

УДК 621.735.3

РОЗРОБКА НОВОГО ПРОЦЕСУ ОСАДЖЕННЯ ПРОФІЛЬОВАНИХ ЗАГОТОВОК

Марков О. Є., Житніков Р. Ю., Мусорін А.В.

Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ, Україна

Анотація: Запропоновано метод кування заготовок, який має на меті осадження профільованих злитків. Запропоновано методіку теоретичного дослідження залежностей зменшення розмірів осьової пористості в заготовках на основі скінчено-елементного моделювання. Базовим показником для дослідження була обрана висота виступів чотирипроменевої заготовки. Висота виступів чотирипроменевої заготовки змінювалась в інтервалі 0,75; 0,80 і 0,85. Кут виступів чотирипроменевої заготовки дорівнював 115° . На основі скінчено-елементних досліджень були встановлені середні напруження при осадженні профільованих злитків. На основі цього параметру встановлювався параметр напруженого стану в центральній частині поковки. Запропонована методика проведення експериментів. Експерименти проводилися на моделях зі свинцю та сталі. В результаті скінчено-елементного моделювання визначено, що раціональна відносна висота виступів становить 0,85. Таке співвідношення призводить до максимального зменшення розмірів осьової пористості. Це можна пояснити значною величиною стискаючих середніх напружень при деформуванні осадженням профільованих заготовок. Визначена раціональна величина обтискання, коли проходить максимальне зменшення розмірів осьової пористості. Визначено середні напруження за об'ємом поковки та змінення параметра напруженого стану осадженої профільованої заготовки. Закриття осьової пористості доведено експериментами на моделях зі свинцю та сталі. Впроваджено запропонований спосіб деформування чотирипроменевих профільованих заготовок. Аналіз результатів УЗК дозволив визначити, що виготовлені вироби позбавлені осьових пустот, які вище за вимоги замовника. В результаті встановлена доцільність операції осадження профільованих злитків, що дозволило підвищити щільність внутрішньої будови крупногабаритних заготовок.

Ключові слова: виступи; операція осадження; напружений стан; осьова пористість; високоякісні вироби

У роботі [1] проаналізовані різні методи кування заготовок відповідального призначення. Було виявлено, що відомі методи деформування відрізняються видом застосовуваних ковальських операцій, термомеханічних режимів деформування й використанням спеціального ковальського інструмента [2]. У роботі не вирішеним залишилося питання, щодо підвищення щільності внутрішньої будови в крупних заготовках на основі використання нових схем деформування. Крім цього, не запропоновані методи кування, які б забезпечували закриття осьової пористості під час деформації. Альтернативою осадження заготовок циліндричної форми є попереднє формування на заготовці виступів. Зміна поперечного переріза заготовки за рахунок формування виступів дозволить змінити НС металу при осадженні.

Мета роботи – проектування способу та технологічних рекомендацій для заварювання осьової пористості на основі застосування осадження профільованих заготовок, що дозволить підвищити якість крупних заготовок.

Запропонована методика неруйнівного виміру розмірів осьової пористості для встановлення впливу осадження профільованих злитків на закриття осьової пористості. Методика передбачала свердління отвору (рис. 1, а) діаметром 0,1 від діаметру виступів заготовки. Отриманий отвір був з'єднаний за допомогою гнучкої трубки з волюметром. Зміна розмірів осьової пористості при осадженні призводить до зміни об'єму рідини. Діаметр свинцевих та сталевих моделей (рис. 1, а) становив 50 мм, осьовий отвір мав діаметр 5 мм. Верифікація результатів закриття осьової пористості на свинцевих моделях проводилась експериментальними дослідженнями на сталі 34ХН. Осьова пористість моделювалась штучним дефектом діаметром 4 мм. Заготовки попередньо профілювали деформуємим

інструментом з кутом 115° (рис. 1, б) для утворення виступів. Ступінь обтискання дорівнювала 15; 20 та 25 %.

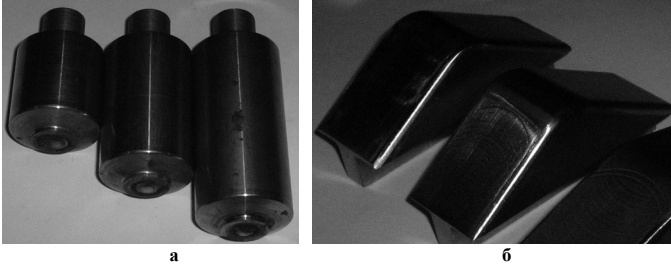


Рисунок 1 – Моделі заготовок та бойки для експериментальних досліджень: а – сталеві зразки; б – випуклі бойки для профілювання

Для розробки ефективних технологічних режимів кування необхідно встановити закономірності розмірів осьової пористості від величини обтискання при осадженні. Для кількісної оцінки ступеня закриття осьової пористості були розраховані дані по зміні величини відносного діаметра осьової пористості від величини обтискання. Загальна закономірність отриманих результатів моделювання для різних перерізів заготовок: закриття осьової пористості відбувається після осадження на 15 %; інтенсивність зменшення розмірів осьової пористості для різних заготовок відрізняється максимум на 10 %. Заготовки з відносною висотою виступів 0,85 при ступені деформації 40 % мають найменше значення відносної осьової пористості, $d1/d0$ становить 0,6 (що означає закриття осьової пористості відбувається на 40 %). Рекомендована величина обтискання, яка буде забезпечувати закриття осьової пористості, повинна бути більше 50 %.

