

УДК 621.7.01

В. Г. Писаренко, д. т. н.; В. В. Савуляк, к. т. н., доц.; В. Є. Билічкіна

ЗРАЗКИ ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ ЛИСТОВИХ МЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЗСУВ

У статті проаналізовано вплив геометричних параметрів листових зразків для випробувань на зсув на показники напружено-деформованого стану в зоні вимірювання під час випробувань. Для забезпечення умов деформування, близьких до зсуву, запропоновано нову конструкцію листових зразків. Установлено вплив геометричних характеристик запропонованих листових зразків на величину показників напружено-деформованого стану та їхню різницю в зоні вимірювання.

Ключові слова: напруження, деформації, листовий матеріал, випробування на зсув, плоский напружений стан.

Постановка завдання

Криза ресурсів змушує виробників і споживачів більш ощадливо ставитись до їх використання, що призводить до широкого застосування ресурсощадних методів, способів і технологій обробки. Значна частка таких методів припадає на обробку металів тиском. Серед головних завдань, які розв'язують під час проектування технологічних процесів виготовлення, одним з основних є забезпечення стабільного випуску якісних виробів. Значною мірою таке завдання розв'язують за рахунок правильного підбору або розрахунку режимів обробки, які ведуть з урахуванням пластичності матеріалу. Мірилом для оцінки можливості отримання того чи іншого виробу методами пластичної деформації є критерій ψ , запропонований в роботах Губкіна, Смирнова-Аляєва, Деля, Огороднікова та інших авторів [1]. Суть цього критерію полягає в тому, що катастрофічне руйнування обов'язково настає в момент, коли $\psi = 1$, тобто в цей момент пластичність матеріалу вичерпано. Розрахунок використаного ресурсу пластичності можна проводити за формулою [2]

$$\Psi = \int_0^{e_i} n \frac{e_i^{n-1}}{e_p(\eta, \mu_\sigma)^n} de_i \leq 1, \quad (1)$$

де e_p – гранична деформація до руйнування; e_i – інтенсивність деформацій; $e_p(\eta, \mu_\sigma)$ – поверхня граничних деформацій; $n = 1 + 0,2 \arctg\left(\frac{d\eta}{de_i}\right)$ – показник, який враховує характер зміни пластичності залежно від жорсткості напруженого стану; $\eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_i}$ – жорсткість напруженого стану; $\mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}$ – вид напруженого стану.

Із виразу (1) видно, що істотний вплив на точність визначення використаного ресурсу пластичності має поверхня граничних деформацій $e_p(\eta, \mu_\sigma)$, побудована в безрозмірній системі координат: жорсткість напруженого стану η , показник виду напруженого стану (показник Надаї – Лодє) μ_σ . Згідно з методикою [2] поверхню граничних деформацій будують на основі даних, отриманих у результаті дослідів на розтягування, стиснення і кручення (зсув)

$$e_p(\eta_2, \mu_\sigma) = \frac{e_p(0,0)\exp(-b\eta_2)}{1 + \lambda_1\mu_\sigma + \lambda_2\mu_\sigma^2}, \quad (2)$$

де $\lambda_1 = \ln\left(\frac{e_p(-1,0)}{e_p(0,0)}\right)$, $\lambda_2 = \ln\left(\frac{e_p(0,1)}{e_p(0,0)}\right)$, $b = \lambda_1 - \lambda_2$ – коефіцієнти апроксимації; $e_p(0,0)$ –

гранична деформація під час випробувань на кручення (зсув); $e_p(-1,0)$ – гранична деформація під час випробувань на стиснення; $e_p(0,1)$ – гранична деформація під час випробувань на розтягування. Фактичну величину граничної деформації, визначену за результатами випробувань на кручення, уточнюють за емпіричним виразом [2], оскільки на поверхні матеріалу (у зоні фіксації значень) показники η_2 і μ_σ коливаються в межах від -0,1 до 0,1.

Із (2) слідує, що вплив точності визначення граничних зсувних деформацій на точність побудови діаграми пластичності і, відповідно, на розрахунки використаного ресурсу пластичності є вагомим.

У цій роботі проведено аналіз впливу форми та геометричних параметрів зразків для випробувань на зсув на показники напружено-деформованого стану в зоні вимірювання.

Напружено-деформований стан зразка під час випробувань на зсув

Для визначення граничної деформації кручення використовують циліндричні зразки з формою, що відповідає вимогам стандарту, а для визначення граничних деформацій на зсув для листових матеріалів геометричні параметри таких зразків не встановлені. Отже, основною метою цієї роботи є уточнення геометрії зразка для проведення випробувань на зсув листових матеріалів та виявлення її впливу на показники напружено-деформованого стану.

У роботах [2, 3] для визначення граничної деформації листового матеріалу на зсув пропонують декілька видів зразків (рис. 1).

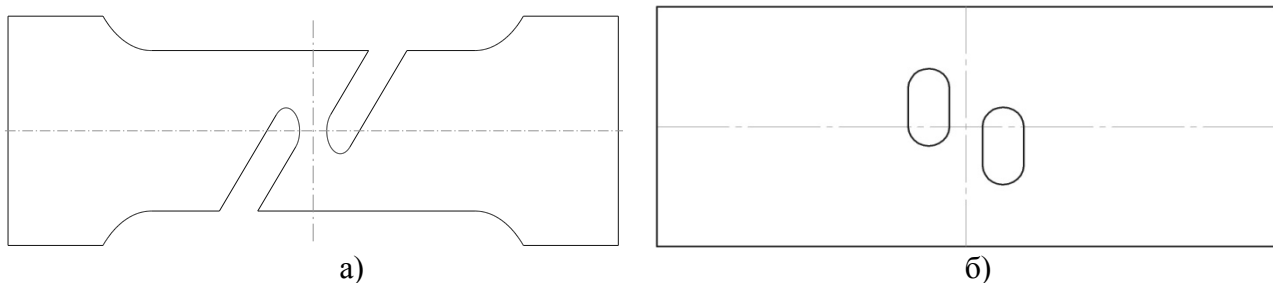


Рис. 1. Конструкції зразків для випробувань листових матеріалів на зсув:

- а) – зразок, запропонований у роботі [2];
б) – зразок, запропонований авторами цієї статті

Розглянемо механічні моделі процесу деформування зразків (рис. 2). Для зразка, відповідно до зображеної на рис. 2а схеми, робочу ділянку 1 під час випробувань на розривних машинах піддають дії не тільки зсувних навантажень, але й дії крутного моменту. У результаті дії сил розтягування робоча частина зразка перебуває у стані позацентрового розтягування, тобто відбувається не чистий зсув ділянки зразка (плоский напружений стан), а більш складний процес: зсув на ділянці 1 та одночасне її видовження, а на ділянках 2 – розтягування та згинання. За рахунок появи крутного моменту права і ліва частини зразка намагаються розвернутись таким чином, щоб перемичка 1 збігалася з напрямком руху захватного пристрою, що призводить до суттєвої відмінності напружено-деформованого стану в зоні 1 від зсуву. Це підтверджено моделюванням та натурними випробуваннями зразків (рис. 3а, 4а).

