

Raziskovalno delo varilskega laboratorija

Varilski laboratorij je vključen v PRE — Katedra za tehnologijo materialov. Namenjen je predvsem za pedagoške namene, čemur tudi njegova opremljenost za silo ustreza. Za uspešno raziskovalno delo učiteljev in vključevanje študentov vanj pa so njegove materialne možnosti na robu minimalno sprejemljivega. Vendar potekajo v laboratoriju raziskave, ki jih financira RSS in PORS-3 ter industrija na številnih področjih varilstva od tehnologije prek naprav do varjenju sorodnih postopkov. Testno je tudi sodelovanje z inštituti in raziskovalnimi organizacijami (ISKRA, Inštitut za varilstvo, TZ Litostroj in drugi). V to se razmeroma uspešno vključujejo tudi študentje z delom pri seminarskih in diplomskeh nalogah.

V nadaljevanju poročamo od številnejših del samo o rezultatih raziskav na dveh področjih.

UDK 621.791.042

Kinematika paličaste oplaščene elektrode za ročno obločno varjenje

VILJEM KRALJ

Potreba, da bi poznali osnovno kinematiko elektrode, se je pojavila, ko je N. Slavjanov patentiral obločno varjenje s paličasto golo kovinsko elektrodo leta 1890. Ta potreba pa je postala po letu 1908, ko je O. Kjellberg patentiral paličasto oplaščeno elektrodo za obločno varjenje, še večja. Tudi sedaj je ročno obločno varjenje z oplaščeno elektrodo »umetnost«, za obvladanje katere so potrebna mnoga leta praktičnih izkušenj. Med te izkušnje spada prav gotovo poznavanje osnovne kinematike oplaščene paličaste elektrode.

Cetudi novi postopki vse bolj nadomeščajo ročno varjenje z oplaščenimi paličastimi elektrodami, to še vedno zavzema velik delež med varilnimi postopki, ki so dandanes v uporabi, pri tem pa osnova kinematika elektrode ni znana.

Na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani so bile opravljene v zadnjih petih letih temeljne raziskave osnovne kinematike oplaščene paličaste elektrode.

Raziskave osnovne kinematike so imele več vidikov, in sicer:

- postavitev osnovne filozofije za osnovno kinematiko elektrode na znanstvenih temeljih,
- matematično modeliranje osnovne kinematike,
- izdelavo računalniških programov na podlagi matematičnih modelov,
- raziskati osnovno kinematiko elektrode, priti do novih spoznanj in to prenesti v prakso.

Od tega edino še prenos ni stekel v prakso.

Po svojih značilnostih uvrščamo kinematiko elektrode v tako imenovano kinematiko spremenljivih sistemov, ker se dolžina elektrode zaradi odtaljevanja spreminja. Hkrati se elektroda odtajuje s spremnjajočo se hitrostjo. Ti pojavi narekujejo ročnemu varilcu, da se med varjenjem prilagaja spremnjajočim se razmeram. Prav iz teh razlogov pa je nujno potrebno poznavanje osnovne kinematike za paličasto oplaščeno elektrodo za obločno varjenje.

1.1. Osnovna filozofija kinematike elektrode

Ta je bila postavljena z uporabo teorije matematičnih struktur, to je: teorije množic ter algebrskih in topoloških struktur, posebno še struktur urejenosti in vektorskih prostorov. Izkustvene in teoretične raziskave so pokazale, da je mogoče vsa gibanja paličaste oplaščene elektrode razvrstiti v dve vrsti gibanj, ki so znana iz osnov mehanike, tj. v premočrtno (v) in vrtilno (ω). Obe vrsti gibanj sta funkciji časa in glede na to je primerna obravnavava v parametrični obliku s parametrom časa. Imamo torej opravka z dvema skupinama gibanj — hitrosti, ki sta podani v vektorski obliku:

$$\{v_j(t); j = 1, \dots, m\} \text{ in } \{\omega_i(t); i = 1, \dots, n\}$$

Dejansko imamo dve med seboj neodvisni množici vektorjev v osnovnem vektorsko-parametrskem prostoru, ki ga predstavljata množici:

