

## PODATKOVNE STRUKTURE PRI SIMULACIJI OGREVNIH PEČI

### DATA STRUCTURES IN A REHEATING-FURNACE SIMULATION

Anton Jaklič<sup>1</sup>, Tomaž Kolenko<sup>2</sup>, Branislav Glogovac<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Lepi pot 11, 1000 Ljubljana, Slovenija

<sup>2</sup>Univerza v Ljubljani, NTF - Oddelek za materiale in metalurgijo, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija  
tone.jaklic@imt.si

Prejem rokopisa - received: 2001-11-08; sprejem za objavo - accepted for publication: 2001-11-27

Pri simulaciji ogrewnih peči se srečujemo z velikim številom podatkov, ki jih je treba obdelati v realnem času. Ker gre večinoma za rekurzivna izračunavanja, želimo kar največ podatkov hraniti v pomnilniku računalnika, kar bistveno pripomore k hitrosti izračunavanja. Podatkovna struktura določa obliko, v kateri bodo zapisani podatki v pomnilniku. Z izbiro najprimernejše strukture bistveno pripomoremo k preglednosti pri programiranju in hitrosti dostopa do podatkov, olajša pa nam tudi dodajanje in brisanje podatkov v strukturi. V prispevku prikazujemo primer izbrane podatkovne strukture, ki je primerna za obravnavo koračnih in potisnih peči. Gre za kazalčno zasnovano strukturo, ki lahko svojo obliko dinamično prilagaja stanju v peči.

Ključne besede: koračna peč, simulacija peči, podatkovna struktura, kazalčna struktura

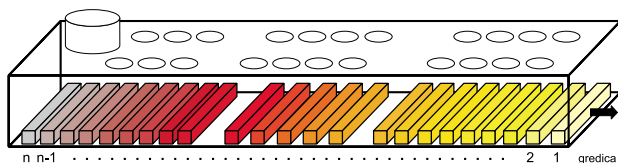
The simulation of reheating furnaces is associated with an enormous amount of data which have to be processed in real time. Dealing mostly by recursive calculations it is preferable for the data to be saved in the computer's RAM. This allows faster manipulation of the data. The data structure determines the form of the data storing in the RAM. The appropriate data structure allows clearer programming; faster data access; and makes code more efficient and simplifies deleting and adding the data in the structure. In this contribution the chosen data structure for a walking-beam furnace and for a pusher-type furnace is presented. It is a pointer-based data structure, which can be dynamically adapted to the situation in the furnace.

Keywords: walking-beam furnace, furnace simulation, data structure, pointer structure

## 1 UVOD

Pri sodobnih procesnih nadzornih sistemih se vse bolj uveljavlja digitalna simulacija, ki omogoča spremljanje nemerljivih veličin procesa. To zahteva izvajanje simulacije v realnem času. Pri digitalni simulaciji ogrewnih peči se srečamo z velikim številom podatkov, ki jih je treba obdelati v realnem času. Procesni prevajanja toplote so sistemi prvega reda, kar pomeni, da pri izračunu trenutne vrednosti upoštevamo tiste v prejšnjem računskem koraku, zato je treba vrednosti zadnjega računskega koraka ohraniti. Veliko podatkov o procesu se nahaja tudi v obliki tabel, iz katerih želene vrednosti izračunamo z interpolacijo. Ker je branje podatkov iz datotek zamudno, za izvajanje simulacije pa zahtevamo, da poteka v realnem času, želimo kar največ vrednosti hraniti v računalniškem pomnilniku, kar bistveno pospeši izračun.