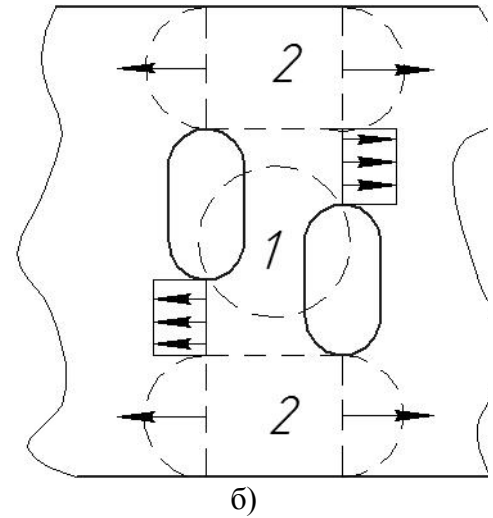
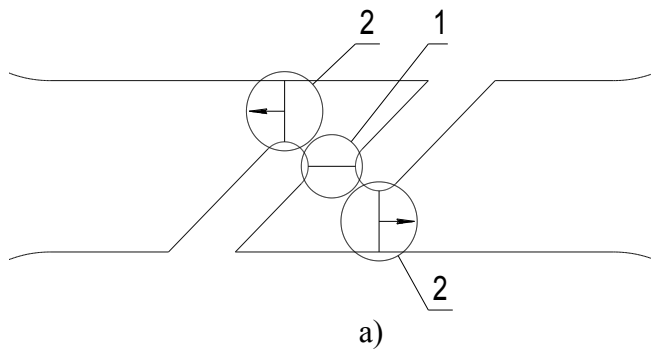
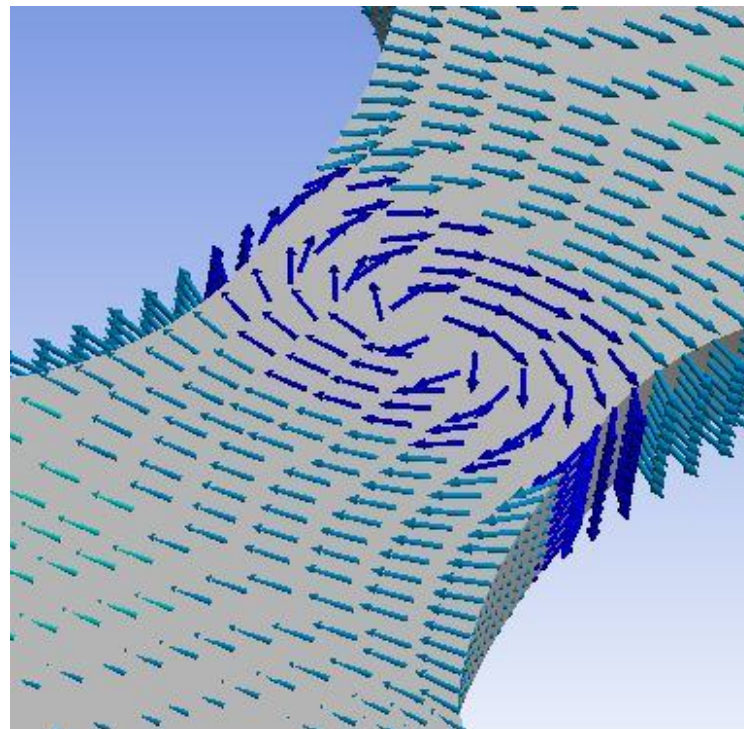
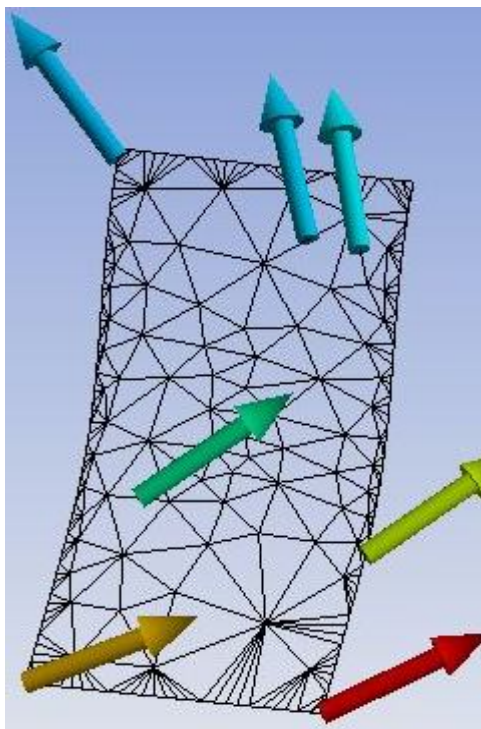


Рис. 2. Механічні моделі деформування зразків:
 а) – зразок, запропонований у роботі [2];
 б) – зразок, запропонований авторами цієї статті



а)

б)

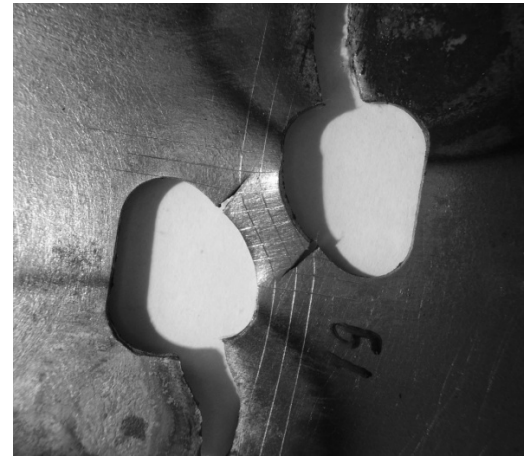
Рис. 3. Напрямки переміщень точок перемички у процесі деформування:
 а) – зразок, запропонований у роботі [2];
 б) – зразок, запропонований авторами цієї статті

На відміну від зразка *a*, у процесі деформування зразка *б* напружено-деформований стан на ділянці 1 (рис. 2б) більш близький до зсуву. Це пояснюється тим, що намагання правої і лівої частини зразка зміститись одна відносно одної компенсується за рахунок деформацій зон 2 (рис. 3б, 4б). Такого ж ефекту можна досягти за рахунок використання спеціальних напрямних, які обмежуватимуть взаємний рух половинок зразка.



а)

Рис. 4. Вигляд зразків після натурних випробувань:
а) – зразок запропонований у роботі [2];
б) – зразок запропонований авторами цієї статті



б)

Ще одним недоліком обох зразків є втрата стійкості перемички (в площині зразка) під час деформування і, як наслідок, втрата зразком площинності. Проте цього можна уникнути за рахунок додаткових накладок на зону перемички або зменшенням ширини перемички. Для зменшення ширини перемички до мінімальних значень суттєвим обмеженням є можливість ідентифікації величини зсуву за рахунок різного роду міток. Тому більш ефективним, на наш погляд, є комбінований розв'язок зменшення товщини перемички й одночасне використання додаткових накладок для фіксування переміщень у напрямку перпендикулярному до площини листа.

Отже, з урахуванням вищевикладеного, більш перспективними є зразки, представлені на рис. 1б.

З метою виявлення впливу геометричних параметрів зразка на показники напружено-деформованого стану було проведено серію імітаційних розрахунків, у яких досліджували вплив геометричних характеристик зразка, запропонованого авторам на показники напружено-деформованого стану. Для підвищення ефективності розрахунків було побудовано параметризовану модель зразка (рис. 5).

