

УДК 621.771.01

Штода М. М.
Нагорний С. Є.**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСЕРЕДКУ ДЕФОРМАЦІЇ ПРИ ПРОКАТЦІ ШТАБИ ПІД КУТОМ
У ВІДКРИТОМУ РОЗРІЗНОМУ БАЛОЧНОМУ КАЛІБРИ**

Умови прокатки фланцевих профілів є одними з найбільш складних. Це пов'язано перш за все з нерівномірністю обтиснень по ширині профілю. Найбільша нерівномірність спостерігається в розрізних калібрах, коли штаба з квадратного перерізу приймає форму близьку до кінцевого профілю. Деформація штаби при прокатці в розрізних калібрах з вільним розширенням досліджувалась в багатьох роботах. Проте більшість дослідників не звертає увагу на той факт, що прокатування в розрізному калібрі найчастіше виконується при задачі штаби під кутом до валків, що викликає асиметричні процеси в осередку деформації з боку верхнього та нижнього валків. В останні роки вплив асиметричності осередку деформації на технологічні параметри процесу прокатки прямокутної штаби в гладких валках вивчали Мазур В. Л. і Ноговіцин О. В. [1], Байков Є. В. [2], Ніколаєв В. О. [3], Кулик А. Н. [4, 5]. Дана робота спрямована на дослідження деформованого стану при прокатуванні у відкритому розрізному балковому калібрі при задачі штаби в калібр під кутом до лінії прокатки.

Метою роботи є дослідження зміни коефіцієнтів деформації по довжині штаби при прокатці під кутом у відкритому розрізному балковому калібрі.

Для дослідження зміни параметрів деформації в процесі прокатування необхідно вимірювання поперечних перерізів по довжині недокату. Для вимірювання поперечного перерізу було запропоновано використовувати профілограф [6], який дозволяє виміряти будь яке місце штаби без його розрізання.

Було відлито прямокутний свинцевий зразок з поперечним перерізом 26×26 мм, який потім обробляли на стругальному верстаті. Довжина зразку більше 250 мм. Отриманий таким чином зразок було прокатано у відкритому розрізному балковому калібрі стану 210 лабораторії ДДТУ (рис. 1) з максимально можливим обтисненням. З метою задачі штаби в калібр під кутом до лінії прокатки було виготовлено ввідну арматуру, яка дозволила утримувати штабу постійно під кутом 7,56°. Прокатку зупиняли для отримання недокату.

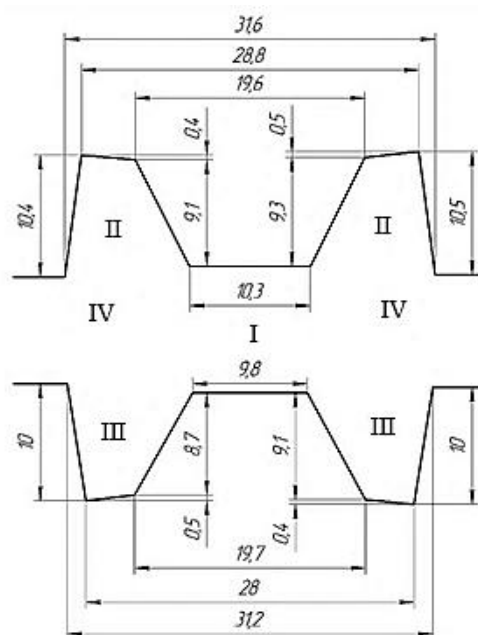


Рис. 1. Креслення відкритого розрізного балкового калібру стану 210 ДДТУ

Отриману штабу закріплювали в тисках та за допомогою профілографа отримували обрис поперечного перерізу в задалегідь намічених місцях. Для позначення кута нахилу зразка та місця розташування обрису в програмі КОМПАС-3D V13 було обведено зображення бічної поверхні зразка та нанесено перпендикуляри до границі зразка, що контактує з нижнім валком рис. 2. Отримане зображення переносилося на реальний зразок. Потім зразок за допомогою рівня встановлювали так, щоб лінія, що вказує переріз розташовувалася строго горизонтально та на рівні голки профілографу.

