}^{\frac{\pi}{2}} \frac{2R^2 \cos^2 \phi d\phi}{R_o + b + R \sin \phi} = 2R^2 \int_{\phi_k}^{\frac{\pi}{2}} \frac{\cos^2 \phi d\phi}{R_o + b + R \sin \phi} = \\ &= 4R^2 \left\{ -\frac{k_4}{R^2} \left[\operatorname{arctg} k_5 - \operatorname{arctg} \frac{(R_o + b) \operatorname{tg} \frac{\phi}{2} + R}{k_4} \right] + \frac{R_o + b}{R^2} \left(\frac{\pi - \phi}{2} - \frac{\phi}{2} \right) + \frac{1}{R} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \frac{\phi}{2} + 1} \right) \right\}, \end{aligned}$$

де $k_4 = \sqrt{(R_o + b)^2 - R^2}$ та $k_5 = \frac{\rho_4}{k_4} = \frac{R_o + b + R}{\sqrt{(R_o + b)^2 - R^2}} = \frac{\sqrt{R_o + b + R}}{\sqrt{R_o + b - R}}$.

Враховуючи (5) та визначені складові інтеграли, отримаємо:

$$\int_A \frac{dA}{\rho} = a \ln k_1 + 8R_o \left(\frac{\pi - \phi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) + 4k_2 \left[\operatorname{arctg} \frac{(R_o - b) \operatorname{tg} \frac{\phi}{2} - R}{k_2} - \operatorname{arctg} k_3 \right] + \quad (6)$$

$$+4k_4 \left[\operatorname{arctg} \frac{(R_o + b) \operatorname{tg} \frac{\phi}{2} + R}{k_4} - \operatorname{arctg} k_5 \right]$$

Відповідно маємо:

$$z_{(C)} = \frac{l}{2} - z_{o(C)}; \quad \rho_{(C)} = R_o - \frac{l}{2}. \quad (7)$$

Площу перерізу форми С визначаємо за формулою:

$$A_{(C)} = A_I + A_{II} + A_{III} = A_I + 2A_{II}, \quad (8)$$

де $A_I = ha = (l - 2n)a = \left[l - 2 \left(R - \frac{a}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right) \right] a$ – площа прямокутника I (рис. 2); $\alpha = 2 \arcsin \frac{a}{2R}$;

$A_{II} = A_{III} = R^2 \left(\frac{\pi\alpha}{180^\circ} - \sin \alpha \right) \frac{1}{2}$ – площа сегментів II та III [6].

Використовуючи умову (8), маємо:

$$A_{(C)} = \left(l - 2R + \operatorname{arctg} \frac{\alpha}{2} \right) a + R^2 \left(\frac{\pi\alpha}{180^\circ} - \sin \alpha \right). \quad (9)$$

Для порівняльного аналізу впливу форми поперечного перерізу гачка голки на максимальне нормальне напруження в точці А приймаємо:

а) згинаючий момент, що діє на гачки голки з різними формами поперечного перерізу, утворений однакою за величиною силою P ;

б) голки виготовлено з однакового матеріалу за аналогічною технологією;

в) площі поперечних перерізів для всіх форм однакові, тобто

$$A_{(A)} = A_{(B)} = A_{(C)} = A.$$

За об'єкт дослідження приймаємо язичкові голки позицій 0-1305, 0-1306 та 0-1308, які застосовують на серійних панчішно-шкарпеткових автоматах середнього класу. Гачок голки має наступні параметри: переріз – круглий з діаметром $d = 0,46$ мм; радіус кривизни вісі гачка $R_o = 0,77$ мм.

Застосовуючи формули, які наведено в [5], для круглого поперечного перерізу A маємо:

$$r_{(A)} = \frac{d^2}{4(2R_o - \sqrt{4R_o^2 - d^2})} = 0,752 \text{ мм}; \quad z_{o(A)} = R_o - r_{(A)} = 0,77 - 0,752 = 0,018 \text{ мм}; \quad A = \frac{\pi d^2}{4} = 0,166 \text{ мм}^2;$$

$$S_{(A)} = F z_{o(A)} = 2,988 \times 10^{-3} \text{ мм}^3; \quad z_{(A)} = R - z_{o(A)} = 0,218 \text{ мм}; \quad \rho_{(A)} = R_o - R = 0,54 \text{ мм}.$$

Тоді нормальне напруження від згинаючого моменту M в точці A при дії сили P

$$\sigma_{(A)} = P \frac{R_o z_{(A)}}{S_{(A)} \rho_{(A)}} = 104,0 (P / \text{мм}^2).$$

Для гачка з еліптичним перерізом B з умови рівності площ $\left(\frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi a l}{4} \right)$, знаходимо геометричні

параметри перерізу. Приймавши $a = 0,7 \cdot d = 0,322$ мм, маємо $d^2 = 0,7 \cdot dl$ або $l = \frac{d}{0,7} = 0,657$ мм.

