

(19)



REPUBLIKA SLOVENIJA
Urad RS za intelektualno lastnino

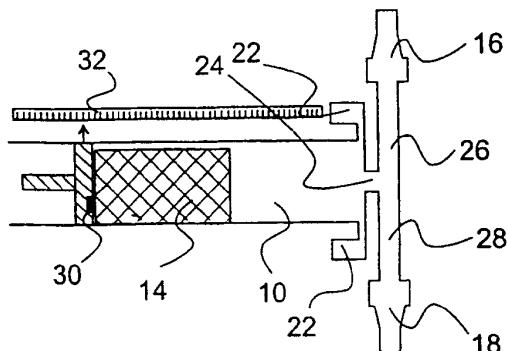
(10) **SI 20683 A**

(12)

PATENT(21) Številka prijave: **200020045**(51) MPK: **B22D 17/32**(22) Datum prijave: **20.07.2000**(45) Datum objave: **30.04.2002**(86) Mednarodna patentna prijava:
20.07.2000 WO PCT/CH00/00394(30) Prednostna pravica:
27.07.1999 EP 99810679.3(87) Objava mednarodne patentne prijave:
WO 01/07184, 01.02.2001(72) Izumitelji: **ARNOLD Gregoire, CH-3972 Miege, CH;**
BAGNOUD Christophe, CH-3968 Veyras, CH;
PLATA Miroslaw, CH-1963 Vetroz, CH(73) Imetnik: **ALCAN TECHNOLOGY & MANAGEMENT LTD.,**
Bad. Bahnhofstr. 16, CH-8212 Neuhausen am Rheinfall, CH(74) Zastopnik: **Patentna pisarna d.o.o., Čopova 14 p.p. 1725, 1001 Ljubljana, SI****(54) POSTOPEK ZA NADZOROVANJE DOGAJANJA PRI TLAČNEM ULIVANJU ALI TISKOOLIKOVANJU KOVIN**

(57) Postopek za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju kovin (14, 15) v pripravi za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje. Določata se časovni potek tlaka $p(t)$ in od časa odvisne hitrosti $v(t)$ livarskega bata (12). Na osnovi časovno odvisnega poteka tlaka $p(t)$ in hitrosti $v(t)$ livarskega bata se računata energija $E(t)$, ki jo je dovedel livarski bat (12), v odvisnosti od časa t dogajanja kot tudi med tlačnim vlivanjem oziroma tiksooblikovanjem z livarskim batom (12) dovedena celotna energija E_{tot} , pri čemer se celotna energija E_{tot} uporabi kot značilna

vrednost za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju. Priprava za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje, predvsem za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje aluminijevih zlitin, pri čemer ima priprava za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje bodisi merilne priprave (30, 32) za hkratno določanje od dogajanja odvisnega tlaka $p(t)$ in od časa dogajanja odvisnega določanja položaja $s(t)$ livarskega bata (12) bodisi merilne priprave (30, 32) za hkratno določanje od časa dogajanja odvisnega tlaka $p(t)$ in od časa dogajanja odvisne hitrosti $v(t)$ livarskega bata (12).



SI 20683 A

Postopek za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju kovin

Izum se nanaša na postopek za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju kovin po uvodnem delu prvega patentnega zahtevka. Izum se nadalje nanaša na pripravo za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje po uvodnem delu dvanajstega patentnega zahtevka.

Predvsem avtomobilska industrija postavlja vedno višje zahteve na tolerance in mehanske lastnosti tlačno ulitih in tiksooblikovanih delov. Da se dosežejo te visoke zahteve po kakovosti, je zelo pomembno kar se da popolno nadzorovanje parametrov dogajanja kot tudi njihova ponovljivost.

Za nadzor dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju so merodajni po eni strani stanje kovine, ki je vstavljena v livarsko komoro, in po drugi strani parametri dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju. Da se optimira dogajanje pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju oziroma se ovrednotijo vsakokratni parametri, ki so kritični za stabilnost dogajanja in ponovljivost, je treba zajeti po možnosti vse parametre, ki lahko vplivajo na dogajanje.

Bistveni faktor, da se doseže ta visoka ponovljivost in stabilnost dogajanja, je stanje tiksotropnega kovinskega čepa oziroma zlitine za tlačno ulivanje pri uvedbi v livarsko komoro, pri čemer zelo pomembno veličino predstavlja temperatura tiksotropnega čepa oziroma zlitine za tlačno ulivanje.

Zaradi kontrole in nadzorovanja dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju se lahko izvedejo meritve temperature v talini zlitine oziroma v notranjosti tiksotropnega kovinskega čepa med postopkom segrevanja, pri čemer se določi temperaturna porazdelitev na primer s pomočjo termoelementov na različnih mestih taline oziroma čepa - znotraj čepa in na robu čepa. Pri tem se običajno ugotovijo krivulje segrevanja, ki se nanašajo na posamezne merilne položaje, to se pravi temperatura v odvisnosti od časa segrevanja.

Medtem ko se za nadzorovanje talin zlitin za tlačno ulivanje uporablja v bistvu merjenje temperature, predstavlja merjenje električne energije segrevanja, ki se je dovedla med predgretjem, nadaljnjo možnost za nadzorovanje stanja čepa pri tiksooblikovanju.

Za nadzorovanje dogajanja pri tiksooblikovanju se poleg tega na tiksotropnem čepu lahko izvedejo metalografski preizkusi, da se določi porazdelitev tekočega deleža, na primer, s tem da se čep na različnih vzdolžnih mestih prereže prečno glede na svojo vzdolžno os in se določi tekoči delež v prerezu čepa, na primer v odvisnosti od oddaljenosti od središča čepa. Namen takšnih preiskav je optimiranje krivulje segrevanja na ta način, da se v kar se da kratkem času določi v naprej določeni tekoči delež kar se da homogeno po celotnem tiksotropnem čepu. Nadalje se lahko za določanje povprečnega tekočega deleža izvajajo kalorimetrična merjenja.

Kar zadeva parametre dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju, se običajno merijo temperature livarske komore, vlivnih kanalov in oblikovalne votline kot tudi tlak in vlažnost v evakuirani oblikovalni votlini.

Doslej običajno določanje parametrov materiala za tlačno ulivanje oziroma tiksooblikovanje in dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju je zapleteno in ni

primerno za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju pod proizvodnimi pogoji.

Naloga izuma je v tem, da se stvari postopek za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju kovin, s katerim se lahko zanesljivo nadzoruje izdelovanje tlačno ulitih ali tiksooblikovanih delov pod proizvodnimi pogoji.

Do rešitve po izumu te naloge vodi, da se meri časovni potek tlaka $p(t)$ in časovna odvisnost hitrosti $v(t)$ livarskega bata ter se izračunata z livarskim batom dovedena energija $E(t)$ v odvisnosti od časa t dogajanja kot tudi celotna energija E_{tot} , ki jo je livarski bat dovedel med dogajanjem tlačnega ulivanja oziroma tiksooblikovanja, na osnovi časovno odvisnega poteka stiskalnega tlaka $p(t)$ in hitrosti $v(t)$ livarskega bata, in se celotna energija E_{tot} uporabi kot značilnost za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem stiskanju ali tiksooblikovanju.

Nadaljnje izvedbene oblike postopka po izumu so opisane v odvisnih patentnih zahtevkih 2 do 10. Postopek po izumu je predvsem primeren za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje aluminija, aluminijevih zlitin ali magnezijevih zlitin.

Postopek po izumu je primeren predvsem za vodoravne priprave za tiksooblikovanje in vodoravne naprave za tlačno ulivanje, to se pravi, za naprave, pri katerih livarska komora leži vodoravno.

