

Лекція 5

Моделювання процесів прокатування в гладких валках

Розглянемо застосування розробленої моделі до процесу подовжньої прокатки в гладких циліндрових валках рівного радіусу. При цьому припускатимемо, що форма заготовки може бути достатньо складною. Процес прокатки в даному параграфі розглядатимемо в системі координат, рухомій з окружною швидкістю валків W_{tool} у напрямі прокатки.

Визначимо напрями осей локальної системи координат для даного вузла сітки, що робиться по наступному алгоритму.

Визначимо кут контакту A вузла i з валком радіусу R по формулі:

$$\varphi = \arctg\left(\frac{x_i - X_R}{z_i - Z_R}\right), \quad (6.1)$$

де x_i, z_i - координати вузла i , що вийшов на контакт з валком; X_R, Z_R координати центру валка.

Далі, визначимо швидкості валка в локальній системі координат і напрямку осей локальної системи координат у вузлі i :

$$\begin{aligned} w_1 &= w_{tool} \sin(A/2); & w_2 &= 0; & w_n &= w_{tool} \cos(A/2); \\ a_x &= \sin(A); & a_y &= 0; & a_z &= \cos(A); \\ (6.2) & & & & & \\ a_{x1} &= \cos(A); & a_{x2} &= 0; & a_{y1} &= 0; & a_{y2} &= 1. \end{aligned}$$

Як чисельний приклад розглянемо прокатку штаби заввишки 12 мм і шириною 48 мм. Матеріал заготовки – жорстко-пластичне середовище Мізеса. Тертя задавалося по Зібелю з величиною чинника тертя 0,5. У другому варіанті розрахунку розглянемо той же процес, але перетин штаби має опуклу форму з величиною опуклості 1 мм з кожної сторони штаби. Площі перетину в двох варіантах розрахунку між собою рівні. Кінцева висота штаби складала 10 мм.

На рис. 6.4 показані сітки кінцевих елементів - початкові і кінцеві (після деформації). За наявності опуклості на передньому і задньому торці заготовки утворюється характерне подовження. Розглянемо напружено-деформований стан на кромці штаби.

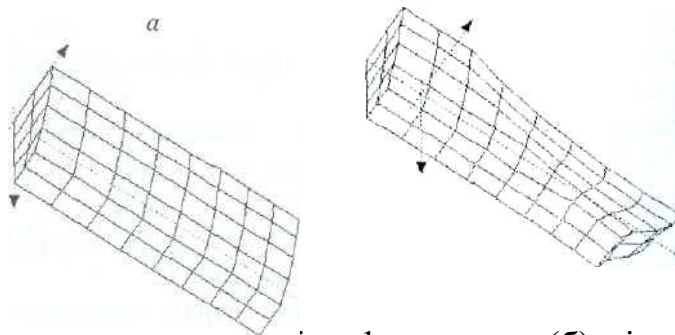


Рисунок 6.4 – Початкова (а) і деформована (б) сітки при моделюванні прокатки штаби опуклою формою поперечного перетину (показано 1/4 частину об'єму).

На рис. 6.5 приведені графіки зміни подовжньої напруги x уздовж бічної кромки і центру штаби для штаби прямокутного перетину і опуклої.

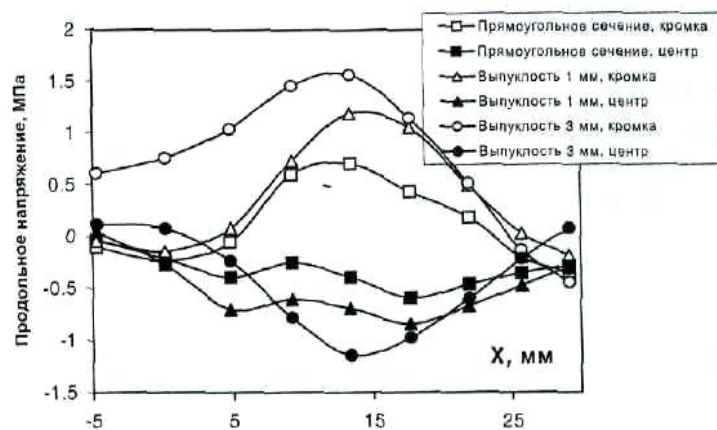


Рисунок 6.5 – Зміна подовжньої напруги x уздовж бічної кромки і осі симетрії штаби для штаби прямокутного перетину і опуклої

Унаслідок більшої витяжки центральної частини штаби в другому варіанті на кромці виникають значно великі подовжні напруги, чим при прокатуванні прямокутної штаби. Зворотна картина спостерігається при

аналізі напруженого стану уздовж осі симетрії штаби. При прокатуванні опуклої штаби за рахунок гальмуючої дії кромки в центрі штаби виникають великі стискуючі подовжні напруги, чим при прокатуванні прямокутної штаби.

