

UDK 621.91/.95.001.33

Kinematična klasifikacija odrezovalnih strojev

HINKO MUREN

Odrezovalne stroje je mogoče razčleniti in klasificirati na zelo različne načine, na primer glede na postopek odrezavanja, stopnjo zapletenosti, natančnosti, togosti, avtomatizacije itd. Ti načini lahko sicer dokaj dobro povedo, za kakšen stroj gre in za kaj je uporaben, niso pa posebno koristni, če želimo razmišljati o konstrukcijskih možnostih, o številu mogočih variant, zelo pomanjkljivi pa so zlasti, če jih hočemo uporabljati pri načrtovanju tehnološkega procesa z računalnikom. Sedaj uporabljani klasifikacijski sistemi predvsem ne upoštevajo, da so za nekatere načine obdelave primerni tudi povsem različni stroji. Tako je na primer mogoče vrtati, greziti in povrtavati ne samo na vrtilnih strojih, ampak enako dobro tudi na stružnicah in frezalnih strojih; podobno bi lahko prikazali tudi možnosti struženja ali freziranja na strojih, ki niso izrecno namenjeni za tako obdelavo.

Za popoln opis in izčrpno klasifikacijo kakega odrezovalnega stroja potrebujemo zelo veliko podatkov. Opis mora povedati, za kakšen stroj gre, kakšna gibanja omogoča, s kakšnimi hitrostmi lahko dela, kakšne dimenzije imajo lahko obdelovanci, s kakšnimi silami lahko delamo in kolikšna je moč pogonskega motorja. Včasih so pomembni še drugi podatki, na primer razred natančnosti, stopnja izrabljenosti itd. Vseh teh podatkov praktično ni mogoče zajeti s kolikor toliko preprostimi klasifikacijskimi sistemi, zato jih vnašamo v *strojno kartico* — dokument, ki vsebuje vse pomembne osnovne podatke, od delovnih zmožnosti stroja do podatkov o vzdrževanju, popravilih, predelavah itd. Sam klasifikacijski sistem lahko zajema samo nekatere najpomembnejše od naštetih podatkov in je prirejen pač namenu uporabe. Sistem, ki ga potrebujemo pri načrtovanju proizvodnje, bi moral v prvi vrsti podati, kaj ta stroj lahko dela in morda tudi dimenzije obdelovancev. S tem se nadaljnja izbira že toliko zoži, da je mogoča brez večjih zamud tudi na osnovi strojnih kartic. Konstrukterja odrezovalnih strojev zanima predvsem tak klasifikacijski sistem, ki omogoča analizo mogočih izvedb odrezovalnih strojev in izločitev neprimernih ali manj ustreznih.

Precej jasno sliko o zmožnostih kakega odrezovalnega stroja dobimo, če se naslonimo na *gibanja*, ki jih stroj omogoča. Pri odrezavanju so potrebne tri vrste gibanj:

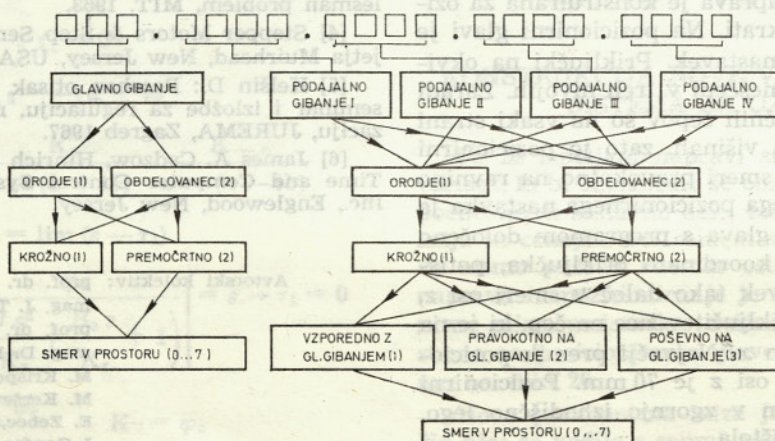
- glavno gibanje,
- podajalno gibanje,
- nastavitveno in pomožno gibanje.

