

Рис. 4. Мікроструктура зразків після корозійних випробувань у середовищі сульфїду залїза:
а – 10 хв. х100; б – 45 сек. х600; в – 60 хв. х60

Зї збільшенням часу взаємодїї зразків із сульфїдами корозійне ураження посилюється, але проходить воно рівномірніше, в результаті чого весь поверхневий шар руйнується, а кількість трїщин зменшується (рис. 4, в). Цим можна пояснити і той факт, що із розтягом зразків та зростанням швидкості деформування, коли час корозїї зменшується, окрихчення зразків із сульфїдами залїза посилюється на відміну від зразків без сульфїду.

Висновки. Результати досліджень свідчать про те, що сірка, яка знаходиться у вигляді сульфїду FeS, при високих температурах веде себе досить агресивно відносно армко-залїза. Навіть за короткочасного контакту сульфїду з поверхнею зразків з армко-залїза у них виникають мікротрїщини, що помітно знижує пластичність металу. Утворення та ріст трїщин відбуваються як внаслідок утворення легкоплавкої евтектики FeS-Fe переважно на межах зерен, так і за рахунок адсорбційного ефекту під час змочування металу евтектикою.

Це дає підставу зробити висновок про те, що виникнення гарячих трїщин у зварних швах за умови підвищеного вмісту у них сірки може бути зумовлено не тільки розширенням температурного інтервалу крихкості, але і адсорбційним та корозійним ефектами, в результаті яких на межах зерен можуть зароджуватись та розвиватись мікротрїщини. Під дією термічних зварювальних напружень ріст цих трїщин може значно пришвидшуватись.

1. Подгаецкий В.В., Парфессо Г.И. Трещины сульфидного происхождения при сварке стали. – К.: Наукова думка, 1977. – 150 с. 2. Лихтман В.И., Шукін Е.Д., Ребиндер П.А. Физико-химическая механика металлов. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 304 с. 3. Попович В.В., Шатинский В.Ф., Кондратенко И.В., Чаевский М.И. // Физико-химическая механика материалов. – 1965. – № 5. – С. 596–600.

УДК 674.053:621.935

І.Т. Ребезнюк, Л.Ф. Дзюба

Український державний лісотехнічний університет

РОЗПОДІЛ СИЛИ НА ЗУБИ СТРІЧКОВОЇ ПИЛКИ

© Ребезнюк І.Т., Дзюба Л.Ф., 2005

Досліджено загальні закономірності розподілу сили на складових контактної поверхні зуба стрічкової пилки з деревиною під час її пиляння. Одержаний розподіл сили дає змогу дослідити напружено-деформований стан розведеного зуба методом скінченних елементів.

The general laws of distribution of forces on compound a contact surface of a tooth of a tape saw with wood are investigated during her sawing. The received distribution of forces allows to investigate tensely - deformed a condition of the dissolved tooth a method of final elements.

Вступ. У процесі пиляння деревини стрічковою пилкою на її зуби діє сила різання, яка залежить від властивостей деревини, режимів пиляння та геометрії розведеного зуба. Для певного

технічного завдання та вибраних режимів пиляння визначального для силових показників є площа контакту вершинної частини зуба з деревиною. Площа контакту залежить від геометрії вершинної частини зуба та її орієнтування в пропилі. Сьогодні неможливо спрогнозувати розподіл сили різання по усіх складових елементах контактної поверхні зуба пилки з деревиною. Тому доцільно, спираючись на наявні теоретичні та експериментальні дослідження, спрогнозувати розподіл сили за складовими елементами контактної поверхні зуба, що діють на неї з боку деревини.

Дослідження. Вперше дотичну силу різання визначено 1868–1870 рр., коли проф. І.А. Тіме запропонував формулу для нерозчленованої на складові частини сили

$$P = K \cdot e \cdot b, \quad (1)$$

де K – середній тиск різання, $кз/мм^2$; e – товщина стружки, $мм$; b – ширина стружки, $мм$.

