

Выводы

1. Между твердостью по Бринеллю и Либу однозначной связи не наблюдается, в связи с разной скоростной упрочняемостью материалов, в том числе в пределах одной группы по химическому составу.
2. Для определения показателя скоростного упрочнения, согласно модели (6), необходимо измерить статическую твердость по Бринеллю и динамическую по Либу. В соответствие с номограммами или выражения (6), с учетом группы материала, рассчитать искомую величину показателя скоростного упрочнения.
3. Метод может быть предложен в качестве экспресс-оценки чувствительности материала к скоростному упрочению при специальной экспертизе дорожно-транспортных происшествий и расчетов процессов обработки металлов давлением.

Список литературы: 1. *Огородников В. А.* Энергия. Деформации. Разрушение (задачи автотехнической экспертизы) : монография / *Огородников В. А., Киселев В. Б., Сивак И. О.* — Винница : Универсум–Винница, 2005. — С. 176—183. — ISBN 966-641-117-2. 2. *Огородников В.А.* Учет скоростного упрочнения материалов при оценке энергии пластического деформирования элементов конструкции автомобиля / *Огородников В.А., Грушко А.В., Захаров В.В.* // Известия ТулГУ. Серия. Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением. – Тула: ТулГУ. Вып. 3. – 2005. – С. 26-33. 3. *Грушко А. В.* О связи исходной твердости и кривой течения материала / *А.В. Грушко* // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2009. – №3(132). – С. 35-40. 4. *Грушко О.В.* Определение кривой течения материала по стандартным механическим характеристикам / *Грушко О.В.* // Вісник Національного технічного університету України "КПІ". Серія: "Машиностроение" – 2010 - №60. – С. 133-137. 5. *John O. Hallquist.* LS-DYNA theoretical manual / *John O. Hallquist.* Livermore Software Technology Corporation. – 1998. 6. *Бургер И. А.* Расчет на прочность деталей машин : Справочник / *И. А. Бургер, Б. Ф. Шорп* // [4-е изд., перераб. и доп.] – М. : Машиностроение, 1993 – 640 с. - ISBN 5–217–01304–09266. 7. Режим доступа: http://www.corvib.com/quotip/hardness_conversion.htm.

УДК 621. 7

О. В. КАЛЮЖНИЙ, канд. тех. наук, ст. викл.; НТУУ "КПІ", Київ

І.В. ВИХОВАНЕЦЬ, магістр; НТУУ „КПІ”, Київ

М.С. НІКОЛЕНКО, студ.; НТУУ "КПІ", Київ

О.В. МЕЛЬНИК, студ., НТУУ "КПІ", Київ

РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕНСИВНОГО ЗМІЦНЕННЯ МЕТАЛУ НАВКОЛО ОТВОРІВ У ПРОФІЛЯХ І ЛИСТОВИХ ЗАГОТОВКАХ

Методом скінченних елементів розглянуто аналіз операцій технології інтенсивного зміцнення металу навколо отворів в профілях або листових заготовках за допомогою холодної пластичної деформації. Технологія включає наступні операції – формоутворення отворів холодним видавлюванням двома пуансонами з утворенням виступів на поверхнях заготовки, пробивання перемички та осаджування виступів пуансоном з оправкою. Розрахунком визначено силові режими, розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті. Встановлено розміри осередку деформації в об'ємі заготовки та величину зміцнення металу.

Методом конечных элементов рассмотрен анализ технологии интенсивного упрочнения металла вокруг отверстий в профилях и листовых заготовках. Технология состоит из следующих операций - формообразование отверстий с образованием выступов на поверхностях заготовок холодным выдавливанием двумя пуансонами, пробивка перемычки и осадка выступов пуансоном с оправкой. Расчет определены силовые режимы, распределение удельных усилий на деформирующем инструменте. Установлены размеры очага деформации в объеме заготовки и величину упрочнения металла.

