

ОЦІНЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ПРИ КРИСТАЛІЗАЦІЇ МАСИВНИХ ЧАВУННИХ ВИЛИВКІВ

Клочко О.Ю., д.т.н., проф.,
Рубець Є.І., Галкін М.Г., магістри

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків)

Мета досліджень: провести оцінку напружено-деформованого стану (НДС) в масивних виливках при кристалізації чавуну, а також вплив різних чинників на виникнення залишкових напружень.

Основні результати досліджень:

Розроблено математичну модель НДС валка для одномірного завдання з оцінкою процесів та урахуванням зміни температури і структурних перетворень. Теплове поле розраховували на основі диференційного рівняння теплопровідності [1]. Задачу вирішували методом кінцевих різниць по явній різницевій схемі. Було використано графічне подання моделі для виділюваного елемента системи виливок - ливарна форма (рис.1). Для цього область рішення було розбито m точками на $m-1$ рівних частин.

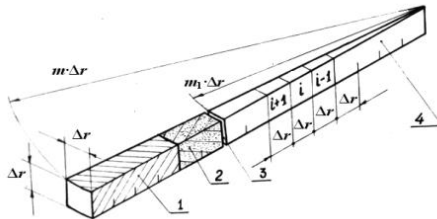


Рисунок 1 - Розрахункова схема одномірної задачі: 1 – кокіль; 2- теплоізоляційне покриття; 3-повітряний зазор; 4-виливок

НДС оцінювали з урахуванням структурної складової в кожний момент часу за допомогою математичної моделі [2], що описує поведінку матеріалу при пружно-пластичних деформаціях (пружне середовище при навантаженні і жорстко-пластичне середовище після розвантаження). Розрахунок НДС проведений у геометрично лінійній постановці і заснований на фізичному принципі мінімуму роботи потенційної енергії за умови відсутності зовнішніх сил. Відомо [3], що основною причиною виникнення залишкових напружень є виникаюча неоднорідність деформованого стану, пов'язана зі змінним перетином різних зон виливка. Встановлені значущі чинники, що сприяють появі цієї неоднорідності: температурний градієнт (виникає при

кристалізації виливка); напруги II роду; фазові перетворення, у тому числі з формуванням залишкового аустеніту. Також виконано теоретичні дослідження із впливу товщини кокілю ($h_{\text{кок}}$), товщини шару теплоізоляційного покриття форми ($h_{\text{н}}$), температури форми перед розливанням і металу на швидкість кристалізації.

На підставі 42 варіантів розрахунків за рішенням одновимірної задачі при охолодженні виливків визначено оптимальні значення параметрів, з погляду одержання найменшого значення максимального показника напруженого стану для виливків: при $D_{\text{вил}}=1060\text{мм}$: $t_{\text{розл}}=1420^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{кок}}=140^{\circ}\text{C}$; $h_{\text{кок}}=100\text{мм}$; $h_{\text{н}}=4,5\text{мм}$; $\tau_{\text{виймки}}=72\text{год.}$; при $D_{\text{вил}}=800\text{мм}$: $t_{\text{розл}}=1410^{\circ}\text{C}$; $t_{\text{кок}}=200^{\circ}\text{C}$; $h_{\text{кок}}=150\text{мм}$; $h_{\text{н}}=6,2\text{мм}$; $\tau_{\text{виймки}}=60\text{год.}$ Встановлено, що для виливків $\varnothing 800\text{ мм}$ максимальні розтягувальні напруження виникають на $3/4$ радіусу, а для $\varnothing 1060\text{ мм}$ – на поверхні (рис. 2).

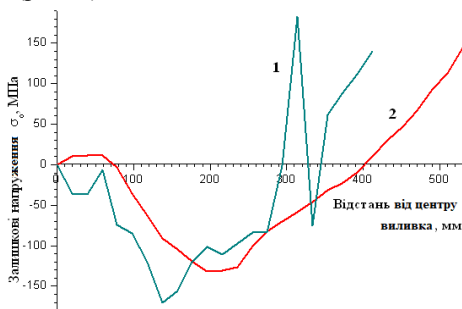


Рисунок 2 - Залишкові напруження по перетину виливків 1- $\varnothing 800\text{мм}$, 2- $\varnothing 1060\text{мм}$ у моменти часу τ

Висновки:

В результаті проведених досліджень отримано математичну модель процесів кристалізації, що включає розрахунок температурного і напружено-деформованого станів. Основним чинником виникнення залишкових напружень є неоднорідність деформованого стану, пов'язана зі змінним перетином різних зон виливка.

Список використаних джерел

1. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности. М: Мир, 1987, 542с.
2. Скобло Т.С. та інш. Производство и применение прокатных валков. Довідник: Під ред. проф. Скобло Т.С. Х.: ЦД № 1. 2013. 572 с.
3. Покровский А.М. Математическое моделирование температурно-структурного и напряженного состояния при закалке композитных прокатных валков. Сталь, 2006, № 2, 60 – 63.