

УДК 621.771.01

Штода М. М.
Нагорний С. Є.**ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМОЗМІНИ МЕТАЛУ У ВІДКРИТОМУ РОЗРІЗНОМУ БАЛОЧНОМУ КАЛІБРИ МЕТОДОМ КООРДИНАТНИХ СІТОК**

Прокатка у фасонних калібрах являє собою одну з різновидів асиметричного процесу. Ця асиметричність є найбільш складною в порівнянні з відомими [1], тому що вона поєднує комплекс особливостей окремо взятих випадків асиметричної прокатки. З погляду геометрії калібру прокатка у відкритому розрізному балковому калібрі є симетричним процесом. Однак технологія прокатки балок на універсально-балкових, рейко-балкових, лінійних і сортових станах з безперервними групами клітей така, що розрізання квадратного профілю виконують в обтискній клітці. Рівень рольганга перед цією кліткою звичайно нижче нижнього рівня калібру на 50–100 мм. У результаті штаба заходить у калібр під кутом 5–10° до лінії прокатки, що викликає несиметричні процеси в осередку деформації та значно впливає на формозміну металу.

Вплив кута заходу штаби у валки на параметри процесу прокатки було помічене ще на початку ХХ ст. У роботі [2] відзначено, що якщо штабу задавати в сухі валки зверху, то метал при виході загинається вниз, якщо задавати знизу, то метал гне догори. В останні роки вплив асиметричності осередку деформації на технологічні параметри процесу прокатки вивчали Мазур В. Л. і Ноговіцин О. В. [3], Байков Є. В. [4], Ніколаєв В. О. [5], Кулик А. Н. [6, 7]. Слід зазначити, що більшість досліджень стосується випадку прокатки прямокутної штаби в гладких валках.

Метою роботи є дослідження формозміни металу при прокатці штаби під кутом у відкритому розрізному балочному калібрі.

Для дослідження процесу асиметричної прокатки було обрано метод сіток, який відрізняється простотою та надійністю. Було відлито прямокутний свинцевий зразок з поперечним перерізом 26×26 мм, який потім обробляли на стругальному верстаті для отримання зразка з поперечним перерізом у формі прямокутника. Остаточні розміри зразку 25,05×25,26 мм. Довжина зразків більше 250 мм. Отриманий таким чином зразок було розрізано навпіл в поперечному напрямку та на одній частині нанесено сітку на поперечному перерізі з клітинкою зі стороною 2 мм (рис. 1, а). Для більш детального вивчення умов деформації перехідної ділянки від стінки до фланця крок сітки зменшили до 1 мм (див. рис. 1, а). Для подальшої обробки сітку сканували, заносили до програми КОМПАС-3D V13 та на перетинах ліній встановлювали точки, що позначали межі кожного елемента (рис. 1, б).

Потім обидві частини зразка було спаяно за допомогою легкоплавкого сплаву та прокатано у відкритому розрізному балковому калібрі стану 210 лабораторії ДДТУ (рис. 2) з максимально можливим обтисненням.

З метою задачі штаби в калібр під кутом до лінії прокатки було виготовлено ввідна арматура (рис. 3). Ввідний брус (1) було опущено на максимально можливу величину. Зверху зразка (2) за допомогою лінійок (5) та упорів (3) було закріплено проводку (4), як показано на рис. 3. Положення проводки і обумовлювало остаточний кут, під яким штаба заходила в валки. Він складав 7,56°.

Зазвичай при використанні методу координатних сіток, після прокатування визначають переміщення точок, які використовують для визначення лінійних та кутових деформацій у центрах розглядуваних осередків і далі визначають інтенсивність деформації в кожній точці. Проте для випадку асиметричного входу штаби в валки не зрозуміло, як розташовувати вхідний та вихідний переріз відносно одне одного, тому такий підхід стає неможливим. Було запропонована інша методика, яка також дозволяє отримати якісну та кількісну інформацію про тривимірний деформований стан металу при прокатуванні похилої штаби у відкритому розрізному балковому калібрі.

