

# PŘÍHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **20.07.2000**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **27.07.1999**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1999/99810679**

(33) Země priority: **EP**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.08.2002**  
(Věstník č. 8/2002)

(86) PCT číslo: **PCT/CH00/00394**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO01/07184**

(21) Číslo dokumentu:

**2002 - 294**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>:

**B 22 D 17/32**

(71) Přihlašovatel:

**ALCAN TECHNOLOGY & MANAGEMENT AG,**  
Neuhausen am Rheinfall, CH;

(72) Původce:

**Arnold Grégoire, Miege, CH;**  
**Bagnoud Christophe, Veyras, CH;**  
**Plata Miroslaw, Vétroz, CH;**

(74) Zástupce:

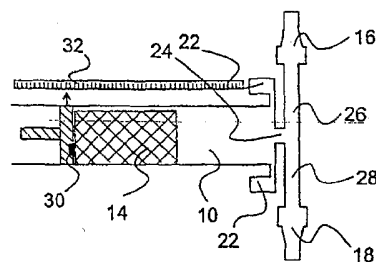
**Čermák Karel Dr., Národní třída 32, Praha 1, 11000;**

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob kontroly procesu při tlakovém lítí nebo  
vstřikování kovů v polotekutém stavu**

(57) Anotace:

Při způsobu kontroly procesu tlakového lítí nebo vstřikování v polotekutém stavu kovů (14, 15) v zařízení pro tlakové lítí nebo vstřikování v polotekutém stavu se měří časový průběh lisovacího tlaku  $p(t)$  a stanovuje se rychlost  $v(t)$  liciho pístu v závislosti na čase. Na základě průběhu lisovacího tlaku  $p(t)$  v závislosti na čase a rychlosti  $v(t)$  liciho pístu se vypočítává energie  $E(t)$  přivedená prostřednictvím liciho pístu (12) jako funkce času  $t$ , jakož i celková energie  $E_{tot}$  přivedená v průběhu procesu tlakového lítí resp. vstřikování v polotekutém stavu prostřednictvím liciho pístu (12), přičemž celková energie  $E_{tot}$  se používá jako charakteristická veličina pro kontrolu procesu tlakového lítí nebo vstřikování v polotekutém stavu. Zařízení pro tlakové lítí nebo vstřikování v polotekutém stavu, zejména pro tlakové lítí nebo vstřikování v polotekutém stavu slitin hliníku, má buď měřicí zařízení (30, 32) pro současné stanovení lisovacího tlaku  $p(t)$  v závislosti na čase a polohy  $s(t)$  liciho pístu (12) v závislosti na čase, nebo měřicí zařízení (30, 32) pro současné stanovení lisovacího tlaku  $p(t)$  v závislosti na čase a rychlosti  $v(t)$  liciho pístu (12) v závislosti na čase.



## Způsob kontroly procesu při tlakovém lití nebo vstřikování kovů v polotekutém stavu

### Oblast techniky

Vynález se týká způsobu kontroly procesu při tlakovém lití nebo vstřikování kovů v polotekutém stavu podle úvodní části nároku 1. Vynález se dále týká zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu podle úvodní části nároku 12.

### Dosavadní stav techniky

Jsou kladeny, zejména automobilovým průmyslem, stále vyšší požadavky na tolerance a mechanické vlastnosti tlakově litých a v polotekutém stavu vstřikovaných součástí. Pro dosažení těchto vysokých kvalitativních požadavků má velký význam co možná nejúplnější kontrola provozních parametrů jakož i jejich reprodukovatelnost.

Pro kontrolu procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu je rozhodující jednak stav kovu zavedeného do lící komory a jednak parametry procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu. Pro optimalizaci procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu resp. pro vyhodnocení eventuálních parametrů kritických pro stabilitu a reprodukovatelnost procesu je třeba obsáhnout pokud možno všechny parametry, které mohou mít vliv na proces.

