

Л.Ф. Дзюба*, доц., к. т. н.;

О.В.Меньшикова*, доц., к. ф.-м. н.;

І.Т.Ребезнюк, доц., д. т. н

* *Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
вул. Клепарівська 35, м. Львів, Україна, 79007*

*Національний лісотехнічний університет України,
вул. Генерала Чупринки 103, м. Львів, Україна, 79057*

УДК 674.053:621.935

ОЦІНКА ВТОМНОЇ МІЦНОСТІ СТРІЧКОВИХ ПИЛОК РІЗНИХ МАРОК

Визначено коефіцієнти запасу втомної міцності стрічкових пилок різних марок за розрахованими коефіцієнтами асиметрії циклу зміни напружень

Ключові слова: стрічкова пила, границя міцності, границя витривалості, коефіцієнт запасу міцності

У механізмі різання стрічкопилкового верстата стрічкова пила як дереворізальний інструмент одночасно виконує функцію гнучкої тягової ланки. Сили, які діють на полотно пилки, спричиняють появу в ньому циклічно змінних напружень. Унаслідок циклічного змінювання напружень у полотні пилки з'являються та нагромаджуються явища втоми. Втомні тріщини в полотні пилки істотно знижують її довговічність та можуть призвести до руйнування полотна.

Втомну міцність стрічкових пилок в [1] оцінюють за коефіцієнтом запасу міцності

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot k + \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{мц}} \sigma_m}, \quad (1)$$

де σ_{-1} – границя витривалості пилки за симетричного циклу, σ_a , σ_m – амплітудне та середнє напруження циклу, $\sigma_{мц}$ – границя міцності матеріалу стрічкової пилки, k – коефіцієнт концентрації напружень під час розтягування та згинання пилки на шківках. Найбільше значення цього коефіцієнта за [1] дорівнює 1,7.

У роботі [2] для визначення коефіцієнта запасу міцності у разі змінного навантаження використовують залежність

$$n = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{k_\sigma}{\beta} \cdot \sigma_a + \psi \cdot \sigma_m}, \quad (2)$$

де k_σ – еквівалентний коефіцієнт концентрації напружень за сумісного згинання та розтягування;

$\psi = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{мц}}$ – коефіцієнт впливу виду циклу навантаження, β – коефіцієнт, який враховує вплив якості

оброблення поверхні западин між зубцями. Значення β перебуває в межах 0,6...0,9. За [2], зовнішні шари матеріалу стрічкової пилки більше навантажені, ніж внутрішні, тому втомну міцність пилки варто оцінювати за напруженнями в цих шарах.

Для обчислення коефіцієнта запасу міцності за формулами (1) чи (2) потрібно знати границю витривалості стрічкової пилки σ_{-1} . Згідно з [1], границя витривалості стрічкової пилки за симетричного циклу змінювання напружень згину дорівнює

$$\sigma_{-1} = (0,4..0,5)\sigma_T,$$

де σ_T - границя текучості.

Однак на експериментальних діаграмах розтягу стрічкових пилок марок Forteh, Томасо Екон, Wood-Mizer, Ro-Ma Gold, Fenes Shtorm, Fenes Bora відсутня площинка текучості [3]. Тому так розрахувати границю витривалості границю неможливо.

Для сталі 9ХФ, з якої вимовляють деякі стрічкові пилки, у [2] зазначено числове значення границі витривалості $\sigma_{-1} = 430$ МПа і водночас уточнено, що величина границі витривалості залежить від кількості циклів навантаження. Тому незрозуміло, якій кількості циклів відповідає зазначене значення. Також у [2] запропоновано формулу для обчислювання обмеженої границі витривалості

$$\sigma_{-1N} = 1665 - 204 \lg \frac{120000tv}{L_n},$$

де t - час роботи пилки між переагостреннями, хв, v - швидкість головного руху різання, м/с, L_n - довжина пилки, мм. Однак числові коефіцієнти в (4), означають, що ці залежності справедливі лише для певного матеріалу. За [2] можна зробити висновок про те, що цим матеріалом є сталь 9ХФ.

Стрічкові пилки виготовлені з високоміцних інструментальних сталей, для яких $\sigma_{mц} \geq 1200$ МПа. Такі сталі за [4] переважно не мають фізичної границі витривалості.

Коефіцієнти запасу втомної міцності для пилок марок Forteh, Tomaco Ekon, Wood-Mizer, Ro-Ma Gold, Fenes Shtorm, Fenes Bora, які використовують на сучасних стрічкопилкових верстатах з діаметрами пилових шківів $D = 510$ мм та $D = 610$ мм, розраховані за формулами (1) та (2) набувають значень, які набагато менші, ніж допустиме значення $[n] = 2$ за [1, 2]. Однак пилки зазначених марок широко використовують у виробництві. Тому потрібно дослідити характеристик міцності сучасних пилок для порівняння їхньої експлуатаційної придатності.