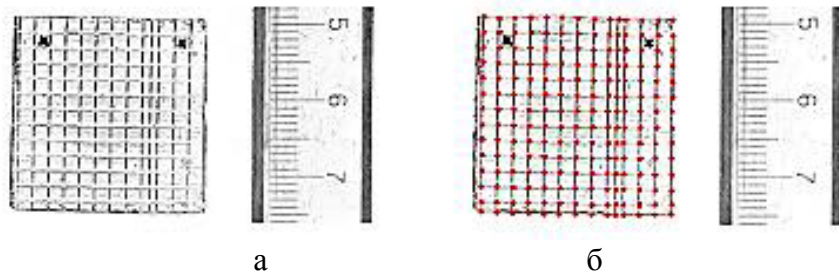


Рис. 1. Спосіб нанесення координатної сітки:

а – зразок з сіткою після сканування; б – сітка після нанесення точок в КОМПАС-3D V13

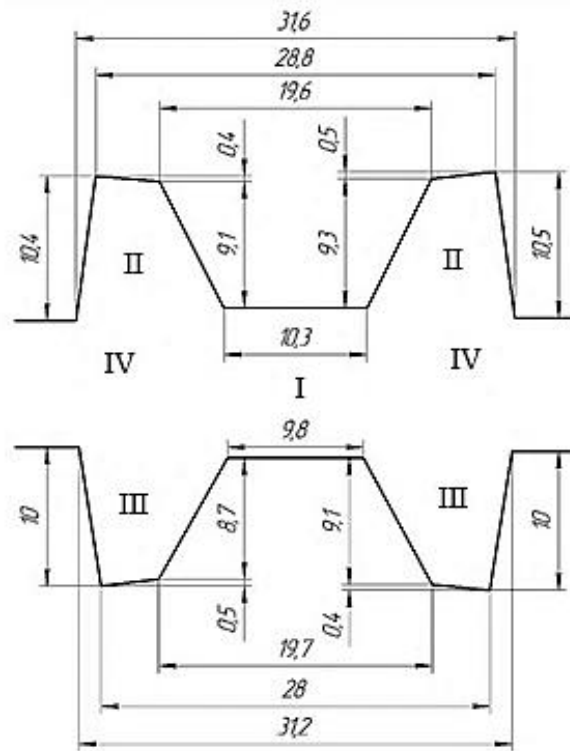


Рис. 2. Креслення відкритого розрізного балкового калібру стану 210 ДДТУ

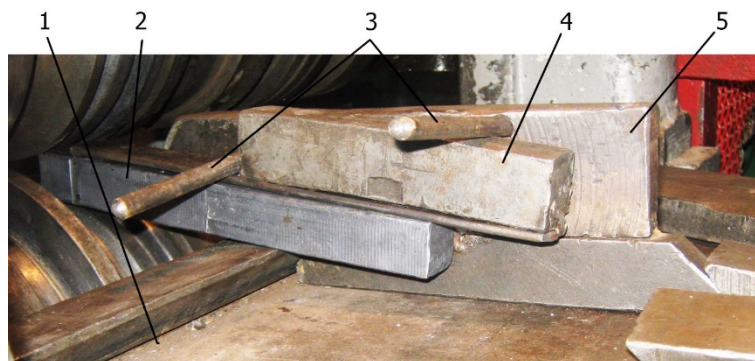


Рис. 3. Встановлення зразку на вході у валки:

1 – ввідний брус; 2 – зразок; 3 – упори; 4 – проводка; 5 – лінійка

Відповідно до запропонованої методики прокатаний складений зразок розділяли, отриману сітку сканували та отримане оптичне зображення заносили до програми КОМПАС-3D V13. Попередній аналіз показав, що отриманий профіль має чотири характерні за деформованим станом елементи (рис. 2): стінка (I), верхній (II) та нижній (III) фланці, а також простір між фланцями (IV). На рис. 4, 5, та 6 ці елементи позначені так само римськими цифрами.

Після розбивання профілю на елементи виконували виміри площі та довжин сторін кожного осередку. За отриманими результатами розраховували коефіцієнти витяжки, розширення та висотної деформації для кожного осередку сітки та будували поля розподілу коефіцієнтів деформації по елементам (рис. 4 – 6).

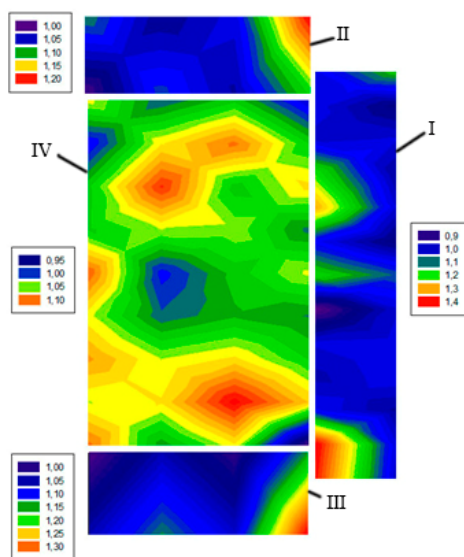


Рис. 4. Розподіл коефіцієнта витяжки по елементам (половина профілю)

Аналіз показує, що найбільшу витяжку отримує стінка профілю з боку нижнього валка (до 1,4, дивись рис. 4). Також велику витяжку профіль отримує в місцях переходу стінки до фланців і також більша витяжка спостерігається з боку нижнього валка. В центральній частині профіль зазнає незначної витяжки, це стосується стінки та простору між фланцями. Такий розподіл витяжки між елементами пояснюється перш за все нерівномірністю обтиснення по ширині профілю, що видно на рис. 5.