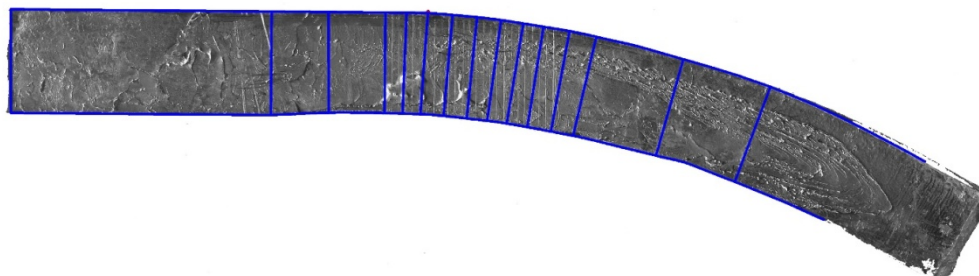


Рис. 2. Бічна поверхня зразка з лініями, отриманими в програмі КОМПАС-3D V13

Наступним етапом була обробка отриманих результатів. На обрисах вимірювали висоту, ширину зразка та обчислювали його площу. Також визначали висоту фланців з боку верхнього та нижнього валків. Після цього розраховували коефіцієнти деформації для кожного перерізу: коефіцієнт витяжки, утягування фланців та розширення штаби.

Аналіз зміни висоти фланців показує, що висотна деформація профілю починається задовго до входження його у валки. На відстані -34,26 мм від контакту штаби з валками середня висота штаби складає 25,76 мм, а на відстані -15,54 мм – 25,776 мм, а на вході в геометричний осередок деформації (0 мм) штаба вже має висоту 25,86 мм. Таким чином, вимірювання показують, що перед осередком деформації при задачі штаби у відкритий розрізний балковий калібр під кутом $7,56^\circ$ спостерігається незначне зростання висоти заготовки (рис. 3). Збільшення висоти заготовки перед входом в геометричний осередок деформації можна пояснити деформацією штаби в результаті вигину, а також припливом металу за рахунок гальмування повздовжнього плину перед осередком деформації.

По мірі просування металу по осередку деформації коефіцієнт обтиснення зростає (рис. 3), виникає утягнення профілю по висоті. Характер збільшення обтиснення немонотонний, на вході в геометричний осередок деформації обтиснення швидко зростає (до 10,92 мм від входу в осередок деформації, див. рис. 3), а ближче до площини виходу з валків процес уповільнюється. Для пояснення цього явища побудуємо вертикальний переріз осередку деформації по осі профілю для простого випадку повздовжньої прокатки (рис. 4). Розділимо його довжину на рівні ділянки. Та виміряємо висоти сторін отриманих частин. Легко побачити та перевірити, що різниця між сторонами для першої ділянки (з боку входу в осередок деформації, див. рис. 4) буде найбільшою, а для останнього (на виході з осередку) – найменшою. Тобто для усіх випадків повздовжньої прокатки висота на вході в осередок зменшується швидше ніж на виході з нього.

Вигин та гальмування штаби перед осередком деформації викликають утягнення штаби по висоті, при цьому виникає незначне зменшення площі заготовки та розширення штаби перед входом в геометричний осередок деформації (рис. 5 та 6). В перерізу контакту металу з нижнім валком повздовжня течія металу прискорюється, тому на відміну від коефіцієнтів обтиснення та розширення (рис. 4 та 6) коефіцієнт витяжки має значення більше одиниці (рис. 5). Подальше просування штаби по осередку деформації супроводжується інтенсивною поперечною течією часток металу в поперечному напрямку, що пояснюється більш довгим шляхом в повздовжньому напрямку та з-за цього утрудненим плином часток металу в цьому напрямку (рис. 5 та 6). Окрім того, пройшовши після контакту з нижнім валком відстань, що дорівнює 10,92 мм, штаба стикається з верхнім валком, тому перед цим перерізом

спостерігається збільшення розширення за рахунок зменшення повздовжньої швидкості течії металу на контакті з верхнім валком. Далі по осередку деформації метал витиснутий гребнями валків перетікає до фланців та в повздовжньому напрямку, при цьому спостерігається збільшення коефіцієнтів витяжки та розширення (рис. 5 та 6).