The analysis of the production method of intensive work-hardening of metal around holes in profile and sheet metal is carried out with using the finite element method. The production method consists of subsequent processes such as the forming holes with hub formation on stock piece surfaces by cold extrusion with two punches, the punching amount of adjacent blanks and the setting of the hub by the punch with the bead. Distribution of load per unit surface on the deforming tools is calculated. The share of the deforming zone in the stock under deformation and a rate of hardening are determined.

При отриманні отворів в листових заготовках або профілях пробиванням або обробкою різанням поверхневі шари металу мають механічні дефекти, які в подальшому приводять до зниження механічних властивостей місць з'єднання листових заготовок і профілів між собою (наприклад, заклепками), які працюють в умовах циклічного навантаження. В окремих типах з'єднань, для збільшення надійності і довговічності їх, виконують додаткове зміцнення поверхонь заготовок і профілів, металу навколо отворів за допомогою холодної пластичної деформації що забезпечує підвищення механічних властивостей здеформованого металу. Одним із відомих методів підвищення властивостей і чистоти внутрішньої поверхні отворів є проведення одноразового або багаторазового дорнування. В листовій заготовці, профілі пробиванням або обробкою різанням попередньо виконують отвір, а потім виконують дорнування з різним натягом. На рис. 1 наведена схема дорнування отвору дорном 1 в листовій заготовці 2, яка встановлена на опорі 3. Недоліками такої схеми є невелика глибина пропрацювання структури металу пластичною деформацією навколо отворів, також утворення завусня на нижньому торці заготовки та витрати металу на утворення отворів.

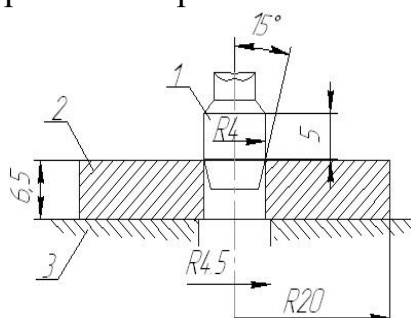


Рис. 1. Схема процесу дорнування отворів

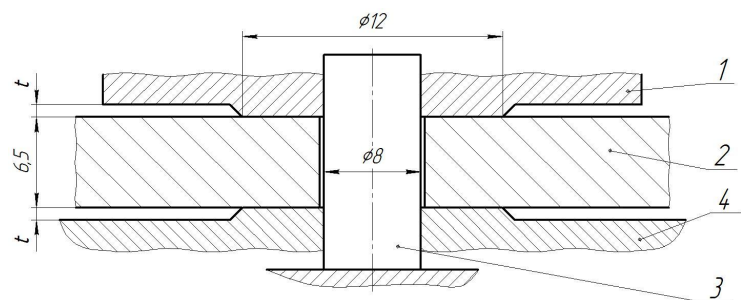


Рис. 2. Схема процесу зміцнення шляхом формування концентричних канавок

Другий відомий спосіб зміцнення металу навколо отворів – це формування концентричних канавок (рис. 2). В профілі або листовій заготовці 2 попередньо виконують отвір, а потім за допомогою пуансонів 1 і 4 виконують зміцнення металу за рахунок формоутворення концентричних канавок, при цьому метал

заповнює зазор між отвором і оправкою 3. Недоліками такого способу є утворення канавок на поверхнях профілів і листових заготовок, неможливість рівномірного пропрацювання структури металу пластичною деформацією в товстолстових заготовках по висоті та витрати металу на утворення отворів.

Авторами встановлено вплив натягу при дорнуванні листової заготовки з алюмінієвого сплаву (див. рис.1). При дорнуванні з натягом $\Delta=1\%$ напруження текучості σ_s здеформованого металу збільшується, в порівнянні з вихідним станом, в 1,1 рази в шарах металу біля поверхні отвору, а осередок деформації розповсюджується на глибину $h=0,3$ міліметра (мм) в заготовку. При дорнуванні з $\Delta=2$ і 3% напруження σ_s зростає в 1,4 і 1,8 разів, а глибина осередку досягає значень 0,5 і 0,9 мм відповідно. При формоутворенні концентричних канавок для наведених вище розмірів пуансонів і заготовки (див. рис. 2) виявлено вплив висоти t на зміцнення і розміри осередку деформації. Так, при $t=0,2$ мм σ_s збільшується в 1,3 рази в шарах металу біля отвору, а осередок деформації розповсюджується по радіусу на 4 мм. При $t=0,4$ мм σ_s збільшується в 1,5 рази, а осередок деформації розповсюджується на 7,5 мм. Пропрацювання структури металу пластичною деформацією проходить по всій висоті заготовки.

