

О.С.Стельмашук

ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЬ ПРИ РОТАЦІЙНОМУ ВИСІКАННІ

Аналізуючи ротаційне висікання упаковки, виявляємо ряд особливостей, властивих цьому способу.

Ротаційна секція для висікання складається з двох циліндрів однакового діаметра $2R$, зв'язаних між собою парою однакових зубчастих коліс. Верхній циліндр (висікальний) має на собі висікальні ножі, форма розміщення яких відповідає формі упаковки, що висікається. Нижній циліндр (анвіловий) — наковальний, до нього притискаються ножі висікального циліндра. На цьому циліндрі може

бути натягнутий анвіловий матеріал (металева бляха). Точка дотику анвілового циліндра та пружка ножів висікального циліндра є полюсом цих двох циліндрів. Лінійна швидкість обох циліндрів у цій точці буде однаковою, тому що відстані від центрів обертання циліндрів до точки дотику рівні. Оброблюваний матеріал (при подачі його між циліндрами) накладається на наковальний циліндр, у результаті чого його радіус фактично збільшується на товщину матеріалу. Якщо припустити, що матеріал є абсолютно нерухомим відносно поверхні анвілового циліндра, то пружок висікального ножа, розміщеного уздовж твірної висікального циліндра, буде врізатись в тіло матеріалу не по радіальній лінії, а по епіциклоїді, внаслідок чого, крім напружень, які виникають у матеріалі при врізанні клиноподібного висікального ножа, на ніж діятимуть тангенціальні сили.

Для визначення усіх сил, які діють на пружок і грані висікального ножа, умовно приймаємо, що матеріал ковзає по поверхні анвілового циліндра без тертя, а циліндри є абсолютно жорсткими. Розрахунок сил здійснюємо для випадку з одним клиноподібним висікальним ножом, який розміщений на циліндрі уздовж твірної.

Розділенню матеріалу на частини під впливом ножа передують деформація ним картону до виникнення на його пружку контактного руйнівного напруження σ_p . Момент його виникнення визначається величиною зусилля F , яке прикладається до ножа та долає ряд сил опору, що виникають у матеріалі.

Розглянемо взаємодію клиноподібного ножа з матеріалом типу картону (див. рисунок, а). При заглибленні леза в картон товщиною δ на глибину λ_x під кутом ξ на його ріжучому пружку виникає контактне руйнівне напруження σ_p і починається різання. На ніж діють:

F_p — сила протидії руйнуванню картону;

$F_{обм1}, F_{обм2}$ — сили тиску деформованого картону в коловому напрямку;

$F_{см1}, F_{см2}$ — сили протидії деформації картону в радіальному напрямку.

Результуючими цих сил будуть сили F_{n1} і F_{n2} , що діють у напрямі, перпендикулярному до відповідних граней (сума проекцій сил на нормаль до грані):

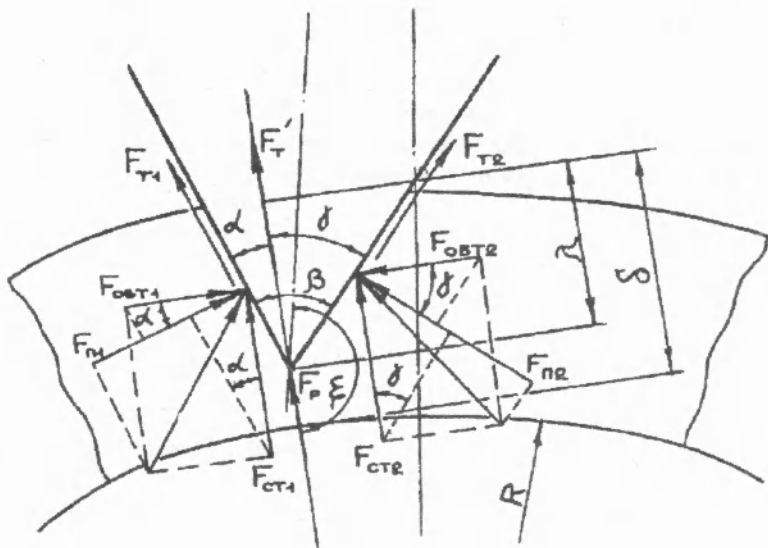
$$F_{n1} = F_{см1} \sin \alpha + F_{обм1} \cos \alpha ;$$

$$F_{n2} = F_{см2} \sin \gamma + F_{обм2} \cos \gamma .$$

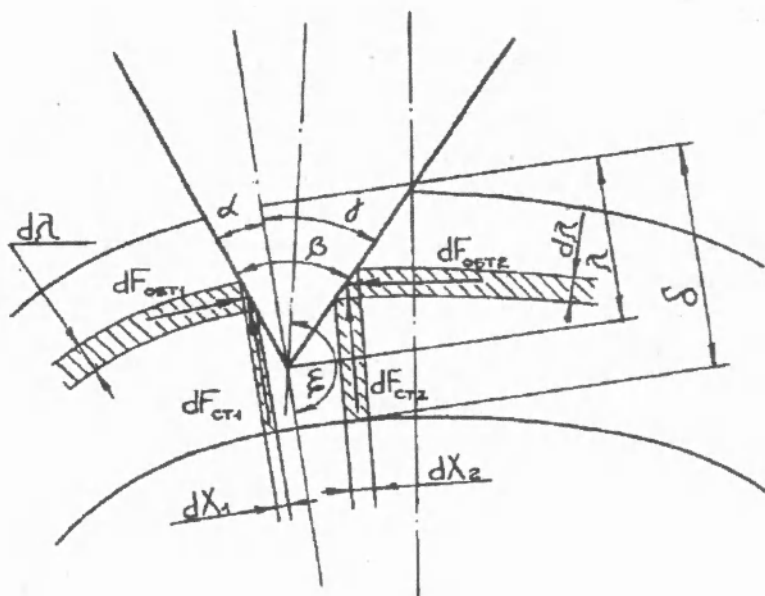
Від цих сил на бокових гранях ножа виникають сили тертя

$$F_{T1} = F_{n1} \cdot f ;$$

$$F_{T2} = F_{n2} \cdot f .$$



a



б

Схема визначення сил у процесі ротаційного висікання:
а — розподіл сил у контактній парі; б — схема дії елементарних сил.

