

УДК 621.7

В.В. Леонтьєв, канд. техн. наук

В.Г. Хромов, д-р техн. наук

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ НА НАПРУЖЕНИЙ СТАН ЗАГОТІВЛІ ПРИ ВОЛОЧІННІ СТАЛЕВОГО ДРОТУ

Розроблено скінчено-елементну модель процесу волочіння сталевго дроту, що дозволяє враховувати нагрівання заготовлі в зоні її взаємодії з інструментом. На основі чисельних експериментів виконана оцінка впливу температури на напружений стан матеріалу

Вступ. Дослідження напруженого стану дроту при волочінні пов'язане з розв'язанням задачі пластичної течії металу в конічній матриці – волоки. Відомі аналітичні розв'язки задачі зводилися в основному до визначення зусилля витяжки, але не давали повної картини напружено-деформованого стану дроту [1]-[3]. Для більш докладного чисельного аналізу процесу волочіння в цей час ефективно застосовується метод скінчених елементів. Один з варіантів подібної методики моделювання з використанням програмного пакета ANSYS наведений у роботі [5]. Задача розв'язувалася в припущенні, що процес протікає при нормальній температурі. У реальному процесі волочіння, як показують експерименти [2], відбувається значний розігрів (до 700 С) зони контакту дроту з матрицею. При цьому можуть мінятися механічні характеристики матеріалу заготовлі, зокрема, границі текучості. Крім того, виникають температурні деформації й напруження. У зв'язку із цим залишається актуальним завдання чисельного моделювання напружено-деформованого стану металу в процесі волочіння з урахуванням температурних змін.

Метою даної роботи є дослідження впливу нагрівання заготовлі на напружений стан матеріалу в зоні волочіння.

Методика дослідження. Моделювання виконували на основі методу секінчених елементів (МСЕ). Задача розв'язується в статичній постановці при наступних гіпотезах: 1) напружений стан заготовлі вісесиметричний; 2) між матрицею й дротом виникає сухе тертя з коефіцієнтом 0,005; 3) матеріал дроту ізотропний, пружно-пластичний; модель зміцнення - нелінійна кінематична; матеріал матриці - ізотропний, пружний; 4) протитовнатяг дроту відсутній.

Схема процесу волочіння показана на рис. 1. Тут F - зусилля витяжки. При моделюванні використовувалась реальна волока за ДСТ 9453-75 форма 8. Поперечний переріз волоки наведено на рис. 2. Волока виконана з

вольфрамокобальтового сплаву ВК-6 з межею міцності 1500 МПа й модулем повздовжньої пружності 630 ГПа.

Передбачається, що діаграма деформування канатного дроту описується нелінійною апроксимуючою функцією виду[4]:

$$\sigma = \sigma_T + \sigma_0(1 - a^{\gamma(\varepsilon - \varepsilon_T)}),$$

де: σ_T - межа текучості; ε_T , σ_0 , a , γ - константи, що визначаються на основі обробки експериментальної діаграми розтягу для досліджуваного матеріалу.

Врахування впливу температури на межу текучості матеріалу дроту виконувалося на основі наступної залежності:

$$\sigma_T = 1775,8\varepsilon_{cp}^{0,4001}(\exp(-0,0007739t)),$$

де: ε_{cp} - середнє значення інтенсивності деформацій; t - температура.

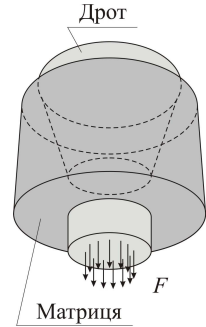


Рис. 1

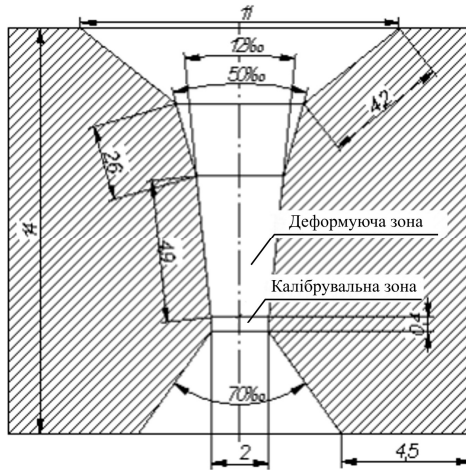


Рис. 2

При прийнятих розмірах волюти середнє значення інтенсивності деформацій, підраховане згідно методики, описаної в [2], становить 0,7554. З формули видно, що з ростом температури межа текучості зменшується й

при температурі 700°C становить 923 МПа проти 1500 МПа для кімнатної температури.

При розв'язанні задачі використовується трикутний вісесиметричний скінчений елемент PLANE2 з 6 вузловими точками (три - у вершинах і по одній - у середині кожної із сторін). Число скінчених елементів сітки - 6017. Скінчено-елементна модель зображена на рис. 3.

Граничні умови формулювалися в такий спосіб: радіальні переміщення точок повздовжньої осі дроту відсутні, що природно для вісесиметричної задачі; волокна нерухома; температура зовнішнього шару дроту в деформуючій зоні приймалася рівній 700°C.

При моделюванні напруженого стану дроту в процесі волочіння необхідно враховувати, що вся її недеформована циліндрична частина проходить через деформуючу й калібрувальну зони. Тому, виходячи з розмірів матриці (сумарна довжина деформуючої й калібрувальної зон близько 8 мм), вертикальне переміщення нижнього (деформованого) кінця дроту прийнято рівним 15 мм. Такий спосіб завдання граничних умов на вихідному кінці дроту відрізняється від традиційного, при якому задається зусилля витяжки (рис. 1).