Рис. 3. Коефіцієнт обтиснення по довжині осередку деформації

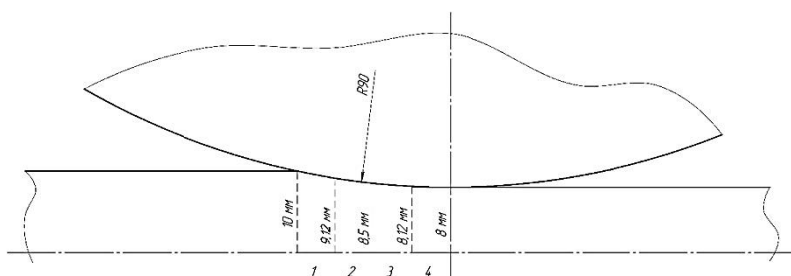


Рис. 4. Розділений по довжині вертикальний повздовжній переріз осередку деформації по осі профілю

Цікавим з точки зору вивчення закономірностей плинності металу при прокатуванні у відкритому розрізному балковому калібрі при задачі штаби в калібр під кутом до лінії прокатки є аналіз значень співвідношень висоти фланців з боку верхнього валка до висоти фланців з боку нижнього валка.

Аналіз умов захвату штаби при прокатуванні у відкритому розрізному балковому калібрі при задачі штаби в калібр під кутом показує, що за рахунок несиметричної зустрічі заготовки з валками на верхньому гребні виникає більше обтиснення ніж на нижньому. Величина різниці збільшується при збільшенні куту нахилу (рис. 7), так як при цьому збільшується несиметричність осередку деформації. Тому на передньому кінці штаби висота верхніх фланців більша за висоту нижніх.



