

**З.С. Сірко<sup>1</sup>, Г.В. Сушкова<sup>1</sup>, М.М. Толстушко<sup>2</sup>, Н.О. Толстушко<sup>2</sup>, Ю.Р. Бродович<sup>3</sup>**  
*Український державний науково-дослідний інститут "Ресурс"<sup>1</sup>*  
*Луцький національний технічний університет<sup>2</sup>*  
*Мукачівський державний університет<sup>3</sup>*

### **ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК ЖОРСТКОСТІ ЗУБА ТА ПОДАЧІ НА ЗУБ РАМНОЇ ПИЛИ**

*Точність та якість пиломатеріалів вимагає застосування сучасного устаткування з дереворізальним інструментом необхідної жорсткості. На жорсткість зуба пили та пили в цілому впливають сили різання, особливо бокова сила різання, яка старається відігнути зуб і цим самим знизити точність та якість оброблення. В свою чергу сили різання залежать від подачі на зуб і чим більша подача на зуб тим більші сили різання. Тому дуже важливо встановити взаємозв'язок жорсткості зуба та подачі на зуб пили, щоб забезпечити високу продуктивність процесу пиляння та належну точність і якість оброблених поверхонь.*

*Ключові слова:* рамна пила, жорсткість, подача на зуб, сили різання, взаємозв'язок.

**Z. Sirko, H. Sushkova, M. Tolstushko, N. Tolstushko, Y. Brodovych**

### **INTERRELATION BETWEEN TOOTH STIFFNESS AND FEED RATE OF A FRAME SAW TOOTH**

*The accuracy and quality of lumber requires the use of modern equipment with wood-cutting tools of the required rigidity. The stability of the tool in the cut depends on the stiffness of the saw blade, which directly affects the quality of the machined surfaces. That's why wood cutting tools are made of special tool steels, in which alloying elements affect the physical and mechanical properties of the steels, in particular their stiffness. The stiffness of the saw tooth and the saw as a whole is influenced by the cutting forces, especially the lateral cutting force, which tends to bend the tooth and thus reduce the accuracy and quality of the cut. In turn, the cutting forces depend on the feed to the tooth, and the higher the feed to the tooth, the higher the cutting forces. Therefore, it is very important to establish the relationship between tooth stiffness and tooth feed to ensure high productivity of the sawing process and proper accuracy and quality of the machined surfaces.*

*Keywords:* frame saw, stiffness, tooth feed, cutting forces, interrelation.

**Постановка проблеми.** Під час виробництва пилопродукції на сучасному устаткуванні висувають високі вимоги до точності та якості оброблення поверхонь. Для досягнення зазначених умов необхідно забезпечити виробництво якісним та зносостійким різальним інструментом [1]. З метою підвищення зносостійкості інструменту та його жорсткості використовують різні тверді сплави: литі тверді сплави, вольфрамокобальтові металокерамічні тверді сплави, надтверді матеріали [2]. Із литих твердих сплавів найбільше використовують стеліт, яким оснащують зуби різального інструменту. Сплави вольфрамокобальтові металокерамічні складаються із карбідів вольфраму та кобальту. У деревообробляльному виробництві використовують вольфрамокобальтові сплави марок ВК6, ВК8 та ВК15. Для механічного оброблення деревини твердих листових порід рекомендують застосовувати твердий сплав марки ВК15. Для оброблення деревинних матеріалів доцільно використовувати тверді сплави марок ВК6 та ВК8. До надтвердих матеріалів відносять синтетичні алмази та кубічний нітрид бору. Однією із позитивних якостей зазначених твердих сплавів є висока жорсткість зубів інструменту, що забезпечує високу стабільність його роботи в пропилі та високу точність і якість оброблених поверхонь [3]. Дещо нижчу але у деяких випадках достатню жорсткість зубів забезпечують інструментальні сталі, із яких безпосередньо виготовляють інструмент (рамні пили, пласкі сталеві пили і т.і.) [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Від жорсткості зубів інструменту безпосередньо залежить його зносостійкість. Дуже важливою умовою для продуктивної роботи інструменту є взаємозв'язок жорсткості зуба та подачі на зуб пили. За такою проблематикою працювали багато дослідників, але ряд важливих питань залишились поза увагою [1-4].