У 1892 р. проф. А. Брікс за результатами праць проф. І.А. Тіме та К. Зворикіна запропонував визначати силу різання розчленуванням її на дві складові, що визначаються за взаємно перпендикулярними осями.

Надалі в працях проф. М.А. Дещевого (1932–1934 рр.), в дослідженнях проф. С.А. Воскресенського (1934–1955 рр.) та Е.Г. Івановського (1949–1975 рр.), незважаючи на деякі розбіжності в методології визначення силових величин, прийнято розчленування сили на складові частини.

Результати досліджень багатьох науковців, узагальнені в 60-х роках XIX ст. проф. А.Л. Бершадським [1] на основі методу проф. Брікса, показали, що у всіх процесах різання деревини при $e < 2мм$ сила різання складається з двох складових

$$P = K \cdot b \cdot e = P_{II} + P_3, \quad (2)$$

де P_{II} – сила різання, що діє по передній поверхні зуба, H ; P_3 – сила різання, що діє по задній поверхні зуба, включаючи і поверхню леза зуба, H .

Переважно ця формула справедлива для дотичної складової сили різання, тобто

$$P_Z = P_{ZII} + P_{Z3}, \quad (3)$$

де P_{ZII} – дотична складова сили різання, що діє по передній поверхні зуба, H ; P_{Z3} – дотична складова сили різання, що діє по задній поверхні зуба, включаючи і поверхню леза зуба, H .

Результати досліджень свідчать, що обидві дотичні складові сили різання є функціями:

$$P_{ZII} = f(e, \delta, v, \psi), H,$$

$$P_{Z3} = f(\rho, \psi, \alpha), H,$$

де δ – кут різання, град; v – швидкість різання, $м/с$; ρ – радіус заокруглення леза, $мкм$; ψ – кут перерізання волокон, град; α – задній кут зуба, град.

Дослідження переважно виконувались для відкритого виду різання деревини, і пряме використання результатів для розрахунку закритого виду різання потребувало деяких припущень.

Перші експериментальні дослідження складових сил, що комплексно діють на зуби рамних та круглих пилок, виконано в 70-х роках минулого століття проф. В.І. Саньовим (ЛТА) [2,3]. Сили було згруповано у три складові: дотичну, нормальну та бокову. Окрім питомих значень складових сил, які діють на зуб під час різання деревини, досліджено величини сил, що виникають на окремих комплексних компонентах зуба. Виділено три компоненти: головну різальну крайку разом із передньою та задньою поверхнями, зовнішню бокову різальну крайку разом із прилягаючою до неї боковою поверхнею, внутрішню бокову різальну крайку разом із прилягаючою до неї боковою поверхнею.

На основі виконаного нами аналізу складових елементів контактної поверхні зуба з деревиною та з урахуванням [4] для зуба стрічкової пилки аналітичні залежності для визначення складових сили різання будуть мати вигляд (рисунок):

дотична складова сили різання

$$P_Z = P_{ZII} + P_{ZI} + P_{Z3} + P_{ZB.3} + P_{ZB.3.II} + P_{ZB.B} + P_{ZB.B.II}; \quad (4)$$

нормальна складова сили різання, що розподіляється по виокремлених поверхнях перпендикулярно до дотичних складових сили аналогічно до складової $P_{YB.3.II}$,