Застосовуючи формулу (3) та відповідні співвідношення (4), отримаємо: $r_{(B)} = 0,733$ мм;

$z_{o(B)} = 0,037$ мм; $S_{(B)} = 6,142 \times 10^{-3} \text{ мм}^3$; $z_{(B)} = 0,293$ мм; $\rho_{(B)} = 0,442$ мм. Після підстановки маємо

$$\sigma_{(B)} = P \frac{R_o z_{(B)}}{S_{(B)} \rho_{(B)}} = 82,81 (P / \text{мм}^2).$$

Визначаємо геометричні параметри перерізу C з симетричними боковими плющеннями при вихідному круглому перерізі з діаметром $d = 0,46$ мм, прийнятому раніше для еліптичного перерізу $a = 0,322$ мм та $R = 0,5d = 0,23$ мм.

З (9) маємо

$$l = \frac{1}{a} \left[\frac{\pi d^2}{4} - R^2 \left(\frac{\pi a}{180^\circ} - \sin a \right) \right] + 2R - \operatorname{arctg} \frac{a}{2} = 0,557 \text{ мм},$$

де $a = 2 \arcsin \frac{a}{2R} = 88,85^\circ$; $\int_A \frac{dA}{r} = 0,213$ мм; $r_{(C)} = \frac{A_{III}}{\int_{A_{III}} \frac{dA_{III}}{r_{III}}} = 0,779$ мм;

$$z_{o(C)} = R_o - r_{(C)} = 0,77 - 0,779 = -0,009 \text{ мм}; S_{(C)} = Fz_{o(C)} = 1,494 \times 10^{-3} \text{ мм}^3; z_{(C)} = \frac{l}{2} - z_{o(C)} = 0,288 \text{ мм};$$

$$\rho_{(C)} = R_o - \frac{l}{2} = 0,492 \text{ мм. Після підстановки маємо } \sigma_{(C)} = P \frac{R_o z_{(C)}}{S_{(C)} \rho_{(C)}} = 30,17 \text{ (P / мм}^2 \text{)}.$$

Висновки

1. Результати розрахунків міцності гачків голок в'язальних машин дозволяють стверджувати, що при однаковому навантаженні максимальне значення нормального напруження в точці А небезпечного перерізу при згині в 1,26 та 3,45 рази зменшується в перерізах з еліптичною формою В та формою С, яка утворюється боковими площеннями відповідно в порівнянні з традиційним круглим перерізом.

2. За наведеними формулами обчислюються характеристики перерізів голки при розрахунках на статичну міцність. Відомі закономірності зв'язку між ними та параметрами кривих втомленості дозволяють визначати параметри від утомленості без проведення додаткових довготривалих випробувань.

Література

1. Березин Л.Н. Исследование надежности элементов вязального механизма одноцилиндровых чулочных автоматов по данным эксплуатационных наблюдений / Л.Н. Березин, В.П. Волощенко // Изв. вузов технол. легкой промышленности. – 1985. – № 5. – С. 125–130.
2. Исследование надежности плосковязальных машин по результатам наблюдений при эксплуатации / Грайзи Н.Н., Волощенко В.П., Березин Л.Н. – К. : ДАЛПУ, 1995. – 14 с.
3. Гайдамака В.К. Причины и характер разрушения игл вязальных машин / В.К. Гайдамака, А.Я. Красовский, И.В. Крамаренко // Проблемы прочности. – 1983. – № 3. – С. 68–75.
4. Седуш В.Я. Надежность, ремонт и монтаж металлургических машин / Седуш В.Я. – К. – Донецк : Вища школа, 1981. – 264 с.
5. Беляев Н.М. Сопротивление материалов / Беляев Н.М. – М. : Наука, 1976. – 608 с.
6. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. – М. : Наука, 1986. – 544 с.

Надійшла 7.11.2012 р.

Рецензент: д.т.н. Місяц В.П.

УДК 536.246

В.Б. ВІХРУЦЬ, В.В. ГОРІН
ВП "Головдерженергонагляд", м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВІДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Наведено спрощений розрахунок для визначення економії теплової енергії за рахунок зменшення невиробничих втрат тепла в теплових мережах у результаті усунення порушень, виявлених в процесі здійснення заходів державного енергетичного нагляду.

Ключові слова: тепла енергія, втрати тепла, тепла ізоляція.

A simplified calculation to determine the cost of thermal energy by reducing heat loss in non-heat networks as a result of elimination of violations identified in the implementation measures of state power supervision.

Keywords: heat, heat loss and thermal insulation.

Вступ

Втрати теплової енергії у неізольованих трубопроводах, а також у трубопроводах із пошкодженою або недбало виконаною ізоляцією досягають значних величин. Тому виявлення таких «вузьких» місць у теплових мережах та своєчасна їх ліквідація, дозволяє заощаджувати значні кошти.

Інспекцією Держенергонагляду, при здійсненні заходів державного енергетичного нагляду, приділяється особлива увага питанням контролю стану ізоляції трубопроводів теплових мереж (температура на поверхні якої не повинна перевищувати 43⁰С).

Постановка завдання

Визначення теплових втрат, зокрема втрат через відсутність, пошкодження та недбало виконаної теплової ізоляції, займає одне з провідних місць у питаннях енергозбереження. Тому метою статті є висвітлення цієї проблеми на підставі досвіду інспекції Держенергонагляду, а також показати приклад розрахунку визначення втрат теплової енергії при транспортуванні теплоносія у трубопроводах на яких відсутня, або порушена, тепла ізоляція.

Результати роботи

1. Розрахунок визначення втрат тепла неізольованою трубою.

Визначення втрат тепла внаслідок відсутності або пошкодження ізоляції для неізольованих