

В. А. Огородніков
Т. Ф. Архіпова
В. А. Макаров
С. І. Сухоруков

ШТАМПОВКА ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВОК ТА СТВОРЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

В статті розглянуто спосіб штампування листових заготовок, який забезпечує змінну жорсткість конструкційного матеріалу заготовки. Заздалегідь визначена жорсткість дозволяє покращити параметри пасивної безпеки елементів конструкції транспортного засобу. Керовану технологічну спадковість заготовки пропонується отримати за допомогою електрогідроімпульсного штампування елементів конструкції транспортних засобів. Для оцінки пластичності попередньо zdeформованого металу використана методика, заснована на тензорному описі накопичення пошкоджень в умовах холодного пластичного деформування. Методика дозволяє при відомих механічних характеристиках, а також при відомих діаграмах пластичності, оцінювати пластичність попередньо деформованих заготовок при будь-якому вигляді напруженого стану.

Пропонується технологія, яка дозволяє створювати безпечні конструкції, що забезпечують в результаті дорожньо-транспортних пригод максимальний захист водія і пасажирів. Це досягається створенням конструкцій, міцність і жорсткість яких керована і прогнозована. Така керованість міцності і жорсткості забезпечується технологічними параметрами штампування. Параметри технології створюють «пам'ять матеріалу», яка забезпечує необхідну міцність і жорсткість.

Створення безпечних конструкцій ґрунтується на принципово новій моделі дослідження процесів зіткнення транспортних засобів, а саме: кожна конкретна дорожньо-транспортна пригода розглядається, як унікальний експериментальний матеріал, який використовуються для проведення досліджень процесу зіткнення транспортних засобів.

При такому підході будь-яке ДТП можна розглядати як комплексне випробування транспортного засобу з реалізації ударного навантаження в реальних умовах конкретного зіткнення, тобто в умовах його натурального випробування. Тоді для визначення величин швидкостей руху транспортних засобів при їх зіткненні можна використовувати модель дослідження, яка в англійській інтерпретації записується як «full-scale test», тобто повномасштабне або натурне випробування.

В статті запропоновано використовувати експериментально-розрахунковий метод дослідження механічних властивостей листових матеріалів, з яких виготовлені елементи конструкції транспортного засобу. Цей метод дає можливість визначати енергію деформації, яку поглинули елементи конструкції транспортного засобу при дорожньо-транспортній пригоді, за зміною твердості цих елементів після зіткнення.

Ключові слова: технологічна спадковість, енергія деформації, безпечні конструкції, «пам'ять матеріалу», повномасштабні дослідження

Вступ

Зростаюча інтенсивність експлуатації автотранспортних засобів і суттєве зростання їх числа супроводжується все більшим масштабом негативних впливів. До числа найбільш негативних чинників, обумовлених автомобілізацією, відносяться дорожньо-транспортні пригоди [1].

Одним з напрямів розвитку сучасного автомобілебудування є підвищення пасивної безпеки автомобіля. Пасивна безпека проявляється в період, коли водій, незважаючи на вжиті заходи безпеки, не може змінити характер руху автомобіля [2] і запобігти дорожньо-транспортній пригоді (ДТП).

Для підвищення пасивної безпеки транспортних засобів авторами роботи [3] пропонується встановлювати зовнішню підковоподібну подушку безпеки, яка при необхідності надувається із під капоту. Така подушка надає передній частині автомобіля велику податливість і перекидає собою частину поверхні скла, механізм склоочисників і стійок даху. Подушка досить ефективна для зниження наслідків наїздів при швидкостях до 40 км/год., але при швидкостях, що перевищують 50–60 км/год., зона удару переміщується вгору і підковоподібна подушка стає практично марною. В цьому випадку подушка безпеки є зовнішнім елементом пасивної безпеки, що не зменшує ймовірність отримання травм водієм і пасажирами транспортного засобу під час дорожньо-транспортної пригоди.

У більшості випадків ДТП супроводжується ударом автомобіля об перешкоду або зіткненням двох і більше автомобілів. Автомобіль при наїзді на нерухому перешкоду має високу кінетичну енергію

удару. Вся ця енергія повинна розсіятися в частки секунди. Як правило, ця енергія перетворюється в роботу деформації кузова автомобіля і його вузлів.