Наведені приклади показують, що дорнуванням і формоутворенням концентричних канавок не забезпечується інтенсивне пропрацювання структури металу пластичною деформацією, а осередок деформації в заготовках розташовується в шарах металу біля отворів.

Метою роботи є встановлення методом скінченних елементів (МСЕ) параметрів ресурсозберігаючої технології інтенсивного зміцнення навколо отворів, яка забезпечує інтенсивне пропрацювання структури металу пластичною деформацією великих об'ємів заготовок.

Розглянуті дві схеми технології зміцнення металів навколо отворів. На рис. 3 показана послідовність операцій технології, коли попередній отвір в заготовці формується одним пуансоном. На рис. 3а представлена перша операція формування отвору в профілі або листовій заготовці. Пуансон 2 вдавлюється в заготовку 1, яка розміщена на опорі. Течія металу проходить назустріч пуансону з утворенням виступу на поверхні заготовки. Друга операція (рис. 3б) – це пробивання за допомогою пуансону 3 перемички в заготовці 1, яка розміщена на матриці 2. На третій операції (рис. 3в) пуансоном з оправкою 3 виконується осаджування виступу на поверхні заготовки 1, що встановлена на опорі 2. Об'єм металу виступу перетікає в зазор між оправкою і отвором, який має місце перед осаджуванням.

Відмінність наступної технології, яка показана на рис.4, полягає в тому, що попередній отвір в заготовці формується двома пуансонами. Формування отвору двома пуансонами (рис. 4а) забезпечує рівномірне пропрацювання структури металу пластичною деформацією по всій висоті заготовки з утворенням виступів на нижній і верхній поверхнях заготовки. На другій операції (рис. 4б) в заготовці 1, що розміщена в матриці 2, пуансоном 3 виконується пробивання перемички. Третя операція включає осаджування виступів в заготовці 1, що встановлена на опорі 2, за допомогою пуансону з оправкою 3. Об'єм металу виступів заповнює

зазор між оправкою і отвором. Наведені технології, в порівнянні з попередніми, (див. рис. 1 і 2) зменшують витрати металу на утворення попередніх отворів у профілях або листових заготовках завдяки використанню операції видавлювання двома пуансонами.

Для моделювання був використаний програмний комплекс DEFORM, який дозволяє аналізувати переходи процесів обробки металів тиском з урахуванням технологічної спадковості після кожного переходу. Розрахункова схема для моделювання МСЕ процесу формоутворення отвору видавлюванням двома пуансонами (див. рис. 4а) приведена на рис. 5. Задача вісесиметрична, зображено половину заготовки 1, яка встановлена на опорі 3 і підлягає деформуванню пуансонами 2. Діаметр пуансонів 18 мм, кут конусу робочого торця 168 градусів, радіус заокруглення торця 2 мм. Матеріал заготовки – сталь. Властивості сталі у відпаленому стані: умовна межа течії 210 МПа, модуль Юнга $2,1 \times 10^5$ МПа. Коефіцієнт Пуассона 0,3. Враховувано тертя на контактуючих поверхнях заготовки з пуансоном (коефіцієнт тертя 0,08), зміцнення по ступеневій апроксимації діаграми істинних напружень. Процес формоутворення розподілявся на певну кількість кроків навантаження і моделювання закінчувалось коли відстань між пуансонами складала 0,5 мм.