Як видно з рис. 4 та 5 місця найбільшої витяжки співпадають з максимальним обтисненням.

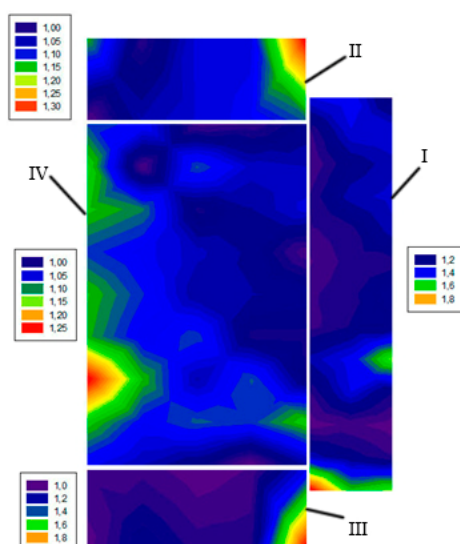


Рис. 5. Розподіл коефіцієнта обтиснення по елементам (половина профілю)

На рис. 6 показано розподіл розширення по елементам профілю.

Найбільше розширення виникає в стінці з боку верхнього валка під дією гребня, що розрізає заготовку. Верхній фланець та простір між фланцями розширюється помітно менше ніж стінка профілю.

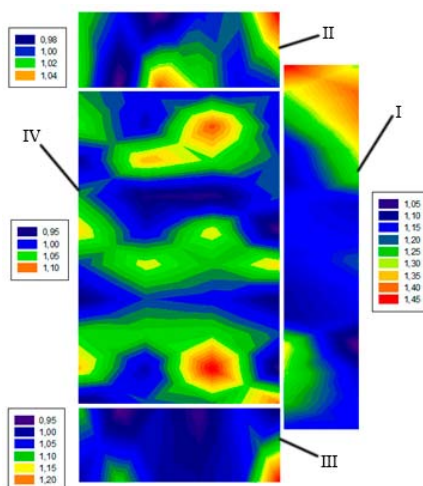


Рис. 6. Розподіл коефіцієнта розширення по елементам (половина профілю)

Таким чином, проаналізувавши всі три складові деформованого стану металу при асиметричній прокатці у відкритому розрізному балковому калібрі можна заключити, що в центральному по довжині перерізу зразка найбільшу витяжку та обтиснення отримує стінка з боку нижнього валка, а найбільше розширення спостерігається в стінці з боку верхнього валка. Такий деформований стан металу повинен викликати виникнення більшого моменту на нижньому валці та внаслідок цього передній кінець повинен загинатися догори на виході з осередку деформації. Проте, як це видно на рис. 7, на практиці спостерігається зворотна картина.



Рис. 7. Бічна поверхня передньої частини штаби після прокатування

Подальший візуальний огляд показав, що умови деформації переднього кінця та середини штаби суттєво відрізняються. На передньому кінці більше обтиснення з боку верхнього валка, а в середині штаби навпаки – з боку нижнього (рис. 8).

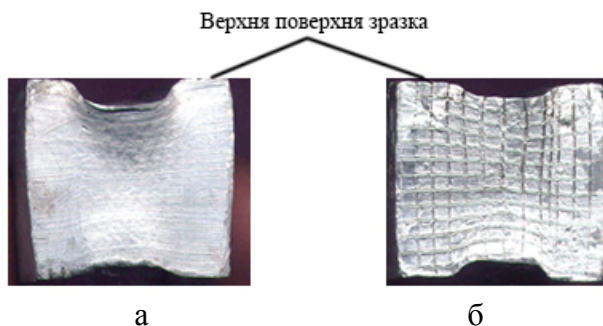


Рис. 8. Несиметричне обтиснення на передньому кінці штаби та по середині зразка:
а – передній кінець зразка; б – середина зразка

Ці факти вказують на те, що при асиметричній задачі штаби в валки під час прокатки у відкритому розрізному балковому калібрі характер деформованого стану металу змінюється на діаметрально протилежний. Цей факт потребує додаткового вивчення.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз результатів показав, що при асиметричній прокатці у відкритому розрізному балковому калібрі в центральному по довжині перерізу зразка найбільші витяжки та обтиснення виникають в стінці профілю з боку нижнього валка, а найбільше розширення в стінці з боку верхнього валка. У випадку постійності такого деформованого стану штабу на виході з валків повинно загинати догори. Проте візуальний огляд зразка показує, що штабу загинало донизу.