Сучасні вимоги до пасивної безпеки транспортного засобу можуть бути сформульовані таким чином: деформації передньої і задньої частин кузова при зіткненні повинні забезпечувати допустимий рівень уповільнення; жорсткість салону повинна бути такою, щоб зберегти зону життєзабезпечення, тобто зберегти мінімально необхідний простір, в межах якого унеможлиблюється здавлювання тіла людини, що знаходиться всередині кузова [4].

До внутрішньої пасивної безпеки автомобіля пред'являються дві основні вимоги: створення умов, при яких людина могла б безпечно витримати значні перевантаження, що виникають під дією негативного прискорення; виключення травмонезабезпечених елементів всередині кузова (кабіни) [5].

На даний момент основним напрямком є розробка каркасів, в яких об'єм кабін (салону) залишився б неушкодженим, оточеним найжорсткішим «корпусом», в той час як передня і задня частина транспортного засобу були б здатні зім'ятись прогресивно при поглинанні енергії зіткнення.

З точки зору пасивної безпеки кузов сучасного автомобіля складається з двох елементів: високоміцний салон і зона програмованої деформації, для гасіння енергії удару. При розробці заходів щодо поліпшення пасивної безпеки при найбільш частому і небезпечному за наслідками лобовому ударі головним завданням є розподілення сили удару на всю силову структуру кузова і спроба розтягнути в часі процес деформації кузова.

В роботі [6] наведено аналіз результатів фронтального зіткнення після випробування за методикою EuroNCAP – Європейська програма оцінки нових автомобілів. Було оцінено вплив елементів пасивної безпеки на отримані травми. Показано, що в усіх проведених випробуваннях найбільший вплив на безпеку водія і пасажирів має надійність конструкції рами і зон деформування.

Один з основних методів, що забезпечує руйнування елементів конструкції рами транспортного засобу, є поздовжнє складання. Через розташування структурних міток руйнування стійок завжди починається в потрібному місці, таким чином, максимально гарантуючи, що руйнування буде точно таким, як розраховано на стадії проектування.

При вивченні процесів деформування і руйнування автомобілів в умовах ударного навантаження нас буде цікавити оцінка частки енергії удару, яка сприймається конструкцією (а, отже, не передається пасажирів) і визначення характеру руйнування (наприклад, стійкам між дверима автомобіля дозволяється зруйнуватися при бічному ударі або внизу, або вгорі, але вона не повинна руйнуватися в середині її висоти).

В роботах зарубіжних вчених, що займаються проблемами руйнування елементів конструкцій транспортних засобів, особливу увагу приділено оцінці пластичності деформованого металу при дорожньо-транспортних подіях. Німецька фірма «Matfem» (Німеччина, Мюнхен) розробляє програмне забезпечення аварійного руйнування транспортного засобу (комп'ютерне моделювання аварій) з метою прогнозування очікуваних ушкоджень, при відомій швидкості руху автотранспортного засобу перед ударом [7], [8].

Сучасні комп'ютерні моделі аварій повинні бути орієнтовані на складні історії деформування, оскільки при моделюванні аварій доводиться описувати двоступеневий процес – статичне деформування при операціях штампування і подальше динамічне деформування при ударі.

Стрімкого розвитку набули енергетичні методи реконструкції ДТП, які засновані на аналізі процесу удару і принципі еквівалентності кількості кінетичної енергії транспортних засобів до ДТП і кількості потенційної енергії деформації і руйнування, яка залишилася в ушкодженому автомобілі і дорожніх спорудах [9], [10]. Ці методи дозволяють встановити історію зміни швидкостей, положень, енергію деформації (навантаження, які сприймали водій, пасажирів або пішоходи).

Враховуючи зазначене вище, метою дослідження є створення технологічної спадковості матеріалу заготовки, який дозволяє підвищити пасивну безпеку транспортного засобу.

Результати дослідження

Для створення керованої технологічної спадковості елементів конструкції транспортного засобу пропонується технологія, яка дозволяє створювати такі безпечні конструкції, які забезпечують в результаті дорожньо-транспортних пригод максимальний захист водію і пасажирів. Це забезпечується використанням раціональних технологічними параметрами штампування. Такий керований технологічний процес виготовлення елементів конструкції транспортного засобу створює «пам'ять матеріалу», яка забезпечує необхідну міцність і жорсткість.

