

УДК 686.12.056

Ю.Й. Хведчин

**ДЕЯКІ ПИТАННЯ МЕХАНІКИ РІЗАННЯ СТОСІВ
КЛИНОПОДІБНИМ НОЖЕМ**

Процес різання стосу листових матеріалів (паперу, картону та ін.) на одноножовій різальній машині супроводжується виникненням значних технологічних зусиль у вигляді опору матеріалу проникненню різального інструмента – клиноподібного

ножа. Цей опір прийнято називати силою різання, величина якої залежить від матеріалу стосу та ступеня затуплення ножа.

Звичайно, усі автори, що розглядали механіку взаємодії ножа і стосу [1,4,5], припускали, що ніж має гостре прямолінійне лезо, утворене вертикальною площиною і скошеною гранню, й робили такі висновки:

лінія поділу паперу проходить по площині задньої грані ножа [1];

діючі на грані сили створюють момент, що намагається повернути лезо ножа за годинниковою стрілкою, тобто в бік балки притискача;

зусилля різання є результатом взаємодії трьох складових сил: вертикальної P , що діє по лінії переміщення ножа; горизонтальної, спрямованої уздовж його довжини; лобової T , перпендикулярної до скошеної грані ножа.

Ці положення вимагають уточнень за двох причин. По-перше, не враховувався вплив сили S (далі називатимемо її *тильною*), що діє на задню поверхню ножа і спричиняє відхилення його леза від балки притискача. Наприклад, різальники добре знають, що ніж в одних випадках може відхилитися в бік притискача, в інших – у бік відрізаної частини стосу. У німецькій літературі [6] у даному випадку існують два терміни: *Überschnitt* – верхнє підрізання (верхні аркуші коротші за нижні), це може статися, коли матиме перевагу тильна сила S ; *Unterschnitt* – нижнє підрізання (нижні аркуші коротші за верхні) при переважаючій дії лобової сили T . Отже, другий висновок не є абсолютним, при деяких обставинах він не діє.

По-друге, вважалося, що ніж має незатуплене лезо. На практиці гострим з мінімальним радіусом заокруглення 2–3 мкм ніж буває недовго після переточування. Потім у процесі різання (загальна кількість різів до затуплення знаходиться в межах 1500 – 4000) він поступово затуплюється і лезо стає заокругленим. При радіусі заокруглення 25 мкм отримуємо ще якісну продукцію, при 35 мкм якість різання суттєво погіршується: з'являються нечіткий зріз, бахромистість і злипання крайок аркушів. Зусилля різання зростає в кілька разів, лезо ножа набуває форми двостороннього клина з розташуванням крайки, що різє приблизно на гіпотенузі кута заточення β .

Ніж після заточки показано на рис. 1а. Як бачимо, на нього з двох боків діють дві сили: лобова T і тильна S , які мають майже протилежний напрямок. У процесі різання паперу частинки металу під дією абразивного зносу поступово відокремлюються і ніж змінює свою форму (рис. 1б): AB_0C – вихідна форма гострого леза, AB_1C – дійсна форма леза після деякого часу роботи.

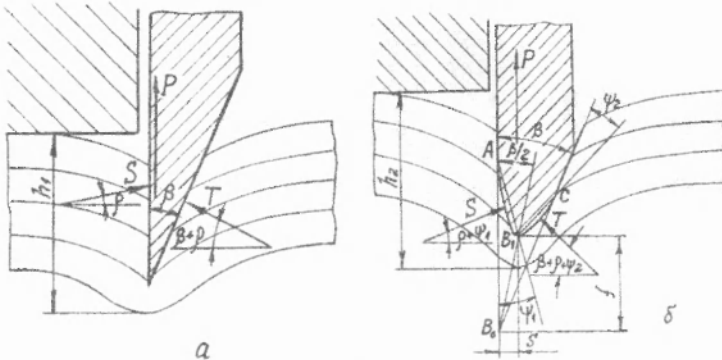


Рис. 1. Взаємодія ножа і стосу в процесі різання:
а – теоретичне уявлення; б – фактичний характер