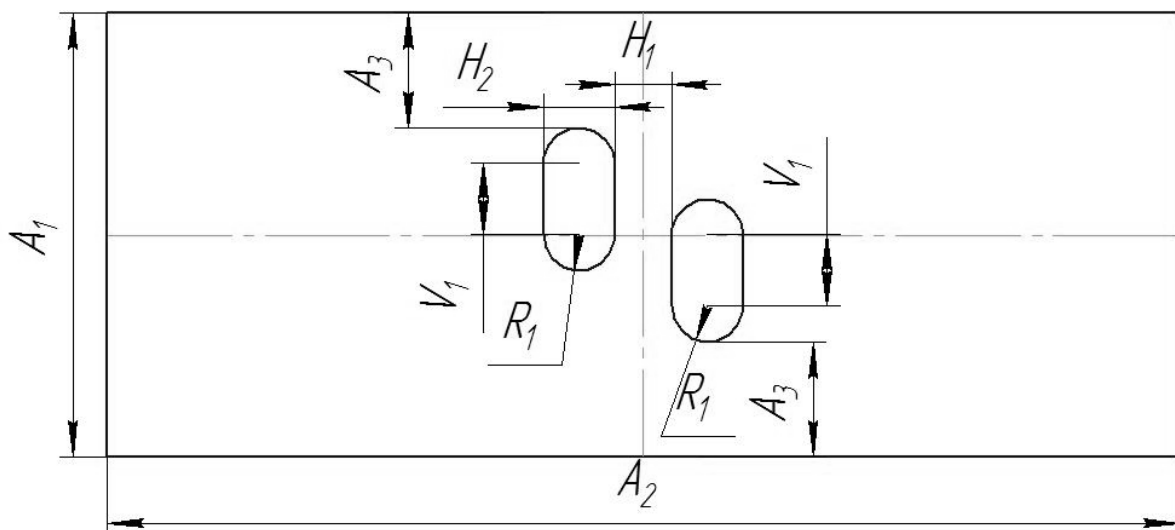


Рис. 5. Параметризована модель зразка, запропонованого авторами

У процесі вивчення впливу геометричних параметрів на показники напружено-деформованого стану виявлено, що параметри A_1 , A_2 , A_3 і H_2 не здійснюють суттєвого впливу. Отже, основний вплив чинять: R_1 – радіус заокруглення паза; H_1 – ширина перемички (робочої зони); V_1 – довжина паза. Для спрощення ідентифікації зони

вимірювання прийнято, що вимірювання проводять у зоні 1 запропонованого зразка (рис. 2б), віддаленій на 2 мм від кожного з пазів та обмеженою центральними заокругленнями пазів. У дослідженнях обмежилися зразками товщиною до 6 мм, оскільки, як показали розрахунки, для зразків із більшою товщиною напружено-деформований стан усе більше наближається до об'ємного.

В результаті розрахунків були отримані залежності показників η (показник напруженого стану) та μ_σ (показник Надаї – Лоде) від геометричних параметрів – R_1 , H_1 та V_1 . У графічному вигляді вони представлені на рис. 6 та 7.

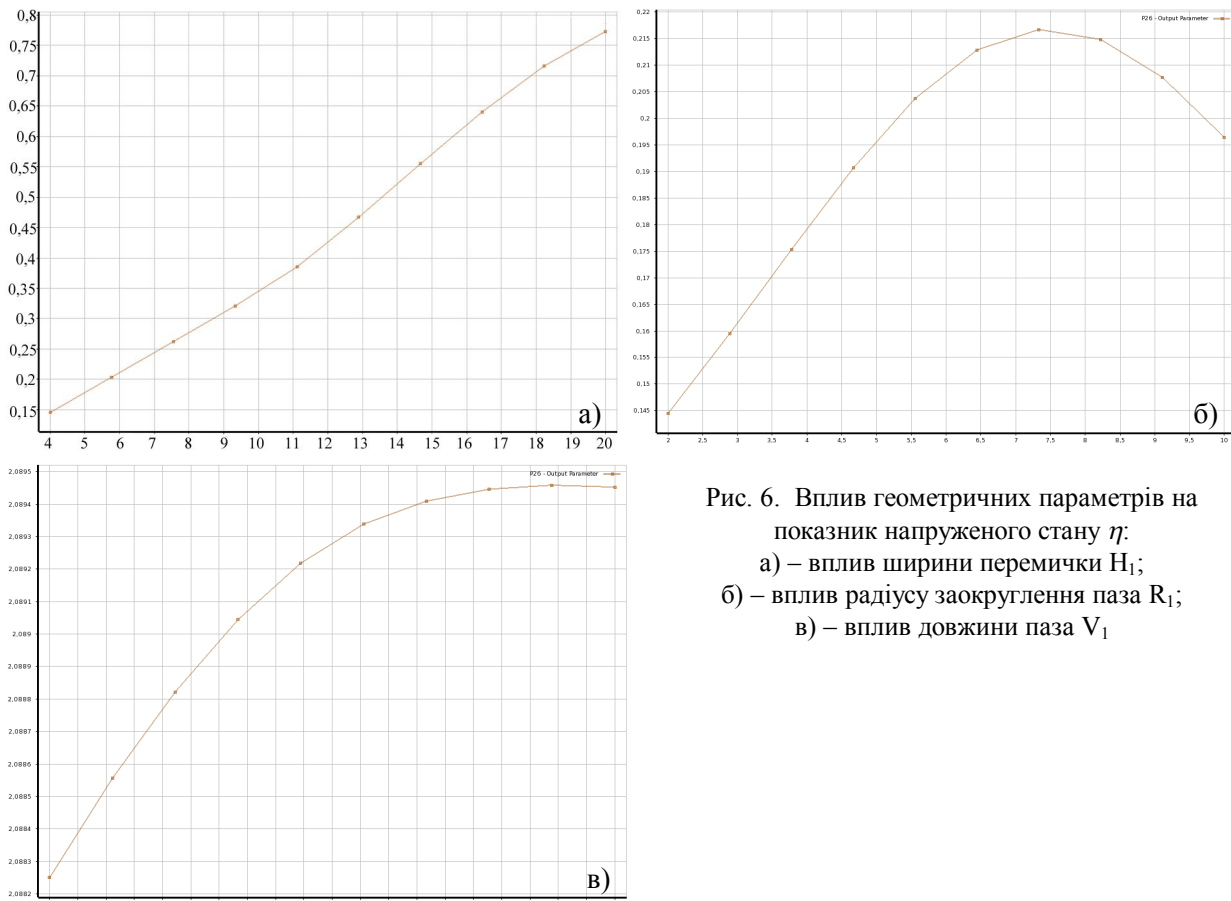


Рис. 6. Вплив геометричних параметрів на показник напруженого стану η :
 а) – вплив ширини перемички H_1 ;
 б) – вплив радіусу заокруглення паза R_1 ;
 в) – вплив довжини паза V_1

Як видно з рис. 6а та 7а збільшення ширини перемички призводить до зростання показників напружено-деформованого стану й подальшого відхилення від плоского напруженого стану.