Podstatným faktorem pro dosažení vysoké reprodukovatelnosti a stability procesu je stav polotekutého kovového čepu nebo slitiny pro tlakové lití při zavedení do lící komory, přičemž teplota polotekutého čepu nebo slitiny pro tlakové lití představuje velmi důležitou veličinu.

Pro kontrolu procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu je možno v průběhu ohřevu provádět měření teploty v roztavené slitině resp. uvnitř polotekutého kovového čepu, přičemž rozdělení teploty může být stanoveno např. prostřednictvím termočlánků v různých místech taveniny resp. čepu (uvnitř čepu a na okraji čepu). Přitom se zpravidla stanovují křivky ohřevu, tj. teploty v závislosti na době ohřevu, relevantní pro jednotlivé polohy měření.

Zatímco pro kontrolu roztavené slitiny pro tlakové lití se používá hlavně měření teploty, další možnost pro kontrolu stavu čepu při vstřikování v polotekutém stavu představuje měření elektrické energie přivedené v průběhu předeřívání.

Pro kontrolu procesu vstřikování v polotekutém stavu mohou být dále na polotekutém čepu prováděny metalografické zkoušky pro stanovení rozdělení kapalného podílu, například tím, že se čep v různých délkových polohách nařízne napříč k podélné ose a stanoví se kapalný podíl v příčném řezu čepu, například jako funkce odstupu od středu čepu. Cílem těchto testů je optimalizace křivky ohřevu tak, aby bylo dosaženo předem stanoveného kapalného podílu v co nejkratším čase. Dále se mohou pro stanovení průměrných kapalných podílů provádět kalorimetrická měření.

Pokud jde o parametry procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu, měří se zpravidla teploty licí komory, licích kanálů a dutiny formy, jakož i tlak a vlhkost v evakuované dutině formy.

Dosud obvyklá stanovení parametrů týkajících se materiálů pro tlakové lití resp. vstřikování v polotekutém stavu a procesu tlakového lití resp. vstřikování v polotekutém stavu jsou nákladná a nejsou vhodná pro kontrolu procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu za provozních podmínek.

Podstata vynálezu

Vynález je založen na úkolu poskytnout způsob kontroly procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu kovů, kterým může být spolehlivě kontrolována výroba tlakově odlitých nebo v polotekutém stavu vstřikovaných součástí za provozních podmínek.

K vyřešení tohoto úkolu vynálezu vede způsob, při kterém se měří časový průběh lisovacího tlaku  $p(t)$  a stanovuje se rychlost  $v(t)$  licího pístu v závislosti na čase, přičemž se na základě průběhu lisovacího tlaku  $p(t)$  v závislosti na čase a rychlosti  $v(t)$  licího pístu vypočítává energie  $E(t)$  přivedená prostřednictvím licího pístu jako funkce času  $(t)$ , jakož i celková energie  $E_{tot}$  přivedená prostřednictvím licího pístu, a celková energie  $E_{tot}$  se používá jako charakteristická veličina pro kontrolu procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu.

Další provedení způsobu podle vynálezu jsou popsána v závislých nárocích 2 až 10. Způsob podle vynálezu je vhodný zejména pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu hliníku, slitin hliníku nebo slitin hořčíku.

Způsob podle vynálezu je vhodný zejména pro horizontální zařízení pro vstřikování v polotekutém stavu horizontální zařízení pro tlakové lití, tj. pro zařízení, u kterých je licí komora horizontální.

Způsob podle vynálezu je založen na poznatku, že celkové množství energie přiváděné prostřednictvím licího pístu představuje vysoce relevantní kontrolní parametr celého procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu. Způsob stanovení energie přivedené prostřednictvím

licího pístu a použití zejména hodnoty celkové energie jako charakteristické veličiny pro kontrolu procesu podle vynálezu se označuje také jako způsob kontroly vstřikování v reálném čase (RTIM-způsob, Real Time Injection Monitoring).