Необхідна технологічна спадковість може бути забезпечена штампуванням елементів конструкції транспортного засобу на електрогідравлічному пресі ПЕГ-ХАІ-500. На рис. 1 показано розміщення

порожнин багатощарового розрядного блока. На розрядні елементи, що розміщені в порожнинах багатоелектродного розрядного блока в певній послідовності, подається напруга, в результаті чого вивільняється енергія, яка за допомогою робочої рідини (води) передається до штампованої заготовки.

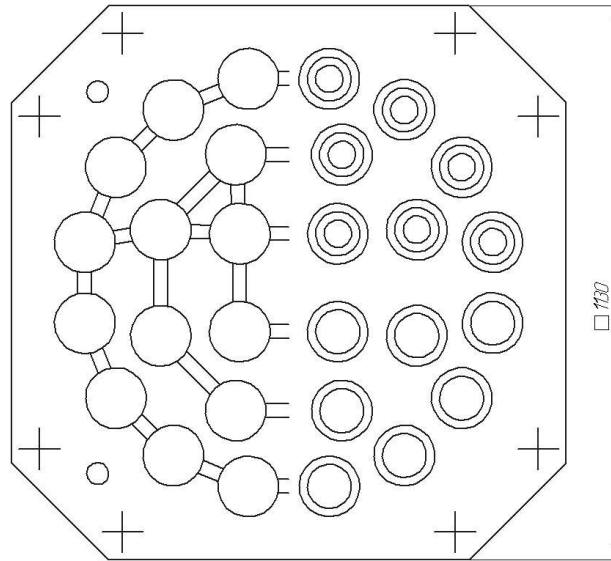


Рис. 1. Робочий варіант розміщення порожнин багатоелектродного розрядного блока

Для дослідження напружено-деформованого стану при електрогідроімпульсному штампуванні, наприклад, даху автомобіля (рис. 2), використано метод твердості [11].

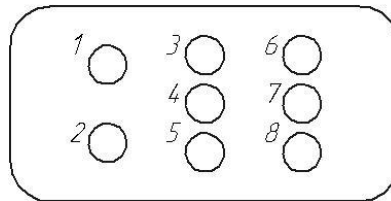


Рис. 2. Схема даху мікроавтобуса з розташуванням місць сидіння водія і пасажирів

В результаті досліджень встановлено, що розподіл інтенсивності напружень в вузлах ділильної координатної сітки становлять основні параметри технологічної спадковості. Ці параметри залежать від послідовності прикладання електричних розрядів, їх координат в багатоелектродному розрядному блоці і величини напружень, які подаються.

При штампуванні даху мікроавтобуса необхідно технологічно забезпечити мінімальні переміщення ділянок, які при аварії забезпечать безпечний простір пасажиром.

Для оцінки пластичності попередньо здеформованого металу використано методику, засновану на тензорному описі накопичення пошкоджень в умовах холодного пластичного деформування. Методика дозволяє при відомих механічних характеристиках, а також при відомих діаграмах пластичності оцінювати пластичність попередньо деформованих заготовок при будь-якому вигляді напруженого стану [12], [13].

Оскільки процес прогину елементів даху над головами водія і пасажирів за схемою деформування близький до схеми прогину круглих пластин, затиснених по контуру, в роботі [12] розроблені розрахункові співвідношення для визначення граничного зусилля, а також розподіленого навантаження в залежності від величини прогину, товщини металу і його механічних характеристик. Також проаналізовано процес деформування квадратних тонколистових пластин, затиснених по контуру. При цьому наявність затиснених кутів в заготовці обмежує можливість застосування цієї методики для аналізу поведінки листових матеріалів при деформації.

Для оцінки впливу зусилля деформації та товщини листового матеріалу на зміну твердості заготовок під час формозміни були проведені експериментальні дослідження. Дослідження проводили на листових зразках у вигляді круглих пластин зі сталі 08 кп, діаметром $\varnothing 100$ мм. Досліджувались листові заготовки з товщиною 1 мм, 1,5 мм, 2 мм та 2,5 мм. Під час дослідження листові заготовки

затискалась по контуру. Такий вид закріплення дає можливість вимірювати твердість листових заготовок після деформування в умовах консольного провисання пластин, або при наявності жорсткої опори. Перед проведення експерименту вимірювали початкову твердість листових заготовок. Під час проведення експерименту кожна листова заготовка, затиснена по контуру, деформувалася жорстким циліндричним пуансоном до різних ступенів деформацій. Після деформування вимірювали твердість пластин по вузлах ділільної сітки нанесеної на поверхню заготовки.