**Постановка завдань.** Мета дослідження – встановити взаємозв'язок жорсткості зубів з подачею на зуб рамної пили.

**Викладення основного матеріалу.** Для досліджень використовували рамні пили довжиною 1600 мм, товщиною 2,2 мм, які виготовлені із інструментальної сталі 7ХНМФБ. Сили, що діють на зуб пили, поперечну деформацію зуба визначали аналітичним шляхом. Жорсткість зуба рамної пили характеризується відношенням бокової сили  $P_b$ , що діє на зуб, до його поперечної деформації  $f$ , яка безпосередньо відображається на якості оброблення поверхонь та точності розпилювання.

Для розрахунків вибрана спрощена схема, яка показана на рис. 1.

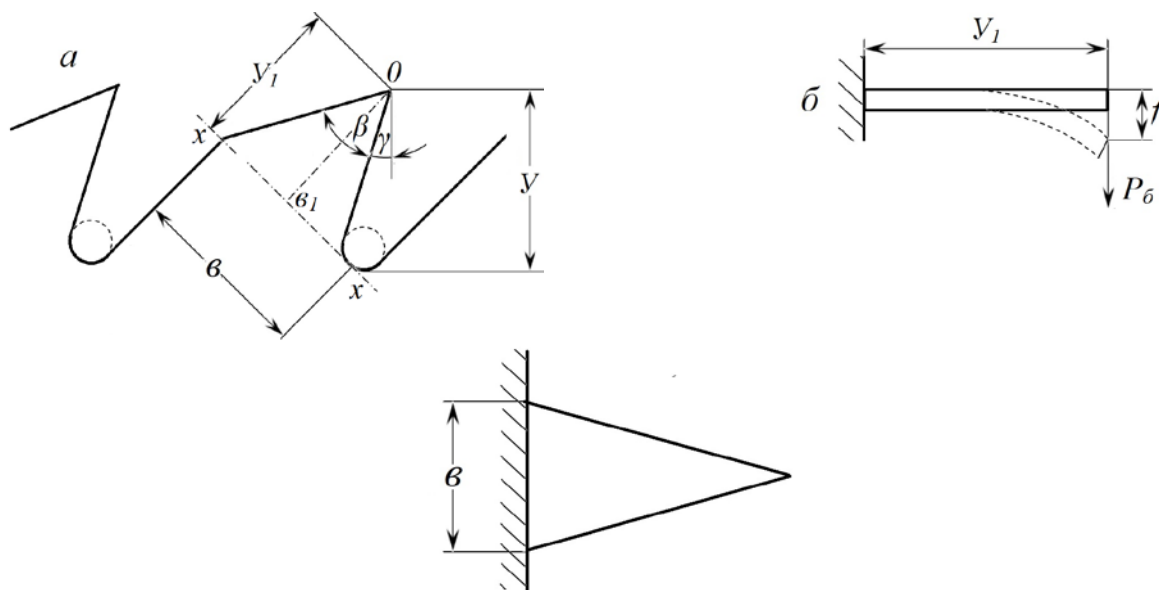


Рис. 1. Схема розрахунку зуба пили на поперечний вигин: а – параметри зуба пили; б – жорстке закріплення зуба пили у вигляді трикутної балки

На схемі зображені позначення:  $\beta$  - кут загострення;  $\gamma$  - передній кут;  $y$  - висота зуба;  $b_1$  - ширина основи зуба за лінією вигину  $x-x$ , за припущення жорсткого закріплення зуба у вигляді трикутної балки.

Величину прогину зуба визначають за формулою:

$$f = \frac{8P_b}{Eb_1} \left( \frac{y_1}{S} \right)^3, \quad (1)$$

де  $E$  - модуль пружності інструментальної сталі;

$S$  - товщина зуба пили;

$P_b$  - бокова сила, що діє на зуб пили.