Залежність зміни розмірів і форми осьової пористості при осадженні профільованих злитків з різною висотою виступів представлені на рисунку 3. Аналізуючи результати осадження профільованих злитків було визначено, що для усіх досліджуваних варіантів спостерігається закриття осьової пористості на середині висоти заготовки. Кількісне порівняння величини закриття осьової пористості при осадженні заготовок на 50 % з різною висотою виступів представлено на рис. 3, б. Діаметр осьової пористості, розрахований через його об'єм і висоту осадженої заготовки, залежить від висоти виступів заготовки. Інтенсивність закриття осьової пористості (рис. 3, б) вище при осадженні заготовок із відносною висотою виступів 0,85. Висота виступів більше 20 % не призводить до зменшення розмірів осьової пористості при осадженні. Для кута виступів 115° зі збільшенням їх висоти ступінь закриття осьової пористості збільшується.

На рис. 2 показаний розподіл середніх напружень у меридіональному перерізі поковки при осадженні на 50 %. Деформування профільованих злитків призводить до змінення НС заготовки. Максимальні стискаючі напруження (-65 МПа) утворюються у місці осьової пористості для висоти виступів 15 % (рис. 2, в). Збільшення висоти виступів призводить до зниження величини й площі стискаючих напружень. Змодельовані способи осадження характеризуються наявністю стискаючих напружень в середній частині поковки (рис. 2).

Аналіз змінення розмірів пористості дозволив визначити, що максимальне закриття відбувається при осадженні заготовок з відносною висотою виступів 0,85. Такі результати можна пояснити розподілом напружень в центрі заготовки під час деформування. Параметр НС (Π_σ) зі знаком «мінус» (рис. 3) доводить перевагу стискаючих напружень. Як результат, збільшується закриття осьової пористості. Загальною характеристикою осадження профільованих злитків є збільшення величини стискаючих напружень в середній частині

поковки при підвищенні величини обтискання. Заготовка з відносною висотою виступів 0,85 має високу величину напружень що стискають при деформації 50%.

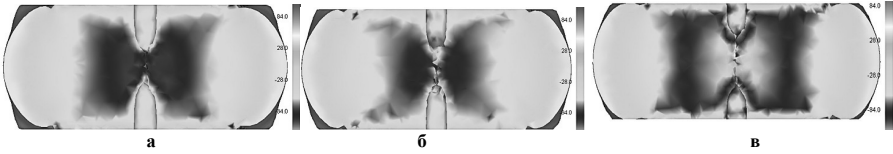


Рисунок 2 – Середні напруження після осадження профільованих заготовок для різних відносних висот виступів: а – 0,75; б – 0,80; в – 0,85

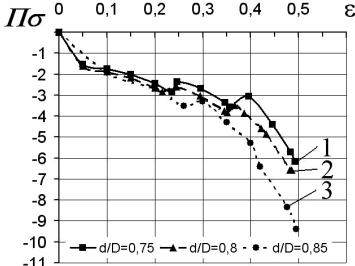


Рис. 3 – Параметр ПС при осадженні профільованих злитків з відносним висотами виступів: 1 – 0,75; 2 – 0,80; 3 – 0,85

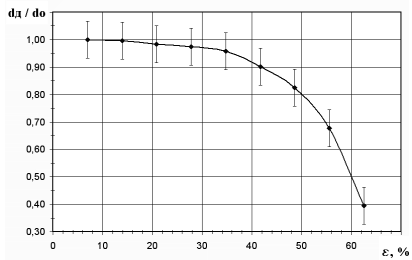


Рис. 4 – Змінення відносного діаметру осової пористості при осадженні

Кут виступів 115° призводить до закриття осової пористості при осадженні (рис. 4). Це можна пояснити збільшенням величини стискаючих напружень чотирипроменевої заготовки під час осадження, як це було встановлено у теоретичному дослідженні. Встановлені залежності дозволили визначити, що закриття осової пористості при осадженні профільованих злитків проходить при обтисканні більш 25 % (рис. 4). Після деформування на 60 % діаметр осової пористості зменшується на 70 % (рис. 4). Встановлені результати збігаються з даними, отриманими при теоретичному дослідженні.