Експериментальні випробування на втому для пилок, які працюють в умовах практично сталого розтягу з циклічним згином, тривалий та дорогий процес. Тому досліджено міцність таких пилок під час їх розтягування та встановлено значення границь міцності $\sigma_{mц}$ [3].

Використовуючи експериментально визначені $\sigma_{mц}$, можна розрахувати границі витривалості σ_{-1} за симетричного циклу навантаження згином. Границі витривалості для стрічкових пилок зазначених марок, які виготовлені з високоміцних інструментальних сталей ($1200 \text{ МПа} < \sigma_{mц} < 1800 \text{ МПа}$, табл. 1), розраховано згідно з [5] за формулою

$$\sigma_{-1} = \frac{1}{6} \sigma_{mц} + 400.$$

Таблиця 1

Механічні характеристики стрічкових пилок

Марка стрічкової пилки	Ширина полотна пилки, B_1 , мм	Границя міцності $\sigma_{mц}$, МПа	Границя витривалості σ_{-1} , МПа	Рівняння лінії граничних амплітуд
Forteh	44	1439	640	$\sigma_a = -0,0003\sigma_m^2 + 640$
Tomaco Ekon	44,1	1352	625	$\sigma_a = -0,00035\sigma_m^2 + 625$
Wood-Mizer	29	1470	645	$\sigma_a = -0,000285\sigma_m^2 + 645$
Ro-Ma Gold	43,2	1260	610	$\sigma_a = -0,00041\sigma_m^2 + 610$
Fenes Shtorm	29,2	1896	716	$\sigma_a = -0,00016\sigma_m^2 + 716$
Fenes Bora	33,8	1474	646	$\sigma_a = -0,00028\sigma_m^2 + 646$

За відомими значеннями $\sigma_{mц}$ та σ_{-1} можна побудувати діаграми граничних амплітуд напружень. Лінії граничних амплітуд на діаграмах описують залежність [4]

$$\sigma_a = \sigma_{-1} \left[1 - \left(\frac{\sigma_m}{\sigma_{mц}} \right)^2 \right], \quad (3)$$

де σ_a та σ_m - амплітудне та середнє напруження циклу. Рівняння ліній граничних амплітуд для пилок

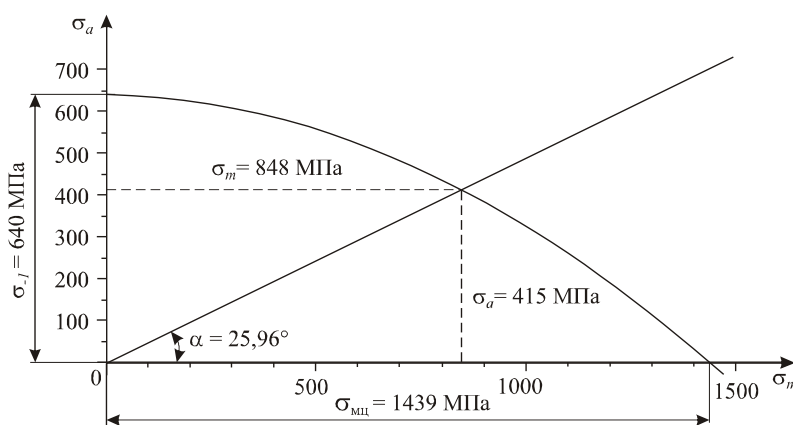


Рис. 1. Діаграма граничних амплітуд для пилки марки Forteh

усіх досліджених марок наведено в табл. 1.

На рис. 1 зображено, як приклад, діаграму граничних амплітуд напружень для пилки марки Forteh. Якщо з початку координат діаграми під кутом $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{1-R_\sigma}{1+R_\sigma}$, де R_σ - коефіцієнт асиметрії циклу, провести промінь (рис. 1), то він перетне лінію граничних амплітуд у точці з координатами σ_a і σ_m .

Визначені за діаграмою напруження будуть амплітудою σ_a та середнім напруженням σ_m циклу з коефіцієнтом асиметрії R_σ . Тоді границю витривалості за заданого коефіцієнта асиметрії циклу визначають за залежністю

$$\sigma_R = \sigma_a + \sigma_m.$$

Коефіцієнт запасу міцності за нормальними напруженнями

$$n_\sigma = \frac{\sigma_R}{\sigma_{\max}},$$

де σ_{\max} - найбільше напруження в циклі навантаження полотна стрічкової пилки, яке визначають з епоури нормальних напружень полотна пилки.