2. Характер деформованого стану переднього кінця та середини штаби діаметрально протилежний. На передньому кінці більше обтиснення виникає з боку верхнього валка, а всередині штаби навпаки.

4. Деформаційний стан металу при прокатуванні у відкритому розрізному балковому калібрі при задачі штаби в калібр під кутом до лінії прокатки потребує більш детального вивчення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Королев А. А. *Новые исследования деформации металлов при прокатке* / А. А. Королев. – М. : Машигиз, 1953. – 268 с.
2. Павлов И. М. *Теория прокатки основы пластической деформации металлов* / И. М. Павлов. – М. : ГОНТИ, 1938. – 514 с.
3. Мазур В. Л. *Теория и технология тонколистовой прокатки (численный анализ и технические приложения)* / В. Л. Мазур, А. В. Ноговицын. – Днепропетровск : РВА «Дніпро-VAL», 2010. – 500 с.
4. Байков Е. В. *Метод расчета толщины полосы в нейтральных сечениях при асимметричной прокатке* / Е. В. Байков // *Обработка материалов давлением: сборник научных трудов.* – Краматорск : ДГМА, 2010. – № 2 (23) – С. 185–189.
5. Николаев В. А. *Исследование параметров процесса прокатки в клети с одним приводным валком* / В. А. Николаев, А. А. Васильев // *Обработка материалов давлением: сборник научных трудов.* – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 2 (21) – С. 265–269.
6. Кулик А. Н. *Исследование контактных напряжений при асимметричной прокатке в чистовых клетях толстолистовых станов* / А. Н. Кулик, А. В. Данько, К. Ю. Юрков // *Обработка материалов давлением: сборник научных трудов.* – Краматорск : ДГМА, 2009. – № 2 (21) – С. 241–245.
7. *Влияние кинематической асимметрии на силу прокатки в чистовых рабочих клетях толстолистовых станов* / А. Н. Кулик, А. В. Данько, К. Ю. Юрков, А. А. Файчак // *Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении: тематич. сб. науч. тр.* – Краматорск : ДГМА, 2008. – С. 269–273.

REFERENCES

1. Korolev A. A. *Novye issledovaniya deformacii metallov pri prokatke* / A. A. Korolev. – M. : Mash-giz, 1953. – 268 s.
2. Pavlov I. M. *Teorija prokatki osnovy plasticheskoj deformacii metallov* / I. M. Pavlov. – M. : GONTI, 1938. – 514 s.
3. Mazur V. L. *Teorija i tehnologija tonkolistovoj prokatki (chislennyj analiz i tehniicheskie prilozhenija)* / V. L. Mazur, A. V. Nogovycyn. – Dnepropetrovsk : RVA «Dnipro-VAL», 2010. – 500 s.
4. Bajkov E. V. *Metod rascheta tolshhiny polosity v nejtral'nyh sechenijah pri asimmetrichnoj prokatke* / E. V. Bajkov // *Obrabotka materialov davleniem: sbornik nauchnyh trudov.* – Kramatorsk : DGMA, 2010. – № 2 (23) – S. 185–189.
5. Nikolaev V. A. *Issledovanie parametrov processa prokatki v kleti s odnim privodnym valkom* / V. A. Nikolaev, A. A. Vasil'ev // *Obrabotka materialov davleniem: sbornik nauchnyh trudov.* – Kramatorsk : DGMA, 2009. – № 2 (21) – S. 265–269.
6. Kulik A. N. *Issledovanie kontaktnyh naprjazhenij pri asimmetrichnoj prokatke v chistovyh kletjah tolstolistovyh stanov* / A. N. Kulik, A. V. Dan'ko, K. Ju. Jurkov // *Obrabotka materialov davleniem: sbornik nauchnyh trudov.* – Kramatorsk : DGMA, 2009. – № 2 (21) – S. 241–245.
7. *Vlijanie kinematicheskoy asimmetrii na silu prokatki v chistovyh rabochih kletjah tolstolistovyh stanov* / A. N. Kulik, A. V. Dan'ko, K. Ju. Jurkov, A. A. Fajchak // *Sovershenstvovanie processov i oborudovanija obrabotki davleniem v metallurgii i mashinostroenii: tematich. sb. nauch. tr.* – Kramatorsk : DGMA, 2008. – S. 269–273.

Штода М. М. – канд. техн. наук, доц. ім. Б. М. Ілюковича ДДТУ

Нагорний С. Є. – студент ім. Б. М. Ілюковича ДДТУ

ДДТУ – Дніпродзержинський державний технічний університет, м. Дніпродзержинськ.

E-mail: maksshtoda@gmail.com