Результати з формозмінення й зменшення розмірів осової пористості на свинцевих зразках перевірялися експериментом на сталі. Нагріті заготовки профільовали випуклим інструментом з кутом 115° з величиною обтискання за два проходи 20 %. По закінченню профільовання відбувалося осадження на половину висоту заготовки (рис. 5).



Рис. 5. Осова пористість після осадження чотирипроменевої заготовки

злитків з точки зору зменшення розмірів осової пористості злитка. А саме, розмір осової пористості зменшився з 7...8 мм для базової технології до максимум 4...6 мм для запропонованої.

Development of a new processing profiles for profiled processes

Markov O.E., Zhitnikov R. Yu., Musorin A.V.

Abstract. A method of forging billets has been proposed, which consists in the upsetting of profiled ingots. A technique has been proposed for a theoretical study of the dependencies of axial porosity size reduction in workpieces based on finite element modeling. The baseline for the study was the height of the protrusions of the four-beam workpieces. The height of the protrusions of the four-beam workpieces varied in the range of 0.75; 0.80 and 0.85. The angle of the protrusions of the four-beam workpieces was 115°. Based on the finite-element studies, average stresses has been established during the upsetting of shaped ingots. Based on this parameter, the stress state parameter was set in the central part of the forging. The proposed technique of conducting experiments. The experiments were carried out on models of lead and steel. As a result of the finite element modeling, it was determined that the rational relative height of the protrusions is 0.85. This ratio leads to a maximum decrease in the size of the axial porosity. This can be explained by the significant amount of compressive average stresses during the upsetting of profiled workpieces. A rational amount of compression is determined when the maximum reduction in the size of the axial porosity takes place. The average stresses in the forging volume and the change in the stress state parameter of an upsetting profiled workpieces are determined. The closure of the axial porosity has been proven by experiments on lead and steel models. The proposed method of deforming four-beam profiled workpieces has been introduced. Analysis of the USC results made it possible to determine that the manufactured products lack axial voids that exceed customer requirements. As a result, the expediency of the operation of the profiled ingots upsetting was established, which made it possible to increase the density of the internal structure of large-sized workpieces.

Keywords: protrusions, upsetting operation, stress state, axial porosity, high-quality products

Разработка нового процесса осадки профилированных заготовок

Марков О. Е., Житников Р. Ю., Мусорин А. В.

Аннотация. Предложен методковки заготовок, который заключается в осадке профилированных слитков. Предложена методика теоретического исследования зависимостей уменьшения размеров осевой пористости в заготовках на основе конечно-элементного моделирования. Базовым показателем для исследования была выбрана высота выступов четырехлучевой заготовки. Высота выступов четырехлучевой заготовки менялась в интервале 0,75; 0,80 и 0,85. Угол выступов четырехлучевой заготовки равен 115°. На основе конечно-элементных исследований были установлены средние напряжения при осадке профилированных слитков. На основе этого параметра устанавливался параметр напряженного состояния в центральной части поковки. Предложенная методика проведения экспериментов. Эксперименты проводились на моделях из свинца и стали. В результате конечно-элементного моделирования определено, что рациональная относительная высота выступов составляет 0,85. Такое соотношение приводит к максимальному уменьшению размеров осевой пористости. Это можно объяснить значительной величиной сжимающих средних напряжений при осадке профилированных заготовок. Определена рациональная величина обжатия, когда проходит максимальное уменьшение размеров осевой пористости. Определены средние напряжения по объему поковки и изменение параметра напряженного состояния осаженой профилированной заготовки. Закрытие осевой пористости доказано экспериментами на моделях из свинца и стали. Внедрен предложенный способ деформирования четырехлучевых профилированных заготовок. Анализ результатов УЗК позволил определить, что изготовленные изделия лишены осевых пустот, которые превышают требования заказчика. В результате установлена целесообразность операции осадки профилированных слитков, что позволило повысить плотность внутреннего строения крупногабаритных заготовок.

Ключевые слова: выступы, операция осадка, напряженное состояние, осевая пористость, высококачественные изделия

Список літератури

1. Chenot J.-L., Fourment L., Ducloux R., Wey E. Finite element modelling of forging and other metal forming processes. Int. J. of Mater. Form., 3 (2011), pp.359-362.
2. Skubisz P., Łukaszek-Solek A., Kowalski J., Sińczak J. Closing the internal discontinuities of ingots in open die forging. Steel Research International, 79 (2008), pp. 555-562.
3. Meng F., Labergere C., Lafon P. Methodology of the shape optimization of forging dies. Int. J. of Mater. Form., 3 (2010), pp. 927-930.
4. Nowak J., Madej L., Grosman F., Pietrzyk M. Material flow analysis in the incremental forging technology. Int. J. of Mater. Form., 3 (2010), pp. 931-934.
5. Park C.Y., Yang D.Y. A study of void crushing in large forgings. J. Mater. Proc. Technol., 57 (1998), pp. 129-140.