Новий профіль відрізняється від вихідного рядом особливостей:

лезо ножа змістилося по гіпотенузі з точки B_0 у точку B_1 уверх і на величину s у бік похилої грані, де $s = f \cdot \operatorname{tg} \beta/2$ (тут f – величина зносу крайки ножа по висоті, з практики відомо, що вона складає 0,06–0,1 мм; β – кут заточки ножа звичайно знаходиться у межах 20–24°);

замість площин лезо має дещо заокруглені грані AB_1 і B_1C із середніми кутами нахилу ψ_1 і ψ_2 , відповідно, до тильної і передньої сторін;

змінився умовний радіус заокруглення леза: замість мінімального в точці B_0 збільшився приблизно на порядок, маючи ріжучу грань у точці B_1 ;

у результаті цих змін зміщується лінія дії сили вертикальної складової P , що діяла на ніж майже впритул до вертикальної площини AB_0 , вправо на величину s , оскільки вона завжди проходить через ріжучу грань;

то, підставляючи цей вираз у формулу (1), одержимо

$$l = 2h \sqrt{\frac{l}{\operatorname{tg}^2 \varphi / 2} + \frac{4}{3}}. \text{ Тобто між довжиною дуги } l \text{ і прогином}$$

аркушів h існує пряма пропорційна залежність.

Різниця довжин верхніх, зігнутих і нижніх, прямих аркушів

$$\Delta = l - k = \frac{\pi \cdot r \cdot \varphi}{180} - r \cdot \sin \varphi.$$

З урахуванням зміщення ріжучої грані ножа ця різниця буде ще більш суттєвою:

$$\Delta_1 = \frac{\pi \cdot r \cdot \varphi}{180} - r \cdot \sin \varphi + f \cdot \operatorname{tg} \beta / 2.$$

Зміщення місця розділення аркушів вправо на величину z та збільшений прогин стосу через затуплення лева будуть сприяти тому, що при розпрямленні аркуші створять значний тиск на вертикальну поверхню ножа. Отже, величина тильної сили S зросте і спричинить зміщення лева ножа вправо та збільшення розмірів аркушів. Звідси випливає, що поступове затуплення ножа зумовлює збільшення величини тильної сили S .

Є ще одна особливість, яку не завжди враховують при розгляді характеру взаємодії всіх елементів, що беруть участь у різанні. Мається на увазі розподіл тиску балки притискача на стос. Ширина зони тиску на верхні аркуші дорівнює ширині контактної поверхні балки притиску AB (рис.3). Зона тиску нижчележачих аркушів буде ширшою, досягаючи біля стола машини максимальної ширини A_1B_1 , тобто розподіл зони тиску по висоті стосу матиме пірамідальний характер. Лезо ножа при різанні буде рухатися саме по границі розділення між спресованою і необтиснутою частиною стосу. При цьому спресована частина стосу створюватиме підвищений опір крайці ножа і він буде намагатися зміститися в бік меншого опору, за межі зони спресованої частини, тобто в сторону стосу, що відсувається. Отже, чим вищий тиск притискача, тим значнішим буде опір просуванню ножа і, відповідно, більше проявлятиметься тильна сила S . У результаті на тильну частину ножа будуть діяти як тиск відігнутих аркушів, так і опір спресованої частини стосу.

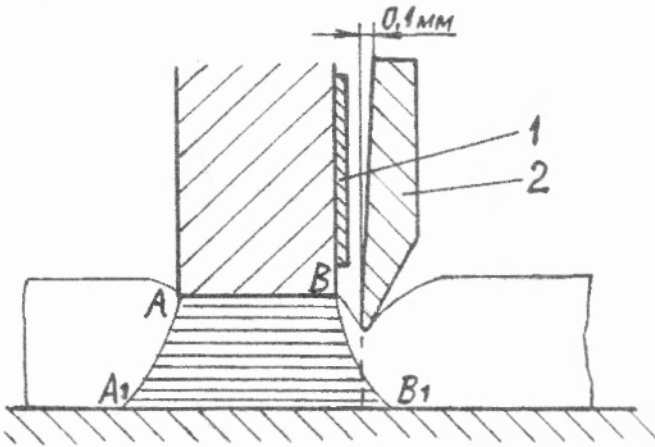


Рис. 3. Характер розподілу тиску притискача в зоні різання:
1 – текстолітові планки; 2 – ніж