Postopek po izumu temelji na spoznanju, da celotna energija, ki jo je dovedel livarski bat, predstavlja zelo merodajen kontrolni parameter celotnega dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju. Postopek po izumu za določanje energije, ki jo je dovedel livarski bat, in uporaba predvsem vrednosti celotne energije kot značilne veličine za nadzorovanje dogajanja se označuje kot RTIM-postopek (Real Time Injection Monitoring).

Posebno pomembna je temperatura predgrevanja in ustrezna porazdelitev temperature v kovinskem čepu kot tudi količina energije, ki jo pri tiksooblikovanju dovede livarski bat, ker se mora pri tem vzdrževati določen tekočinski delež, ki se nahaja v ozkem področju spreminjanja, v tiksotropnem materialu. Pri tiksooblikovanju se lahko na primer po veliki celotni energiji, ki jo je dovedel livarski bat, sklepa, da je viskoznost tiksotropnega materiala prenizka, kar lahko izvira od prenizkega tekočinskega deleža ali premajhnih strižnih sil med postopkom tiksotropnega oblikovanja.

Postopek po izumu omogoča boljšo stabilnost dogajanja, optimiranje parametrov dogajanja, izboljšanje kakovosti izdelkov in zmanjšanja pogostosti izmečkov.

Posebno prednostno se postopek po izumu uporablja za tiksooblikovanje. Pri tem predvsem služi za določanje optimalnega tekočega deleža tiksotropnega kovinskega čepa pod proizvodnimi pogoji. Najprimernejši povprečni tekoči delež v tiksotropnem kovinskem čepu znaša pri tem 40-55 mas. %. Če je tekoči delež previsok, poteka tiksooblikovanje tiksotropnega materiala skoraj pod istimi pogoji kot tlačno ulivanje tekočih kovinskih zlitin, tako da se na primer izgubi prednost majhnega skrčenja tiksotropnega materiala pri ohlajanju v oblikovalni votlini ali je oteženo ali onemogočeno odstranjenje oksidne kožice, ki obdaja tiksotropni kovinski čep. Poleg tega je oblikovno stabilno vlaganje tiksotropnega čepa v livarsko komoro z visokim tekočim deležem je težavno in večinoma neponovljivo.

Nadaljnji pomembni faktor pri tiksooblikovanju je homogenost tiksotropnega stanja, to se pravi porazdelitev tekočega deleža po dolžini čepa in po prerezu čepa, pri čemer je ta homogenost na splošno boljša čim počasneje se izvaja predogrevalni postopek; poleg tega se zaradi poslovno ekonomskih razlogov želi kar se da kratko predogrevanje.

V okviru izumiteljskega dela se je sedaj za tiksooblikovanje ugotovilo, da se s pomočjo določanja celotne energije, ki jo livarski bat dovaja materialu za tiksooblikovanje, med celotnim dogajanjem tiksooblikovanja lahko posredno nadzorujeta tekoči delež, ki je prisoten po predogrevanju, kot tudi njegova homogenost v tiksootropnem čepu.

Nadalje je postopek po izumu primeren predvsem za nadzorovanje peči za predogrevanje, to se pravi z določanjem celotne energije za vsako šaržo, to se pravi za vsako popolno dogajanje tlačnega ulivanja ali tiksooblikovanja. S tiksootropnim čepom ali materialom za tlačno ulivanje iz določene predgrelna peči se lahko razišče in kontrolira pravilnost peči. Poleg tega se lahko z določanjem celotne energije za vsako šaržo s tiksootropnim čepom ali materialom za tlačno ulivanje iz različnih predgrelnih peči medseboj primerja in nadzoruje pravilnost grelna moči ustreznih peči drugo z drugo.

Določanje celotne energije za vsako šaržo nadalje omogoča kontrolo predhodnih strditev, to se pravi zgodnje strditve materiala so lahko na primer pogojene s prenizko temperaturo livarske komore in/ali kalupa in so zaradi s tem pogojenih običajnih slabih lastnosti oblikovancev nezaželjene. Z možnostjo ugotovitve predhodnih strditev se lahko posredno nadzirajo tudi temperature v livarski komori in livarski formi. Poleg tega se lahko posredno dajo tudi izjave o izvedbi oblikovalne votline.

V nadaljnjem omogoča določanje celotne energije za vsako šaržo tudi raziskave tlačnih izgub med šaržo vsled na primer triboloških lastnosti in s tem omogoča, da se pride do informacij o trenju livarskega bata, mehanskem stanju livarskega bata in/ali livarske komore, mazanju bata in vplivu ločilnega peska. Potemtakem služi določanje celotne energije, ki jo sistemu dovede livarski bat, med eno šaržo tudi za nadzorovanje triboloških razmer, kar zadeva livarski bat in livarsko komoro.

Po izumu se lahko od dogajanja odvisna hitrost $v(t)$ livarskega bata bodisi meri neposredno ali pa se ugotavlja z merjenjem položaja $s(t)$ livarskega bata v odvisnosti od časa dogajanja.

Na osnovi časovno odvisnega merjenja položaja $s(t)$ livarskega bata se lahko od časa odvisna hitrost $v(t)$ livarskega bata izračuna iz zveze

$$v(t) = ds(t)/dt,$$

to se pravi z odvajanjem časovno odvisnega položaja $s(t)$ livarskega bata po času t . Računanje hitrosti livarskega bata na osnovi merjenja položaja $s(t)$ se na smotrni način izvaja v diskretnih, na primer enakomerno razmaknjenih časovnih točkah. Na smotrni način se hitrost izračuna v 50 do 800, prednostno 180 do 500 in posebno prednostno na 250 do 400 diskretnih točkah dogajanja. Na ta način določene diskretne vrednosti hitrosti se na prednostni način filtrirajo po numeričnem postopku. Poleg tega se na prednostni način izračuna zvezna hitrostna krivulja $v(t)$ s pomočjo numeričnih interpolacijskih postopkov.

Od časa odvisna energija $E_{x,y}(t)$, ki jo je livarski bat dovedel med dvema časovnima točkama t_x in t_y dogajanja, pri čemer je $t_x < t_y$, se lahko izračuna z integralom

$$E_{x,y}(t) = A \int_{t_x}^{t_y} p(t) \cdot v(t) dt,$$

pri čemer A označuje ploskve livarskega bata, ki je usmerjena proti zvezno litemu materialu ali tiksooblikovanemu materialu.

Energija $E(t)$, ki jo je dovedel livarski bat, v odvisnosti od časa t dogajanja se lahko izračuna kot naslednji integral

$$E(t) = A \int_{t_0}^t p(t) \cdot v(t) dt$$

in celotna energija E_{tot} , ki jo je livarski bat dovedel med dogajanjem tlačnega ulivanja oziroma tiksooblikovanja, je določena z naslednjim integralom

$$E_{\text{tot}} = A \int_{t_0}^{t_4} p(t)v(t).dt,$$

pri čemer A označuje ploskev livarskega bata, ki je obrnjena proti materialu tlačnega ulivanja ali tiksooblikovanja, t_0 začetni časovni trenutek $t=0$ dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju in t_4 časovni trenutek, v katerem livarski bat prvič po t_0 doseže hitrost $v(t) = 0$. V trenutku t_4 je zaključeno dejansko dogajanje tlačnega ulivanja oziroma tiksooblikovanja in oblikovalna votlina je napolnjena. Da se med ohlajanjem oblikovanca v oblikovalni votlini izravna krčenje materiala in se prepreči ustrezna nepopolna zapolnitev forme, se tlak na maso za tlačno ulivanje oziroma tiksooblikovanje običajno vzdržuje tudi po t_4 še nekaj časa, tako da livarski bat lahko izvede nadaljnji translatorski premik, pri čemer lahko nato hitrost livarskega bata ponovno pade na nič.