Аналіз рис. 6б та 7б вказує, що кращими діапазонами значень є радіуси від 1 до 2,5 мм. Варто також зазначити, що зростання довжини паза (рис. 6в та 7в) до 20 мм підвищує показники напружено-деформованого стану, а подальше збільшення довжини паза на показники η та μ_σ впливу практично не має.

У результаті оптимізації розрахункових даних за цільовою функцією η для зразків з товщиною 1, 2, ... 6 мм отримано геометричні параметри і показники напружено-деформованого стану (таблиця 1).

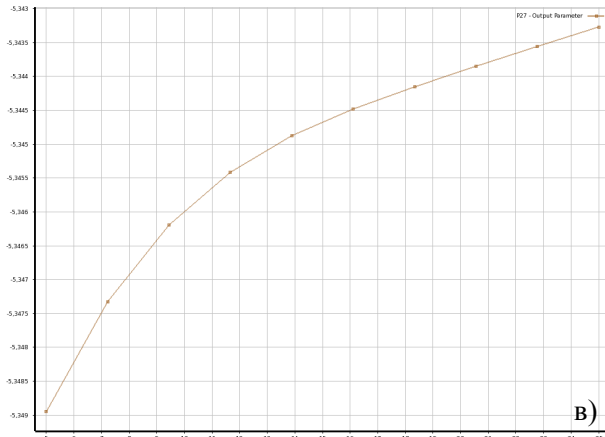
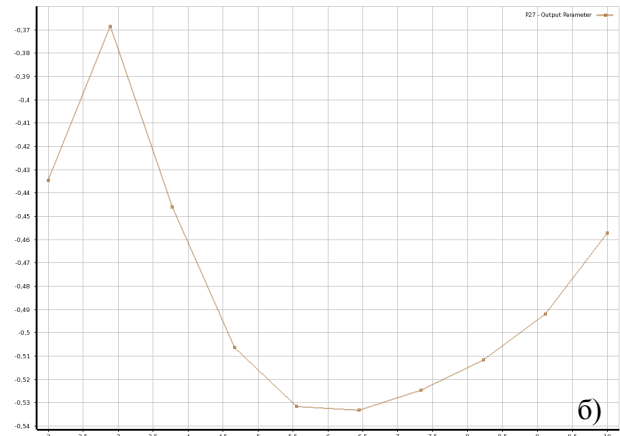
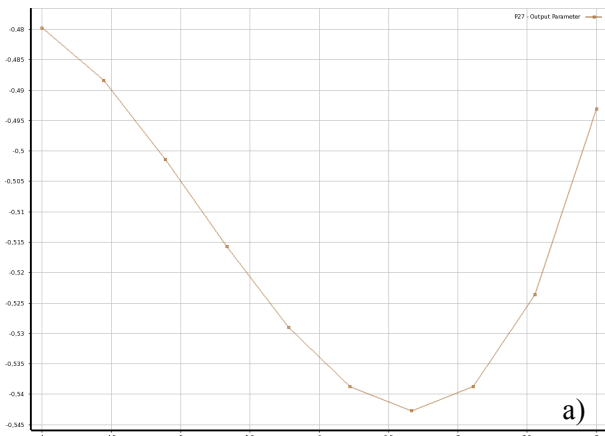


Рис. 7. Вплив геометричних параметрів на показник напруженого стану η :
 а) – вплив ширини перемички H_1 ;
 б) – вплив радіуса заокруглення паза R_1 ;
 в) – вплив довжини паза V_1

Таблиця 1

Геометричні характеристики та відповідні показники напружено-деформованого стану

Номер зразка	Довжина паза V_1 , мм	Подвійний радіус заокруглення паза R_1 , мм	Половина ширини перемички H_1 , мм	Показник η	Показник Надаї – Лоде μ_σ
1	2	3	4	5	6
Товщина зразка – 1 мм					
1	17,250	4,600	2,750	0,094	-0,428
2	15,090	4,494	2,619	0,095	-0,417
3	6,690	4,658	2,926	0,091	-0,435
1	2	3	4	5	6
Товщина зразка – 2 мм					
1	5,01	4,002	2,004	0,118	-0,358
2	16,53	4,037	2,355	0,127	-0,365
3	22,29	4,107	2,238	0,127	-0,371
Товщина зразка – 3 мм					
1	5,01	4,002	2,004	0,118	-0,357
2	16,53	4,037	2,355	0,126	-0,365
3	22,29	4,107	2,238	0,127	-0,370
Товщина зразка – 4 мм					
1	5,01	4,002	2,004	0,122	-0,371
2	22,29	4,107	2,238	0,127	-0,385
3	17,97	4,271	2,091	0,127	-0,385
Товщина зразка – 5 мм					
1	5,01	4,002	2,004	0,109	-0,350
2	22,29	4,107	2,238	0,117	-0,375
3	17,97	4,271	2,091	0,118	-0,371
Товщина зразка – 6 мм					
1	5,01	4,002	2,004	0,104	-0,323
2	16,53	4,037	2,355	0,109	-0,259
3	22,29	4,107	2,238	0,109	-0,277

Застосовуючи зразки із геометричними характеристиками, заданими в таблиці 1, та враховуючи поправку на відмінність умов деформування від плоского напруженого стану, можна отримати одну з ключових точок діаграми пластичності, що, у свою чергу, дозволяє оцінити можливості процесів пластичного деформування.

На основі аналізу результатів оптимізації, представлених в таблиці 1, видно, що доцільно проектувати зразки з шириною перемички 4 – 5 мм, радіусом заокруглення паза 2 – 2,5 мм та довжиною паза близько 5 мм.

Висновки

1. Розроблена конструкція зразків для випробувань листових матеріалів дозволяє оцінити граничну деформацію в умовах близьких до зсуву.

2. Для зменшення величини депланації зони вимірювання необхідно зменшити ширину робочої зони зразка.

3. Найкращими геометричними параметрами зразка, запропонованої конструкції, який забезпечує умови деформування близькі до зсуву, будуть: ширина перемички 4 – 5 мм, радіус заокруглення паза 2 – 2,5 мм, довжина паза – близько 5 мм.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Огородніков, В. А. Механіка процесів холодного формозмінювання з однотипними схемами механізму деформації / Огородніков В. А., Музичук В. І., Нахайчук О. В. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 179 с.

2. Огородніков, В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением / Огородніков В. А. – К.: Вища школа, 1983. – 175 с.

3. Савуляк, В. В. Холодне формування заготовок з мінімальними радіусами кривизни з важкодеформівних листових матеріалів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.03.05 «Процеси та машини обробки тиском» / В. В. Савуляк. – Вінниця, 2007. – 21 с.

Писаренко Віктор Григорович – д. т. н., начальник КНВО "ФОРТ".

Казенне науково-виробниче об'єднання "Форт".

Савуляк Віктор Валерійович – к. т. н., доцент, доцент кафедри технології та автоматизації машинобудування.

Билічкіна Вікторія Євгенівна – студент інституту машинобудування та транспорту.

Вінницький національний технічний університет.