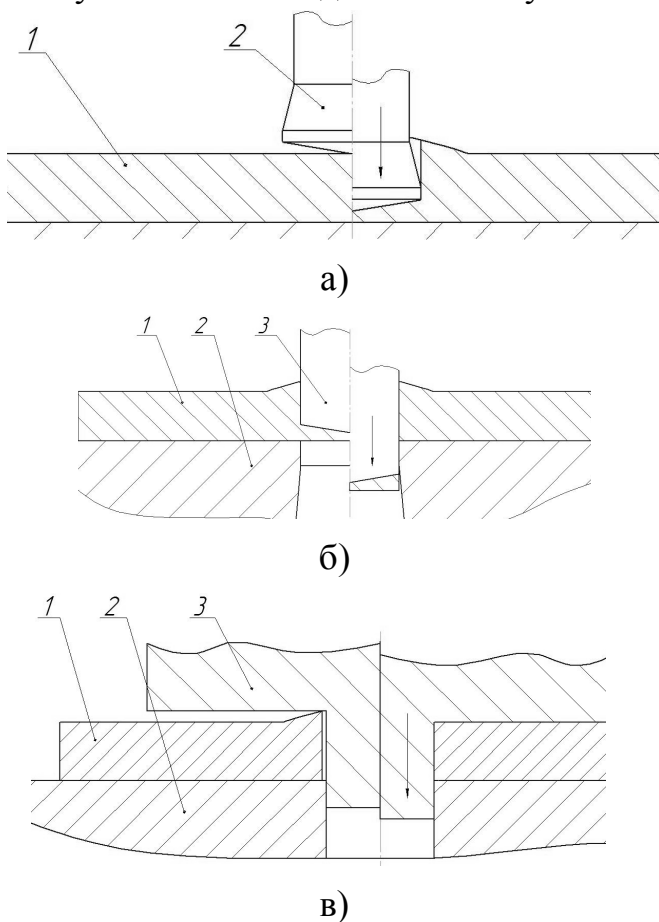


Рис. 3. Послідовність операцій інтенсивного зміцнення металу навколо отворів при формуванні отвору одним пуансоном

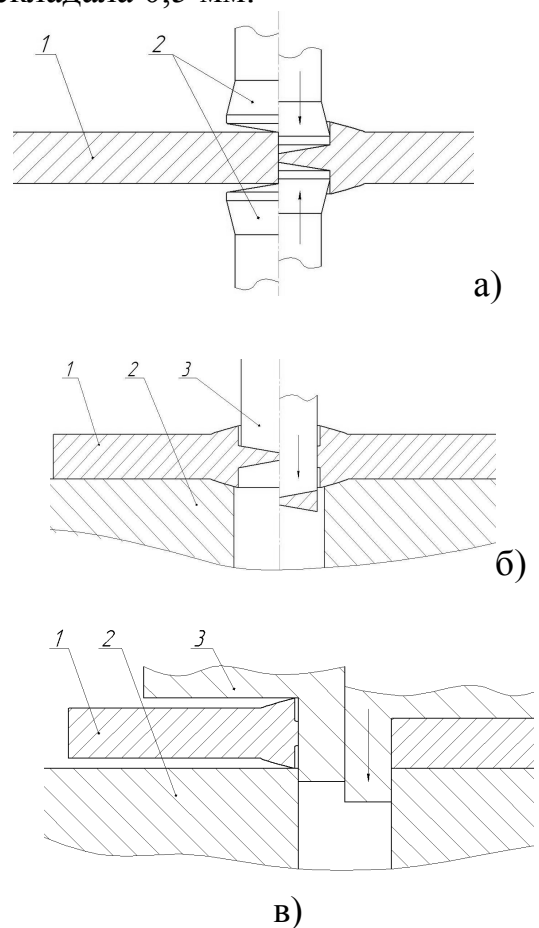


Рис. 4. Послідовність операцій інтенсивного зміцнення металу навколо отворів при формуванні отвору двома пуансонами

Здеформована листова заготовка в розрізі, яка отримана в результаті комп'ютерного моделювання, наведена на рис. 6.