Vložek je v koračnih pečeh za ogrevanje gredic lahko založen na različne načine (slika 1). Nekatere peči

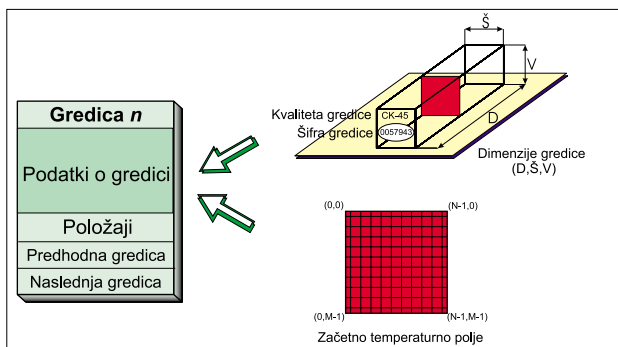


Slika 1: Koračna peč  
Figure 1: Walking-beam furnace

omogočajo različne razmike med posameznimi gredicami, pri nekaterih pa je mogoče celo ločeno pomikati posamezne dele peči. V peči se lahko hkrati ogreva več različnih kvalitet, dimenzij in presekov gredic, ki zahtevajo različne parametre ogrevanja. Te lahko do neke mere nadzorujemo s hitrostmi pomikov gredic skozi peč in z razmiki med gredicami. Pri obratovanju zato včasih zaradi tehnoloških zahtev v peči dopustimo tudi presledek. Tako se število gredic, ki so v peči, menja, različno pa je tudi število položajev v njej, ki jih je posamezna gredica zasedla pri ogrevanju. To zahteva spremljanje pomikanja vsake posamezne gredice skozi peč. Podatkovna struktura mora zato biti prilagodljiva in mora predvideti vse možne primere, ki lahko nastopijo pri zalaganju. Izbrana podatkovna struktura je napisana v programskem jeziku C<sup>1,2</sup>. Zasnovana je kazalčno, zato se lahko njena oblika med delovanjem programa dinamično prilagaja dejanskemu stanju v peči<sup>4</sup>. S tem dosežemo optimalno izrabo pomnilnika med simulacijo, zagotovimo hiter dostop do podatkov in preglednost pri programiranju simulacije<sup>3</sup>. Opisana podatkovna struktura je bila uporabljena pri simulaciji potisne peči<sup>5</sup> in pri simulaciji peči za ogrevanje gredic<sup>6</sup>.

## 2 GRADNIKI KAZALČNE STRUKTURE

Celotna kazalčna struktura je v obravnavanem primeru sestavljena iz dveh vrst gradnikov: "Gredica" in "Položaj".



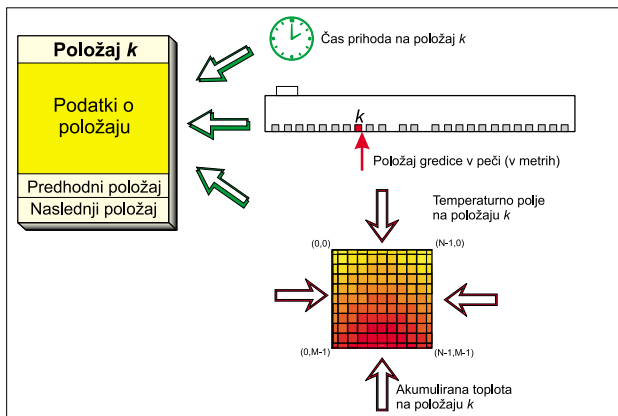
Slika 2: Gradnik "Gredica"  
Figure 2: Billet element

Gradnik "Gredica" (slika 2) je rezervirani del pomnilnika, v katerem se nahajajo podatki o posamezni gredici, ki jih simulacijski model potrebuje pri svojem delovanju. To so: šifra gredice, kvaliteta gredice, dimenzije gredice (D,Š,V) in začetno temperaturno polje (npr. 11 krat 11 točk). Poleg tega vsebuje še naslov začetka povezane liste pomikov za to gredico, in ker gre za dvojno povezano listo gredic, vsebuje še naslova predhodne in naslednje gredice, kar olajša pomikanje po strukturi.

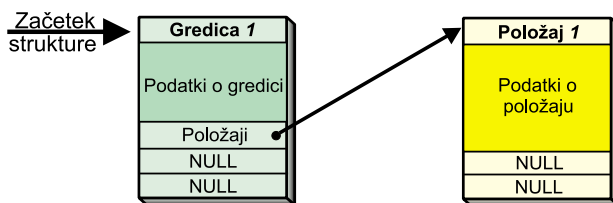
Gradnik "Položaj" (slika 3) je rezervirani del pomnilnika, ki vsebuje podatke o posameznem položaju gredice v peči: čas prihoda na ta položaj, absolutni položaj v peči glede na začetek peči, doseženo temperaturno polje na tem položaju in akumulirane toplote skozi posamezen rob preseka gredice na tem položaju. Ker gre za dvojno povezano listo položajev, vsebuje še naslova predhodnega in naslednjega položaja, kar olajša pomikanje po strukturi položajev in dostop do podatkov.

