

## ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ В СУМІЩЕНОМУ ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ТИСКОМ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГОТОВОК ІЗ АЛЮМІНІЄВОГО ПРУТКА

Поліський національний університет

### Анотація

Виконана оцінка напружено-деформованого стану в суміщеному процесі відрізання-штампування. Оскільки пластичне формозмінення здійснюється в два етапи, компоненти девіатора напружень в характерних точках заготовки визначали з використанням теорії анізотропно зміцнюваного тіла.

**Ключові слова:** суміщений процес обробки тиском, поетапне деформування, напружено-деформований стан, анізотропно зміцнюване тіло.

В технологічному процесі закритої поперечної осадки в циліндричній матриці в якості вихідного напівфабрикату використовується заготовка, відрізана від круглого прокату (рис. 1). Отвір в матриці виконує роль нерухомого ножа, а пуансон є рухомих ножем та інструментом для осадки.

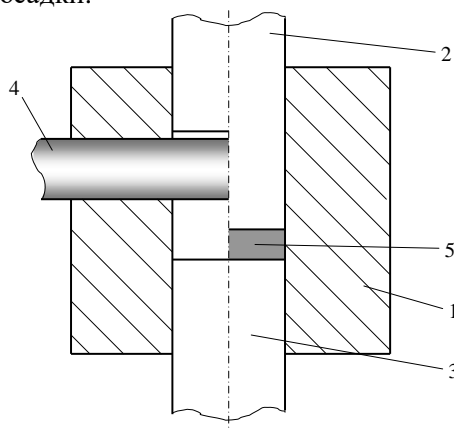


Рис. 1. Принципова схема процесу відрізання-штампування для виготовлення циліндричних заготовок з алюмінієвого прутка: 1 - матриця, 2 - пуансон, 3 - виштовхувач, 5 - пруток, 8 – заготовка, що осаджується

Відрізання пластичних алюмінієвих сплавів відбувається шляхом пластичного зсуву, з високою якістю поверхні, що полегшує використання відрізаних заготовок у подальших технологічних переходах штампування, без доопрацювання [1-3]. Найбільш важливими параметрами досліджуваного процесу є силові та геометричні параметри закритої штампування осадкою. Процес поздовжньої осадки можна розділити на три етапи: 1) відкрита осадка, 2) закрита (починається з торкання бічної поверхні заготовки матриці), 3) заповнення кутів. Перший етап відкритої осадки характеризується бочкоутворенням у вертикальній площині, частковий перехід

бічної поверхні на контактні, утворення зон ускладненої деформації на контактних поверхнях. На другому етапі відбувається утворення бічної поверхні заготовки та збільшення тиску за рахунок зростання площі контактної тертя та зміцнення в метали. На третьому етапі відбувається заповнення кутів елементів.

На рис. 2 наводиться схема позначень точок на поверхні циліндричної заготовки для оцінки напружено-деформованого стану у процесі відрізання-штампування. Розрахунки виконували для технічного алюмінію АД1 у зазначених точках.

Компоненти тензора швидкостей деформацій визначали по формулам [4]

$$\dot{\epsilon}_r = \frac{r}{r_0} \left[ \frac{\partial z}{\partial z_0} \frac{\partial^2 z}{\partial z_0 \partial \bar{a}} - \frac{\partial z}{\partial r_0} \frac{\partial^2 r}{\partial z_0 \partial \bar{a}} \right], \quad \dot{\epsilon}_\varphi = \frac{1}{r} \frac{\partial r}{\partial \bar{a}}, \quad \dot{\epsilon}_z = \frac{r}{r_0} \left[ \frac{\partial r}{\partial r_0} \frac{\partial^2 z}{\partial r_0 \partial \bar{a}} - \frac{\partial r}{\partial z_0} \frac{\partial^2 z}{\partial r_0 \partial \bar{a}} \right],$$

$$\dot{\gamma}_{rz} = \frac{r}{r_0} \left[ \frac{\partial r}{\partial r_0} \frac{\partial^2 r}{\partial z_0 \partial \bar{a}} + \frac{\partial z}{\partial z_0} \frac{\partial^2 z}{\partial r_0 \partial \bar{a}} - \frac{\partial r}{\partial z_0} \frac{\partial^2 r}{\partial z_0 \partial \bar{a}} - \frac{\partial z}{\partial r_0} \frac{\partial^2 z}{\partial z_0 \partial \bar{a}} \right]. \quad (1)$$

Компоненти девіатора напружень визначали по рівнянню

$$S_{ij} = \frac{2}{3} \sigma_u(e_u) \frac{\dot{e}_{ij}}{\dot{e}_u} - \frac{1}{3} \int_0^{e_u} (1 - \beta(e_u^*)) \sigma_u(e_u^*) \rho(e_u^* - e_u^0) \frac{d^2 e_{ij}(e_u^*)}{de_u^2} de_u^* . \quad (2)$$

На основі розрахунків побудовані залежності інтенсивності напружень від інтенсивності деформацій (рис. 3).