$$\{\omega_i(t)\}; i = 1, \dots, n$$

in

$$\{v_j(t)\}; j = 1, \dots, m$$

Obe množici sestavlja družino ali unijo množic vseh mogočih osnovnih gibov oz. gibanj elektrode, tj. univerzum U:

$$\{\{\omega_i(t)\} \cup \{v_j(t)\}\} = U; i = 1, \dots, n \\ j = 1, \dots, m$$

V okviru univerzuma U je mogoče ustvariti nove podmnožice in podpodmnožice, ki pomenijo neke strukture in jih je mogoče urediti z določenimi relacijami v urejene strukture. Vsak element urejene strukture pa pomeni eno družino možnih gibanj elektrode.

Glede na to, kje je vrtišče elektrode, lahko razdelimo vsa mogoča gibanja realne elektrode v tri skupine mogočih gibanj:

— vrtišče je v realnem prostoru realne elektrode,

— vrtišče je zunaj realne elektrode v realnem prostoru,

— vrtišče je v imaginarnem prostoru.

Tako značilne družine gibanj elektrode glede na vrtišče kot posamezna družina — element urejene strukture imajo teoretično neomejeno število različnih oz. mogočih rešitev.

Prva ureditev strukture podmnožic univerzuma, ki ga sestavljata dva elementa, to je $v(t)$ in $\omega(t)$, je naslednja:

$$\begin{aligned} \text{I } v(t) &= \text{var} \\ \omega(t) &= \text{var} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{III } v(t) &= \text{konst.} \\ \omega(t) &= \text{var} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{II } v(t) &= \text{var} \\ \omega(t) &= \text{konst.} \end{aligned}$$

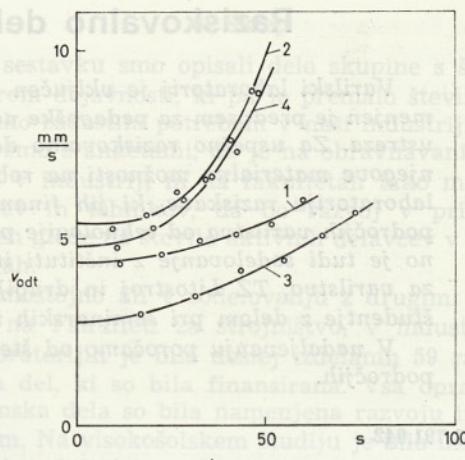
$$\begin{aligned} \text{IV } v(t) &= \text{konst.} \\ \omega(t) &= \text{konst.} \end{aligned}$$

To je hkrati najbolj osnovna ureditev strukture, ki jo je treba z nadaljnji relacijami še podrobnejje urediti. Osnovna ureditev strukture pa je tem bolj obsežna, čim več osnovnih elementov obsegata univerzum.

1.2. Kinematika elektrode

Za prikaz kinematike elektrode so se izkazale trajektorije hladnega konca elektrode kot najbolj primerne. Zato so bili izdelani matematični modeli in na njihovi podlagi računalniški programi za izračunavanje trajektorij hladnega konca elektrode.

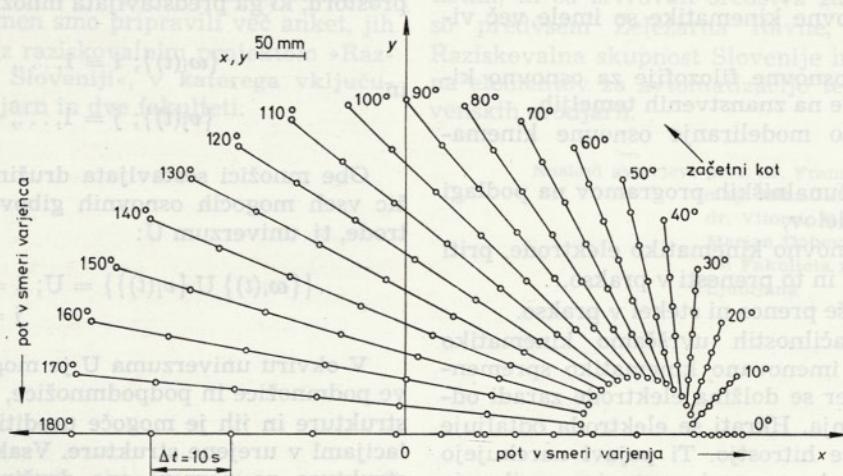
Za izračun trajektorij hladnega konca elektrode so bili v matematičnih modelih uporabljeni podatki za realne elektrode, to je dejansko izmerjene značilnosti odtaljevanja elektrod in med njimi tudi karakteristika hitrosti odtaljevanja elektrode v odvisnosti od časa, kakor je prikazana na sl. 1.