### 3 RAZVOJ PODATKOVNE STRUKTURE

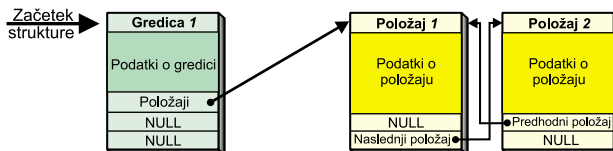
Ko je v peč založena gredica, se v pomnilniku rezervira del "Gredica 1", kamor se shranijo osnovni podatki o gredici in začetno temperaturno polje, hkrati se



Slika 3: Gradnik "Položaj"  
Figure 3: Position element



Slika 4: Podatkovna struktura po prvi založeni gredici  
Figure 4: Data structure when the first billet is charged in the furnace



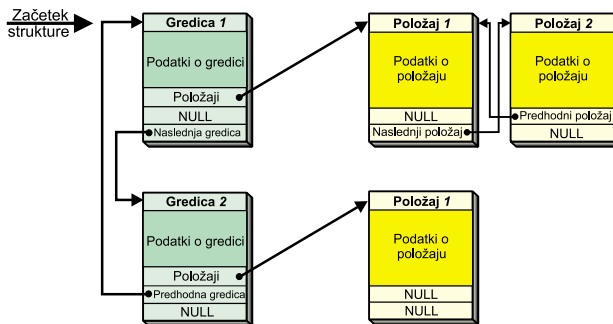
Slika 5: Podatkovna struktura po prvem koraku gredice  
Figure 5: Data structure when the first step of the furnace beam is made

rezervira tudi del pomnilnika, imenovan "Položaj 1", kamor se shranijo podatki o prvem položaju, na katerem se nahaja gredica. Razmere prikazuje slika 4. Oba dela pomnilnika sta med seboj povezana s kazalcem tako, da je v polju "Položaji" v "Gredica 1" shranjen naslov začetka dela pomnilnika "Položaj 1".

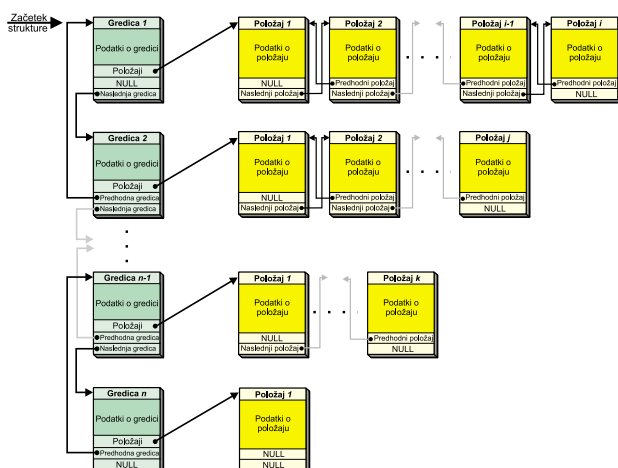
Ob pomiku gredice na nov položaj v peči se rezervira del pomnilnika "Položaj 2", kamor se shranijo podatki o novem položaju, na katerem se sedaj nahaja gredica (slika 5).

Pomnilnika, ki hranita podatke o položajih ("Položaj 1" in "Položaj 2") sta povezana s t. i. "Dvojno povezano listo". To pomeni, da je v polju "Naslednji položaj" v "Položaj 1" shranjen naslov pomnilnika "Položaj 2", v polju "Predhodni položaj" v "Položaj 2" pa je shranjen naslov pomnilnika "Položaj 1". Tako je olajšan dostop do podatkov, saj se je mogoče v obeh smereh pomikati od položaja do položaja.