Namesto merjenja časovno odvisnega položaja $s(t)$ livarskega bata se lahko meri neposredno časovno odvisen potek $v(t)$ hitrosti in se uporabi za računanje energije $E(t)$, ki jo je dovedel livarski bat, ali celotne energije E_{tot} .

Prednostno se položaj $s(t)$ bata in hitrost $v(t)$ bata ter potek tlaka $p(t)$ neprestano merijo med celotnim dogajanjem tlačnega ulivanja ali tiksooblikovanja.

Za izum je nadalje pomembno, da se merjenja $s(t)$ in $p(t)$ ali $v(t)$ in $p(t)$ kot tudi računanje $v(t)$, $E(t)$ in E_{tot} tekoče izvajajo med potekom dogajanja, tako da so značilne veličine neposredno po zaključku na razpolago za ustrezne korektorne ukrepe, to se pravi, merjenja $s(t)$ ali $v(t)$ in $p(t)$ kot tudi določanje $v(t)$ in $E(t)$ poteka v dejanskem času. Med dvema šaržama je na razpolago procesno okno, ki dovoljuje poseg, s tem da se izvedejo korekturni ukrepi, kajti neposredno po šarži se mora oblikovanec nadalje ohladiti, forma odpreti, oblikovanec vzeti iz priprave za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje in livarska komora na novo napolniti z materialom za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje. Polnjenje livarske komore s tiksotropnim kovinskim čepom se

prednostno izvede s pomočjo robota. Polnjenje livarske komore s tekočo kovinsko zlitino za tlačno ulivanje se izvede na primer, s tem da se odpre ventil ali zapora v vlivnem žlebu, tako da lahko tekoča kovina steče v livarsko komoro.

Predvsem se - poleg celotne energije E_{tot} - določajo tudi z livarskim batom dovedene delne energije E_1 do E_4 za naslednje korake postopka:

- pri tiksooblikovanju z livarskim batom v trajanju od časovnega trenutka t_0 do časovnega trenutka t_1 dovedena delna energija E_1 za premik tiksotropnega kovinskega čepa v livarski komori do prislonitve kovinskega čepa na koncu na strani forme livarske komore, pri čemer t_1 označuje časovno točko, v kateri kovinski čep zadane ob konec livarske komore; za tlačni livarski postopek znaša delna energija E_1 vedno nič;
- pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju z livarskim batom v trajanju od časovnega trenutka t_1 do časovnega trenutka t_2 dovedena delna energija E_2 za spremembo oblike tiksotropnega kovinskega čepa oziroma materiala za ulivanje pod tlakom, pri čemer t_2 označuje časovni trenutek, v katerem material za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje po svoji celotni dolžini zapolni celoten prerez livarske komore;
- pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju z livarskim batom v trajanju od časovnega trenutka t_2 do časovnega trenutka t_3 dovedena delna energija E_3 za polnjenje vlivnih kanalov, pri čemer t_3 označuje časovni trenutek, v katerem so vsi vlivni kanali, ki se nahajajo med livarsko komoro in oblikovalno votlino, popolnoma napolnjeni;
- pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju z livarskim batom v trajanju od časovnega trenutka t_3 do časovnega trenutka t_4 dovedena delna energija E_4 za polnjenje oblikovalne votline, pri čemer t_4 označuje časovni trenutek, v katerem so vsi deli oblikovalne votline popolnoma napolnjeni in je hitrost livarskega bata padla na nič, to se pravi $v(t_4)=0$.

Predvsem določanje delne energije E_1 omogoča opredelitev predhodnih strditev materiala za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje v livarski komori. V nadaljnjem predvsem E_1 posreduje podatek o splošnih triboloških razmerah, to se pravi na primer tlačni izgubi na osnovi trenja, obrabnih pojavih in mazanju in na ta način služi na primer za presojo vpliva delilnega sredstva in mazalnega sredstva in poleg tega daje informacijo o trenju livarskega bata in njegovem mazanju.

Običajno livarski bat priprav za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje poganjajo hidravlična sredstva. Pri tovrstno izvedenih pripravah za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje je časovno odvisen potek $p(t)$ tlaka na posebno prednosten način določa s hkratnim merjenjem časovno odvisnega poteka $p_{GK}(t)$ tlaka na ploskvi livarskega bata, ki je obrnjena proti materialu za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje, in z merjenjem poteka $p_{hyd}(t)$ tlaka v hidravlični tekočini, pri čemer se za računanje energije, ki jo je livarski bat dovedel materialu za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje, predvsem uporablja potek $p_{GK}(t)$ tlaka.

Ker za nadzorovanje po izumu dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju in ustrezno kontrolo dogajanja niso pomembne absolutne veličine $E(t)$, E_{tot} , E_1 do E_4 energije temveč v bistvu ustrezne vrednosti energije za različne tiksooblikovane čepe ali količine materiala za tlačno ulivanje iz iste predgrelna peči oziroma iz različnih predgrevnih peči se medsebojno primerjajo, se lahko za računanje energijskih vrednosti $E(t)$, E_1 do E_4 in E_{tot} uporabi tudi potek $p_{hyd}(t)$ tlaka.

$p_{hyd}(t)$ opisuje celotni tlak, ki se izvaja na livarski bat. Ta pa ne ustreza tlaku, ki se izvaja na material za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje, ker je livarski bat sam izpostavljen določenemu trenju v livarski komori.

Zato omogoča hkratno merjenje $p_{hyd}(t)$ in $p_{GK}(t)$ določanje izgube tlaka

$\Delta p = p_{hyd}(t) - p_{GK}(t)$ zaradi trenja livarskega bata in omogoča zato izjavo o mehanskem stanju livarske komore oziroma livarskega bata in mazanju livarskega bata.

Medtem ko E_{tot} omogoča globalno kontrolo celotnega dogajanja pri tiksooblikovanju ali tlačnem ulivanju, dajejo delne energijske vrednosti E_1 do E_4 informacije o določenih parametrih dogajanja, kot je to v primeru E_1 na primer za predhodno omenjene tribološke razmere ali za določitev predčasne strditve bilo opisano. E_2 je primeren na primer, da se dobi informacija o energiji, ki je potrebna za spremembo oblike, in daje pri tiksooblikovanju na primer informacijo o stanju čepa, to se pravi, ali je tiksotropen čep pretrd oziroma premehek oziroma ali je tekoči del previsok ali prenizek. E_3 in E_4 pa sta po drugi strani primerna na primer za nadzorovanje obnašanja pri polnjenju vlivnih kanalov oz. oblikovalne votline in dajeta s tem na primer informacijo o vplivu delilnega sredstva in pri tiksooblikovanju dodatno o strižnih silah, ki delujejo na tiksotropen material.

Pri postopkih tiksooblikovanja ali tlačnega ulivanja z RTIM-nadzorovanjem dogajanja po izumu se prednostno na delovno izmeno, ki je običajno reda velikosti 8 ur, izpiše protokol, pri čemer se prednostno izračuna število izdelanih ulitih ali tiksooblikovanih delov, to se pravi število n šarž, delne energije E_1 do E_4 in celotna energija E_{tot} za vsako šaržo, in se izkažejo na protokolnem izpisu. Nadalje se predvsem ugotovijo srednja celotna energija $E_{tot,m}$ in standardno odstopanje σ_n za vse n šarže z materialom za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje iz iste predgrelna peči in se iztiskajo.