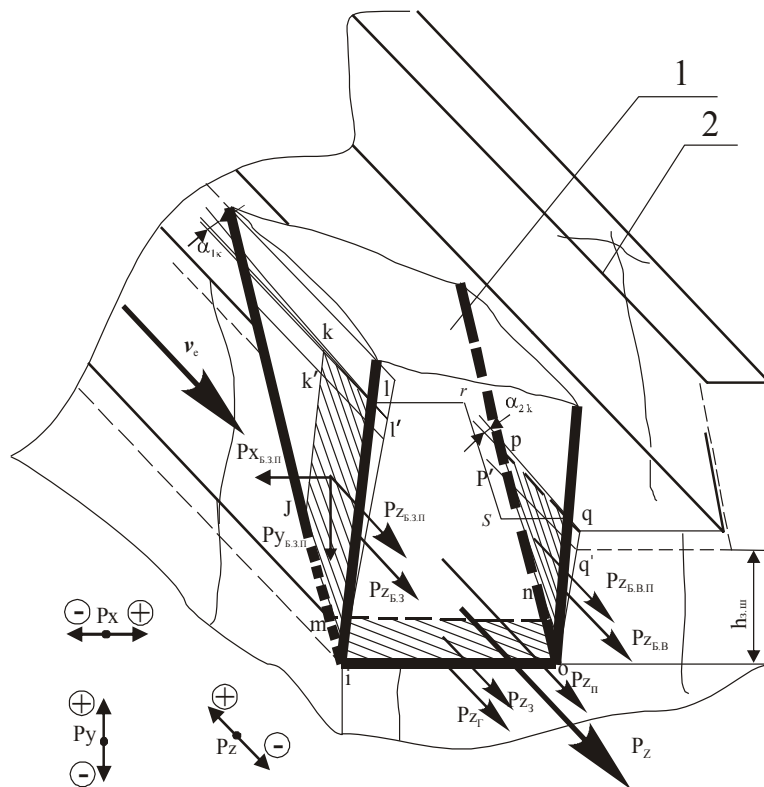
$$P_Y = P_{YII} + P_{YI} + P_{Y3} + P_{YB.3} + P_{YB.3.II} + P_{YB.B} + P_{YB.B.II}; \quad (5)$$

бокова складова сили різання, що розподіляється по відповідних поверхнях в боковому напрямку перпендикулярно до дотичних складових сили аналогічно до складової $P_{XB.3.П}$,

$$P_X = P_{XП} + P_{XГ} + P_{XЗ} + P_{XB.3} + P_{XB.3.П} + P_{XB.B} + P_{XB.B.П}; \quad (6)$$

де $P_{ZП}, P_{YП}, P_{ZП}$ – сили, що діють по передній поверхні зуба $lrsqoi$; $P_{ZГ}, P_{YГ}, P_{XГ}$ – сили, що діють по головній різальній крайці io ; $P_{ZЗ}, P_{YЗ}, P_{XЗ}$ – сили, що діють по задній поверхні зуба $itno$; $P_{ZB.3}, P_{YB.3}, P_{XB.3}, P_{ZB.B}, P_{YB.B}, P_{XB.B}$ – сили, що діють по бокових різальних крайках, відповідно зовнішній il та внутрішній oq ; $P_{ZB.3.П}, P_{YB.3.П}, P_{XB.3.П}, P_{ZB.B.П}, P_{YB.B.П}, P_{XB.B.П}$ – сили, що діють по бокових поверхнях зуба відповідно зовнішній $ijkl$ та внутрішній opq .

Дослідження розподілу сили виконані для відносної сили, що прийнята за 100 %. За результатами досліджень [2] під час поздовжнього пиляння розведеним зубом круглої пилки середні значення дотичної, нормальної та бокової складових сили відповідно становлять у відсотках 81,3:11,4:7,3. Це співвідношення складових сили витримується за певних умов для розведеного зуба рамної пилки [3], хоча воно залежить від багатьох факторів і постійно змінюється. Однак як наближений варіант такий розподіл сил може застосовуватись і для різання розведеним зубом стрічкової пилки.



Елементи контактної поверхні зуба з деревиною та сили на них:
1 – розведений зуб; 2 – деревина

За результатами розрахунків, згідно з узагальненим основним законом різання [1], величина складової сили на передній поверхні наближено співвідноситься до величини складової сили на лезі та на задній поверхні зуба стрічкової пилки як 75... 80 : 20...25 %.