Zvláště relevantní je teplota přehřevu a příslušné rozdělení teploty v kovovém čepu jakož i množství energie přivedené prostřednictvím licího pístu při vstřikování v polotekutém stavu, neboť přitom musí být zachován určitý, v úzkých mezích se nacházející kapalný podíl v polotekutém materiálu. Například při vstřikování v polotekutém stavu je možno z vysoké celkové energie přivedené prostřednictvím licího pístu usoudit, že je příliš nízká viskozita polotekutého materiálu, což může být způsobeno příliš nízkým kapalným podílem nebo příliš malými střižnými silami v průběhu vstřikování v polotekutém stavu.

Způsob podle vynálezu umožňuje lepší stabilitu procesu, optimalizaci parametrů procesu, zlepšení kvality procesu zmenšení množství zmetků.

Způsob podle vynálezu zvláště výhodně nachází použití pro vstřikování v polotekutém stavu. Slouží přitom zejména pro stanovení optimálního kapalného podílu polotekutého kovového čepu za provozních podmínek. Optimální střední kapalný podíl v polotekutém kovovém čepu přitom je asi 40-55 % hmotn.

Jestliže je kapalný podíl příliš vysoký, děje se vstřikování v polotekutém stavu polotekutého materiálu přibližně za stejných podmínek jako tlakové lití kapalné kovové slitiny, takže je například ztracena výhoda malého smrštění polotekutého materiálu při ochlazení v dutině formy, nebo je ztíženo či znemožněno odstřižení oxidové slupky obklopující polotekutý kovový čep. Kromě toho je,

s vysokým kapalným podílem, obtížné a většinou nereprodukovatelné tvarově stabilní vložení polotekutého čepu do lící komory.

Dalším důležitým faktorem při vstřikování v polotekutém stavu je homogenita polotekutého stavu, tj. rozdělení kapalného podílu po délce a průřezu čepu, přičemž tato homogenita je obecně lepší, když se předehřev provádí pomaleji; na druhé straně je z provozně ekonomických důvodů žádoucí co možná nejkratší doba ohřevu.

V rámci vynálezecké činnosti bylo nyní pro vstřikování v polotekutém stavu zjištěno, že kapalný podíl přítomný po předehřátí jakož i jeho homogenita v polotekutém čepu může být nepřímo kontrolována prostřednictvím stanovení celkové energie přivedené do polotekutého materiálu prostřednictvím liciho pístu v průběhu procesu polotekutého tvarování.

Dále je způsob podle vynálezu vhodný zejména pro kontrolu předehřívací pece, tzn. že prostřednictvím stanovení celkové energie pro každý vstřik, tj. pro každý úplný cyklus tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu, s polotekutým čepem nebo materiálem pro tlakové lití z určité předehřívací pece může být zjišťována a kontrolována rovnoměrnost provozu této pece. Kromě toho může být prostřednictvím stanovení celkové energie pro každý vstřik s polotekutým čepem nebo s materiálem pro tlakové lití z různých předehřívacích pecí navzájem porovnávána a kontrolována rovnoměrnost výkonu příslušných pecí.

Stanovení celkové energie pro každý vstřik umožňuje dále kontrolu předčasného tuhnutí. Předčasné tuhnutí materiálu může být podmíněno například příliš nízkou teplotou lící komory a/nebo teplotou formy, a je nežádoucí protože způsobuje zpravidla špatné vlastnosti výlisku. Prostřednictvím možnosti zjišťování předčasného tuhnutí je

možno nepřímo kontrolovat také teploty licí komory a licí formy. Dále je možno nepřímo posuzovat vzhled dutiny formy.

Stanovení celkové energie pro každý vstřík dále umožňuje zjišťování tlakových ztrát v průběhu vstříku vznikajících například tribologickými vlastnostmi a umožňuje tak získání informací o tření licího pístu, mechanickém stavu licího pístu a/nebo licí komory, mazání pístu a vlivu separátoru. Slouží tedy stanovení celkové energie přivedené do systému prostřednictvím licího pístu v průběhu jednoho vstříku také ke kontrole tribologických poměrů licího pístu a licí komory.