V. G. Pisarenko, Dc. Sc. (Eng.); V. V. Savuliak, Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof.;

V. Y. Bylichkina

SPECIMENS FOR SHEAR TESTING OF SHEET METAL MATERIALS

The paper analyzes the influence of geometrical parameters of sheet specimens for shear tests in order to obtain stress-strain state indicators in the measuring zone. In order to provide close-to-shear deformation conditions, a new design of sheet specimens is proposed. The influence of geometrical characteristics of the proposed sheet specimens on the values of stress-strain state indicators has been determined as well as their difference in the measuring zone.

keywords: stress, deformations, sheet material, shear tests, plane stress state.

Problem statement

Crisis of resources leads to a more economical attitude of producers and consumers to their use, which results in wide application of the resource-saving methods, techniques and processing technologies. Plastic metal working is the most wide-spread method among them. Ensuring stable output of qualitative products is one of the main problems solved during manufacturing process design. This problem is solved mostly by an appropriate choice or design of processing modes taking into account plasticity of the material. A measure for evaluating the possibility to obtain this or that product by plastic deformation methods is criterion Ψ proposed in the works of Gubkin, Smirnov, Aliayev, Ogorodnikov, Del and other authors [1]. The essence of this criterion consists in the fact that catastrophic failure necessarily occurs at the moment when $\Psi = 1$, i.e. at the moment when metal plasticity is exhausted. Calculation of the used plasticity resource could be performed by the formula [2]

$$\Psi = \int_0^{e_i} n \frac{e_i^{n-1}}{e_p(\eta, \mu_\sigma)^n} de_i \leq 1, \quad (1)$$

where e_p – ultimate strain before failure occurs; e_i – deformation intensity; $e_p(\eta, \mu_\sigma)$ – ultimate strain surface; $n = 1 + 0,2 \arctg\left(\frac{d\eta}{de_i}\right)$ – indicator that takes into account the character of plasticity

variation depending on the stiffness of the stressed state; $\eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_i}$ – stiffness of the stressed

state; $\mu_\sigma = \frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}$ – type of the stressed state.

From expression (1) it is evident that the accuracy of the used plasticity resource estimation is considerably influenced by the ultimate strain surface $e_p(\eta, \mu_\sigma)$ constructed in dimensionless coordinates – stiffness of the stressed state η ; indicator of the type of stressed state μ_σ (Nadai-Lode parameter). In accordance with procedure [2], ultimate strain surface is constructed on the basis of data obtained from tensile, compression and torsion (shear) tests:

$$e_p(\eta_2, \mu_\sigma) = \frac{e_p(0,0) \exp(-b\eta_2)}{1 + \lambda_1 \mu_\sigma + \lambda_2 \mu_\sigma^2}, \quad (2)$$

where $\lambda_1 = \ln\left(\frac{e_p(-1,0)}{e_p(0,0)}\right)$, $\lambda_2 = \ln\left(\frac{e_p(0,1)}{e_p(0,0)}\right)$, $b = \lambda_1 - \lambda_2$ – approximation coefficients; $e_p(0,0)$ –

ultimate strain during torsion (shear) tests; $e_p(-1,0)$ – ultimate strain during compression tests; $e_p(0,1)$ – ultimate strain during tensile tests. Actual value of ultimate strain, determined on the results of torsion tests, is refined by empirical expression [2] since on the surface of the material (in the value fixation zone) parameters η_2 and μ_σ vary in the range from -0,1 to 0,1.

From (2) it follows that the accuracy of ultimate shear strain estimation has significant influence on the accuracy of plasticity diagram construction and, therefore, on the calculation of the used plasticity resource.

In the paper the influence of the form and geometrical parameters of the specimens for shear tests on the stress-strain indicators in the measuring zone is analyzed.

Stress-strain state of the specimen during shear tests

In order to determine ultimate torsion strain, cylindrical specimens with the form that corresponds to the requirements of the Standard are used. As to ultimate shear strain estimation for sheet materials, geometrical parameters of such specimens have not been determined. Therefore, the main purpose of this work is to refine geometry of the specimen for shear testing of the sheets and to reveal its influence on the stress-strain state indicators.

In a number of works [2, 3] several types of specimens are proposed (Fig. 1).