S. 1. Hitrost odtaljevanja elektrode v odvisnosti od časa
1 — enosmerni tok — min., 2 — enosmerni tok — maks., 3 — izmenični tok — min., 4 — izmenični tok — maks.

Na slikah 2, 3 in 4 pa je za ponazoritev kinematike elektrode prikazano nekaj primerov za poteke trajektorij hladnega konca elektrode v različnih parametričnih podpodprostорih za oplaščeno rutilno elektrodo s premerom 3,25 mm pri največjem enosmernem varilnemu toku 140 A in za nominalni prerez navara 10 mm². Izkoristek elektrode je stodostoten.

Sl. 2 prikazuje trajektorije hladnega konca elektrode v realnem dvodimensionalnem parametričnem prostoru za parametrični podpodprostor $\omega(t) = \text{konst.} = 0$, $v(t) = \text{var}$, to je za primer varjenja s konstantnim kotom elektrode. Vidi se, da so trajektorije ravne doljice, katerih konci ustvarjajo polkrog s polmerom, ki je enak dolžini ostanka elektrode; v tem primeru je to 50 mm. Razvidno je še, da obstaja določen kot elektrode, ko se hladni konec premika samo v smeri varjenca.



Sl. 2. Družina trajektorij hladnega konca elektrode pri varjenju s konstantnim kotom

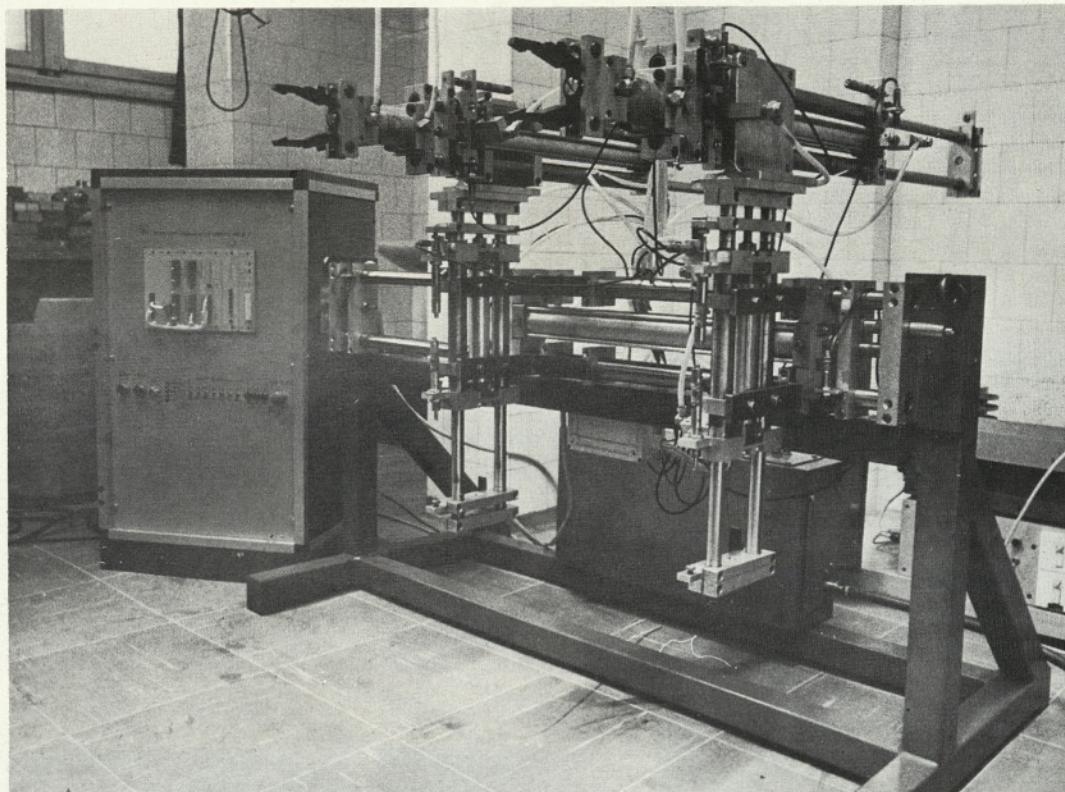
$$\omega(t) = \text{konst.} = 0 \text{ rad/s}$$