Схему навантаження листових заготовок показано на рис. 3.

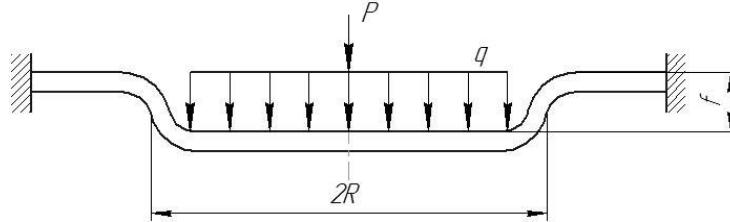


Рис. 3. Схема деформування листової заготовки циліндричним пуансоном

Для оцінки величини граничних навантажень, що припадають на одиницю площі листової заготовки, були використані такі залежності:

$$P_{np} = \frac{\beta \sigma_u t^2 \pi}{4}; \tag{1}$$

$$q_{np} = \frac{\beta \sigma_u t^2}{4R^2}, \tag{2}$$

де R – радіус заготовки; σ_u – інтенсивність напружень:

$$\sigma_u = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}; \tag{3}$$

ε_u – інтенсивність деформації:

$$\varepsilon_u = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2}; \tag{4}$$

β – коефіцієнт пропорційності, є функцією товщини пластини (рис. 4).

Створення безпечних конструкцій засноване на принципово новій моделі дослідження процесів зіткнення транспортних засобів. Кожна дорожньо-транспортна пригода розглядається, як унікальний експериментальний матеріал, який використовуються для проведення досліджень процесу зіткнення транспортних засобів і аналізу процесу утворення пошкоджень елементів конструкції. Тобто проводиться аналіз ударного навантаження на елементи конструкції в реальних умовах зіткнення транспортного засобу, тобто в умовах його натурального випробування.

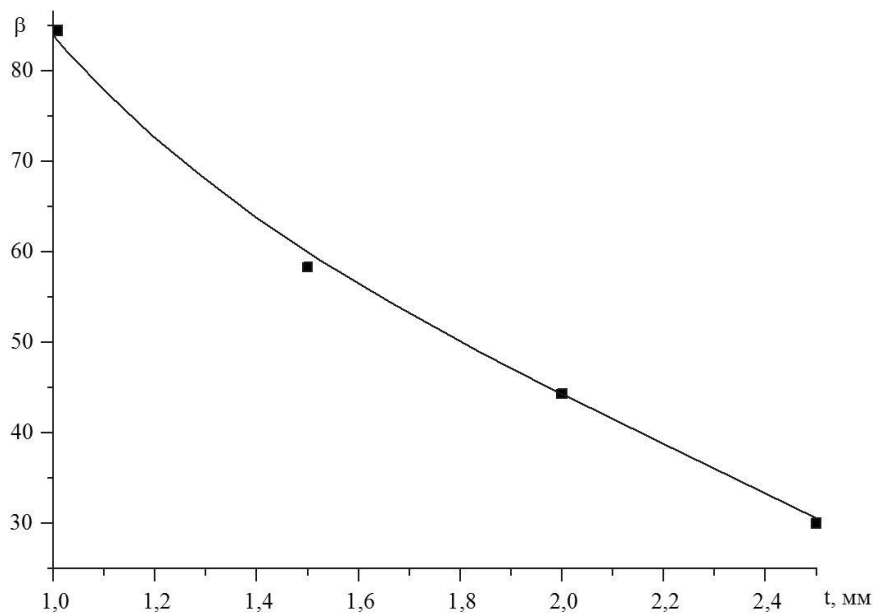


Рис. 4. Залежність коефіцієнта β від товщини листа

Розглянемо один з експериментально-розрахункових методів визначення потенціальної енергії, витраченої на пошкодження, що виникли в результаті ДТП [14].