Pri večini odrezovalnih strojev — razen pri strojih za izdelavo zobnikov po kotalnem načinu — so za drugo in tretjo vrsto gibanj namenjeni kar isti elementi. Tako na primer pri vzdolžnem struženju opravljajo podajalno gibanje sani, nastavitveno prečni suport, pri prečnem struženju pa ta dva elementa zamenjata vlogi. Podobno je tudi pri frezalnih strojih. Zaradi tega zadostuje, če upoštevamo samo glavno in podajalno gibanje in ju uporabljamo za opis delovnih zmožnosti stroja.

Podatki o glavnem in podajalnem gibanju karakterizirajo tako odrezovalni postopek kakor tudi stroj. Klasifikacijski sistem, ki temelji na opisu obeh gibanj, je zato možen tako za postopek kakor tudi za stroj. Vsekakor pa se mora sistem za postopek razlikovati od sistema za stroj, ker mora za določeno vrsto obdelave ustrezati več različnih strojev. Oba sistema morata imeti le skupne označbe, ki te možnosti nazorno prikazujejo.

Klasifikacijo, ki se naslanja samo na opis gibanj, lahko označujemo kot *kinematično klasifikacijo*. Za prakso je to klasifikacijo vsekakor mogoče razširiti še z drugimi tehnološkimi podatki, ki kažejo velikost obdelovanca, stopnjo natančnosti ter morda tudi še druge karakteristike, ki jih potrebuje tehnolog pri načrtovanju. Ker je takšna popolna *tehnološka klasifikacija* bolj problem načrtovanja in organizacije proizvodnje, bi se v nadaljevanju omejili samo na razlago kinematične klasifikacije.

Pri večini postopkov odrezavanja imamo eno glavno gibanje in eno ali več podajalnih gibanj — pri zelo zapletenih obdelovancih pa včasih tudi štiri podajalna gibanja. Klasifikacija mora zato podati, *kaj* se giblje (orodje ali obdelovanec), *kakšno* je to gibanje (krožno ali premočrtno), pri podajalnih gibanjih tudi še, *v kateri smeri glede na glavno gibanje* so ta gibanja. S temi podatki je *postopek odrezavanja* kinematično povsem določen, za *odrezovalni stroj*, ki je izbran za ta postopek odrezavanja, pa je treba dodatno navesti, *v katerih smereh v prostoru* potekajo vsa gibanja, ker so za isti postopek primerni povsem različni stroji. Za primer lahko vzamemo preprosto struženje valja, za katero so potrebna krožno glavno gibanje obdelovanca, premočrtno podajalno gibanje, vzporedno z osjo glavnega gibanja (za plašč), in premočrtno podajalno gibanje, pravokotno na os glavnega gibanja (za obe čelni ploskvi). Ta obdelava je mogoča na vseh stružnicah normalne izvedbe, na karuselni stružnici in na čelni stružnici.



Slika 1

Šifra, ki bi v celoti opisala kinematične značilnosti postopka odrezavanja, bi za zgoraj navedeni primer imela obliko:

210.1210.1220.0000.0000

Prva skupina številok označuje glavno gibanje, naslednje štiri skupine podajalna gibanja. Zadnja številka v vsaki skupini označuje zahtevano smer v prostoru. Ker je za sam postopek smer v prostoru nebitvena, ta navedba ni potrebna in se zato vsaka skupina konča z ničlo (0). Mogoče pa je iz posebnih razlogov predpisati tudi smer gibanj v prostoru, recimo pri globokem vrtnanju vodoravno lego orodja (zaradi boljšega odvajanja odrezkov); v tem primeru bi tudi tu bila lahko zadnja številka v skupini različna od nič. Pomen posameznih številok v vsaki skupini je razviden s slike 1. Pri izbranem primeru gre za glavno gibanje, ki ga opravlja obdelovanec (2) in je krožno (1); prvo podajalno gibanje opravlja orodje (1), je premočrtno (2) in je vzporedno z osjo vrtenja glavnega gibanja (1); drugo podajalno gibanje opravlja tudi orodje (1), je premočrtno (2) in je pravokotno na os vrtenja glavnega gibanja (2); druga podajalna gibanja niso potrebna (0000).