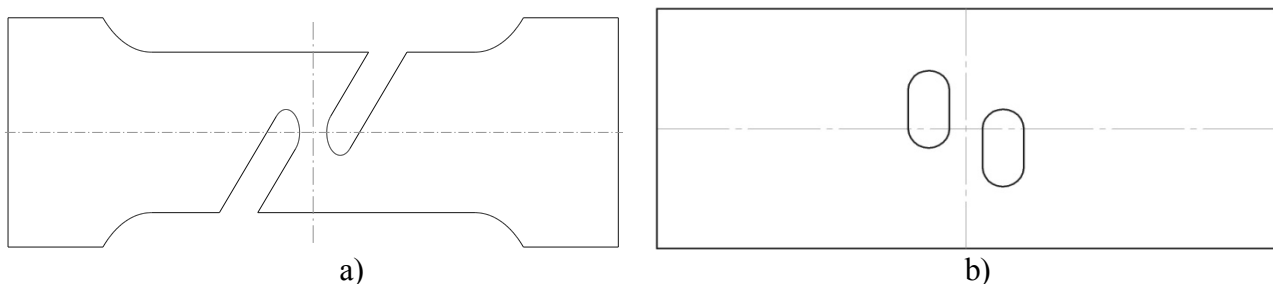
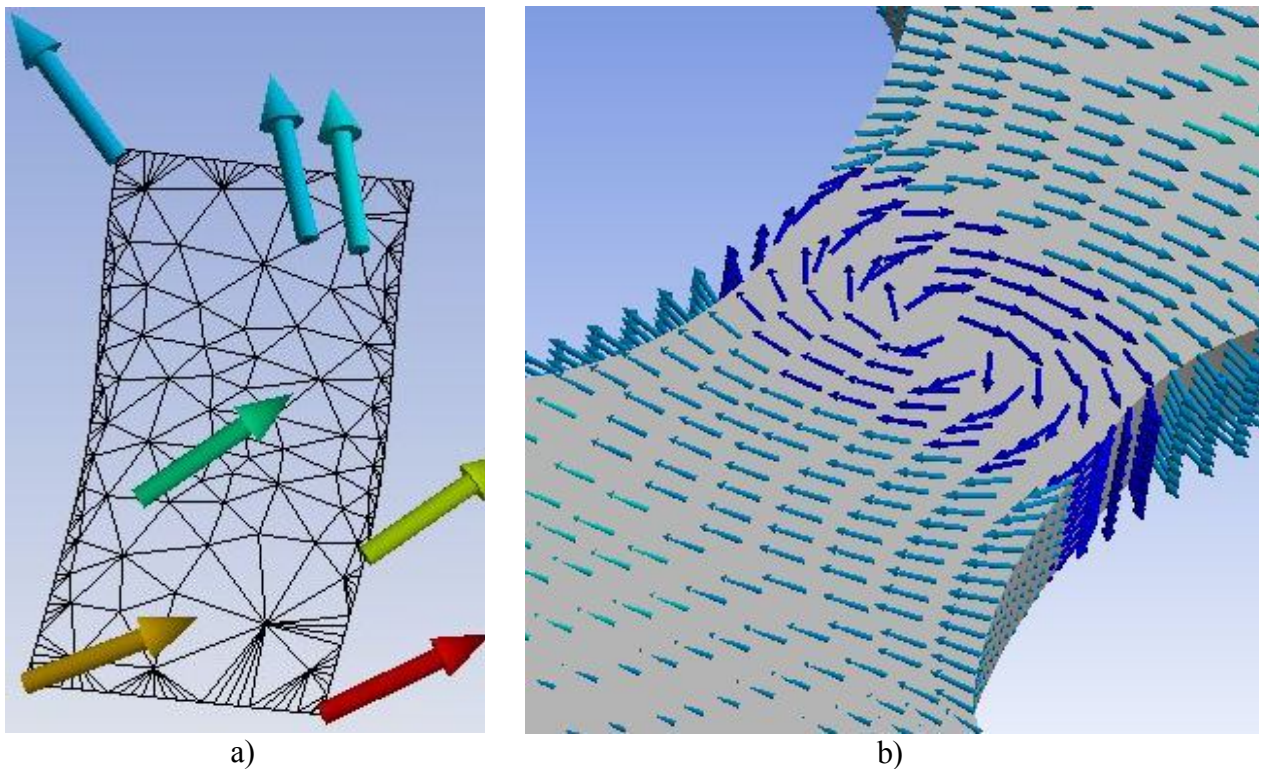
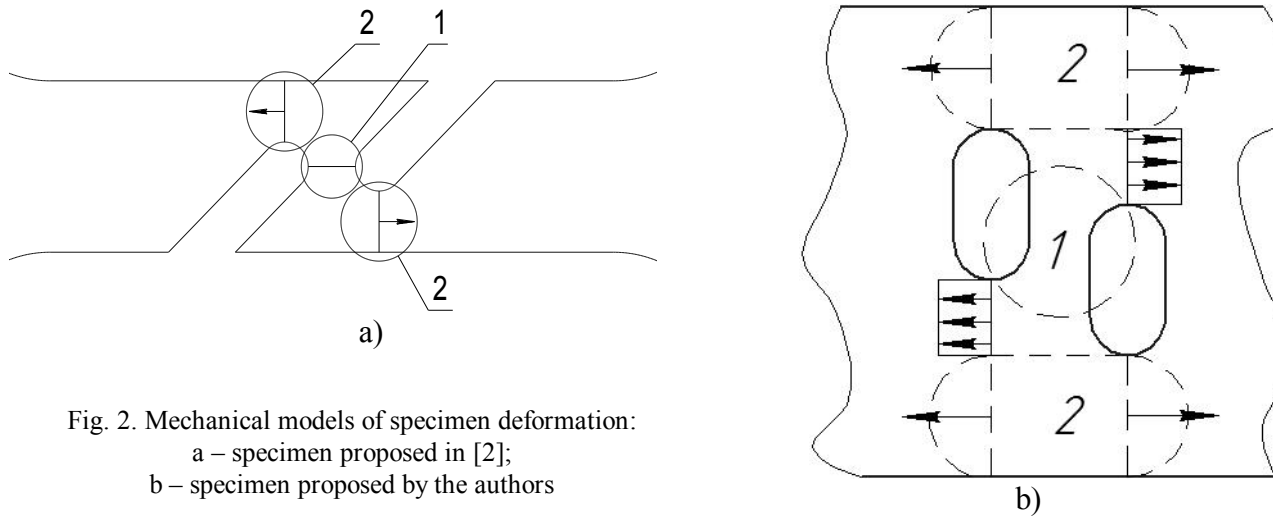
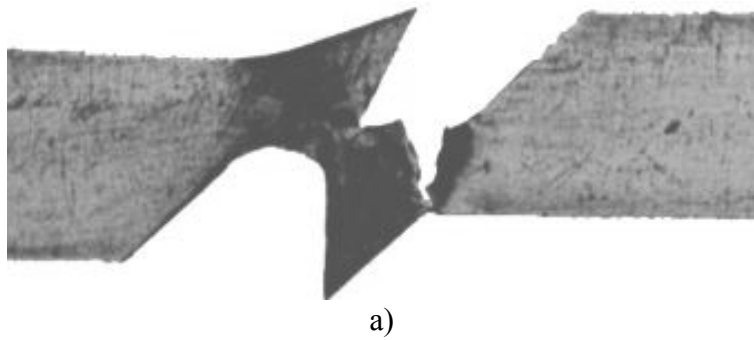


Fig. 1. Design of the specimens for shear testing of sheet materials:
 a) – specimen proposed in [2];
 b) – specimen proposed by the authors

Let us consider mechanical models of the specimen deformation process (Fig. 2). During tests of the specimen, shown in Fig 2a), on the tensile testing machine working area 1 is subjected not only to the action of slide loads but also to the action of torque. Under the influence of tensile forces working part of the specimen is in the state of eccentric tension, i.e. not only a simple shear of the specimen area occurs (plane stress), but a more complex process is observed: shear in area 1 with its simultaneous elongation, while in section 2 tension and bending occurs. Due to the torque, right and left parts of the specimen are trying to turn so that the bridge would coincide with the direction of the gripper motion, which leads to considerable difference of stress-strain state in zone 1 from that of shear. This is confirmed by modeling and full-scale tests of the specimens (Fig. 3a, 4a).

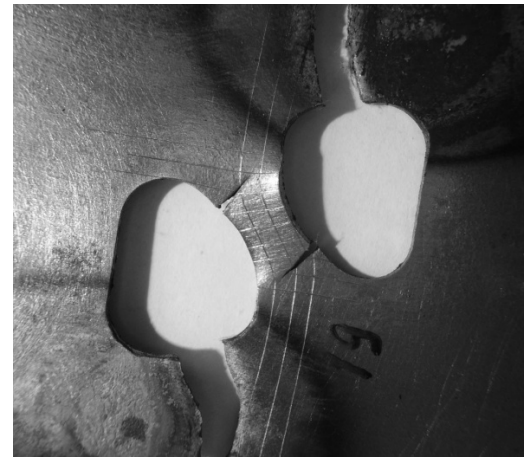


As different from specimen *a*, during specimen *b* deformation process stress-strain state in region 1 (Fig 2b) is more close to that of shear. This is explained by the fact that efforts of the right and left parts of the specimen to shift in relation to each other are compensated by deformations of zones 2 (Fig. 3b, 4b). The same effect could be achieved by the application of special guides that will limit the mutual motion of the specimen halves.



a)

Fig. 4. View of the specimens after full-scale tests:
 a – specimen proposed in [2];
 b – specimen proposed by the authors



b)

Another drawback of both specimens is the loss of the bridge stability (in the specimen plane) during deformation and, consequently, loss of the specimen flatness. However, this could be avoided by application of additional plates on the bridge zone or by reduction of the bridge width. In reducing the bridge width to the minimal values there is an essential limitation in the possibility of the shift identification by different types of marks. So, to our mind, the following combined solution will be a more effective one: reduction of the bridge thickness with simultaneous application of additional plates for fixing displacements in the direction perpendicular to the sheet surface.

Thus, taking the above-mentioned into account, specimens presented in Fig. 1b are more preferable.

In order to reveal the influence of the specimen geometrical parameters on the stress-strain state indicators, a series of simulation calculations was performed for studying the influence of geometrical characteristics of the specimen, proposed by the authors, on the stress-strain state indicators. For increasing the efficiency of calculations a parameterized model of the specimen was built (Fig. 5).