Podle vynálezu může být rychlost  $v(t)$  licího pístu v závislosti na čase buď přímo měřena nebo stanovena prostřednictvím měření polohy  $s(t)$  licího pístu v závislosti na čase.

Na základě měření polohy  $s(t)$  licího pístu v závislosti na čase je možno vypočítat rychlost  $v(t)$  licího pístu v závislosti na čase jako funkci

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

tj. derivací funkce polohy  $s(t)$  v závislosti na čase podle času  $t$ . Výpočet rychlostí licího pístu na základě měření polohy  $s(t)$  se s výhodou provádí v diskrétních, například ekvidistantních časových bodech. Účelně se rychlost vypočítává v 50 až 800, s výhodou ve 180 až 500 a zejména v 250 až 400 deskrétních časových bodech procesu. Takto stanovené diskrétní hodnoty rychlosti se s výhodou filtrují numerickou metodou. Dále se s výhodou vypočítává numerickou interpolační metodou spojitá křivka rychlosti  $v(t)$ .

Energie  $E_{x,y}(t)$  v závislosti na čase, přivedená prostřednictvím licího pístu mezi časovými body  $t_x$  a  $t_y$ , může být vypočtena podle integrální funkce

31.05.00

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

příčemž  $A$  znamená plochu licího pístu směřující proti materiálu pro plynulé lití nebo materiálu pro vstřikování v polotekutém stavu.

Energie  $E(t)$  přivedená prostřednictvím licího pístu jako funkce času  $t$  může být vypočtena podle integrální funkce

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

a celková energie  $E_{tot}$  přivedená prostřednictvím licího pístu v průběhu procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu může být vypočtena podle integrální funkce

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

příčemž  $A$  znamená plochu licího pístu směřující proti materiálu pro plynulé lití nebo materiálu pro vstřikování v polotekutém stavu,  $t_0$  je časový bod počátku  $t=0$  procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu a  $t_4$  je časový bod, ve kterém je proces tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu ukončen a dutina formy zaplněna. Pro vyrovnání smrštění materiálu v průběhu ochlazení tvarové součásti v dutině formy a pro zamezení tomu odpovídajícího neúplného zaplnění formy se tlak na hmotu pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu zpravidla udržuje ještě po nějakou dobu po čase  $t_4$ , takže licí píst může konat ještě další translační pohyb, načež rychlost licího pístu znovu klesne na nulu.

Namísto měření polohy  $s(t)$  pístu v závislosti na čase může být přímo měřen průběh rychlosti  $v(t)$  v závislosti na čase a použit pro výpočet energie  $E(t)$  přivedené

prostřednictvím licího pístu nebo celkové energie  $E_{tot}$ .

S výhodou se kontinuálně měří poloha  $s(t)$  pístu nebo rychlost  $v(t)$  a průběh lisovacího tlaku  $p(t)$  v průběhu celého způsobu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu.

Pro vynález je dále podstatné, že měření  $s(t)$  a  $p(t)$ , nebo  $v(t)$  a  $p(t)$ , jakož i výpočet  $v(t)$ ,  $E(t)$  a  $E_{tot}$  se provádí on-line v průběhu procesu, takže tyto veličiny jsou bezprostředně po vstřiku k dispozici pro příslušná korekční opatření, tzn. měření  $s(t)$  nebo  $v(t)$  a  $p(t)$ , jakož i stanovení  $v(t)$  a  $E(t)$  se provádí v reálném čase. Mezi dvěma vstřiky je k dispozici provozní prodleva, která dovoluje zásah ve formě realizace korekčních opatření, neboť bezprostředně po vstřiku se musí tvarová součást znovu ochladit, forma otevřít, tvarová součást vyjmout ze zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu, a licí komora znovu naplnit materiálem pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu. Založení polotekutého kovového čepu do licí komory se provádí s výhodou pomocí robotu. Naplnění licí komory kovovou slitinou pro tlakové lití se provádí například otevřením ventilu nebo zátky v licím žlabu, takže tekutý kov může téci do licí komory.

