

## Вплив параметрів кінцево-елементних моделей на точність розрахунків формозміни металу й сил при штампуванні й прокатці заготовок залізничних коліс

Дужуржи О. О. (ОМТ-09.м)\*

Донецький національний технічний університет

У цей час при аналізі процесів обробки металів тиском ОМД широке розповсюдження отримали методи математичного моделювання, засновані на методі кінцевих елементів (МКЭ). Як правило, ці методи реалізовані у вигляді пакетів прикладних програм, які знайшли застосування й при аналізі технологій деформування заготовок залізничних коліс. Разом з тим, у технічній літературі недостатньо висвітлена проблема оцінки точності одержуваних результатів моделювання й ступені їх відповідності даним експериментальних досліджень процесів штампування й прокатки заготовок коліс.

Насамперед, слід зазначити, що до складу пресопрокатних ліній по виробництву залізничних коліс входять, як правило, від двох до чотирьох пресів і колесопрокатний стан вертикального або горизонтального типу. Заготовка при цьому може перебувати на лінії 5 хвилин і більше, а час пауз між двома послідовними операціями гарячого деформування може становити більше 10 секунд. Очевидно, що в таких умовах деформації на величину напруження плин металу ( $\sigma_T$ ) поряд із процесами зміцнення суттєвий вплив повинні справляти процеси знеміцнення. Опираючись на результати експериментальних досліджень по вивченню впливу умов деформації на розмір сталей, а, також враховуючи тривалість пауз між операціями деформування й температуру металу (1000 – 1250°C), можна з достатнім ступенем точності стверджувати, що деформаційне зміцнення металу за одну операцію частково знімається в результаті динамічної рекристалізації й остаточно, - у результаті статичної рекристалізації, що протікає в заготовці під час міждеформаційних пауз.

Проведені авторами теоретичні дослідження процесів штампування й прокатки заготовок коліс показали, що накопичена деформація в окремих елементах заготовки може сягати 1 і більш більше за один технологічний перехід. Виконані для колісної марки сталі розрахунки дозволили встановити що якщо не враховувати знеміцнення металу в результаті динамічної рекристалізації, то значення при температурі 1000-1250°C і ступені деформації 0,5-0,8 буде завищено в середньому на 10-25%, залежно від швидкості деформації (рисунок). При екстраполяції значень у напрямку підвищення ступені деформації вищевказана величина завищення також буде збільшуватися. При моделюванні це приводить до суттєвого перевищення розрахункової сили деформування над експериментально зафіксованою її величиною в умовах дослідно-промислового виробництва коліс.

---

\* Керівник – к.т.н., доцент кафедри Снітко С. О.

Причому, це в тому випадку, коли в якості вихідних даних задаються швидкості або переміщення інструмента деформації.

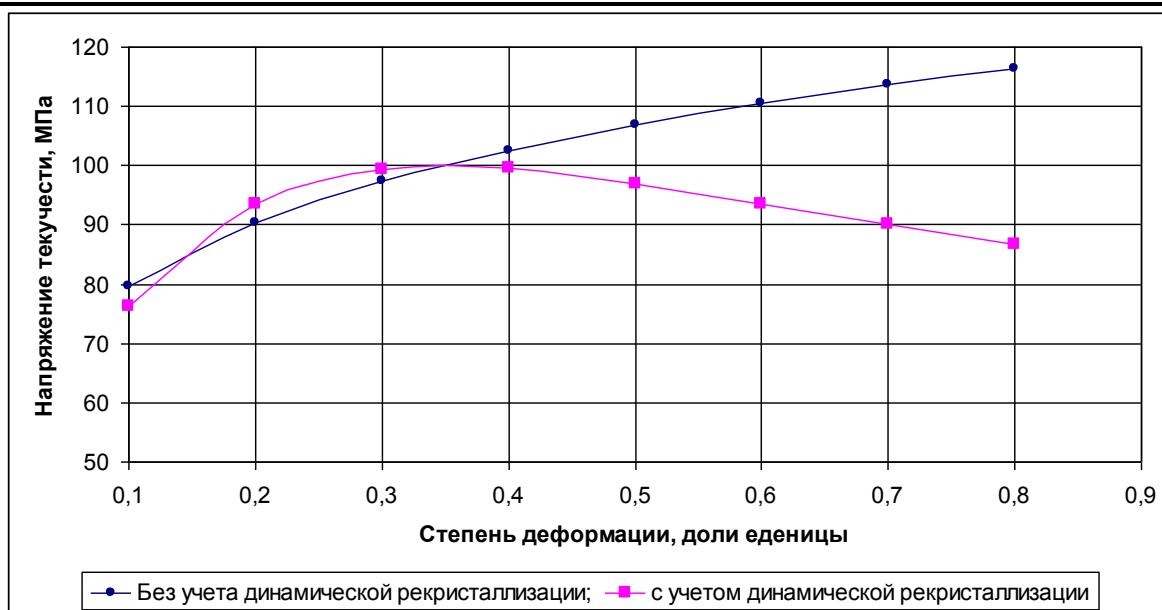


Рисунок. Розрахункові криві плинучості сталі коліс марки 2 (ГОСТ 10791-2004) при температурі 1100°C і швидкості деформації 5 с<sup>-1</sup>.

Коли ж у якості вихідних даних задають закон зміни сил, що діють на заготовку з боку інструмента деформації, то результати розрахунків покажуть кінцеву формозміну заготовки, що не відповідає даним експериментальних вимірів заготовок. Причина такої невідповідності - досягнута при моделюванні межа по силі деформування. Наприклад, при моделюванні процесу штампування заготовки під прокатку буде мати місце незадовільне заповнення порожнин формувальних штампів при товщині диска в районі маточини більше необхідної.

При моделюванні процесу прокатки заготовок використання завищених значень призводить до невиконання розмірів чорнового колеса, насамперед по діаметру. Тобто, у цьому випадку сили прокатки буде недостатньо, щоб реалізувати при моделюванні осьові обтиснення, що мають місце на практиці, при тих же температурно-швидкісних параметрах процесу. Звісно, що такі результати моделювання, не будуть адекватними.

Таким чином, на основі виконаних теоретичних і експериментальних досліджень установлений вплив основних параметрів кінцево-елементних моделей, а також способу завдання крайових умов на точність розрахунків формозміни металу й сил при штампуванні й прокатці заготовок коліс. Показано, що внесені при створенні моделей спрощення розв'язуваного завдання можуть приводити до суттєвих відхилень розрахунків, роблячи їх малопридатними для практичного використання при аналізі технологій деформування заготовок залізничних коліс.