Šifre za tri omenjene stroje, ki prihajajo v poštev za zgoraj navedeno obdelavo, bi imele obliko:

212.1212.1221.1234.0000 (normalna stružnica)
213.1213.1222.1236.0000 (karuselna stružnica)
211.1211.1222.0000.0000 (čelna stružnica)

Primerjava šifer za stroje s šifro za postopek obdelave kaže, da vsi trije stroji ustrezajo, ker njihove šifre vsebujejo vse številke šifre za postopek (v prvi skupini številki 21, v drugi številke 121, v tretji 122). Se več, prva dva stroja imata celo možnost dela (poševno gibanje za struženje stožca — šifri 1234 oziroma 1236), ki ju za omenjeni preprosti primer obdelave ne potrebujemo.

Uporabnost kinematične klasifikacije kot osnove za načrtovanje tehnološkega postopka je mogoče prikazati na preprostem primeru vrtnanja luknje v valjast obdelovanec. Možnosti obdelave, prikazane s šiframi, so naslednje:

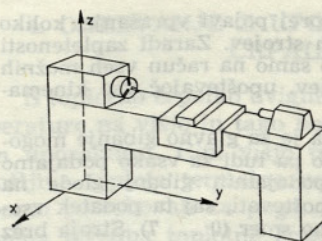
A: 110.1210.0000.0000.0000
B: 110.2210.0000.0000.0000
C: 210.1210.0000.0000.0000
D: 210.2210.0000.0000.0000

A — orodje se vrti in opravlja podajalno gibanje, B — orodje se vrti, podajalno gibanje opravlja obdelovanec, C — obdelovanec se vrti, podajalno gibanje opravlja orodje, D — obdelovanec se vrti in opravlja podajalno gibanje.

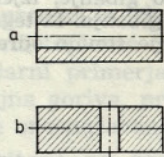
Šifre strojev znanih izvedb, ki bi ustrezale zgornjim zahtevam, so:

1. 113.1213.0000.0000.0000
2. 112.1212.0000.0000.0000
3. 112.1212.2212.2221.1223
4. 113.1213.2222.2221.2213
5. 111.2222.2211.2223.0000
6. 212.1212.1221.1234.0000
7. 212.1212.0000.0000.0000

1 — navpični vrtni stroj in enonamenski agregatni navpični stroj, 2 — enonamenski agregatni vodoravni stroj, 3 — vodoravni vrtno-frezalni stroj, 4 — navpični frezalni stroj, 5 — vodoravni frezalni stroj, 6 — normalna stružnica (ustrezali bi karuselna in čelna stružnica), 7 — stroj za globoko vrtnanje.



Slika 2



Slika 3

S preprostim primerjanjem šifre za obdelavo s šiframi za stroje lahko ugotovimo, da so možne naslednje kombinacije postopkov in strojev:

A — 1 A — 2 A — 3 A — 4
B — 3 B — 4 B — 5
C — 6 C — 7 (za D ni ustreznega stroja)

Opomba: Pri primerjanju je dovoljena poljubna permutacija številčnih skupin, ki pomenijo podajalno gibanje. Na mestih, kjer je v šifri za obdelavo ničla (0), je v šifri za stroj lahko poljubna številka.

Izmed tako najdenih možnih kombinacij mora v nadaljevanju tehnolog izbrati najugodnejšo možnost. Pri tem mora pritegniti dodatne kriterije za ocenitev primernosti.

Če gre za vrtnanje luknje, ki mora biti natančno v osi valja (slika 3a), bo nedvomno najustreznejša kombinacija C — 6 (delo na stružnici z vodoravnim vrtenom). Ker se vrti obdelovanec, bo luknja avtomatično natančno v osi obdelovanca, zaradi vodoravne lege je tudi odstranjevanje odrezkov zelo lahko. Enako razmišljanje velja tudi za kombinacijo C — 7, če gre za dolgo luknjo.