$$v_x(t) = \text{var.} \geqslant 0$$

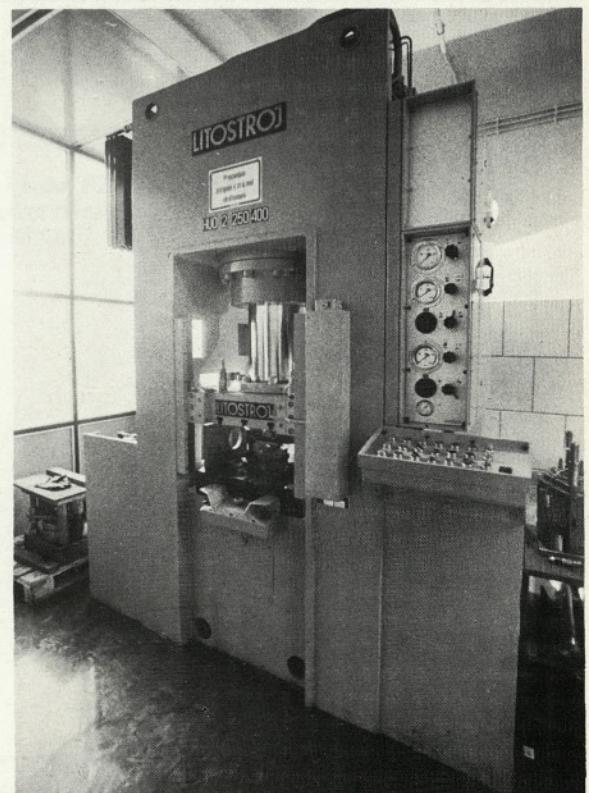
$$v_y(t) = \text{var.} \leq 0$$

65 — 40 let

FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO, LJUBLJANA



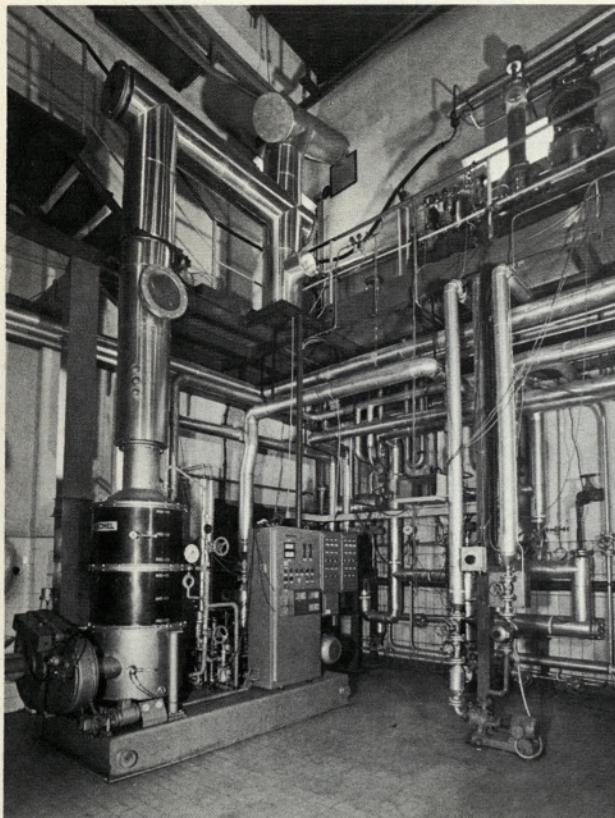
Prilagodljiva
strežna naprava
modulne izvedbe,
razvita v PRE
za obdelovalno
tehniko