Представляє інтерес вплив нерівномірності обтискання в розглянутому процесі на співвідношення подовжньої і поперечної течії.

Таким чином, показана можливість застосування розробленої моделі об'ємного перебігу металу для аналізу процесів прокатки смуг нерівномірного по ширині перетину.

Використання суміщених методів обробки, таких як поєднана прокатки – пресування (СПП) і поєднане лиття, прокатка і пресування (СЛПП) пов'язано з рішенням широкого кола розрахункових завдань. Застосування систем моделювання дозволяє отримати масив даних для аналізу енергосилових параметрів і реалізації цих процесів. Однією з таких є система інженерного аналізу Deform 3d, яка є ефективним засобом для математичного моделювання операцій обробки металів тиском. За наявності відповідного розрахункового комплексу і підготовленої бази даних по механічним та фізичним властивостям деформованих матеріалів і матеріалу інструмента, а також фізичних властивостей мастильних матеріалів, даний програмний продукт може служити основою для оперативного проектування і розробки технологічних процесів формозміни сполучених процесів. З цією метою в роботі було проведено моделювання асиметричного процесу СПП за допомогою програмного комплексу Deform 3d.

Моделювання процесу СПП проводилося з використанням системи Deform 3d v6.1. При цьому в якості вихідного матеріалу заготовки, був обраний сплав АК5. Схема процесу та інструмент для моделювання представлений на рисунку 1.

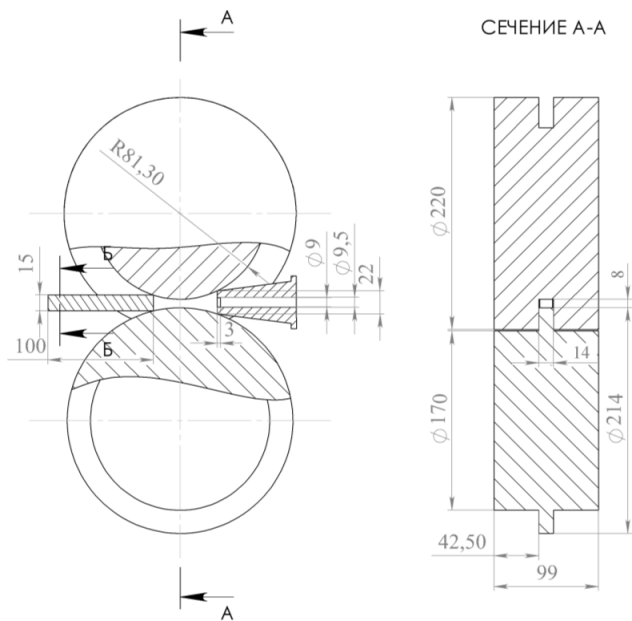
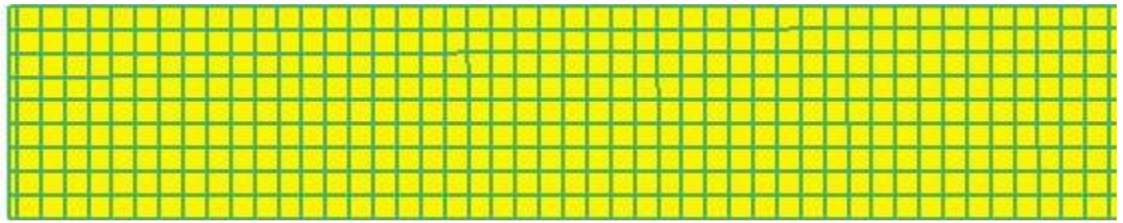


Рисунок 1 . Схема процесу та інструмент для моделювання

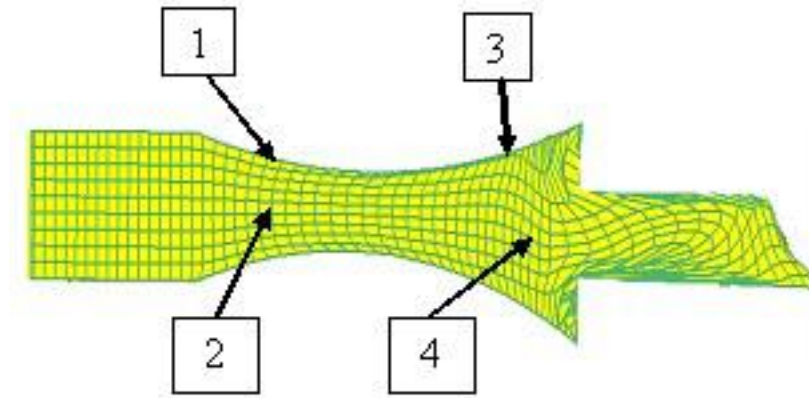
Серед особливостей модельованого процесу слід відзначити асиметричність осередку деформації, що істотно ускладнює вирішення аналітичних задач розрахунку формозміни металу та енергосилових параметрів.