Zahtevo, naj se obdelovanec vrti in naj bo obdelava v vodoravni legi, bi bilo mogoče izraziti že vnaprej v šifri za obdelavo, ki bi tedaj lahko imela naslednji dve obliki:

211.1211.0000.0000.0000
212.1212.0000.0000.0000

Prvi od teh dveh šifer za obdelavo ne ustreza nobeni šifri za stroj, drugi šifri pa samo stroja s šifro 6 in 7. S tem je izbira že vnaprej omejena na zelo ozek krog.

Če je luknja poprek na valj (slika 3b), je najbolj primerna kombinacija A — 3 (delo na enonamenskem stroju), ker ima tak stroj gotovo posebno napravo za vpenjanje obdelovanca, ki tega avtomatično centrirajo v ustrezno lego. Pri tem stroju je dobro tudi odvajanje odrezkov. Za majhne serije ali posamično obdelavo je primernejša kombinacija A — 3, ker se posebni enonamenski stroj ne izplača.

Že iz obeh preprostih primerov je razvidna velika uporabnost kinematične klasifikacije. Če bi to izpopolnili glede na individualne potrebe tovarne ali veje predelovalne industrije še z dodatnimi karakteristikami, bi bilo mogoče izbrati primernejšega stroja praktično popolnoma avtomatizirati.

Razen pri načrtovanju tehnološkega postopka in organizaciji proizvodnje bi bilo mogoče kinematično klasifikacijo uporabiti tudi pri ocenjevanju mogočih variant odrezovalnih strojev, kar bi v prvi vrsti koristilo konstrukterjem pri načrtovanju posebnih strojev.

Pri načrtovanju se najprej pojavi vprašanje, koliko je sploh mogočih različnih strojev. Zaradi zapletenosti tega problema se omejimo samo na račun vseh možnih variant odrezovalnih strojev, upoštevajoč vse kinematične variante.

S slike 1 je razvidno, da je za glavno gibanje mogočih 28 variant (2.2.7), enako pa tudi za vsako podajalno gibanje, ker usmeritev podajalnih gibanj glede na glavno gibanje ni treba upoštevati, saj ta podatek vsebuje že šifra za koordinatno smer (0 ... 7). Stroja brez glavnega gibanja ni, zato pa so možni stroji, ki imajo samo 3, 2 ali 1 podajalno gibanje, izjemoma so celo brez vsakega podajalnega gibanja. Iz tega izhaja, da je teoretično mogoče naslednje število odrezovalnih strojev:

$$28 \binom{28}{4} + \binom{28}{3} + \binom{28}{2} + \binom{28}{1} + 1 = 676\,424$$

Jasno je seveda, da je veliko število teh možnosti nesmiselnih ali za prakso neuporabnih. Naloga konstrukterja je, da pri zasnovi sistematično izloča neprimerne variante in izbere optimalno.

Opisani predlog za kinematično klasifikacijo postopkov in strojev za odrezavanje naj bi bil vzpodbuda za razmišljanje o praktični uporabnosti. Zaželeno bi bilo, da bi praksa poskusila ta sistem sprejeti in ga ustrezno izpopolniti ter da bi poročala o dobljenih izkušnjah.

Avtorjev naslov: prof. dr. ing. Hinko Muren
Fakulteta za strojništvo
Univerze v Ljubljani

UDK 662.997

Izkoriščanje toplotne energije termalnih vod

MIRKO OPARA

1. NEKAJ MOŽNOSTI ZA UPORABO

V zunanji zemeljski skorji se temperatura poveča v poprečju za 3,3 °C na vsakih 100 m globine. Ob nekaterih zemeljskih prelomnicah in na področjih, kjer so še vidni znaki vulkanskega delovanja, dosega temperature vrednosti, ki so tudi do desetkrat višje od poprečnih. Na teh področjih prihaja navadno geotermična energija na površino z gejzirji ali vročimi in toplimi vreli, kjer se kot nosilec toplote pojavlja voda v parnem ali kapljevitem agregatnem stanju, pogosto pa tudi kot zmes pare in kapljevine. Vreli so lahko naravni, ali pa so nastali z umetnimi vrtinami.