Srednja celotna energija $E_{tot,m}$ za za število n šarž z materialom za tiksooblikovanje ali tlačno ulivanje iz iste peči k se na primer izračuna kot aritmetična srednja vrednost:

$$E_{tot,m} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_{tot,i} .$$

Standardno odstopanje se izračuna kot

$$\sigma_n = \sqrt{\left[\frac{1}{n-1} \right] \sum_{i=1}^n (E_{tot,i} - E_{tot,m})^2} .$$

Predvsem se lahko nadalje izračuna tudi relativno odstopanje

$$\sigma_{rel} = 100\% \cdot \sigma_n^2 / E_{tot,m} .$$

Na osnovi vrednotenja rezultirajočih oblikovancev in ustrezne primerjave energijskih vrednosti E_{tot} in E_1 do E_4 kot tudi srednje vrednosti standardnega odstopanja se lahko nato sklepa, katero energijsko področje je dopustno, da se dobi zadostna kakovost oblikovancev. S tem se lahko glede energijskih vrednosti E_{tot} in E_1 do E_4 določijo po eno področje predpisane vrednosti za postopek tiksooblikovanja ali tlačnega ulivanja, ki se kot značilna veličina lahko uporabi na primer za prekinitev postopka, spremembo predgrelna peči, kalibriranje grelna moči predgrelna peči, korekturo livarske krivulje ali sprožitev nadzorovalnega alarma.

Glede naprave pa ima predloženi izum nalogo, da ponudi napravo za tiksooblikovanje ali tlačno ulivanje, ki omogoča nadzorovanje dogajanja pri izdelavi pod izdelovalnimi pogoji.

V skladu z izumom se to doseže z napravo z značilnostmi po zahtevku 12. Prednostni nadaljnji izvedeni primeri naprave po izumu so opisani v odvisnih zahtevkih 13 in 14.

Prednost se predvsem daje pripravi za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje, pri kateri merilna naprava omogočajo kontinuirno zajemanje časovno odvisnega tlaka $p(t)$ in kontinuirno merjenje položaja $s(t)$.

Merilna naprava za določanje položaja $s(t)$ je lahko nadalje predvsem tudi naprava za merjenje časovno odvisne hitrosti $v(t)$ livarskega bata, pri čemer se položaj $s(t_x)$ livarskega bata v časovnem trenutku t_x določi kot

$$s(t_x) = \int_{t=0}^{t_x} v(t) dt .$$

Naprava po izumu je primerna predvsem za tiksooblikovanje ali tlačno ulivanje ob uporabi postopka po izumu za nadzorovanje dogajanja.

Nadaljnje prednosti in značilnosti in podrobnosti izuma izhajajo iz nadaljnjega opisa slik 1 do 8 na primeru tiksooblikovanja kot tudi na osnovi risb; te shematično prikazujejo na

- slikah 1 do 5 časovni potek dogajanja pri tiksooblikovanju v vodoravni napravi za tiksooblikovanje;
- slikah 6 in 7 protokolne izpise RTIM-nadzorovanja po izumu za dogajanje;
- sliki 8 grafično predstavitev protokola izmerjenih in izračunanih vrednosti za RTIM-postopek po izumu.

Slike 1 do 5 prikazujejo navpičen vzdolžni prerez vzdolž vzdolžne osi skozi livarsko komoro vodoravne priprave za tiksooblikovanje. Pri tem je valjasta livarska komora 10 nameščena vodoravno in vsebuje livarski bat 12, radialno simetričen oksidni žep 22, vlivno odprtino 24, dva vlivna kanala 26 in 28 kot tudi dve nanju priključujoči se oblikovalni votlini 16 in 18.

Slika 1 prikazuje pripravo za tiksooblikovanje v časovnem trenutku $t_0=0$, pri čemer se tiksotropen kovinski čep 14, ki se je v predgrelni peči - ni prikazana - segrel na zahtevano temperaturo, vstavi v vodoravno ležečo livarsko komoro in se livarski bat 12 dovede do čepa. Na sliki 1 je kot primer prikazan senzor 30 tlaka, ki je nameščen na ploskev livarskega bata, ki je obrnjena proti tiksotropnemu kovinskemu čepu 14. Poleg tega prikazuje slika 1 napravo 32 za merjenje položaja ali hitrosti.

Slika 2 prikazuje pripravo za tiksooblikovanje v časovnem trenutku t_1 , v katerem tiksotropni kovinski čep 14 zadane ob konec 11 livarske komore 10 na strani forme. Ker je prerezna ploskev valjastega tiksotropnega kovinskega čepa 14 manjša od

površine prereza livarske komore 10, tiksotropni čep 14 v trenutku t_1 še ne izpolnjuje celotnega prereza livarske komore.

Slika 3 prikazuje pripravo za tiksooblikovanje v časovnem trenutku t_2 . V tem časovnem trenutku je tiksotropni kovinski čep izgubil svojo geometrijsko obliko in ima sedaj obliko mase 15 za tiksooblikovanje. Časovni trenutek t_2 torej označuje časovni trenutek, v katerem masa za tiksooblikovanje ali material 15 za tiksooblikovanje po svoji celotni dolžini izpolnjuje celoten prerez livarske komore, to se pravi masa 15 za tiksooblikovanje izpolnjuje celotni prostor med livarskim batom 12 in koncem 11 livarske komore 10 na strani forme, pri čemer v časovnem trenutku t_2 v bistvu še ni skozi vlivno odprtino 24 steklo še nič tiksotropnega materiala ali oksidnega robnega materiala v oksidni žep 22.

Slika 4 prikazuje pripravo za tiksooblikovanje v časovnem trenutku t_3 . Časovni trenutek t_3 označuje časovni trenutek, v katerem so vlivna odprtina 24 kot tudi vlivna kanala 26 in 28 popolnoma napolnjeni z materialom 15 za tiksooblikovanje. Oksidni žep 22, ki sprejme oksidni material, ki se nahaja v robni plasti tiksotropnega kovinskega čepa 14, je že v večjem delu napolnjen.

Slika 5 prikazuje pripravo za tiksooblikovanje v časovnem trenutku t_4 . Časovni trenutek t_4 označuje končno stanje dejanskega dogajanja tiksooblikovanja, to se pravi časovni trenutek, preden se odpre forma. V časovnem trenutku t_4 sta oblikovalni votlini 16 in 18 popolnoma napolnjeni z maso 15 za tiksooblikovanje in je hitrost livarskega bata 12 zdrknila na nič. Med sledečo fazo ohlajanja in strjevanja tiksooblikovanca se lahko vzdržuje tlak livarskega baza za kratek čas, da se izravna skrčitev med postopkom ohlajanja z dovajanjem tiksotropnega materiala, tako da livarski bat po časovnem trenutku t_4 lahko izvede še dodaten premik. V časovnem trenutku t_4 je v predloženem primeru tudi radialno simetrično izoblikovan oksidni žep 22 popolnoma zapolnjen z oksidnimi kosi prvotne robne plasti tiksotropnega čepa 14.

Na sliki 6 so kot primer predstavljene izračunane vrednosti celotne energije dogajanja pri tiksooblikovanju za posamezne tiksotropne kovinske čepe iz iste predgrelna peči, to se pravi celotne energijske vrednosti posameznih šarž na ta način, da so na ordinati nanešene vsakokratne celotne energije in na abscisi številka šarže v obliki ustreznih šaržnih časov; šaržna številka šarže ustreza določenemu časovnemu trenutku t_x , tako da ordinata ustreza časovni osi. Določeni časovni trenutek t_x se lahko pri tem poljubno predhodno definira, to se pravi lahko se na primer opredeli kot začetni časovni trenutek, na katerem se sproži livarski bat za tiksooblikovanje. Kot določeni časovni trenutek t_x se lahko opredeli tudi vsak poljuben drugi, natančno določljivi časovni trenutek med dogajanjem tiksooblikovanja. Za vrednosti, ki so predstavljene na sliki 6, je bil izbran start livarskega bata ob začetku vsakega tiksooblikovanja.