Значення коефіцієнтів асиметрії циклів R_σ , границь витривалості σ_R , коефіцієнтів запасу міцності n_σ для стрічкових пилок шести марок (табл. 2) визначено для двох виконань механізмів різання. Перше виконання, коли діаметр пилок шківів $D = 0,510$ м та відстанях між центрами шківів $l = 1,57$ м і друге – коли $D = 0,610$ м та $l = 1,67$ м. Усі інші числові дані, використані для розрахування мінімального та максимального напружень в циклі навантаження такі: товщина полотна пилки $S = 1 \cdot 10^{-3}$ м, густина сталі $\rho = 7,85 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, модуль Юнга сталі $E = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па, кут нахилу шківів $\alpha_{\max} = 0,2^\circ$, швидкість руху пилки $v = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, колова сила $F_t = 459$ Н, напруження від початкового натягу полотна пилки $\sigma_0 = 180$ МПа.

Для порівняння в табл. 2 також наведено значення коефіцієнтів запасу міцності n , визначені за формулою (1). Величини цих коефіцієнтів є набагато меншими, ніж допустиме їхнє значення за [1].

Таблиця 2

Коефіцієнти запасу міцності стрічкових пилок

Марка стрічкової пилки	Діаметр пилового шківів $D = 0,510$ м				Діаметр пилового шківів $D = 0,610$ м			
	R_σ	σ_R , МПа	n_σ	n за (1)	R_σ	σ_R , МПа	n_σ	n за (1)
Forteh	0,345	1263	1,96	1,31	0,387	1287	2,23	1,5
Tomaco Ekon	0,345	1219	1,89	1,26	0,387	1244	2,16	1,44
Wood-Mizer	0,342	1275	1,96	1,31	0,383	1305	2,24	1,51
Ro-Ma Gold	0,345	1167	1,81	1,21	0,386	1189	2,06	1,39
Fenes Shtorm	0,342	1476	2,27	1,54	0,383	1509	2,59	1,77
Fenes Bora	0,344	1279	1,97	1,32	0,384	1297	2,23	1,52

Висновки.

1. Розраховано коефіцієнти запасу втомної міцності стрічкових пилок за границею витривалості σ_R , яка відповідає заданому коефіцієнту асиметрії циклу напружень.

2. Визначено коефіцієнти запасу міцності стрічкових пилок марок Forteh, Tomaco Ekon, Wood-Mizer, Ro-Ma Gold, Fenes Shtorm, Fenes Bora. Якщо зазначені пилки експлуатувати на шківів з діаметром $D = 0,510$ м, тоді $n_\sigma > 1,5$, коли $D = 0,610$ м - $n_\sigma > 2$.

Бібліографічний список

1. Феоктистов А. Е. Ленточнопильные станки: [монографія] / Александр Ефимович Феоктистов. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 152 с.
2. Прокофьев Г. Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточными пилами / Прокофьев Г. Ф. – М.: Лесн. пром-сть, 1990. – 240 с.
3. Дзюба Л. Ф. Експериментальне дослідження механічних властивостей вузьких стрічкових пилок / Л. Ф. Дзюба, І. Т. Ребезнюк, А. Б. Пилип'як // Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення та експлуатації машинобудівних конструкцій: 2-а Міжнародна науково-технічна конференція. – ЗНЦ НАН України. – Львів. – 2010. – С. 108-110.
4. Механика разрушения и прочность материалов: Справ. Пособие: 4 т., под общей ред. Панасюка В.В. – Киев: Наук. Думка, 1988-1990. Т.4: Усталость и циклическая трещиностойкость конструкционных материалов, Романив О.Н., Ярема С.Я., Никифорчин Г.Н. и др. – 1990. – 680 с.
5. Гурняк Л. І. Опір матеріалів: Посібник для вивчення курсу при кредитно-модульній системі навчання / Гурняк Л. І., Гуцуляк Ю. В., Юзьків Т. Б. – Львів: “Новий світ -2000”, 2005. – 364 с.

Dzjuba L.F. , Menshikova O.V., Rebeznjuk I.T.

The Estimation of the Fatigue Resistance of Band Saws from different brands.

Keywords: Sawband, Durability Limit, Weariness Limit, Coefficient of Resilience.

Л.Ф. Дзюба, О.В. Меньшикова, И.Т. Ребезнюк

Оценка усталостной прочности ленточных пил различных марок

Определены коэффициенты запаса усталостной прочности ленточных пил различных марок при расчетных коэффициентах асимметрии цикла изменения напряжений

Ключевые слова: ленточная пила, граница прочности, граница усталости, коэффициент запаса прочности.