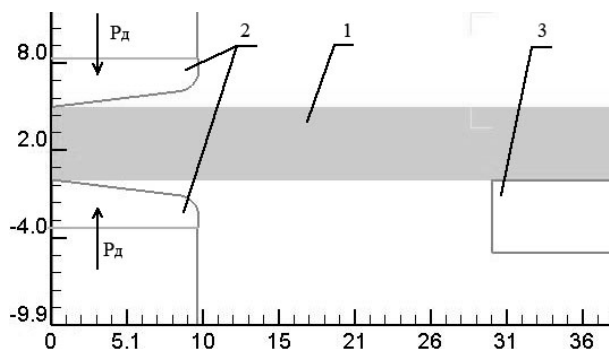


Рис. 5. Розрахункова схема процесу видавлювання (розміри в міліметрах)

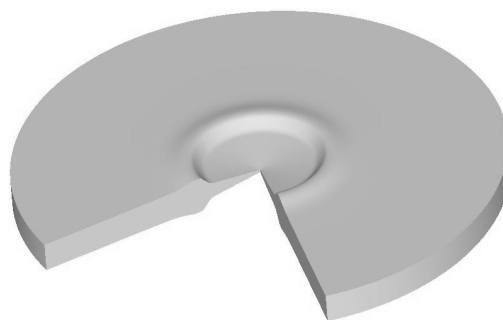


Рис. 6. Здеформована заготовка в розрізі після видавлювання

Розрахункова залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансону представлена на рис. 7. Максимальне значення зусилля отримане в кінці процесу і складає 465 КН. Моделюванням встановлений напружено-деформований стан по всьому об'єму zdeформованої заготовки. Це дозволило виявити розподіл нормальних напружень на контактуючих поверхнях між заготовкою і деформуючим інструментом. Вказаний розподіл дозволяє визначити питомі зусилля на деформуючому інструменті. Розподіл нормальних напружень на поверхні заготовки, що контактує з торцем пуансону для вказаного значення зусилля видавлювання представлена на рис. 8. Максимальні значення питомих зусиль (1950 МПа) виникають на вісі пуансону з поступовим зменшенням на конічній поверхні до радіуса заокруглення торця. По вказаному розподілу можливо прогнозувати стійкість пуансонів при видавлюванні.

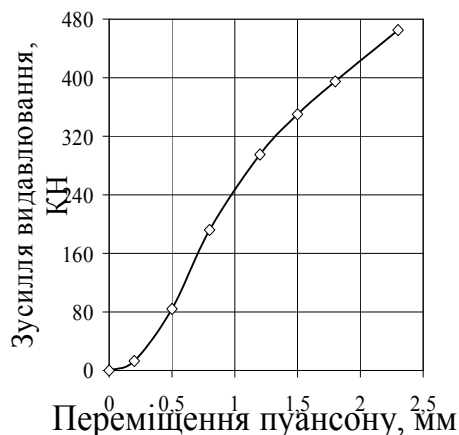


Рис. 7. Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансону

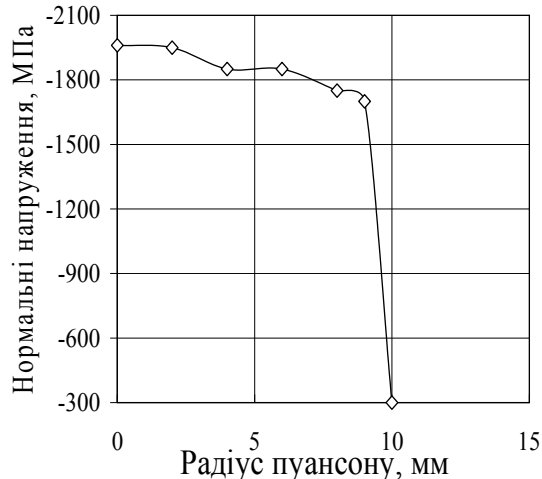


Рис. 8. Розподіл нормальних напружень на торці пуансону

Пропрацювання структури металу холодною пластичною деформацією оцінювали по розподілу інтенсивності деформацій ϵ_i . На рис. 9 показаний розподіл ϵ_i по об'єму

здеформованої заготовки. Інтенсивне пропрацювання проходить в заготовці на віддалі 5 мм від краю пуансону. Розповсюдження осередку деформації і зміцнення zdeформованого металу в заготовці визначали по розподілу інтенсивності напружень σ_i (рис. 10). Осередок деформації розповсюджується по діаметру 50 мм навколо отвору діаметром 18 мм. Межа текучості σ_s в шарах металу навколо отворів досягає значення 600 МПа.