Згідно з дослідженнями [2] дотична складова сили на зубі круглої пилки при поздовжньому пилянні наближено розподіляється так: головна різальна крайка разом із передньою та задньою поверхнями – 75...85 %; зовнішня бокова різальна крайка разом із прилягаючою до неї боковою поверхнею – 8...17 %; внутрішня бокова різальна крайка разом із прилягаючою до неї боковою поверхнею – 7...8 %. Нормальна складова сили розподіляється так: 65...90 % – на головній різальній крайці з передньою і задньою поверхнями зуба; 26 % – на зовнішній крайці та поверхні; 9% – на

внутрішній крайці та поверхні. Аналогічно виконується розподіл величини сили на зубі рамної пилки під час пиляння деревини [3]. Хоча при поздовжньому пилянні деревини круглими пилками дещо збільшується відсоток поздовжнього різання головною та боковими різальними крайками зубів, основні особливості процесу пиляння круглими, рамними та стрічковими пилками майже однакові. Однак при проведенні аналогії треба враховувати зменшення товщини пилки та, відповідно, ширини пропилу при пилянні стрічковими пилками. Це позначиться на розподілі сили на контактних поверхнях зуба з деревиною. Також при розподілі сили по елементах контактної поверхні зуба стрічкової пилки з деревиною слід враховувати: геометрію зуба та гостроту на різальних крайках; породу та гідротермічний стан деревини, що розпилюється; подачу на зуб; кути перерізання волокон. Досліджуючи існуючі закономірності залежності сили різання від вищезазначених факторів на основі праць [1–4] нами прогнозовано розподіл величини сили по всіх її 21 складовій згідно із залежностями (4–6). Можливий розподіл величини сили по всіх її складових наведено в таблиці. Знак біля складової сили відповідає розподілу знаків (див. рисунок) відповідно до вимог програми COSMOS/M, за допомогою якої будуть проводитись подальші дослідження.

Розподіл сили, що діє на розведений зуб

Складові сили, що діють на зуб	по осях					
	дотичній P_Z		нормальній P_Y		боковій P_X	
По поверхнях та крайках зуба	Позначення	Прогнозована величина, %	Позначення	Прогнозована величина, %	Позначення	Прогнозована величина, %
Передній поверхні P_{II}	P_{ZII}	-52,03	P_{YII}	+3	P_{XII}	0
Головний різальний крайці $P_{Г}$	$P_{ZГ}$	-10	$P_{YГ}$	-4	$P_{XГ}$	0
Задній поверхні P_3	P_{Z3}	-3,01	P_{Y3}	-6,41	P_{X3}	0
Боковий зовнішній різальний крайці $P_{Б.З}$	$P_{ZБ.З}$	-2	$P_{YБ.З}$	+1	$P_{XБ.З}$	+7
Боковий зовнішній поверхні $P_{Б.З.П}$	$P_{ZБ.З.П}$	-8,57	$P_{YБ.З.П}$	-3,96	$P_{XБ.З.П}$	+8,3
Боковий внутрішній різальний крайці $P_{Б.В}$	$P_{ZБ.В}$	-1	$P_{YБ.В}$	+0,5	$P_{XБ.В}$	-3,5
Боковий внутрішній поверхні $P_{Б.В.П}$	$P_{ZБ.В.П}$	-4,69	$P_{YБ.В.П}$	-1,53	$P_{XБ.В.П}$	-4,5

Якщо розподіл сили, наведений у таблиці, прийняти для контактних поверхонь розведеного зуба, лінія відгинання якого перпендикулярна до бісектриси кута загострення, то для іншого варіанта розведення він буде відрізнятися. Коли лінія істотного відгинання зуба на бік буде нахилена під кутом $\psi = 17^\circ$ [5], зміниться положення бокових поверхонь у пропилі, що найперше вплине на площу контакту по зовнішній боковій поверхні. За нашими дослідженнями це збільшення може сягати 20–80 %. Відповідно зміняться й складові сили різання. Площа контакту по внутрішній боковій поверхні між зубом і деревиною не зміниться за різних способів розведення, проте зміняться умови тертя. Це призведе до зменшення сили, яка діє по цій поверхні. Відповідно до виконаних нами досліджень [5], зменшення сили по внутрішній боковій поверхні становитиме 10–20 %. Тому вказані відмінності потрібно враховувати в дослідженні напружено-деформованого стану розведеного за різними способами зуба стрічкової пилки.