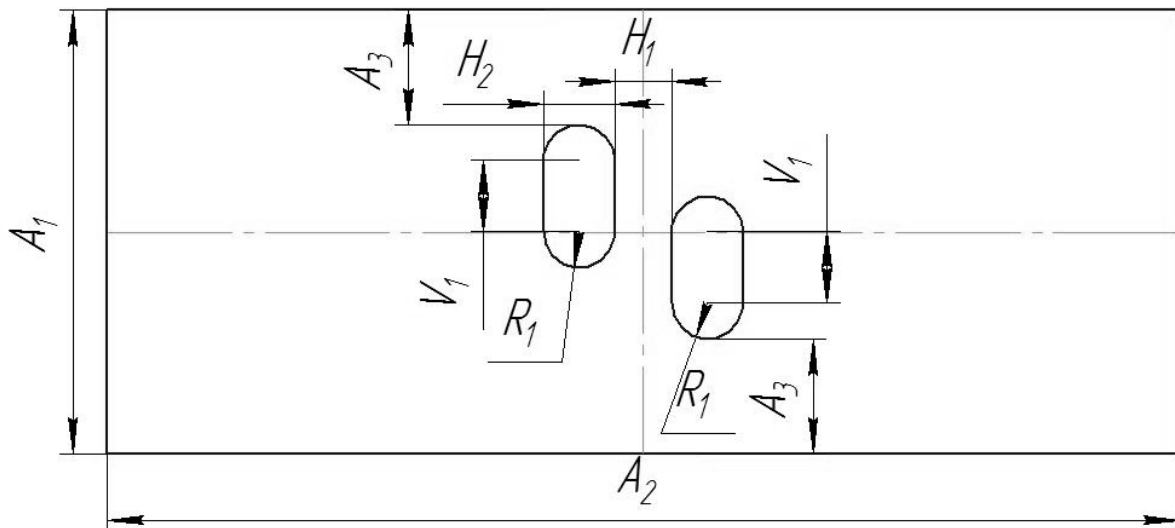


Fig. 5. A parameterized model of the specimen proposed by the authors

While studying the influence of geometrical parameters on stress-strain state indicators, it was determined that parameters A_1 , A_2 , A_3 and H_2 do not have any significant influence. Thus, the most influential parameters are: R_1 – radius of the slot curvature; H_1 – width of the bridge (of the working zone); V_1 – the slot length. To simplify identification of the measuring zone, it was assumed that measurements are performed in zone 1 of the proposed specimen that is at the distance of 2 mm from each of the slots and is limited by central curvatures of the slots. The studies were limited to

the use of specimens with the thickness up to 6 mm since, as the calculations have shown, for specimens with greater thickness stress-strain state approaches volumetric deformation.

As a result of calculations, dependencies of parameters η (stress-strain state indicator) and $\mu\sigma$ (parameter of Nadai – Lode) on the geometrical parameters R1, H1 and V1 have been obtained. Graphically, they are presented in Fig. 6 and 7.

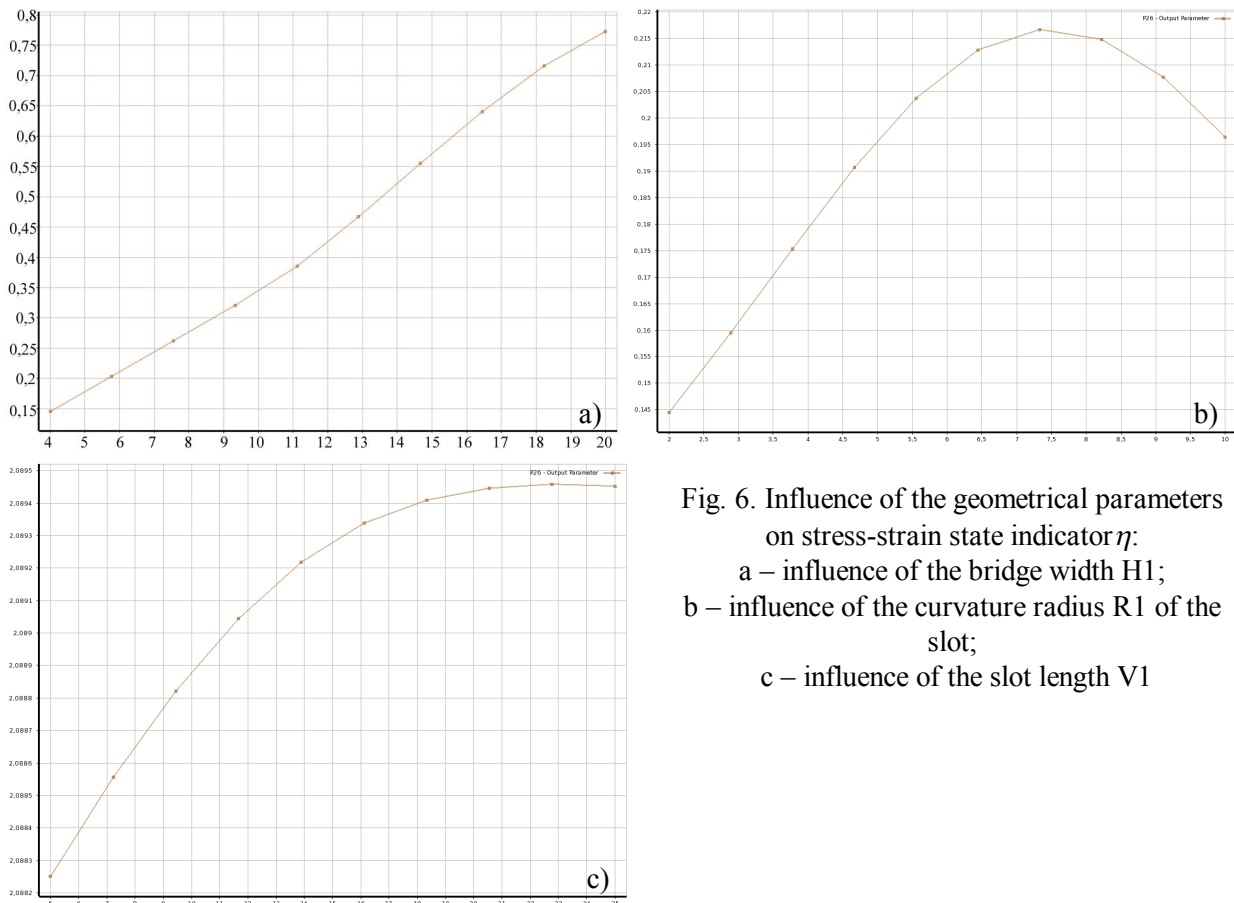


Fig. 6. Influence of the geometrical parameters on stress-strain state indicator η :
 a – influence of the bridge width H1;
 b – influence of the curvature radius R1 of the slot;
 c – influence of the slot length V1

As it is evident from Fig. 6a and 7a, increase of the bridge width leads to the growth of stress-strain state indicators and further deviation from the flat stress state.

Analysis of Fig. 6b and 7b shows that the best radius value ranges from 1 to 2,5 mm. It should be also noted that growth of the slot length (Fig. 6c and 7c) to 20mm increases the stress-strain state indicators while further increase of the slot length has practically no influence on parameters η and $\mu\sigma$.