Če imamo geotermično energijo na voljo v pregreti ali mokri pari, se sama od sebe ponuja možnost pretvarjanja te energije v električno. Za vire geotermične energije, ki so daleč od potencialnih porabnikov, je ta tudi edina možnost racionalnega izkoriščanja zaradi preprostega prenosa električne energije na večje razdalje. V preteklosti je bilo veliko prizadevanj usmerjenih v neposredno pretvarjanje geotermične energije v električno. Nastale so pomembne geotermične električne centrale [1], od katerih največja stoji v Kaliforniji v ZDA in ima moč 500 MW. Večji del geotermične energije se na površini zemlje pojavlja pri razmeroma nizkih temperaturah, zato se v novejšem času intenzivno iščejo možnosti za pretvarjanje nizkotemperaturne toplote v električno energijo. V Sovjetski zvezi [2] so razvili naprave za proizvodnjo električne energije, ki kot delovno sredstvo uporabljajo freon, ker ima nižje vrelišče od vode. Taka naprava obratuje od leta 1970 in ima moč 0,5 MW, uporablja pa termalno vodo s temperaturo 90 °C.

Pretvarjanje geotermične energije v električno je seveda povezano s precejšnjimi izgubami toplote, saj je ta energija na voljo pri razmeroma nizkih temperaturah in ima majhno eksergijo [3]. Prav zaradi te lastnosti je geotermična energija primerna za ogrevanje pri nižjih temperaturah.

Na Islandiji živi blizu 100 000 ljudi ali okrog 45 % vsega prebivalstva v hišah, ogrevanih s toplotno energijo iz termalnih vrelecev. V sistem je vključenih tudi več notranjih in zunanjih bazenov in rastlinjakov [4]. Geotermična energija se uporablja za ogrevanje stanovanj v Novi Zelandiji, Sovjetski zvezi, na Japonskem, na Madžarskem in še bi lahko naštevali. Zaradi prenizkih temperatur termalnih vrelecev se ponekod uporabljajo toplotne črpalke. Znane so tudi kombinacije toplotnih črpalk, ki izkoriščajo geotermično energijo z običajnim ogrevanjem za pokrivanje konic pri neugodnih zunanjih temperaturah [5].

Še večje možnosti kakor za ogrevanje stanovanjskih prostorov ima energija termalnih vod na področju ogrevanja rastlinjakov in farm za pridobivanje živalskega mesa. S termalnimi vodami ogrevani rastlinjaki se po svetu uporabljajo za gojenje najrazličnejših vrtnin in drugih kmetijskih pridelkov. Različna perutnina in svinje pa so živali, ki so jih doslej najpogosteje gojili v prostorih, ogrevanih s termalno vodo. Uporaba termalnih vod v balneološke, terapevtske in rekreacijske namene je razširjena po vsem svetu.

2. TERMALNI VRELICI V SLOVENIJI

V Sloveniji imamo dva tipa termalnih vrelecev [6], ki se ločita po nastanku ter fizikalnih in kemičnih lastnostih. Prvi tip so v glavnem že dolgo znani termalni izviri, ki pritekajo na površino iz dolomita in apnenca. Nizka koncentracija raztopljenih mineralnih snovi (do 0,5 g/dm³) in njihova konstantna sestava kažeta na podzemeljsko cirkulacijo vode, ki prenika v globino s površja in obnavlja podzemeljska nahajališča.

Drugi tip so termomineralne vode, na katere so naleteli pri iskanju nafte v Prekmurju. Vsebujejo do 10 g/dm³ raztopljenih mineralnih snovi. Nakopičene so v poroznih peščenih plasteh. Njihovo obnavljanje je mogoče le tam, kjer prihajajo porozne plasti na zemeljsko površino.