Вихідні умови і допущення, прийняті при моделюванні процесу СПП: початкова температура заготовки становить 480 °С; початкова температура валків 100 °С; температура матриці постійна і дорівнює 100 °С; для проведення розрахунків заготовку розбили на 72745 кінцевих елементів , а швидкість обертання валків була постійна і дорівнює 0,3 рад / сек.

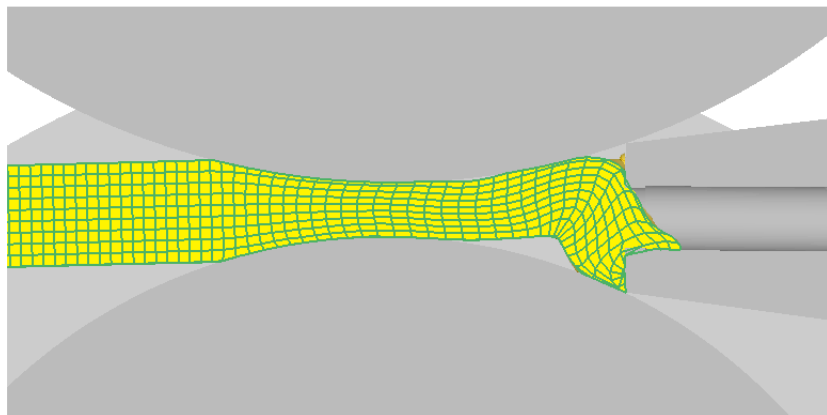
Зміни координатної сітки при моделюванні процесу СПП в системі Deform 3d представлено на рисунок 2. Аналіз зміни координатної сітки показує, що особливості формозміни металу в процесі суміщеної прокатки – пресування підтверджуються і при моделюванні.



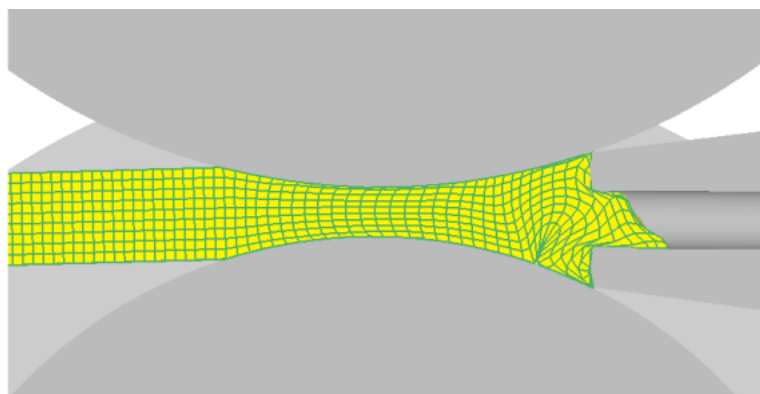
a)



б)



в)



г)

Рисунок 2. Зміна координатної сітки на різних стадіях процесу: а – вихідна сітка на недеформованій заготовлі, б – усталений процесу; в – початок розпресування; г – розпресування.

Кінематика течії металу при СПП для сплаву АК5 (рисунок 3), отримана в результаті моделювання, підтверджує дані раніше проведених експериментальних досліджень.