S výhodou se stanovuje - vedle celkové energie  $E_{tot}$  - také parciální energie  $E_1$  až  $E_4$  pro následující kroky:

- při vstřikování v polotekutém stavu parciální energie  $E_1$  přivedená prostřednictvím licího pístu v průběhu doby mezi časovými body  $t_0$  až  $t_1$  pro posunutí polotekutého kovového čepu do licí komory až k dorazu kovového čepu na konci licí komory na straně formy, přičemž  $t_1$  znamená časový bod, kdy kovový čep dosáhne konce licí komory; pro proces tlakového lití je parciální energie  $E_1$  vždy nula;

- při tlakovém lití nebo vstřikování v polotekutém stavu parciální energie  $E_2$  přivedená prostřednictvím licího pístu v průběhu doby mezi časovými body  $t_1$  až  $t_2$  pro deformaci polotekutého kovového čepu nebo materiálu pro tlakové lití, přičemž  $t_2$  znamená časový bod, kdy materiál pro tlakové lití nebo pro vstřikování v polotekutém stavu vyplňuje po celé délce celý průřez licí komory;
- při tlakovém lití nebo vstřikování v polotekutém stavu parciální energie  $E_3$  přivedená prostřednictvím licího pístu v průběhu doby mezi časovými body  $t_2$  až  $t_3$  pro zaplnění licích kanálů, přičemž  $t_3$  znamená časový bod, kdy licí kanály nacházející se mezi licí komorou a dutinou formy jsou všechny zcela zaplněny;
- při tlakovém lití nebo vstřikování v polotekutém stavu parciální energie  $E_4$  přivedená prostřednictvím licího pístu v průběhu doby mezi časovými body  $t_3$  až  $t_4$  pro zaplnění dutiny formy, přičemž  $t_4$  znamená časový bod, kdy jsou všechny části formy zcela zaplněny a rychlost licího pístu klesla na nulu, tzn.  $v(t_4)=0$ .

Zejména stanovení parciální energie  $E_1$  dovoluje zjištění předčasného ztuhnutí materiálu pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu v licí komoře. Dále poskytuje zejména  $E_1$  také výpověď o obecných tribologických poměrech, tj. například tlakových ztrátách na základě tření, projevů opotřebení, mazání, a slouží tak zejména pro stanovení vlivu separátoru a mazacího prostředku na tření licího pístu a jeho mazání.

Zpravidla je licí píst zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu poháněn hydraulickým prostředkem. U takto vytvořeného zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu se časový průběh lisovacího tlaku  $p(t)$  zvláště výhodně stanovuje

prostřednictvím současného měření časového průběhu tlaku  $p_{LP}(t)$  na ploše licího pístu směřující proti materiálu pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu a časového průběhu tlaku  $p_{hyd}(t)$  hydraulické kapaliny, přičemž pro výpočet energie přivedené do materiálu pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu prostřednictvím licího pístu se s výhodou používá průběh tlaku  $p_{LP}(t)$ .

Protože pro kontrolu procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu nejsou důležitá absolutní množství energie  $E(t)$ ,  $E_{tot}$ ,  $E_1$  až  $E_4$ , ale v podstatě se příslušné hodnoty energie pro různé polotekuté čepy nebo množství materiálu pro tlakové lití z téže předehřívací pece nebo z různých předehřívacích pecí navzájem porovnávají, je možno pro výpočet hodnot energií  $E(t)$ ,  $E_{tot}$ ,  $E_1$  až  $E_4$  použít také průběh tlaku  $p_{hyd}(t)$ .

$p_{hyd}(t)$  popisuje celkový tlak vyvíjený na licí píst. Ten však neodpovídá lisovacímu tlaku, vyvíjenému na materiál pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu, neboť licí píst sám je v licí komoře vystaven určitému tření.