Спроектувавши ці сили на радіальну пряму проникнення ножа в картон, отримаємо:

$$F_T' = F_{T1}' + F_{T2}' = F_{T1} \cos \alpha + F_{T2} \cos \gamma. \quad (1)$$

Підставивши у формулу (1) значення F_{T1} , F_{T2} та F_{n1} , F_{n2} одержимо:

$$F_T = f(F_{cm1} \sin \alpha \cos \alpha + F_{обм1} \cos^2 \alpha + F_{cm2} \sin \gamma \cos \gamma + F_{обм2} \cos^2 \gamma).$$

Оскільки ми визначаємо силу F у певний момент часу, то кут ξ вважаємо в цей час постійним, а звідси і значення кутів α і γ .

Щоб розсікати картон, до ножа треба прикласти силу, яка б подолати суму всіх сил, що діють уздовж лінії проникнення пружка ножа в картон:

$$F = F_p + F_{cm1} + F_{cm2} + F_T. \quad (2)$$

Силу F_p визначаємо як добуток контактного руйнівного напруження σ_p на площу пружка висікального ножа A_{np} :

$$F_p = A_{np} \sigma_p = \Delta \cdot l \cdot \sigma_p, \quad (3)$$

де $\Delta = 2r$, r — технологічний радіус загострення пружка; l — довжина ножа.

Для визначення сил F_{cm} , $F_{обм}$ розглянемо дію елементарних сил dF_{cm} та $dF_{обм}$ на грані ножа при проникненні в картон з боку елементарних колового і радіального стовпчиків, виділених в об'ємі картону (див. рисунок, б).

Залежність між відносною деформацією ϵ і напруженням σ для матеріалів типу картону при деформації має степеневий характер:

$$\sigma^m = E \epsilon,$$

звідки

$$\sigma = E_y \epsilon^n,$$

де $E_y = E^n$; $n = 1/m$.

Площа граней ножа залежить від глибини проникнення його в картон і змінюється за законом:

$$A_{x1} = \Delta l \lambda_x \operatorname{tg} \alpha;$$

$$A_{x2} = \Delta l \lambda_x \operatorname{tg} \gamma.$$

Таким чином, елементарна сила dF_{cm} , яка діє на фаску ножа з боку колового елементарного стовпчика площею dA_x , довжиною l та шириною dX , може бути представлена як

$$d F_{cm1} = E_y \varepsilon^n d \lambda_x \operatorname{tg} \alpha;$$

$$d F_{cm2} = E_y \varepsilon^n d \lambda_x \operatorname{tg} \gamma,$$

$$\text{де } \alpha = \frac{\beta}{2} - 180 + \xi; \quad \gamma = \frac{\beta}{2} + 180 + \xi.$$

Для знаходження сил F_{cm1} і F_{cm2} проінтегруємо диференціальні рівняння (3) та (4), врахувавши, що кути α , γ незмінні для даного моменту часу.

$$F_{cm1} = \frac{E_y}{\delta^n} \operatorname{tg} \alpha \int_0^{\lambda} \lambda^n d\lambda = \frac{E_y}{\delta^n} \operatorname{tg} \alpha \frac{\lambda^{n+1}}{n+1}; \quad (4)$$

$$F_{cm2} = \frac{E_y}{\delta^n} \frac{\lambda^{n+1}}{n+1} \operatorname{tg} \gamma. \quad (5)$$

З врахуванням залежності між відносними деформаціями у взаємно перпендикулярних напрямках $\varepsilon_1 = \varepsilon \mu$ матимемо

$$d F_{обm1} = d F_{обm2} - \varepsilon_1^n E_y d \lambda_x;$$

$$d F_{обm} = \varepsilon^n \mu^n E_y d \lambda_x.$$

Проінтегрувавши це рівняння, дістанемо:

$$F_{обm} = \frac{\mu^n E_y}{\delta^n} \int_0^{\lambda} \lambda^n d\lambda = \mu^n \cdot \frac{E_y}{\delta^n} \frac{\lambda^{n+1}}{n+1}. \quad (6)$$

Підставивши в рівняння (2) значення всіх сил з (1), (3), (4), (5), (6), отримаємо формулу для визначення сили для певного миттєвого значення кута:

$$F = \Delta \sigma_p + \frac{E_y}{\delta^n} \frac{\lambda^{n+1}}{n+1} \left[(\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \gamma) + f (\sin^2 \alpha + \sin^2 \gamma + \mu^n \cdot (\cos^2 \alpha + \cos^2 \gamma)) \right].$$

1. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. М., 1975. 2. Стельмашук О.С. Інтерпретація силових факторів при плоскому висіканні // Поліграфія і видавнича справа. 1995. №30. 3. Тир. К.В. Механика полиграфических автоматов. М., 1965.

Стаття надійшла до редколегії 24.01.96