За результатами досліджень був побудований тарувальний графік: твердість – H_u ; інтенсивність деформації – ε_u . При побудові зазначеного графіка вводились параметри вихідної твердості $(H_L)_0$, вихідної межі текучості $\sigma_{0,2}$. Так вихідна межа текучості $\sigma_{0,2}$ (МПа) ставиться у відповідність з твердістю $(H_L)_0$, за таким рівнянням:

$$\sigma_{0,2} = D + 0,33(H_L)_0, \quad (5)$$

де коефіцієнт D при вимірюванні твердості по Ліду твердоміром ТЕМП-3 дорівнює $D = 176$. Вихідна межа текучості ставиться у відповідність з коефіцієнтом апроксимації кривої течії матеріалу за таким рівнянням [15]:

$$A = 1000 \exp(-0,0008\sigma_{0,2}), \quad (6)$$

де A – коефіцієнт апроксимації кривої течії матеріалу, МПа:

$$\sigma_u = A \sigma_u^n. \quad (7)$$

Коефіцієнт n у формулі (7) для різних матеріалів, що застосовуються в автомобілебудуванні, знаходиться в межах $0,1 \leq n \leq 0,35$ [16] і може бути наближено знайдений з рівняння:

$$n_u = 0,35 \exp(-0,0008A). \quad (8)$$

Таким чином, можна ідентифікувати механічні характеристики металів, підданих пластичній деформації при ударі.

Вводимо параметр $k_H = \frac{(H_L)_i}{(H_L)_0}$ – відношення твердості по Лібу деформованого матеріалу до

вихідної твердості цього ж матеріалу.

Коефіцієнт k_H поставлений у відповідність з інтенсивністю деформацій ε_u . Залежність коефіцієнта k_H від коефіцієнта k_W , що характеризує відношення питомої потенційної енергії $W_{y\partial}$ деформованого металу до величини пружною енергії [17]

$$(W_{y\partial})_0 = \frac{\sigma_{0,2}^2}{2E}, \quad (9)$$

де $\sigma_{0,2}$ – межа текучості, МПа; E – модуль пружності матеріалу.

Залежність $k_H = f(k_W)$ апроксимована рівнянням:

$$W_{y\partial} = (W_{y\partial})_0 \exp \frac{\ln k_H}{C}. \quad (10)$$

З формули (10) випливає $\frac{W_{y\partial}}{(W_{y\partial})_0} = k_W$.

Коефіцієнти апроксимації рівняння (10) для деяких матеріалів відповідно рівні: для лонжеронів автомобіля Volvo $D = 0,357$; $C = 0,25$; для матеріалу порогів автомобіля Форд $D = 0,435$; $C = 0,2$.

Отримані залежності дають можливість на етапі проектування технологічного процесу електрогідроімпульсного штампування деталей каркасу транспортного засобу формувати в матеріалі заготовок технологічну спадковість. Це дозволить підвищити безпечність конструкції транспортного засобу та забезпечити покращення характеристик пасивної безпеки.

Також наведений експериментально-розрахунковий метод дослідження механічних властивостей листових матеріалів дозволяє визначати енергію деформації, яку поглинули елементи конструкції транспортного засобу при дорожньо-транспортній пригоді.

Висновки

1. Пропонується шляхом холодного електрогідроімпульсного штампування заготовок з листових матеріалів створювати технологічну спадковість в матеріалі заготовок, що дозволяє при подальшому динамічному навантаженні забезпечити захист водієві і пасажирам.

2. Розроблено експериментально-розрахунковий метод ідентифікації механічних властивостей матеріалу і визначення енергії деформації при динамічному навантаженні транспортних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. А. Молодцов, *Безопасность транспортных средств*. Тамбов, Россия: Изд-во ФГБОУ ВПО «ПГТУ», 2013.
- [2] В. А. Макаров, Х. Бруннер і Є. Ю. Черток, «До питання управління курсовою стійкістю руху легкового автомобіля завдяки удосконаленню конструкції шини.» *Автошляховик України*, № 1, с. 13-17. 2010.