Delne slike a do h na sliki 6 vsakokrat podajajo ugotovljene celotne energijske vrednosti za število šarž, pri čemer so vrednosti za tiksotropne kovinske čepe določene predgrelna peči predstavljene ločeno, to se pravi predstavitev a do h vsakokrat podajajo vrednosti za tiksotropne kovinske čepe iz iste predgrelna peči.

Na sliki 6 a so predstavljene celotne energije za 32 šarž s tiksotropnim čepom, ki so bile ogrete v peči številka 1. Kot določeni časovni trenutek t_x je bil izbran štart livarskega bata v začetku vsakega postopka tiksooblikovanja. Predstavitev obsega šarže v časovnem obdobju od 19.47 zvečer do 2.37 naslednjega dne. Preko vseh 32 šarž povprečna celotna energija znaša 26,01 kJ z relativnim odstopanjem $\pm 16 \%$.

Na sliki 6 b so predstavljene celotne energije za 46 šarž s tiksotropnimi čepi, ki so bili segreti v peči številka 5. Predstavitev obsega šarže v časovnem obdobju od 19.06 do 2.51 naslednjega dne. Po 46 vseh šaržah povprečna celotna energija znaša 31,97 kJ z relativnim odstopanjem $\pm 10 \%$.

Na sliki 6 c so predstavljene celotne energije 47 šarž s tiksotropnimi čepi, ki so se segreli v peči številka 6. Predstavitev obsega šarže v časovnem obdobju od 18.59 zvečer do 2.34 naslednjega dne. Preko vseh šarž povprečena celotna energija znaša 23,92 kJ z relativnim odstopanjem $\pm 9 \%$.

V sliki 6 d so predstavljene celotne energije za 48 šarž s tiksotropnimi čepi, ki so bili segreti v peči številka 7. Predstavitev obsega šarže v celotnem obdobju od 19.00 zvečer do 2.36 naslednjega dne. Preko vseh 48 šarž povprečena celotna energija znaša 30,58 kJ z relativnim odstopanjem $\pm 15 \%$.

Na sliki 6 e so predstavljene celotne energije za 42 šarž s tiksotropnimi čepi, ki so bili segreti v peči številka 9. Predstavitev obsega šarže v časovnem obdobju od 19.01 zvečer do 2.28 naslednjega dne. Preko vseh 42 šarž povprečena celotna energija znaša 23,53 kJ z relativnim odstopanjem $\pm 16 \%$.

Na sliki 6 f so predstavljene celotne energije za 49 šarž s tiksotropnim čepi, ki so bili segreti v peči številka 10. Predstavitev obsega šaržo v časovnem obdobju od 19.03 zvečer do 2.47 naslednjega dne. Preko vseh 49 šarž povprečena celotna energija znaša 23,03 kJ z relativnim odstopanjem $\pm 12 \%$.

Na sliki 6 g so predstavljene celotne energije za 47 šarž s tiksotropnimi čepi, ki so bili segreti v peči številka 11. Predstavitev obsega šaržo v časovnem obdobju od 19.04 zvečer do 2.39 naslednjega dne. Preko vseh 47 šarž povprečena celotna energija znaša 20,38 kJ z relativnim odstopanjem $\pm 8 \%$.

Na sliki 6 h so predstavljene celotne energije za 51 šarž s tiksotropnimi čepi, ki so bili segreti v peči številka 12. Predstavitev obsega šaržo v časovnem obdobju od 19.05 zvečer do 2.32 naslednjega dne. Preko vseh 51 šarž povprečena celotna energija znaša 46,15 kJ z relativnim odstopanjem $\pm 7 \%$.

Slika 7 prikazuje stolpični diagram povprečnih celotnih energij $E_{\text{tot},i}$ - $i=1, \dots, 12$, pri čemer i označuje številko peči - za poskuse tiksooblikovanja, ki so bili predstavljeni na sliki 6, med delovno izmeno v trajanju okoli 8 ur, pri čemer so vsakokrat vnešena še standardna odstopanja. Vsak stolpec na sliki 7 torej za tiksotropne kovinske čepe iz peči številka i prikazuje celotno energijo $E_{\text{tot},i}$ na šaržo, ki je bila povprečena preko vseh šarž delovne izmene.

Na osnovi ovrednotenja nastalih oblikovancev in ustrezne primerjave s povprečno celotno energijo $E_{\text{tot},i}$ oziroma E_{tot} se lahko nato sklepa, katero energijsko področje je dopustno za zadostno kakovost oblikovancev. Ocena rezultirajočih oblikovancev se lahko izvede na primer z optičnim ali mikroskopskim ocenjevanjem ali s preizkusom materiala, materialno specifičnimi preiskavami s pomočjo brusnih slik, materialnih analiz, strukturnih raziskav in tako naprej. Na osnovi ocene oblikovancev in vrednosti E_{tot} celotne energije, ki so poznane za njihovo izdelavo, kot tudi vrednosti za delne energije E_1 do E_4 se lahko na primer glede E_{tot} opredeli področje predpisane vrednosti za celotno energijo kot značilna veličina za postopek tiksooblikovanja ali tlačnega ulivanja. Področje predpisanih vrednosti se lahko zatem uporablja kot nadaljnja značilnost, pri čemer se pri preseganju ali nedoseganju vrednosti celotne energije za šaržo oziroma števila šarž na primer izvede prekinitev postopka, zamenjava predgrelna peči ali novo kalibriranje grelna moči predgrelna peči.

Ocena oblikovancev, ki so bili izdelani s tiksooblikovanjem, ki zadeva sliko 6, pokaže, da mora za ta primer celotna energija na šaržo ležati med $35 \text{ kJ} \geq E_{\text{tot}} \geq 10 \text{ kJ}$, da se lahko doseže zahtevana kakovost oblikovancev. Blizu na ta način ugotovljenih energijskih pragov se lahko izvedejo tako oblikovanci z zahtevanimi lastnostmi kot tudi oblikovanci z nezadostnimi lastnostmi. Če se nahaja vrednost celotne energije šarže izven ugotovljenega energijskega pasu, se poveča riziko za izdelavo nekonformnega oblikovanca, to se pravi oblikovanca, ki ne izkazuje zahtevanih

lastnosti v pogledu strukture, razsežnosti in tako naprej. Temu ustrezno predstavlja določanje celotne energije za šaržo merilo za verjetnost dobrega oziroma slabega izdelovanja oblikovancev, to se pravi merilo za verjetnost, da pride do izmečka.

Slika 8 kot primer prikazuje grafično predstavitev protokola izmerjenih in izračunanih vrednosti za RTIM-postopek po izumu, pri čemer po eni strani predstavlja pot $s(t)$, ki je izmerjena in jo je prepotoval livarski bat 12, in po drugi strani merjeni tlak $p(t)$, ki je časovno odvisen in ga izvaja livarski bat 12, med dogajanjem tiksooblikovanja, to se pravi med šaržo, kot tudi vrednosti $v(t)=ds(t)/dt$ hitrosti livarskega bata 12, ki so bile ugotovljene v diskretnih časovnih točkah in so predstavljene s pikami. V nadaljnjem vsebuje protokolna predstavitev, ki je prikazana na sliki 8, tudi hitrostno krivuljo $v(t)$, ki se izračuna z numeričnim filtriranjem in glajenjem diskretnih hitrostnih vrednosti $ds(t)/dt$.

Patentni zahtevki

1. Postopek za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju kovin (14, 15) v pripravi za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje, ki obsega livarsko komoro (10), livarski bat (12) in formo z oblikovalno votlino (16, 18),

označen s tem, da

se meri časovni potek tlaka $p(t)$ in časovno odvisna hitrost $v(t)$ livarskega bata in se računa z livarskim batom dovedena energija $E(t)$ v odvisnosti od časa t dogajanja kot tudi med tlačnim ulivanjem oziroma tiksooblikovanjem z livarskim batom (12) dovedena celotna energija E_{tot} na osnovi časovno odvisnega poteka tlaka $p(t)$ in hitrosti $v(t)$ livarskega bata in se celotna energija S_{tot} uporabi kot značilna vrednost za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem ulivanju oziroma tiksooblikovanju.