Як показує аналіз, прийнятий підхід дозволяє точніше описати напружено-деформований стан дроту в процесі його руху усередині матриці.

При виконанні розрахунку початковий діаметр d_0 дроту був прийнятий 2,8 мм, кінцевий d_1 – 2,0 мм; таким чином, обтиснення d_0 / d_1 становить 1,4. Таке обтиснення звичайно виникає на останньому етапі маршруту волочіння. Механічні характеристики дроту в цьому випадку істотно перевищують відповідні параметри вихідної катанки й відповідають прийнятим при розрахунку.

Аналіз результатів. В отриманому чисельному розв'язку основний інтерес представляють напруження в радіальному й вісьовому напрямку в порівнянні з результатами, отриманими без урахування впливу температури [5]. На рис. 4 показаний розподіл радіальних напружень σ_x для дроту, що пройшов крізь волокно, а на рис. 5 – розподіл вісьових напружень σ_y .

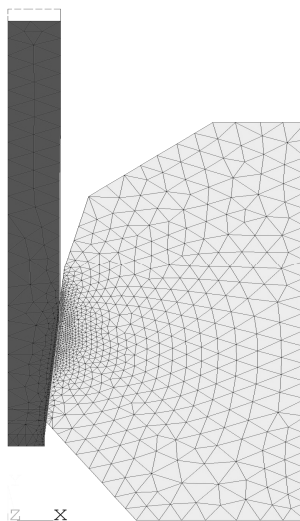


Рис. 3



Рис. 4

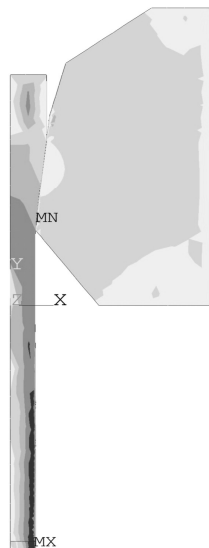


Рис. 5

Аналіз цих епюр показує, що при врахуванні температури найбільші радіальні напруження виникають на початку деформуючої зони, досягаючи 910 МПа проти 1440 МПа без врахування температури, і зменшуються при її кінці до 360 МПа проти 612 МПа. Вісьові ж напруження зростають до кінця деформуючої зони, досягаючи 920 МПа проти 1460 МПа, отриманих без врахування розігріву дроту. Такий розподіл вісьових напружень, можливо, пов'язаний зі зменшенням діаметра дроту при його русі крізь волоку. По поперечному перерізі дроту вісьові напруження розподіляються в цілому рівномірно. Такий розподіл напружень цілком відповідає фізичному змісту задачі й підтверджує адекватність моделі реальної конструкції.

Висновки.

1. Врахування розігріву дроту при волочінні показує, що напруження в ньому виявляються істотно (на 40-50%) менше, ніж ті що отримують без врахування розігріву. Це пов'язано, можливо, зі зменшенням межі текучості матеріалу з ростом температури.
2. Аналіз результатів скінчено-елементного моделювання виявив найбільш напружені зони дроту й дозволив одержати адекватне уявлення про його поведінку в процесі волочіння з урахуванням розігріву.

Отримані результати дозволяють дати рекомендації з удосконалювання процесу волочіння з метою зменшення числа проміжних етапів деформування при збільшенні обтиснення на кожному з них. Крім того, представляється можливим зменшити зусилля витяжки. Основним же завданням є вивчення напружено-деформованого стану дроту на всьому маршруті волочіння (від вихідної катанки до готового дроту) з урахуванням зміни його механічних характеристик на кожному з етапів. Це дасть можливість оптимізувати процес волочіння й запропонувати нові конструкції волок і способи змащення, що знижують зношування й збільшують термін служби цього інструмента.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Качанов Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
2. Колмогоров В. Л. Гидродинамическая подача смазки / В. Л. Колмогоров, С. И. Орлов, Г. Л. Колмогоров. – М.: Metallurgy, 1975. – 256 с.
3. Шилц Р. Пластическое движение в сходящемся коническом канале / Р. Шилц // Механика - М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 183-191.
4. Хромов В. Г. Выбор аппроксимирующей функции для диаграммы растяжения материала в задачах технологической механики стержня / В. Г. Хромов, И. В. Хромов // Вестник СевНТУ. Сер. Механика, энергетика, экология: сб. науч. тр. – Севастополь, 2007. – Вып. 80. – С. 20 – 22.
5. Леонтьев В. В. Моделирование процесса волочения стальной канатной проволоки методом конечных элементов с помощью ANSYS / В. В. Леонтьев // Динамика, надежность и долговечность механических и биомеханических систем и элементов их конструкций: материалы междунар. науч.-техн. конф., 8-11 сентября 2009 г. – Севастополь, 2009. – С. 160-163.

Отримано 09.09.10

Леонтьев В.В., Хромов В.Г.

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА НАГРЕВА НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАГОТОВКИ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ СТАЛЬНОЙ ПРОВОЛОКИ

Разработана конечно-элементная модель процесса волочения стальной проволоки, позволяющая учитывать нагрев заготовки в зоне ее взаимодействия с инструментом. На основе численных экспериментов выполнена оценка влияния температуры на напряженное состояние материала.

Leontyev V. V., Khromov V. G.

RESEARCHES OF INFLUENCE OF PROCESS OF HEAT ON THE PREFORM TENSION AT DRAWING OF THE STEEL WIRE

The finite-element model of process of drawing of the steel wire is developed, allowing to consider preform heat in a zone of its interaction with the instrument. On the basis of numerical experiments the estimation of influence of temperature on a material tension is executed.