- [3] К. В. Щурин, В. А. Зубаков и Ю. В. Кеменова, «Повышение уровня пассивной безопасности автомобиля,» *Вестник ОГУ*, № 10 (129), 2011.
- [4] А. Ш. Хусаинов и Ю. А. Кузьмин, *Пассивная безопасность автомобиля*. Ульяновск, Россия: УлГТУ, 2011.
- [5] В. М. Когут., О. М. Григоришин, О. З. Горбай, І. С. Керницький і Р. В. Сава, «Критерії оцінювання аварійних ударних навантажень тіла людини під час ДТП,» *Вісник Донецької академії автомобільного транспорту*, № 2, с. 29-39, 2013.
- [6] И. А. Новиков, Е. А. Новописный и Е. А. Ковалёва, «Анализ показателей конструктивной безопасности транспортных средств,» *Международный научный журнал «Инновационная наука»*, № 12-2, 2016. ISSN 2410-6070.
- [7] H. Dell, H. Gese, L. Kepler, H. Werner and H. Hooputra «Continuous Failure Prediction Model for Nonlinear Load Paths in Successive Stamping and Crash Processes,» *SAE*, no. 01, pp. 113-122, 2001.
- [8] Г. Д. Дель, «Модель разрушения пластичных материалов,» на міжн. нак.-техн. конф. *Теоретичні і прикладні задачі обробки металів тиском та автотехнічних експертиз*, Вінниця: ВНТУ, 2011, с. 28-29,
- [9] H. Steffan, «Accident reconstruction methods,» *Vehicle System Dynamics*, vol. 47, no. 8: State of the art papers of the 21st IAVSD symposium, pp. 1049-1073. 2009.
- [10] В. А. Огородников та В. Є. Перлов, «Визначення енергії пластичної деформації елементів конструкцій транспортних засобів і параметрів розкриття подушок безпеки при ДТП,» *Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: технічні науки*, Вінниця, № 3, с. 5-9, 2009.
- [11] В. А. Огородников, В. Б. Киселев, и И. О. Сивак, *Энергия. Деформация. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы): монография*. Винница, Украина: ВНТУ, 2005, 204 с.
- [12] Огородников В. А., Т. Ф. Архипова и И. А. Деревенько, «Оценка пластичности деформированного металла,» *Обработка материалов давлением*, № 1 (42), 2016.
- [13] И. О. Сивак, Е. И. Сивак та С. И. Сухоруков «Оценка пластичности металлов при холодной пластической деформации,» в *Известия ТулГУ. Серия: Механика твердого деформируемого тела и обработка металлов давлением*, Тула: ТулГУ, вып. 2, с. 114-121, 2007.
- [14] Vitaliy A. Ogorodnikov, Tomasz Zyska and Samat Sundetov, «The physical model of motor vehicle destruction under shock loading for analysis of road traffic accident,» *Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments*. 2018, 108086C.
- [15] В. А. Огородников та В. Є. Перлов «Визначення енергії пластичної деформації елементів конструкцій транспортних засобів і параметрів відкриття подушок безпеки при ДТП,» у *Збірник наукових праць ВДАУ*, № 3, с. 5-9, 2009.
- [16] В. Е. Перлов, «Расчет энергосиловых параметров при прогибе круглых тонколистового пластин, защемленных по контуру,» *Обработка материалов давлением*, Краматорск: ДГМА, № 3(24), с. 97-101, 2010.
- [17] В. А. Огородников, В. Е. Перлов и М. И. Побережный, «Алгоритм определения энергии деформации элементов конструкций из листовых материалов,» у *зб. наук. праць Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні*, Краматорськ: ДДМА, с. 135-140, 2008.

Огородников Виталий Антонович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри опору матеріалів та прикладної механіки, e-mail: va.ogorodnikow@gmail.com.

Архипова Тетяна Федорівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів та прикладної механіки.

Макаров Володимир Андрійович – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, e-mail: tomamakarova@ukr.net.

Сухоруков Сергій Іванович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології та автоматизації машинобудування, e-mail: ssergeii@ukr.net.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**V. Ogorodnikov
T. Arkhipova
V. Makarov
S. Sukhorukov**

Stamping sheet blanks and creating a safe structures

Vinnitsia National Technical University

The article discusses a method of stamping sheet blanks, providing variable stiffness of the structural material of the blank. A predetermined stiffness allows to improving the passive safety parameters of structural elements of a vehicle. It is proposed to obtain a controlled technological legacy of the blank by means of electrohydropulse stamping of structural elements of a vehicle. To assess the ductility of a pre-deformed metal, the methodology was used based on the tensor description of damage accumulation under conditions of cold plastic deformation. To assess plasticity of a pre-deformed metal, a methodology was used based on the tensor description of damage accumulation under conditions of cold plastic deformation. The methodology allows for known mechanical characteristics, as well as with known plasticity diagrams, evaluate plasticity of pre-deformed blanks for any type of stress state.

The technology, allowing you to create safe designs, providing as a result of road traffic accidents maximum protection for the driver and passengers. This is achieved by creating structures whose strength and stiffness are controllable and predictable. Such controllability of strength and stiffness is ensured by the technological parameters of stamping. Technology parameters create a "material memory" that provides the necessary strength and stiffness.