2. Postopek za nadzorovanje dogajanja pri tlačnem ulivanju ali tiksooblikovanju po zahtevku 1, označen s tem, da se določanje poteka tlaka $p(t)$ z merjenjem tlaka $p_{\text{GK}}(t)$ na ploskvi livarskega bata, ki je usmerjena proti materialu (14, 15) za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje.

3. Postopek za nadzorovanje dogajanja za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje po zahtevku 1, pri čemer je livarski bat (12) hidravlično poganjan, označen s tem, da se določanje poteka tlaka $p(t)$ izvaja z merjenjem tlaka $p_{\text{hyd}}(t)$ v hidravlični tekočini.

4. Postopek po enem izmed zahtevkov 1 do 3, označen s tem, da se energija $E(t)$, ki jo je dovedel livarski bat (12), izračuna v odvisnosti od časa t dogajanja po integralu

$$E(t) = A \int_{t_0}^t p(t) \cdot v(t) dt$$

in se med tlačnim ulivanjem oziroma tiksooblikovanjem z livarskim batom (12) dovedena celotna energija E_{tot} izračuna z integralom

$$E_{\text{tot}} = A \int_{t_0}^{t_4} p(t)v(t).dt ,$$

pri čemer A označuje ploskev livarskega bata (12), ki je usmerjena proti materialu (14, 15) za tlačno ulivanje oziroma tiksooblikovanje, t_0 začetno časovno točko $t=0$ postopka tlačnega ulivanja ali tiksooblikovanja in t_4 časovno točko, v kateri livarski bat prvič po t_0 zavzame hitrost $v(t)=0$.

5. Postopek po enem izmed zahtevkov 1 do 4, označen s tem, da se meri časovno odvisni položaj $s(t)$ livarskega bata in hitrost $v(t)$ livarskega bata kot odvod časovno odvisnega položaja $s(t)$ livarskega bata po času t v diskretnih časovnih točkah po odvisnosti

$$v(t) = ds(t)/dt,$$

pri čemer se hitrost $v(t)$ prednostno določi v 180 do 500, predvsem 250 do 400 diskretnih časovnih točkah dogajanja med tlačnim ulivanjem oziroma tiksooblikovanjem.

6. Postopek po enem izmed zahtevkov 1 do 5, označen s tem, da se časovno odvisna energija $E_{x,y}(t)$, ki jo je dovedel livarski bat (12) med dvema časovnima točkama t_x in t_y dogajanja, izračuna kot

$$E_{x,y}(t) = A \int_{t_x}^{t_y} p(t).v(t)dt ,$$

pri čemer A označuje ploskev livarskega bata (12), ki je obrnjena proti materialu (14, 15) za tlačno ulivanje oziroma tiksooblikovanje.

7. Postopek po zahtevku 6, označen s tem, da se izračunajo delne energije E_1 do E_4 za naslednje postopkovne korake:

- a) pri tiksooblikovanju parcialna energija E_1 , ki jo je livarski bat (12) dovedel v trajanju od časovne točke t_0 do časovne točke t_1 za premik tiksotropnega kovinskega čepa (14) v livarski komori (10) do prislonitve kovinskega čepa

- (14) na konec (11) livarske komore (10) na strani forme, pri čemer t_1 označuje trenutek, v katerem tiksooblikovani kovinski čep (14) dospe do konca livarske komore (11);
- b) pri tlačnem ulivanju in tiksooblikovanju delna energija E_2 , ki jo je dovedel livarski bat (12) med trajanjem od časovne točke t_1 do časovne točke t_2 , za preoblikovanje tiksotropnega kovinskega čepa (14) oziroma materiala (15) za tlačno ulivanje, pri čemer t_2 označuje časovno točko, v kateri material (15) za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje po svoji celotni dolžini izpolnjuje celoten prerez livarske komore;
- c) pri tlačnem ulivanju in tiksooblikovanju delna energija E_3 , ki jo je dovedel livarski bat (12) med trajanjem od časovne točke t_2 do časovne točke t_3 , za napolnitev vlivnih kanalov (26, 28), pri čemer t_3 označuje časovno točko, v kateri so vlivni kanali (26, 28), ki se nahajajo med livarsko komoro (10) in oblikovalno votlino (16, 18), vsi popolnoma napolnjeni;
- d) pri tlačnem ulivanju in tiksooblikovanju delna energija E_4 , ki jo je dovedel livarski bat (12) v trajanju od časovnega trenutka t_3 do časovnega trenutka t_4 za polnjenje oblikovalne votline (16, 18), pri čemer t_4 označuje časovno točko, v kateri je oblikovalna votlina (16, 18) popolnoma napolnjena in je hitrost livarskega bata (12) zdrnikla na nič, to se pravi $v(t_4)=0$.

8. Postopek po zahtevku 7, označen s tem, da se izračuna E_{tot} kot $E_{tot}=E_1+E_2+E_3+E_4$.

9. Postopek po enem izmed zahtevkov 1 do 8, pri čemer je livarski bat (12) poganjan hidravlično, označen s tem, da se potek $p(t)$ tlaka izvede z merjenjem tlaka $p_{hyd}(t)$ hidravlične tekočine in hkrati z merjenjem tlaka $p_{GK}(t)$ na ploskvi livarskega bata, ki je obrnjena proti materialu (14, 15) za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje, pri čemer se za računanje energijskih vrednosti, ki jih je dovedel livarski bat (12), uporablja potek $p_{GK}(t)$ tlaka, in se s trenjem povzročena energijska izguba do časa t določi z računanjem integrala

$$E(t)_{\text{trenje}} = A \int_{t_0}^t [p_{\text{hyd}}(t) - p_{\text{GK}}(t)] v(t) dt ,$$

pri čemer je A ploskev livarskega bata (12), ki je usmerjena proti materialu (14, 15) za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje, in t_0 označuje začetno časovno točko dogajanja pri tlačnem ulivanju oziroma tiksooblikovanju.

10. Postopek po enem izmed zahtevkov 1 do 9, označen s tem, da se celotna energija E_{tot} ugotovi za množico postopkov tlačnega ulivanja in tiksooblikovanja z materialom (14, 15) za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje določene predgrelna peči in se od tod lahko izračuna srednja vrednost in standardno odstopanje, pri čemer se srednja vrednost in standardno odstopanje uporabita kot nadaljnji značilni vrednosti.

11. Uporaba postopka po enem izmed zahtevkov 1 do 10 za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje aluminijevih ali magnezijevih zlitin.

12. Priprava za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje, predvsem priprava za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje aluminijevih zlitin, pri čemer priprava za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje obsega livarsko komoro (10), livarski bat (12) in formo z vsaj eno oblikovalno votlino (16, 18), označena s tem, da ima priprava za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje bodisi merilne priprave (30, 32) za hkratno določanje od dogajanja odvisnega tlaka $p(t)$ in določanja od dogajanja odvisnega položaja $s(t)$ livarskega bata (12) ali merilne priprave (30, 32) za hkratno določanje od dogajanja odvisnega tlaka $p(t)$ in določanje od dogajanja odvisne hitrosti $v(t)$ livarskega bata (12).

13. Priprava za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje po zahtevku 12, označena s tem, da merilna priprava za določanje od dogajanja odvisnega tlaka $p(t)$ obsega senzor (30) tlaka, ki je nameščen ali vgrajen na ploskvi livarskega bata, ki je obrnjena proti materialu (14, 15) za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje.