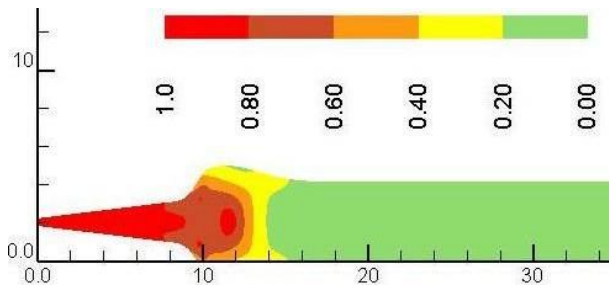


Рис. 9. Розподіл інтенсивності деформацій (розміри по осям в міліметрах)

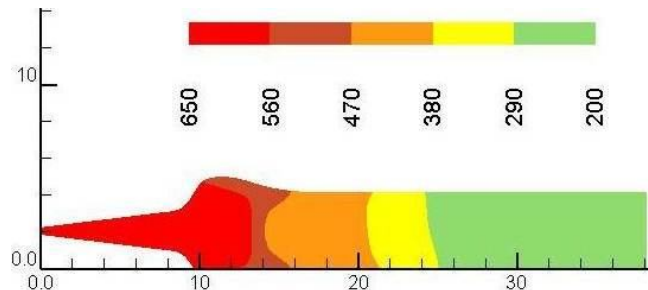


Рис. 10. Розподіл інтенсивності напружень (розміри по осям в міліметрах)

Наступна операція – пробивання перемички після формоутворення отвору. Розрахункова схема наведена на рис. 11. Заготовка 1, яка отримана видавлюванням, встановлена на матриці 3 і фіксується притискачем 4. Пробивання перемички виконується пуансоном 2. На рис. 12 показана zdeформована заготовка в розрізі на завершених стадіях пробивання.

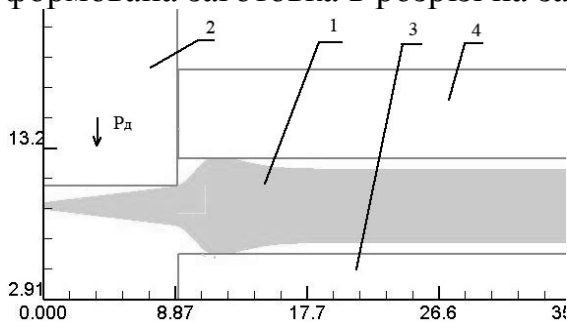


Рис. 11. Розрахункова схема пробивання перемички (розміри в міліметрах)

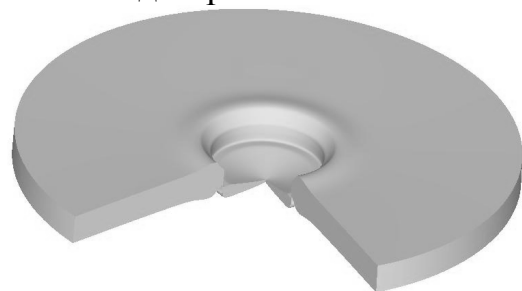


Рис. 12. Заготовка в розрізі на завершених стадіях пробивання перемички

Залежність зусилля пробивання від переміщення пуансону зображена на рис. 13. Максимальне значення зусилля пробивання складає 60 кН. Розподіл питомих зусиль (нормальних напружень) на частині торця пуансону, який контактує з заготовкою при пробиванні, для максимального значення зусилля зображено на рис. 14. Розподіл нерівномірний, питомі зусилля досягають значення 1600 МПа. Моделювання останньої операції осаджування проводилось з урахуванням накопичених деформації і напружень в заготовці, які отримані на переході формоутворення отвору. Розрахункова схема осаджування показана на рис. 15. Осаджування заготовки 1, в яку встановлена оправка 2 виконується плитами 3. На рис. 16 показана заготовка в розрізі після осаджування. На рис. 17 представлена залежність зусилля осаджування від переміщення пуансону. Зусилля суттєво

зростає в кінці осаджування і досягає 860 КН. Розподіл питомих зусиль (нормальних напружень) по радіусу плити зображений на рис. 18. Максимальне значення вказаних напружень досягає 2400 МПа.