Рис. 5. Коефіцієнт витяжки по довжині осередку деформації

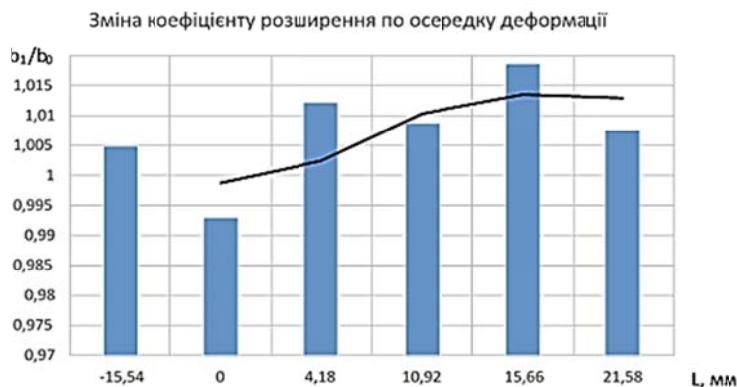


Рис. 6. Коефіцієнту розширення по довжині осередку деформації

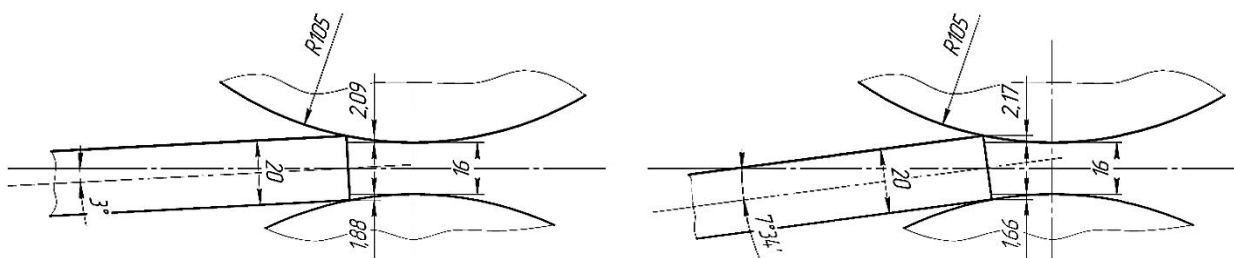


Рис. 7. Захват заготовки валками при задачі штаби під кутом

По мірі просування металу по довжині осередку деформації кут входження заготовки під дією тягнучих сил з боку верхнього валка та за рахунок існування зазорів між упорами, проводкою та заготовкою декілька зменшується. Окрім того, на метал з боку верхнього валка діє більша нормальна сила, тому метал притискається до нижнього валка так, щоб вирівнялися моменти на робочих валках. Цей факт побічно підтверджується більшою довжиною дуги контакту з боку нижнього валка, хоча, як видно з рис. 7, при одночасному захваті більша довжина осередку деформації повинна бути зверху штаби. При проходженні переднім кінцем штаби відстані більше, ніж два осередка деформації, обтиснення з боку нижнього валка стає переважним. В середині довжини штаби висота нижніх фланців більша за висоту верхніх (рис. 8).



Рис. 8. Співвідношення висоти верхніх фланців до нижніх по довжині штаби

ВИСНОВКИ

1. Аналіз результатів показав, що по мірі просування металу по довжині осередку деформації змінюється значення усіх коефіцієнтів деформації – коефіцієнт обтиснення зростає, а значення коефіцієнтів витяжки та розширення залежать від контактних умов в осередку деформації.

2. Умови деформації переднього кінця та середини довжини штаби настільки різні, що на передньому кінці висота верхніх фланців більша за висоту нижніх, а в середині довжини навпаки. Аналіз зміни форми та розмірів поперечних перерізів показав, що по мірі просування металу по довжині осередку деформації кут входження заготовки декілька зменшується, а метал штаби притискається до нижнього валка. За рахунок цього при проходженні переднім кінцем штаби відстані більше, ніж два осередка деформації, обтиснення з боку нижнього валка стає переважним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Кулик А. Н. 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.
6. Производство облегченных профилей проката / А. П. Чекмарев, И. В. Гунин, Р. А. Машиковец [и др.] – М. : Металлургия, 1965. – 424 с.

REFERENCES

1. Mazur V. L. Teoriya i tekhnologiya tonkolistovoy prokatki (chislennyy analiz i tekhnicheskie prilozheniya) / V. L. Mazur, A. V. Nogovitsyn. – Dnepropetrovsk : RVA «Dnipro-VAL», 2010. – 500 s.
2. Baykov E. V. Metod rascheta tolschiny polosity v neytralnykh secheniyakh pri asimmetrichnoy prokatke / E. V. Baykov // *Obrabotka materialov davleniem : Sbornik nauchnykh trudov.* – Kramatorsk : DGMA, 2010. – № 2 (23) – S. 185–189.
3. Nikolaev V. A. Issledovaniye parametrov protcessa prokatki v kleti s odnim privodnym valkom / V. A. Nikolaev, A. A. Vasilev // *Obrabotka materialov davleniem : Sbornik nauchnykh trudov.* – Kramatorsk : DGMA, 2009. – № 2 (21) – S. 265–269.
4. Kulik A.N. Issledovaniye kontaknykh napryazheniy pri asimmetrichnoy prokatke v chistovykh kletyakh tolstolistovykh stanov / A. N. Kulik, A. V. Danko, K. Y. Yurkov // *Obrabotka materialov davleniem: Sbornik nauchnykh trudov.* – Kramatorsk : DGMA, 2009. – № 2 (21) – S. 241–245.
5. Kulik A. N. Vliyaniye kinematicheskoy asimmetrii na silu prokatki v chustovykh rabochikh kletyakh tolstolistovykh stanov / A. N. Kulik, A. V. Danko, K. Y. Yurkov, A. A. Faychak // *Sovershensvovanie protcessov i oborudovaniya obrabotki davleniem v metallurgii i mashynostroenii : Tematich. sb. nauch. tr.* – Kramatorsk : DGMA, 2008. – S. 269–273.
6. Proizvodstvo oblegchennykh profiley prokata / A. P. Chekmaryov, I. V. Gunin, R. A. Mashkovets [i dr.] – M. : Metallurgiya, 1965. – 424 s.

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

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

ДДТУ – Дніпродзержинський державний технічний університет, м. Дніпродзержинськ.

E-mail: maksshtoda@gmail.com