14. Priprava za tlačno ulivanje ali tiksooblikovanje po enem izmed zahtevkov 12 ali 13, pri kateri je livarski bat (12) hidravlično poganjan, označena s tem, da obsega merilna priprava za določanje od dogajanja odvisnega tlaka $p(t)$ obsega tlačni senzor za določanje tlaka hidravlične tekočine.

28709-ii-02-mn

Fig. 1

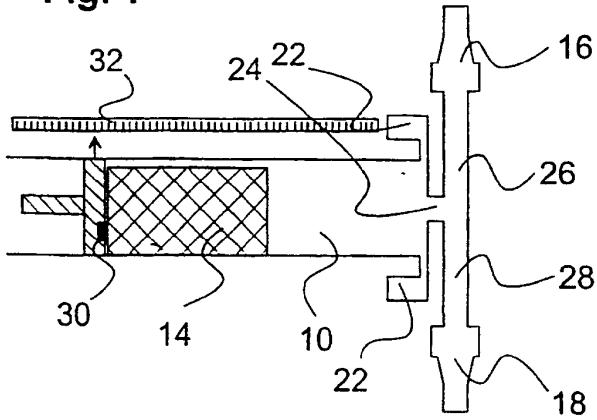


Fig. 2

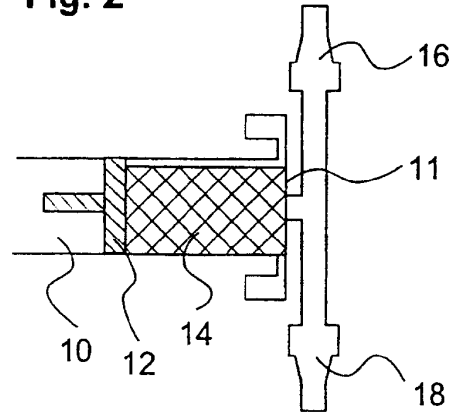


Fig. 3

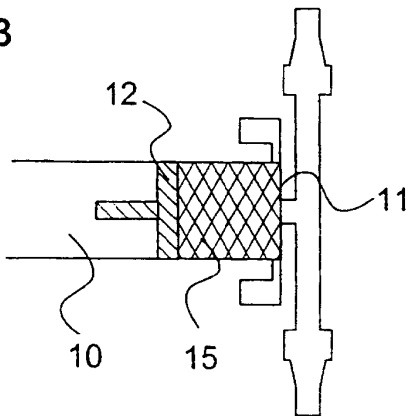


Fig. 4

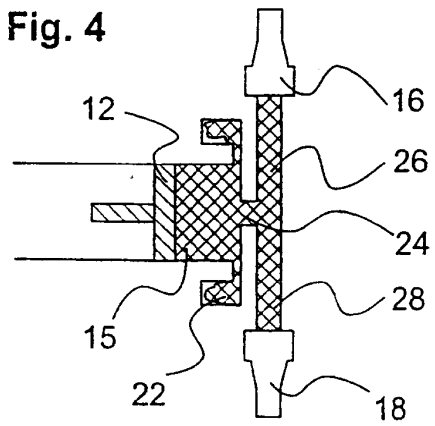