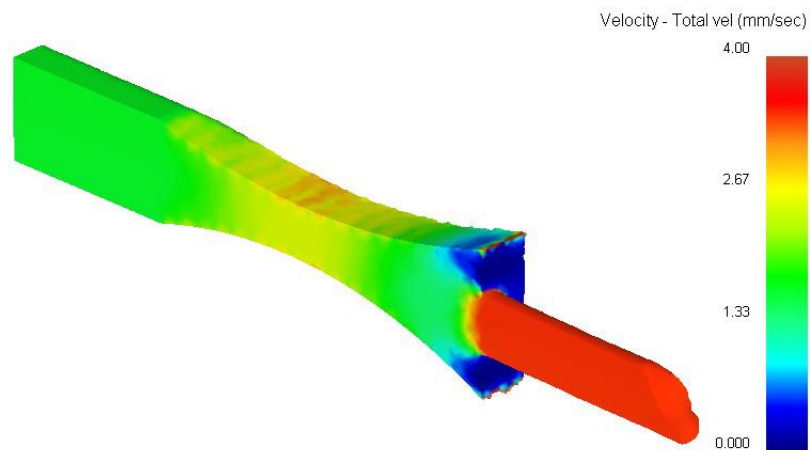


Рисунок 3. Зміна швидкості течії металу

Слід зазначити, що в зоні прокатки вузли координатної сітки, розташовані на контактній поверхні з валками (рисунок 2б, поз. 1), випереджають центральні шари металу (рисунок 2б, поз. 2), що характерно саме для випадку прокатки. Після проходження вертикальної осі, що з'єднує центри валків, швидкості вузлів сітки на периферії (рисунок 2б, поз. 3) і в центрі заготовки (малюнок 2б, поз. 4) поступово вирівнюються і в кінці зони розпресування стають однаковими. Далі картина течії металу відповідає традиційному процесу пресування, тобто вузли сітки центральних шарів металу внаслідок порівняно великій мірі деформації при пресуванні починають значно випереджати приконтатної шари металу. Величина мертвих зон при цьому незначна. Результати моделювання температурних умов СПП для сплаву АК5 представлені на рисунку 4.

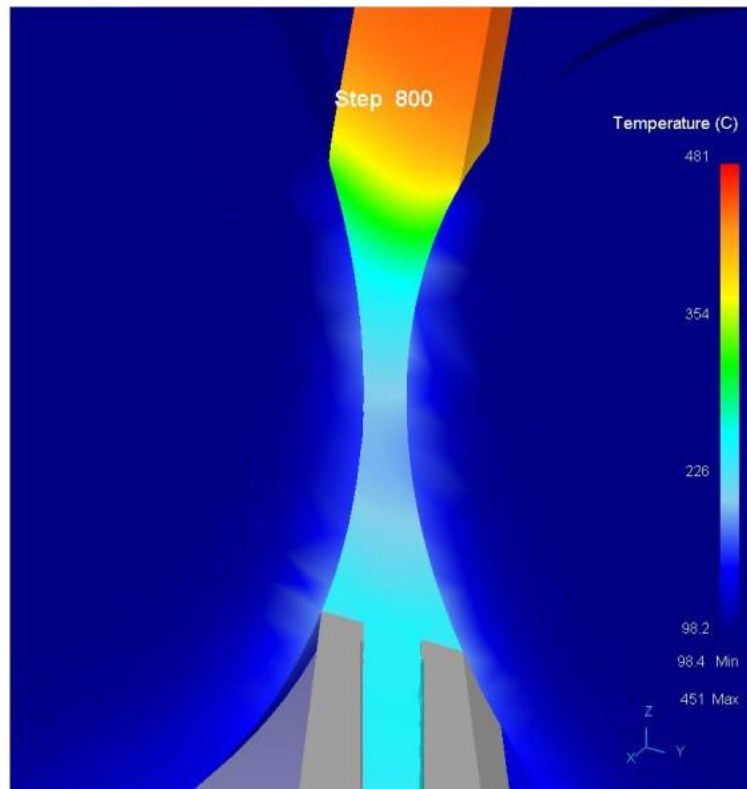


Рисунок 4. Розподіл температур по вогнищу деформації на стадії усталеного процесу СПП для сплаву АК 5

У результаті моделювання температурних умов асиметричного процесу СПП встановлено, що на початковій стадії процесу заготівля охолоджується за рахунок контакту з валками, потім відбувається її розігрів за рахунок виділення деформаційного тепла в зонах прокатки і пресування. Також встановлено, що область найменшою температури заготовки (220 °С) знаходиться в районі площині найменшого перетину калібру. Це пов'язано з тим, що на початковій стадії процесу при контакті з валками заготівля інтенсивно охолоджується за рахунок теплообміну з менш нагрітими валками. Далі температура деформованого металу знову збільшується за рахунок потужного виділення тепла при видавлюванні прутка через канал матриці.

Висновок

1. Порівняння результатів математичного моделювання процесу розкочування методом скінченних елементів (МСЕ) з застосуванням

програмного комплексу DEFORM з оцінкою нерівномірності течії металу в шарах заготовки по величині деформації відповідних верств прокатаних гвинтів і величиною їх прогину показало в цілому їх порівнянність і достовірність.

2. Форма локально деформованого обсягу відповідає геометричній моделі, запропонованої С. І. Губкіна, при якій зони локалізації (інтенсивного перебігу металу) відповідають напрямам максимальних тангенціальних напруг.

3. При клиновий розкатці чинності постійного збільшення величини поверхні контакту інструменту (ролика) з заготовки постійно змінюється напрям максимальних тангенціальних напружень від точки периметра контакту по ходу прокатки.

4. Розміщення ядра деформації зі збільшенням величини обтиску змінює своє положення: з початку прокатки до ступеня обтиску 20 % воно переміщається з прокачуванних шарів на прилеглі, а при подальшому збільшенні, зокрема до 40 %, відбувається повернення на прокочувалися шари.