Висновки

1. Досліджено загальні закономірності розподілу сили на складових контактної поверхні зуба стрічкової пилки із деревиною під час її пиляння.
2. Установлено можливий розподіл сили на 21 складову, що діють по всіх виокремлених елементах контактної поверхні зуба з деревиною під час пиляння.

3. Розраховані величини складових сили, що діють на елементах контактної поверхні зуба, дозволяють дослідити напружено-деформований стан розведеного зуба методом скінченних елементів.

1. Бершадский А.Л., Цветкова И.И. *Резание древесины*. – Минск: Высшая школа, 1975. – 304с. 2. Санев В.И. *Обработка древесины круглыми пилами*. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 232 с. 3. Санев В.И. *Закономерности изменения сил, действующих на разведенные зубья рамных пил*. – Известия вузов // Лесной журнал. – 1974. – № 2. – С. 63–69. 4. Любченко В.И. *Резание древесины и древесных материалов: Учебное пособие для вузов*. – М.: Лесная промышленность, 1986. – 296 с. 5. Ребезнюк І.Т. *Визначення заднього кута при зовнішній боковій різальній крайці зуба стрічкової пилки. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість: Міжвідомчий науково-технічний збірник*. – Львів: УкрДЛТУ. 2004. – Вип 29. – С. 176–184.

УДК 621.791.72.052:669.296.5:[620.17+620.193.2]

С.В. Рибаків

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра зварювального виробництва,
діагностики та відновлення металоконструкцій

ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЗВАРНИХ З’ЄДНАНЬ ЦИРКОНІЄВОГО СПЛАВУ В РІДКИХ КАДМІЇ І ЦЕЗІЇ

© Рибаків С.В., 2005

Розглянуто вплив рідких кадмію і цезію на механічні характеристики і корозійні властивості зварних з’єднань цирконієвого сплаву при температурі 673К. Показано, що за вибраних режимів електронно-променевого зварювання цирконієвого сплаву отримані з’єднання мають високу корозійну стійкість і міцність в кадмії, цезії та їх сумішах протягом 50 годин. Термообробка (853К, 2 год) підвищує механічні властивості сплаву та його зварних з’єднань.

Influence of liquid cadmium and cesium on mechanical and corrosion properties of welded joints of temperature 673K was investigated. It has been shown that at optimal modes of electron beam welding the joints have high corrosion resistance and strength into cadmium and cesium and its mixtures during 50 hours. Cadmium and cesium are surface active substance for zirconium alloys. It also has been established that the heat treatment at 853K during 2 hours increases mechanical properties of the alloy and its welded joints.

Цирконієві сплави широко використовуються як конструкційні матеріали для виробів, які працюють в різних агресивних середовищах. За кордоном було проведено експерименти з метою визначення характеру впливу кадмію і цезію на сплави цирकोлой-2 та цирकोлой-4 при різних температурах. У ряді випадків цезій і кадмій викликають корозію сплавів, погіршують їх механічні властивості [1–3].

Метою статті є вивчити вплив кадмію, цезію і їх сумішей на механічні властивості цирконієвого сплаву, якій містить 1 % Nb, та його зварних з’єднань при температурах до 673 К. Випробування на міцність проводили на трубчастих зразках діаметром 9,5 мм з довжиною робочої частини 45 мм і товщиною стінки 0,5 мм. Для імітації зварного шва середину робочої частини зразків проплавили електронним променем на установці ЕЛУ-5 на двох режимах: 1) Уприск.=34 кВ, струм фокусування 44 мА, Іпром.=4 мА, Vзв.=1,1 мм/с; 2) Уприск.=32 кВ, струм фокусування 44 мА, Іпром.=6 мА, Vзв.=1,8 мм/с. Після заповнення кадмієм і цезієм і герметизації зразки випробовували на розтяг на установці типу ИМАШ в вакуумі 4×10^{-3} Па. Безпосередньо перед випробуваннями зразки відпалювались на установці при температурі 853 К протягом двох годин. Випробування проводили при трьох швидкостях навантаження: $(78, 191, 478) \times 10^{-5}$ мм/с.