Fig. 5

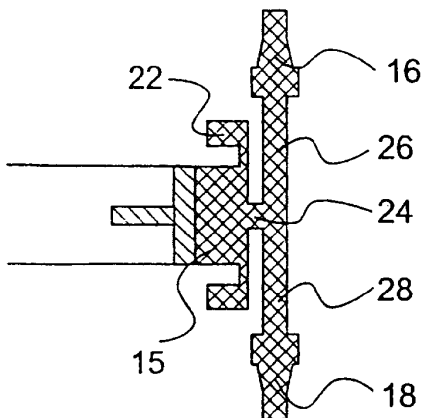


Fig. 6a

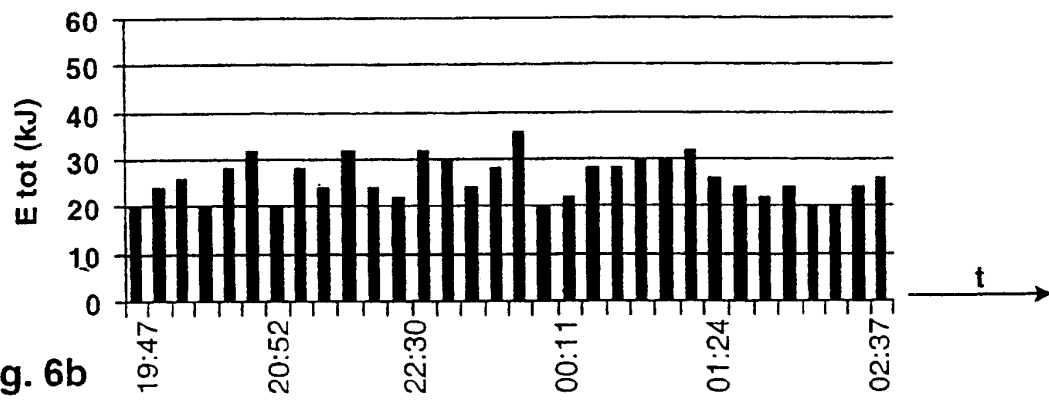


Fig. 6b

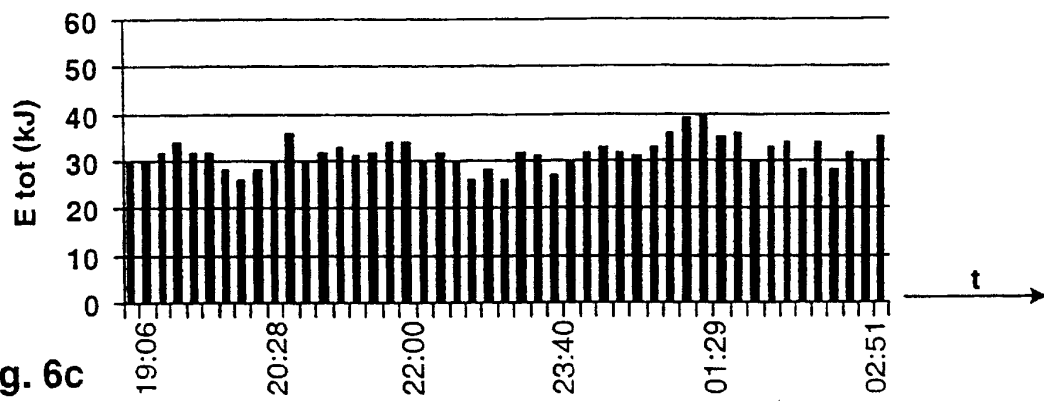


Fig. 6c

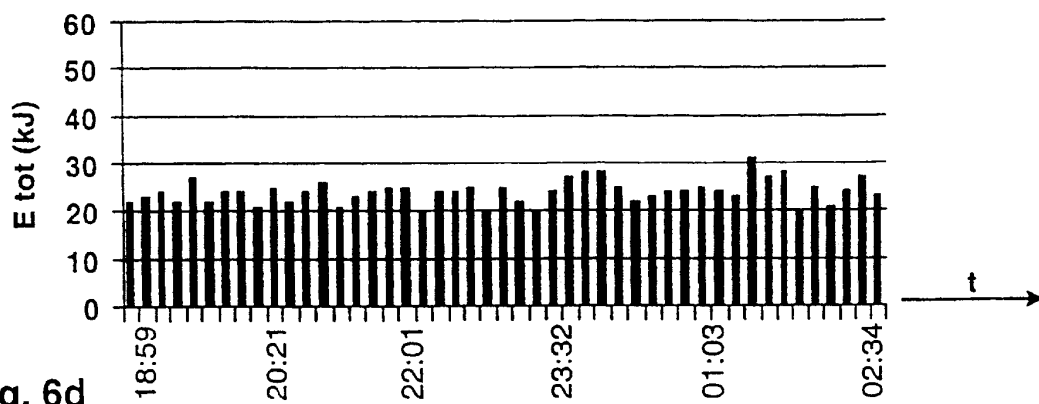


Fig. 6d

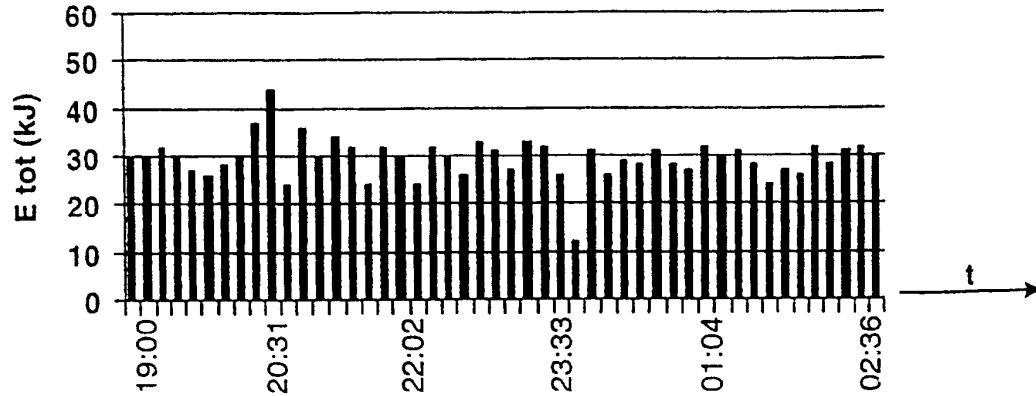


Fig. 6e

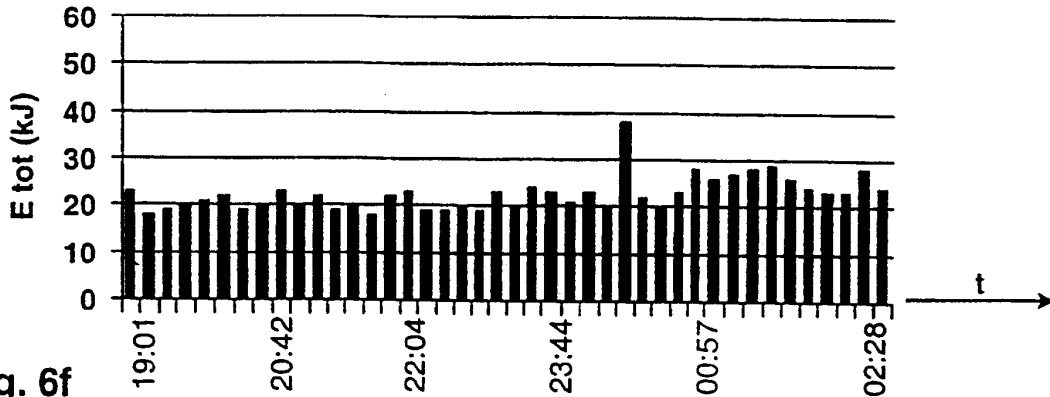


Fig. 6f

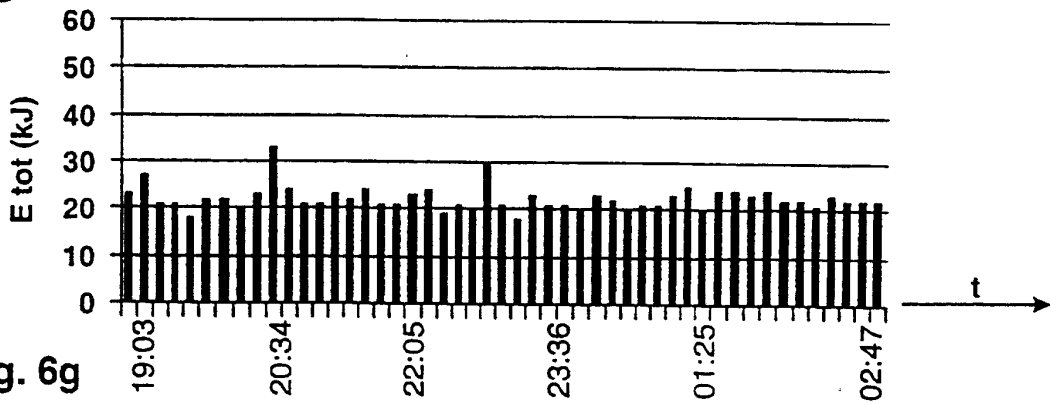


Fig. 6g

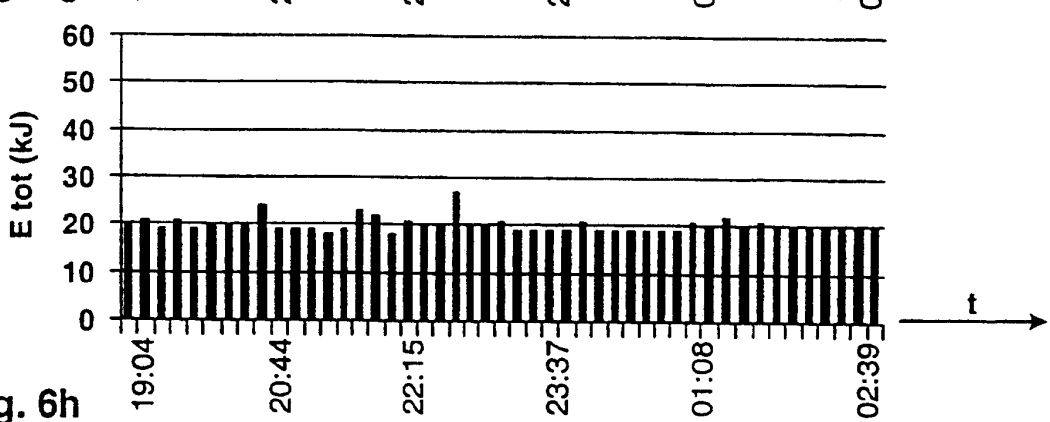


Fig. 6h

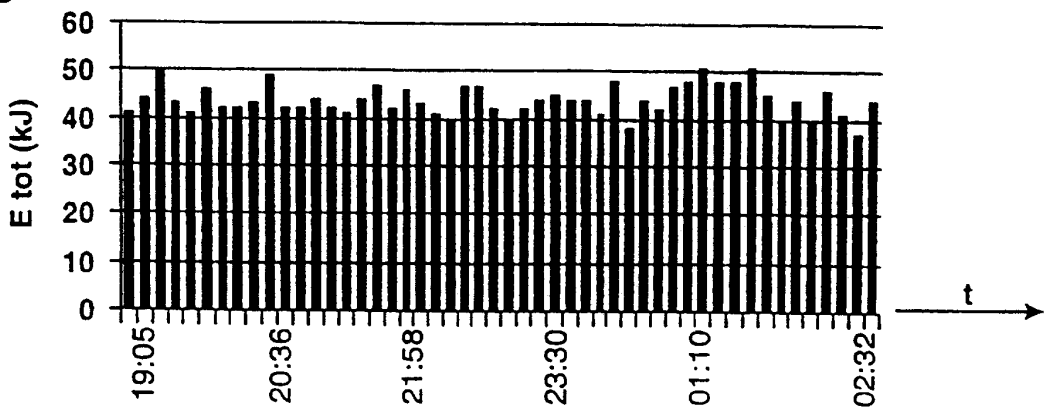


Fig. 7



Fig. 8