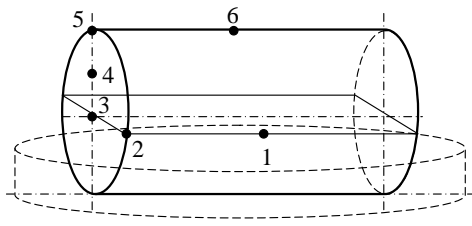


Рис. 2. Схема розташування досліджених точок на поверхні заготовки при осадці в циліндричній матриці

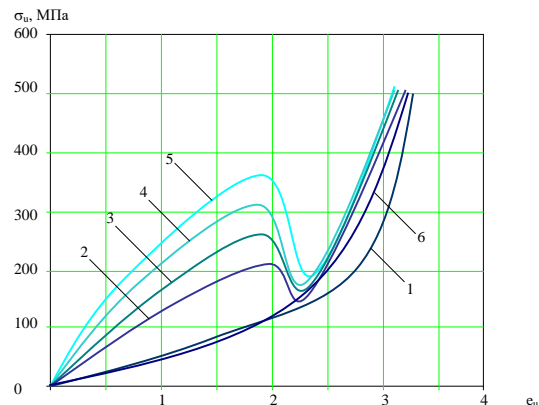


Рис. 3. Залежність інтенсивності напружень від накопиченої деформації в характерних точках на поверхні циліндричної заготовки

#### «СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ»

1. Aliiev I., Aliieva L., Grudkina N., Zhbakov I. Prediction of the variation of the form in the processes of extrusion. *Metallurgical and Mining Industry*. Dnepropetrovsk. 2011. 3. 7, pp.17–22.
2. Lin, L., Peng, W., Zhu, S., Oleksandr, M., Titov, V. Cross wedge roll bonding process for laminated shafts forming: Interface microstructure, bonding mechanism, and parameter influence. *Journal of Materials Processing Technology* [this link is disabled](#), 2023, 317, 117971.
3. N. L. Lisunets. Usage of physical and mathematical simulation for improvement of the process of metal shear cutting. *CIS Iron and Steel Review* — Vol. 17 (2019), p.34-35
6. Sivak R. Evaluation of metal plasticity and research of the mechanics of pressure treatment processes under complex loading. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. 6/7 (90), pp. 34-41.

**Сивак Роман Іванович, доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри механіки та інженерії агроєкосистем, Поліський національний університет, м. Житомир, [sivak\\_r\\_i@ukr.net](mailto:sivak_r_i@ukr.net).**

#### ASSESSMENT OF THE STRESSED AND DEFORMED STATE IN THE COMBINED PROCESS OF PRESSURE PROCESSING OF CYLINDRICAL BILLETS MADE OF ALUMINUM BAR

##### Abstract

The assessment of the stress-strain state in the combined cutting-stamping process was carried out. Since the plastic deformation is carried out in two stages, the stress deviator components at characteristic points of the workpiece were determined using the theory of anisotropically strengthened body.

**Key words:** combined process of pressure treatment, stepwise deformation, stress-strain state, anisotropically strengthened body.

**Roman Ivanovych Sivak, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mechanics and Engineering of Agroecosystems, Polissia National University, Zhytomyr, [sivak\\_r\\_i@ukr.net](mailto:sivak_r_i@ukr.net).**

#### ОЦІНКА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ В СУМІЩЕНОМУ ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ТИСКОМ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАГОТОВОК ІЗ АЛЮМІНІЄВОГО ПРУТКА

##### Анотація

Виконана оцінка напружено-деформованого стану в суміщеному процесі відрізання-штампування. Оскільки пластичне формозмінення здійснюється в два етапи, компоненти девіатора напружень в характерних точках заготовки визначали з використанням теорії анізотропно зміцнюваного тіла.

**Ключові слова:** суміщений процес обробки тиском, поетапне деформування, напружено-деформований стан, анізотропно зміцнюване тіло.

**Сивак Роман Іванович, доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри механіки та інженерії агроєкосистем, Поліський національний університет, м. Житомир, [sivak\\_r\\_i@ukr.net](mailto:sivak_r_i@ukr.net).**