

УДК 621.77.01

Бень А.М.¹, Мережко Б.В.²

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

² студ. гр. М-814м НУ «Запорізька політехніка»

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ГАРЯЧОГО ШТАМПУВАННЯ

Використання надвисокоміцних сталевих компонентів швидко зростає в автомобільній промисловості через потребу у підвищенні пасивної безпеки та зменшенні ваги. Гаряче штампування сталей, легованих бором, є одним з методів виробництва надвисокоміцних сталевих компонентів з відкритим перерізом. Прогнозування процесу виробництва продукту та продуктивності вимагає детального знання відповіді матеріалу та еволюції протягом усього процесу виробництва, включаючи деформацію під час швидкого охолодження приблизно від 900°C до кімнатної температури. Поєднаний термомеханічний аналіз використовується для прогнозування поведінки матеріалу під час процесу гарячого штампування. Щоб зафіксувати стан залишкової напружки,

який відповідає за зміну готового компонента, дуже важливо зафіксувати термомеханічну історію в моделі матеріалу.

Коли аустенітизована сталь охолоджується з різною швидкістю, залежно від деталей контакту з інструментом, аустеніт розкладається на різні фази продукту. Для борної сталі можливими дочірніми продуктами є ферит, перліт, бейніт і мартенсит. Морфологія цих мікроструктурних компонентів дуже різна, і, отже, їхні механічні властивості відрізняються. Таким чином, вивчення макроскопічної поведінки матеріалу стає важкою проблемою гомогенізації через те, що нові фази безперервно еволюціонують і необхідно враховувати історію деформації.

Конститутивна модель, запропонована Леблондом та ін., починається з поведінки кожної фази та повертається до макроскопічної поведінки матеріалу. Тут будуть описані основні частини моделі для випадку зміцнення деформацією. У оригінальній моделі передбачається, що аустеніт розкладається на одну фазу продукту. У поточній обробці передбачається, що модель справедлива навіть для випадків, коли аустеніт розкладається на кілька фаз продукту. Загальний приріст деформації, $\Delta \epsilon_{ij}$, вважається адитивно розкладеним і записується як

$$\Delta \epsilon_{ij} = \Delta \epsilon_{ij}^e + \Delta \epsilon_{ij}^{th} + \Delta \epsilon_{ij}^{tr} + \Delta \epsilon_{ij}^p$$

Представлено чисельну реалізацію механічної конститутивної моделі для моделювання гарячого штампування. Конститутивна модель має на меті дати розробникам продукту корисний інструмент для прогнозування здатності до формування, а також точності форми та пружності для термомеханічних тонких листових заготовок. Для подальшої оцінки прогнозованих можливостей реалізованих моделей необхідно провести додаткові експерименти для різних історій термомеханічного навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Akerstrom P. Numerical implementation of a constitutive model for simulation of hot stamping / P. Akerstrom, G. Bergman, M. Oldenburg // *Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering*. – 2007. – Vol. 15, No 2. – DOI: 10.1088/0965-0393/15/2/007.
2. Leblond J. B. A theoretical and numerical approach to the plastic behaviour of steels during phase transformations. I. Derivation of general relations / J. B. Leblond, G. Mottet, J. Devaux // *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*. – 1986. – Vol. 34. – P. 395–409.