Встановлено, що на зростання тильної сили S і виникнення дефекту нижнього підрізання впливають значний тиск притискача, затуплення ножа і замалий кут заточування. Але вона фактично буде відсутньою при наявності гострого ножа, пухкому папері, малій величині тиску притискача. На зростання лобової сили T справляють вплив збільшення довжини відрізаної частини й висоти стосу, значна шорсткість паперу та підвищена вологість. Вона буде практично відсутньою при обрізуванні стосу по контуру, різанні етикеток та іншої малоформатної продукції, малій висоті і високій гладкості матеріалу стосу.

При роботі машини завжди будуть діяти обидві сили, але переважатиме або лобова T , або тильна S , напрямки дії яких взаємно протилежні. При дії сили T ніж буде намагатися зміститися в бік балки притискача і здійснюватиметься нижнє підрізання стосу. При дії зусилля S лезо ножа відхилитиметься в бік відрізаної частини стосу і відбуватиметься верхнє підрізання його.

Для обмеження негативної дії лобової сили T , яка може викликати зсув леза вліво, до передньої площини балки притискача кріпляться текстолітові планки, що слугують напрямними для леза ножа при його відхиленні в бік притискача.

Щодо різальних машин фірми "Полар", то негативний вплив тильної сили S зменшують за рахунок особливої конструкції різальних ножів: товщина верхньої частини порівняно з нижньою менша на 0,1 мм (див. рис. 3). Завдяки цьому тильна площа ножа розташована не вертикально, а під деяким невеликим кутом, поступово розширюючись доверху. Тому зігнуті крайки аркушів матимуть при розпрямленні більше простору, а значить створять значно менший тиск на тильну поверхню ножа.

Періодична дія тильної і лобової сил, що мають майже протилежний напрямок, будуть спричиняти (при наявності зазорів у напрямних ножегримача) додаткове зміщення ножа вбік. Тому дуже важливо підтримувати цей вузол у належному технічному стані і контролювати величину зазорів відповідно до інструкції з експлуатації.

Враховуючи вищесказане, загальновідому формулу зусилля різання слід застосовувати в такому вигляді:

$$P_p = P_B + P_T + [T] + [S],$$

де P_B та P_T – вертикальна і горизонтальна складові зусилля різання.

Зусилля $[T]$ та $[S]$ наведені у квадратних дужках як ознака їх нестійкої дії в процесі різання. Величина лобової сили відомо, дійсне значення тильної сили залежно від різних факторів потрібно встановити експериментально.

Отже, запропоновано новий метод оцінки явищ у зоні різання, який враховує четверту складову зусилля різання – тильну силу, котра при наявності зазорів напрямних ножегримача може спричинити відхилення ножа. Цю особливість потрібно враховувати, щоб уникнути браку продукції при експлуатації різальних машин.

1. Анап'яна Е.В., Коцарь Ю.Н., Мордовин Б.М. Машины брошюровочно-переплетного производства. Ч. 1, 2. М., 1974, 1975.
2. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М., 1964.
3. Гинзбург В.З. Исследование процесса резания на одноножевых бумагорезальных машинах: Дис. канд. техн. наук. М., 1958.
4. Мордовин Б.М. Конструкции и расчет полиграфических машин. Кн. 5. Брошюровочные машины. М., 1954.
5. Пергамент Д.А. Брошюровочно-переплетное оборудование. М., 1990.
6. Liebau D. und Mitarbeiter. Industrielle Buchbinderei. – Verlag Beruf + Schule, 1997.