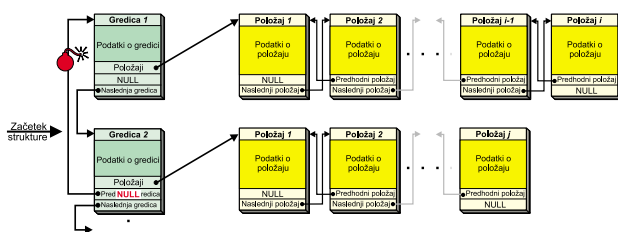
Ko je v peč založena nova gredica se rezervira del pomnilnika za podatke o novi gredici "Gredica 2", kamor se shranijo podatki o novi gredici, hkrati pa se rezervira še del pomnilnika "Položaj 1" za podatke o prvem položaju nove gredice v peči.



Slika 6: Podatkovna struktura po drugi založeni gredici  
Figure 6: Data structure when the second billet is charged



Slika 7: Podatkovna struktura po  $n$  založenih gredicah  
Figure 7: Data structure after  $n$  billets are charged



Slika 8: Izključitev dešaržirane gredice iz podatkovne strukture  
Figure 8: Deleting discharged billet from the data structure

Pomnilnika, ki hranita podatke o gredicah v peči ("Gredica 1" in "Gredica 2") sta povezana s t. i. "Dvojno povezano listo". To pomeni, da je v polju "Naslednja gredica" v "Gredica 1" shranjen naslov pomnilnika "Gredica 2", v polju "Predhodna gredica" v "Gredica 2" pa je shranjen naslov pomnilnika "Gredica 1". Tako se je mogoče pomikati od gredice do gredice v obeh smereh. To bistveno olajša dostop do podatkov o posamezni gredici (slika 6).

Podatkovno strukturo, ki se razvije po  $n$  založenih gredicah, prikazuje slika 7.

Ko je gredica razložena iz peči ("Gredica 1"), naslednja gredica postane prva ("Gredica 2"). Razmere

prikazuje slika 8. Kazalec, ki v pomnilniku "Gredica 2" kaže na predhodno gredico, dobi vrednost NULL, kar pomeni, da ne kaže nikamor. Del pomnilnika, ki ga zaseda "Gredica 1" skupaj s pripadajočimi pomiki se prepíše v datoteko gredice na disk, nato pa se ta del pomnilnika sprost in je na voljo naslednjim gredicam, ki bodo založene v peč.

#### 4 SKLEP

Predstavljena podatkovna struktura je kazalčnega tipa, zato se more dinamično prilagoditi različnim načinom zalaganja peči. S svojo prilagodljivo obliko lahko kar najbolje izkoristi pomnilnik računalnika, njena preglednost pa prispeva k preglednejšemu načinu dostopa do podatkov in s tem k preglednosti celotne simulacijske kode. Kazalčni tip strukture že sam po sebi zagotavlja hitro manipulacijo s podatki, ker se manipulacija z vrednostmi prezrcali v manipulacijo z naslovi v pomnilniku.

Izbrana struktura je bila uporabljena v praksi, uporabili smo jo pri simulaciji koračne peči Ofag v Metalu Ravne.

#### 5 LITERATURA

- Lawrence H. Miller, Alexander E. Quilici, *The Joy of C*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1997
- B. Kerningham and D. Richie, *The C Programming Language*, Prentice-Hall, 1978
- John W. L. Ogilvie, *Advanced C Struct Programming: Data Structure Design and Implementation in C*, John Wiley & Sons, Inc., 1990
- Michael C. Daconta, *C Pointers and Dynamic Memory Management*, John Wiley & Sons, Inc., 1993
- A. Jaklič, T. Kolenko, B. Glogovac, *Supervision of slab reheating process using mathematical model*. 3<sup>rd</sup> IMACS Symposium on Mathematical Modelling MATHMOD, February 2-4, Vienna. Proceedings, (ARGESIM Report, No. 15), Vienna: ARGESIM, 2 (2000), 755-759
- A. Jaklič, T. Kolenko, B. Glogovac. *Simulation of billet reheating process in walking beam furnace*. Metalurgija, 40 (2001) 1, 23-27