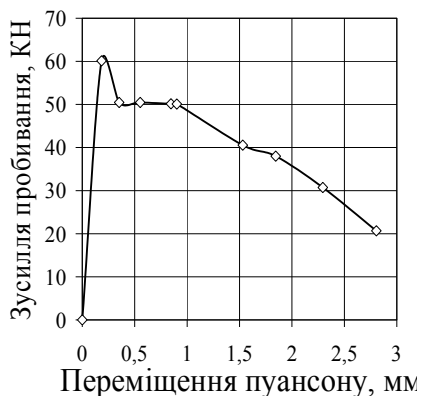


Рис. 13. Залежність зусилля від переміщення пуансону при пробиванні

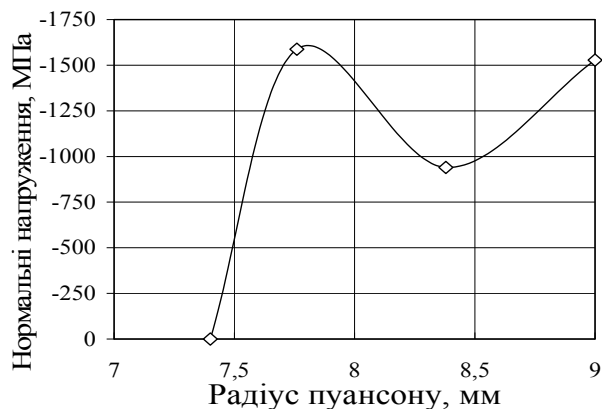


Рис. 14. Розподіл нормальних напружень на торці пуансону

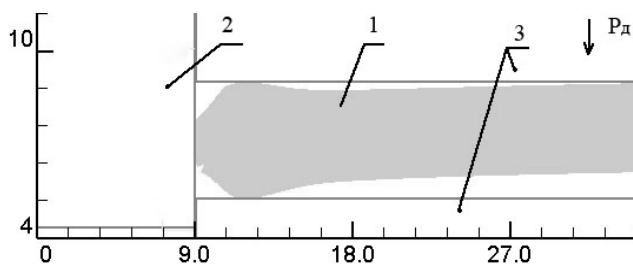


Рис. 15. Розрахункова схема осаджування

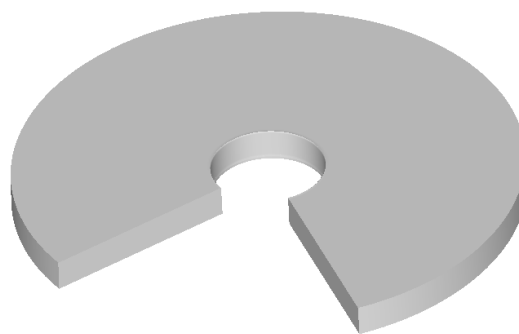


Рис. 16. Заготовка в розрізі після осаджування

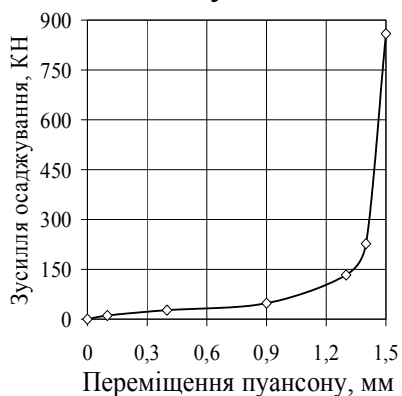


Рис 17. Залежність зусилля осаджування від переміщення плит

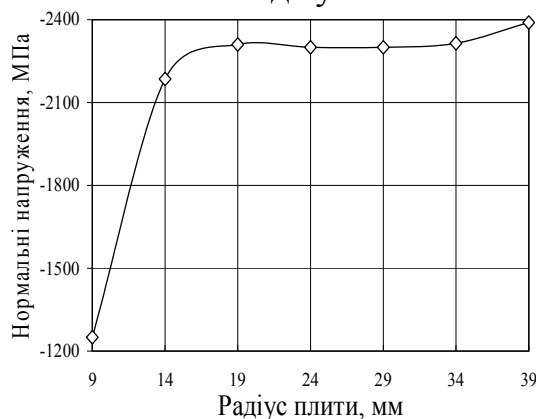


Рис. 18. Розподіл нормальних напружень на плиті

Розподіл інтенсивності деформацій ϵ_i та інтенсивності напружень після осаджування приведений на рис. 19 і 20. Інтенсивне припрацювання структури металу пластичною деформацією в заготовці проходить по діаметру 36 мм. Осередок деформації розповсюджується в заготовці по діаметру 50 мм.

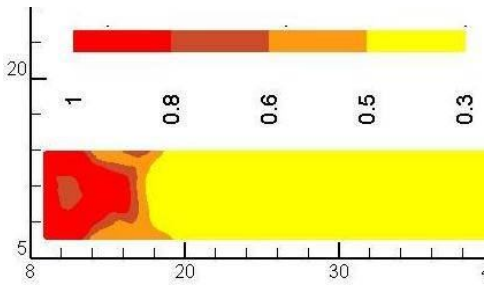


Рис. 19. Розподіл інтенсивності деформацій (розміри по осям в міліметрах)

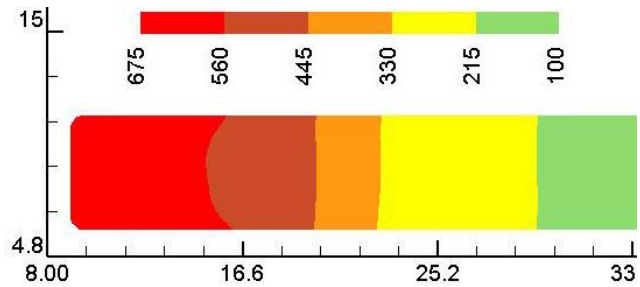


Рис. 20. Розподіл інтенсивності напружень (розміри по осям в міліметрах)

Висновки. Методом скінчених елементів визначені параметри операцій інтенсивного зміцнення металів навколо отворів. Визначені силові режими, розподіл питомих зусиль на деформуючому інструменті, величини інтенсивності деформацій і інтенсивності напружень, кінцеву форму виробів в операціях формування отворів холодним видавлюванням, пробивання перемички та осаджування виступів на поверхнях заготовки, які отримані видавлюванням.