As a result of calculation data optimization by target function η , for specimens with thickness 1, 2, ... 6 mm geometrical parameters and stress-strain state indicators have been obtained. (Table 1).

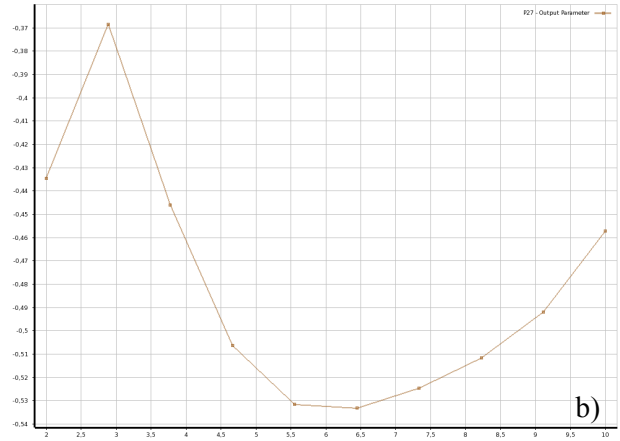
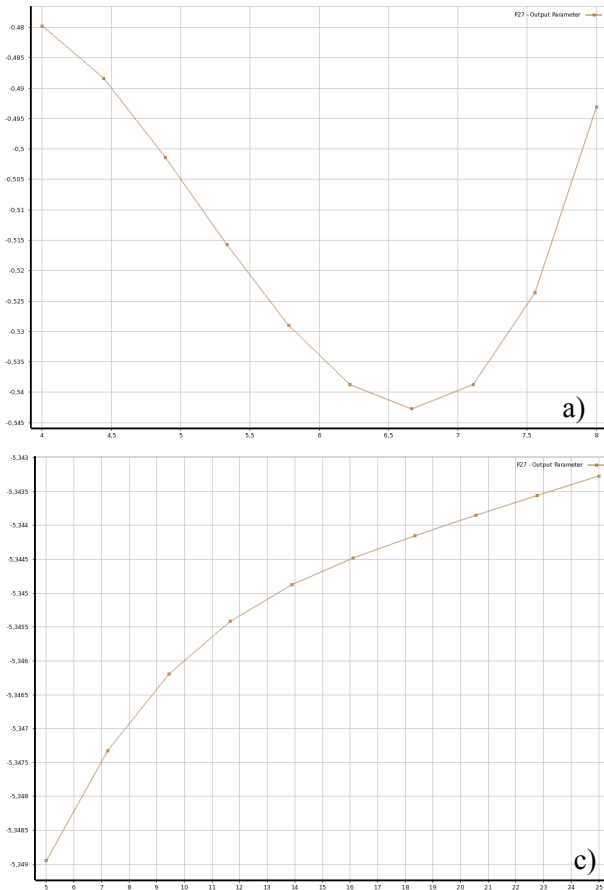


Fig. 7. Influence of the geometrical parameters on stress-strain parameter η :
 a – influence of the bridge width H1;
 d – influence of the slot curvature radius R1;
 c – influence of the slot length V1

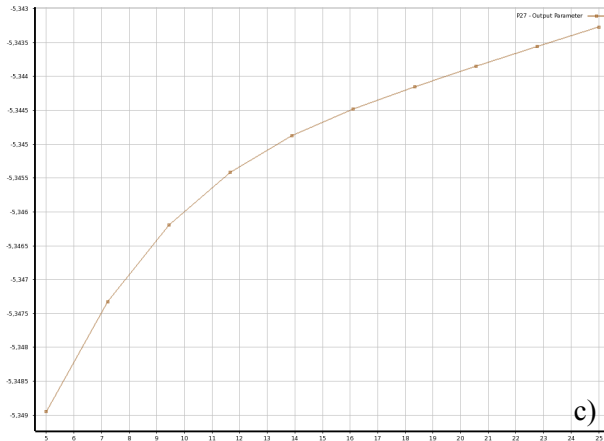


Table 1

Geometrical characteristics and respective stress-strain state indicators

Number of the specimen	Slot length V_1 , mm	Double radius of the slot curvature R1, mm	Half-length of the bridge H1, mm	Indicator η	Nadai-Lode parameter μ_σ
1	2	3	4	5	6
Specimen thickness 1 mm					
1	17,250	4,600	2,750	0,094	-0,428
2	15,090	4,494	2,619	0,095	-0,417
3	6,690	4,658	2,926	0,091	-0,435
1	2	3	4	5	6
Specimen thickness 2 mm					
1	5,01	4,002	2,004	0,118	-0,358
2	16,53	4,037	2,355	0,127	-0,365
3	22,29	4,107	2,238	0,127	-0,371
Specimen thickness 3 mm					
1	5,01	4,002	2,004	0,118	-0,357
2	16,53	4,037	2,355	0,126	-0,365
3	22,29	4,107	2,238	0,127	-0,370
Specimen thickness 4 mm					
1	5,01	4,002	2,004	0,122	-0,371
2	22,29	4,107	2,238	0,127	-0,385
3	17,97	4,271	2,091	0,127	-0,385
Specimen thickness 5 mm					
1	5,01	4,002	2,004	0,109	-0,350
2	22,29	4,107	2,238	0,117	-0,375
3	17,97	4,271	2,091	0,118	-0,371
Specimen thickness 6 mm					
1	5,01	4,002	2,004	0,104	-0,323
2	16,53	4,037	2,355	0,109	-0,259
3	22,29	4,107	2,238	0,109	-0,277

Using the specimens given in Table 1 and taking into account the correction for the difference in the conditions of deformation from plane stress state, one of the key points of the plasticity diagram can be obtained. This, in its turn, makes it possible to assess the capabilities of plastic deformation processes. Analysis of the optimization results, presented in Table 1, shows that it is expedient to design specimens with the bridge width of 4 – 5 mm, slot curvature radius of 2 – 2,5 mm and the slot length of 5 mm.

Conclusions

1. The developed design of specimens for testing sheet materials enables ultimate strain estimation in close-to-shear conditions.
2. In order to reduce the value of measuring zone warp, the width of the specimen working zone should be reduced.
3. The following geometrical parameters of the specimen of the proposed design will be the best for providing close-to-shear deformation conditions: width of the bridge 4 – 5 mm, the slot curvature radius 2 - 2,5 mm, the slot length of about 5 mm.

REFERENCES

1. Огородников, В. А. Механика процессов холодного формоизменения с однотипными схемами механизма деформации: [текст] / В. А. Огородников, В. І. Музичук, О. В. Нахайчук. – Винница: УНІВЕРСУМ-Винница, 2007. – 179 с.
2. Огородников, В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением: [текст] / В. А. Огородников. – К.: Высшая школа, 1983. – 175 с.
3. Савуляк, В. В. Холодное формование заготовок с минимальными радиусами кривизны важкодеформивних листовых материалов [текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.05 / Савуляк Виктор Валерьевич. Винница, 2007. - 21 с.

Pisarenko Viktor – Dc. Sc. (Eng.), Head of SSPA “Fort”
State-owned Scientific and Production Association "Fort".

Savuliak Vixtor – Cand. Sc. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Manufacturing Engineering and Automation.

Bylichkina Victoria – Student.
Vinnytsia National Technical University.