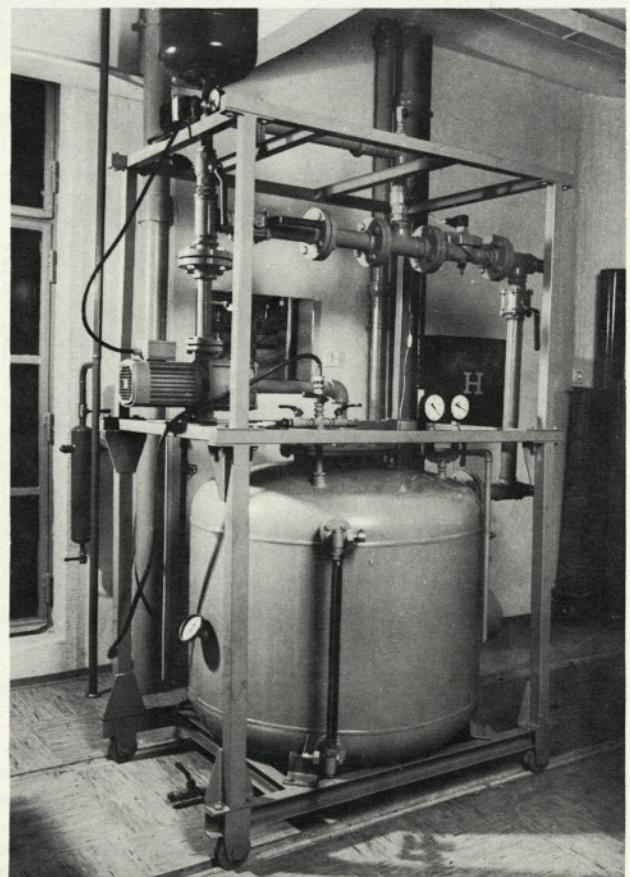
Dvojno delujoča hidravlična eksperimentalna stiskalnica
($F_i = 2500 \text{ kN}$) v laboratoriju PRE za obdelovalno tehniko