УДК 621.73.

ЩЕРБАКОВ В.П. гол. інж., ПрАТ «НВЦ «Трансмаш», Луганськ

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ СУХАРЯ ФРИКЦІЙНОГО ГАСНИКА КОЛИВАНЬ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

Запропоновано нову конструкцію фрикційного гасника коливань пасажирських вагонів, яка дає можливість застосувати нові технології виготовлення елементів конструкції, які не передбачені традиційними технічними рішеннями

Предложена новая конструкция фрикционного гасителя колебаний пассажирских вагонов, которая дает возможность использования новых технологий для изготовления элементов конструкции, не предусмотренных традиционными техническими решениями.

A new design of a friction damper of passenger cars. It provides an opportunity to use new technologies for the manufacture of structural elements. These technologies are not covered by traditional technical solutions.

Фрикційні гасники коливань (демпфери) є елементами підвішування пасажирських вагонів і призначені для гасіння коливань пасажирських вагонів. Залежно від механізму дисипації енергії розрізняють гідравлічні і фрикційні гасники коливань. Останні виявились найбільш придатними для умов експлуатації в середніх широтах (зокрема, в Україні). Класифікація фрикційних гасників коливань дана в роботі [1].

В роботі [2] дано детальний аналіз умов роботи фрикційних гасників коливань пасажирських вагонів і показано, що конічна форма втулки шпінтона та фрикційних сухарів не є оптимальною з точки зору умов тертя.