The creation of safe structures is based on a fundamentally new model for research processes collision vehicles, namely: each specific road traffic accident is considered as a unique experimental material that is used to conduct research into the process of collision vehicles.

With this approach, any road traffic accident can be considered as a comprehensive test of a vehicle for the implementation of shock loading in real conditions of a specific collision, i.e. under the conditions of his field test. Then, to determine the values of the speeds of vehicles in their collision, you can use the research model, i.e. full-scale or field test.

The article proposes to use the experimental-calculation method for research the mechanical properties of sheet materials, from which the structural elements of the vehicle are made. This method makes it possible to determine the strain energy that was absorbed by the structural elements of a vehicle during a road traffic accident, by the change in the hardness of these elements after a collision.

Key words: technological heredity, strain energy, safe structures, "material memory", full-scale research.

Ogorodnikov Vitalii – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Head of the Chair of Resistance of Materials and Applied Mechanics, e-mail: va.ogorodnikov@gmail.com.

Arkhipova Tatiana – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Resistance of Materials and Applied Mechanics.

Makarov Volodymyr – Dr. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Automobiles and Transport Management, e-mail: tomamakarova@ukr.net.

Sukhorukov Sergiy – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Mechanical Engineering Technologies and Automation, e-mail: ssergeii@ukr.net.

**В. А. Огородников
Т. Ф. Архипова
В. А. Макаров
С. И. Сухоруков**

Штамповка листовых заготовок и создание безопасных конструкций

Винницкий национальный технический университет

В статье рассмотрен способ штамповки листовых заготовок, обеспечивающий переменную жесткость конструкционного материала заготовки. Заранее определенная жесткость позволяет улучшить параметры пассивной безопасности элементов конструкции транспортного средства. Управляемое технологическое наследство заготовки предлагается получить с помощью электрогидроимпульсной штамповки элементов конструкции транспортных средств. Для оценки пластичности предварительно деформированного металла использована методика, основанная на тензорном описании накопления повреждений в условиях холодного пластического деформирования. Методика позволяет при известных механических характеристиках, а также при известных диаграммах пластичности, оценивать пластичность предварительно деформированных заготовок при любом виде напряженного состояния.

Предлагается технология, позволяющая создавать безопасные конструкции, обеспечивающие в результате дорожно-транспортных происшествий максимальную защиту водителя и пассажиров. Это достигается созданием конструкций, прочность и жесткость которых управляема и прогнозируема. Такая управляемость прочности и жесткости обеспечивается технологическими параметрами штамповки. Параметры технологии создают «память материала», которая обеспечивает необходимую прочность и жесткость.

Создание безопасных конструкций основано на принципиально новой модели исследования процессов столкновения транспортных средств, а именно: каждое конкретное дорожно-транспортное происшествие рассматривается как уникальный экспериментальный материал, который используются для проведения исследований процесса столкновения транспортных средств.

При таком подходе любое ДТП можно рассматривать как комплексное испытание транспортного средства по реализации ударной нагрузки в реальных условиях конкретного столкновения, т. е. в условиях его натурного испытания. Тогда для определения величин скоростей движения транспортных средств при их столкновении можно использовать модель исследования, которая в английской интерпретации записывается как «full-scale test», т. е. полномасштабное или натурное испытание.

В статье предложено использовать экспериментально-расчетный метод исследования механических свойств листовых материалов, из которых изготовлены элементы конструкции транспортного средства. Данный метод дает возможность определить энергию деформации, которую поглотили элементы конструкции транспортного средства при дорожно-транспортном происшествии, по изменению твердости этих элементов после столкновения.

Ключевые слова: технологическая наследственность, энергия деформации, безопасные конструкции, «память материала», полномасштабные исследования.

Огородников Виталий Антонович – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой сопротивления материалов и прикладной механики, e-mail: va.ogorodnikow@gmail.com.

Архипова Татьяна Федоровна – канд. техн. наук, доцент кафедры сопротивления материалов и прикладной механики.

Макаров Владимир Андреевич – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры автомобилей и транспортного менеджмента, e-mail: tomamakarova@ukr.net.

Сухоруков Сергей Иванович – канд. техн. наук, доцент кафедры технологий и автоматизации машиностроения, e-mail: ssergeii@ukr.net.