Скориставшись схемою знайдемо величини  $y_1$  і  $b_1$ :

$$y = \frac{Ox}{\cos \beta / 2} = \frac{y}{\cos \gamma \cos \beta / 2}; \quad b_1 = 2y_1 \operatorname{tg} \beta / 2,$$

де  $\beta$  - кут загострення;

$\gamma$  - передній кут;

$y$  - висота зуба;

$y_1$  - задня поверхня зуба;

$b_1$  - основа зуба.

Якщо підставити значення  $y_1$  отримаємо:

$$b_1 = \frac{2y \operatorname{tg} \beta / 2}{\cos \gamma \cos \beta / 2}. \quad (2)$$

Із врахуванням викладеного та відповідних перетворень формула (2) буде мати вигляд:

$$f = \frac{8P_b y^2 (1 + \operatorname{tg}^2 \gamma)}{ES^3 \sin \beta}. \quad (3)$$

Із формули (3) видно, що величина прогину вершини зуба пропорційна величині бокової сили, висоті зуба та величині переднього кута і зворотно пропорційна величині кута загострення та товщині зуба пили.

Якщо припустити, що  $P_b \approx 0,33P = 0,33KS_z$ , де  $K$  - питомий опір різанню, отримаємо:

$$f = \frac{80,33KS_z(1+tg^2\gamma)}{E \sin \beta} \left(\frac{y}{S}\right)^2, \quad (4)$$

де  $S_z$  - подача на зуб пили.

Якщо позначити постійні величини буквою, наприклад «С», отримаємо

$$f = CKS_z \frac{1+tg^2\gamma}{\sin \beta} \left(\frac{y}{S}\right)^2. \quad (5)$$

Звідси

$$KS_z = \frac{f \sin \beta}{C(1+tg^2\gamma)} \left(\frac{S}{y}\right)^2. \quad (6)$$

Якщо позначити

$$\frac{f \sin \beta}{C(1+tg^2\gamma)} = C_1 \quad (7)$$

тоді

$$KS_z = C_1 \left(\frac{S}{y}\right)^2 \quad (8)$$

або

$$\frac{S}{y} = \sqrt{\frac{KS_z}{C_1}}. \quad (9)$$

Із формули (9) видно, що співвідношення параметрів зубів пили залежить від факторів, що характеризують породу деревини, яку розпилюють (від питомого опору різання  $K$ ). Зокрема під час пиляння твердої породи деревини, яка має підвищений опір різанню, у порівнянні із сосною, необхідно за однакової товщини пили знизити висоту зубів та подачу на зуб пили.

#### Висновки.

1. Від жорсткості зубів пили залежить продуктивність процесу розпилювання деревини, точність та якість оброблених поверхонь.
2. Величина прогину вершини зуба пропорційна величині бокової сили, висоті зуба та величині переднього кута і зворотно пропорційна величині кута загострення та товщині зуба пили.
3. Співвідношення параметрів зубів пили залежить від факторів, які характеризують породу деревини, що розпилюють.
4. Під час пиляння твердих листяних порід деревини необхідно за однакової товщини пили знижувати висоту зубів та подачу на зуб пили.

#### Список використаних джерел

1. Кірик М.Д. Інструмент для обробляння деревини та деревних матеріалів. Коломия: ТМЦ Коломийського механіко-технологічного коледжу, 1999. 190 с.
2. Кірик М.Д. Механічне оброблення деревини та деревних матеріалів. Львів: ТзОВ «Кольорове небо», 2006. 412 с.
3. Сірко З.С. Експлуатація лісопиляльних рам: Монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2017. 208 с.
4. Сірко З.С. Лісопиляльні рами: Монографія. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 260 с.

**Рецензент:** Дідух Володимир Федорович, доктор технічних наук, професор кафедри аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса Луцького національного технічного університету, Заслужений діяч науки і техніки України.