UO'K (UDK): 666.94:681.51

SEMENT KLINKERINI KUYDIRISH AYLANMA PECHI KUYDIRISH ZONASI HARORATI BOSHQARUV OBYEKTINING YACHEYKALI DINAMIK MODELI

Haydarov Bahtiyor Abdullajon o'g'li
t.f.f.d.

No'monjonov Alimardon Alisher o'g'li
magistr, Namangan davlat texnika universiteti
bahtiyorhaydarov944@gmail.com, alimardonnumonjonov222@gmail.com

Sement ishlab chiqarishda energiya sarfining asosiy qismi klinkerni kuydirish bosqichiga to'g'ri keladi, shuning uchun aylanma pechni boshqarish sifati issiqlik sarfi, klinker sifati va ekologik ko'rsatkichlarga bevosita ta'sir qiladi. Pech boshqaruv obyekti sifatida murakkab: jarayon inersion, boshqaruv ta'siridan javobgacha kechikish mavjud, dinamika nochiziqli, konturlar o'zaro bog'liq, xom ashyo va yoqilg'i sifati o'zgaruvchan, o'lchash esa shovqinli [1]. Pech tugunlari modellari nechitka xulq diagrammalari ko'rinishida ham qurilgan [2], biroq sement klinkerining quruq usulli pechida kuydirish zonasi haroratining (BZT) ko'mir sarfiga dinamik javobini yacheykali model asosida tahlil qilish masalasi yetarlicha yoritilmagan.

Tadqiqotning maqsadi — BZT boshqaruv obyektining yacheykali dinamik modelini qurish va uning statsionar hamda dinamik xususiyatlarini baholash.

Obyekt va model tuzilishi

Boshqaruvchi ta'sir sifatida asosiy gorelkaning ko'mir sarfi G_k, boshqariladigan kattalik sifatida kuydirish zonasi harorati (pirometr bo'yicha) qabul qilindi. Pech taqsimlangan parametrli obyekt bo'lsa-da, uning to'liq tasviri tavsifni murakkablashtiradi. Shu sababli 4,2×60 m o'lchamli pech uzunligi bo'yicha texnologik jihatdan farqlanadigan beshta zonaga bo'lindi (1-jadval). Har bir zona to'liq aralashtirish yacheykasi sifatida qaraladi, material va gaz esa qarama-qarshi yo'nalishda harakatlanadi.

1-jadval. Pech zonalari

Zona	Uzunlik, m	Asosiy jarayon
I. Isitish	0–10	Materialning isishi, kalsinatsiyaning davomi
II. Kalsinatsiya	10–25	$CaCO_3$ ning parchalanishi (endotermik)
III. O'tish	25–40	Belit hosil bo'lishi, suyuq fazaning paydo bo'lishi
IV. Kuydirish	40–53	Alit hosil bo'lishi (ekzotermik), yoqilg'i yonishi, BZT
V. Sovutish	53–60	Klinker chiqishi, ikkilamchi havo bilan issiqlik almashinuvi

Har bir i-zona (i = 1…5) uchun material va gaz fazalarining issiqlik balansi tenglamalari yoziladi:

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

$$M_{m,i}c_m \cdot dT_{m,i}/dt = G_m c_m(T_{m,i-1} - T_{m,i}) + \alpha_i F_i(T_{g,i} - T_{m,i}) + \Delta H_i r_i - q_{yo'q,i} \quad (1)$$

$$M_{g,i}c_g \cdot dT_{g,i}/dt = G_g c_g(T_{g,i+1} - T_{g,i}) - \alpha_i F_i(T_{g,i} - T_{m,i}) + Q_{yoq,i} - q_{qob,i} \quad (2)$$

bu yerda M — zonadagi massa, c — issiqlik sig'imi, G — massa sarfi, α·F — issiqlik uzatish koeffitsienti va sirt ko'paytmasi, $\Delta H_i r_i$ — reaksiya issiqligi, q — issiqlik yo'qotishlari. Chegara shartlari: $T_{m,0}$ — pechga kirayotgan material harorati, $T_{g,6}$ — ikkilamchi havo harorati. Yoqilg'i issiqligi faqat IV zonada beriladi:

$$Q_{yoq,4} = \eta \cdot G_k \cdot Q_n, \quad Q_{yoq,i} = 0 \ (i \neq 4) \quad (3)$$

Reaksiya issiqligi haroratga bog'liq silliq faollashuv funksiyasi orqali berildi (II zonada $\Delta H < 0$, IV zonada $\Delta H > 0$):

$$\Delta H_i r_i = q_{r,i} / (1 + \exp(-(T_{m,i} - T_{act,i})/w)) \quad (4)$$

Hosil bo'lgan 10 ta oddiy differensial tenglamadan iborat qattiq sistema MATLAB/Python muhitida sonli yechildi (ode15s, BDF usuli). Material va futerovka issiqlik sig'imi birga hisobga olindi.

Statsionar rejim

BZT = 1450 °C ga mos nominal rejimda zonalar haroratlari 2-jadvalda keltirilgan. Material harorati pech bo'ylab o'sib, IV zonada maksimumga yetadi, V zonada esa ikkilamchi havo ta'sirida pasayadi; gaz harorati ham shu qonuniyatga amal qiladi. Zonalar bo'yicha harorat taqsimoti texnologik jihatdan mantiqli: kalsinatsiya zonasida endotermik parchalanish haroratning o'sishini sekinlashtiradi, kuydirish zonasida esa yoqilg'i yonishi va ekzotermik reaksiyalar haroratni eng yuqori darajaga ko'taradi.

2-jadval. Statsionar rejim (nominal ishchi nuqta, model hisobi)

Zona	I	II	III	IV	V
T_m, °C	910	1037	1283	1450	1180
T_g, °C	929	1061	1295	1450	1152

Cheklovlar va xulosa

Barcha model parametrlari (zona o'lchamlari, α·F, ΔH, yo'qotishlar) namunaviy qiymatlar sifatida qabul qilingan va real obyekt ma'lumotlari bilan kalibrlanmagan. Shu sababli hisoblangan haroratlar miqdoriy emas, sifat xarakteriga ega: ular modelning tuzilishi va jarayon mantiqini ko'rsatadi. Taklif etilgan besh yacheykali model BZT boshqaruv obyektining dinamikasini tahlil qilish, identifikatsiya usullarini solishtirish va regulyator sintezi uchun asos bo'ladi. Real zavod ma'lumotlari bilan kalibrlash va modelni tasdiqlash tadqiqotning keyingi bosqichi hisoblanadi.

Kalit so'zlar: aylanma pech, klinker, kuydirish zonasi harorati, yacheykali model, issiqlik balansi, statsionar rejim.

Adabiyotlar

1. Seborg D.E., Edgar T.F., Mellichamp D.A., Doyle F.J. Process Dynamics and Control. 4th ed. Hoboken: Wiley, 2016.
2. Бажанов А.Г., Магергут В.З. Нечеткая диаграмма поведения узла нагрузки главного привода цементной печи // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321, № 5.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.