65 — 40 let

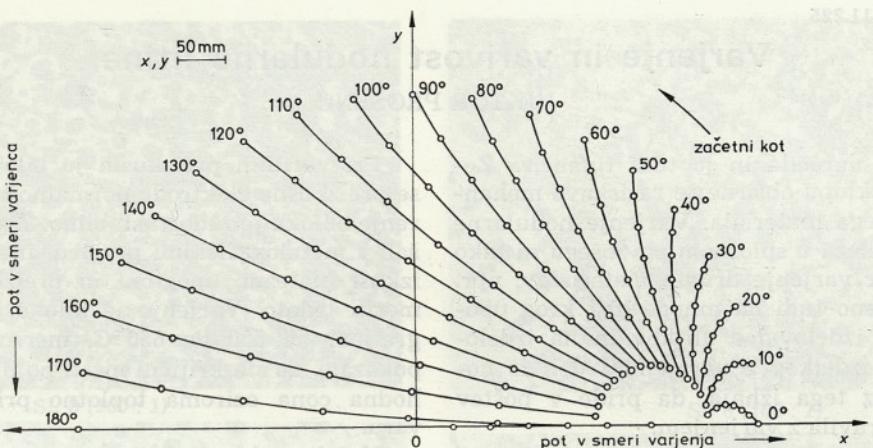
FAKULTETA ZA STROJNIŠTVO, LJUBLJANA



*Kotlovska naprava v laboratoriju
PRE za energetsko strojništvo*



*Preizkuševališče črpalk
v laboratoriju PRE za energetsko strojništvo*

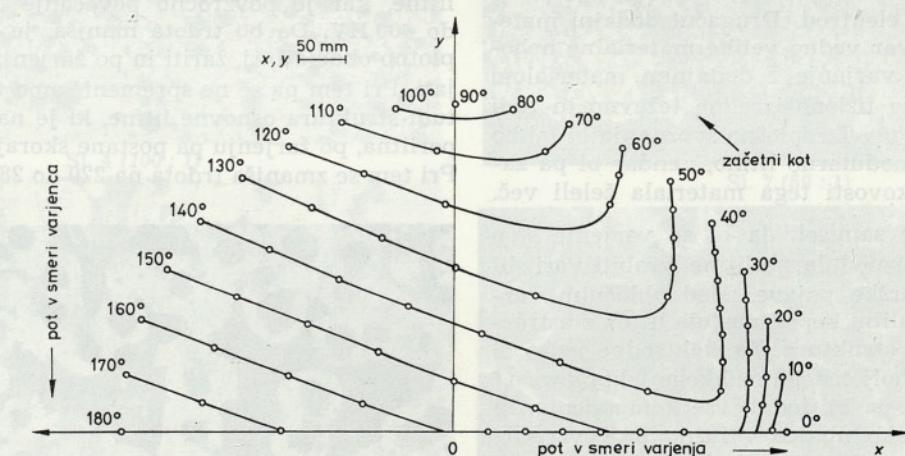


Sl. 3. Družina trajektorij hladnega konca elektrode pri varjenju v parametričnem podpodprostoru

$$\omega(t) = \text{konst.} = +0,003 \text{ rad/s} > 0$$

$$v_x(t) = \text{var} \geqslant 0$$

$$v_y(t) = \text{var} \geqslant 0$$



Sl. 4. Družina trajektorij hladnega konca elektrode pri varjenju v parametričnem podpodprostoru

$$v_y(t) = \text{konst.} = -3,0 \text{ mm/s} < 0$$

$$\omega(t) = \text{var} \geqslant 0$$

$$v_x(t) = \text{var} \geqslant 0$$

Na sl. 3 in 4 so prikazane trajektorije hladnega konca elektrode za parametrična podpodprostora: $\omega(t) = \text{konst.} = +0,003 \text{ rad/s} > 0$, $v_y(t) = \text{var} \geqslant 0$, $v_x(t) = \text{var} \geqslant 0$, in $v_y(t) = \text{konst.} = -3,0 \text{ mm/s} < 0$, $v_x(t) = \text{var} \geqslant 0$, $\omega(t) = \text{var} \geqslant 0$.

Iz teh nekaj primerov prikazanih konfiguracij družin trajektorij za hladni konec elektrode je že mogoče slutiti izredno obsežnost parametričnih podpodprostorov. Njihova uporabnost je nedvoumna.

Glede na nakazane rezultate raziskav se odprajo številne možnosti za teoretične in praktične raziskave z različnimi vidiki obločnega varjenja z oplaščenimi elektrodami.

LITERATURA

- [1] V. Kralj, B. Pertot, J. Tušek: Študij variabilnih procesov, njihove dinamike in medsebojnih vplivov, matematično modeliranje procesov vključno ročnega obločnega varjenja z oplaščeno elektrodo, III. faza: Kinematika paličaste varilne elektrode, Fakulteta za strojništvo, Univerza E. Kardelja v Ljubljani, Ljubljana 1983. (Znanstv. raziskov. naloga sofinancirana od Raziskovalne skupnosti Slovenije.)

[2] V. Kralj: Fundamental philosophy of the kinematics of covered electrodes in manual arc welding. IIW/IIS Doc. 212-614-85.

[3] V. Kralj, B. Pertot: Presentation of the kinematics of the cool electrode end with the trajectories in the fixed coordinate system. IIW/IIS Doc. 212-615-85.