Proto dovoluje současné měření  $p_{hyd}(t)$  a  $p_{LP}(t)$  stanovení tlakové ztráty  $\Delta p = p_{hyd}(t) - p_{LP}(t)$  v důsledku tření licího pístu, která vypovídá o mechanickém stavu licí komory resp. licího pístu a mazání licího pístu.

Zatímco  $E_{tot}$  dovoluje souhrnnou kontrolu celkového procesu vstřikování v polotekutém stavu nebo tlakového lití, poskytují hodnoty parciálních energií  $E_1$  až  $E_4$  informace o určitém parametru procesu, jak bylo popsáno v případě  $E_1$  například pro výše objasněné tribologické poměry nebo pro zjištění předčasného tuhnutí.  $E_2$  je vhodná například pro získání informace týkající se požadované deformační energie a poskytuje při vstřikování v polotekutém stavu například informaci o stavu čepu, tj. zda je polotekutý čep příliš

tvrdý nebo příliš měkký, resp. zda je kapalný podíl příliš vysoký nebo příliš nízký.  $E_3$  resp.  $E_4$  jsou na druhé straně vhodné například pro kontrolu plnicích vlastností licích kanálů resp. dutiny formy a poskytují tak například informaci o vlivu separačního prostředku a u vstřikování v polotekutém stavu navíc o střižných silách působících na polotekutý materiál.

Při způsobech vstřikování v polotekutém stavu nebo tlakového lití s RTIM-způsobem kontroly procesu se s výhodou tiskne protokol pracovní směny, která je zpravidla řádu 8 hodin, přičemž se s výhodou vypočítává a v tisku protokolu vykazuje počet vyrobených odlitých nebo v polotekutém stavu vstřikovaných součástí, tzn. počet vstřiků  $n$ , parciální energie  $E_1$  až  $E_4$  a celková energie  $E_{tot}$  pro každý vstřik. Dále se s výhodou stanovují a tisknou střední celkové energie  $E_{tot,s}$  a směrodatná odchylka  $\sigma_n$  pro všech  $n$  vstřiků s materiálem pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu z téže přehřívací pece.

Střední celková energie  $E_{tot,s}$  pro počet  $n$  vstřiků polotekutého materiálu nebo materiálu pro tlakové lití z téže pece se vypočítává například jako aritmetická střední hodnota

$$E_{tot,s} = 1/n \sum_{i=1}^n E_{tot,i}$$

Směrodatná odchylka pak může být vypočtena jako

$$\sigma_n = \sqrt{1/(n-1) \sum_{i=1}^n (E_{tot,i} - E_{tot,s})^2}$$

Hodnota relativního rozptylu může být vypočtena jako

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

Za pomoci posouzení výsledných tvarových součástí a

příslušného porovnání hodnot energií  $E_{tot}$  a  $E_1$  až  $E_4$ , střední hodnoty a směrodatné odchylky pak je možno rozhodnout, která oblast energie je přípustná pro získání dostatečné kvality tvarové součásti. Tak je možno stanovit pro hodnoty energií  $E_{tot}$  a  $E_1$  až  $E_4$  vždy oblast požadovaných hodnot pro vstřikování v polotekutém stavu nebo pro tlakové lití, která může sloužit jako charakteristická veličina například pro přerušení procesu, výměnu předehřívací pece, kalibraci topného výkonu předehřívací pece, úpravu odlévací křivky nebo spuštění varovného signálu.

Pokud jde o zařízení, je vynález založen na úkolu poskytnout zařízení pro vstřikování v polotekutém stavu nebo tlakové lití, které umožňuje kontrolu výrobního procesu za provozních podmínek.

Podle vynálezu je toho dosaženo zařízením se znaky nároku 12. Výhodná další provedení zařízení podle vynálezu jsou popsána v závislých nárocích 13 a 14.

Výhodná jsou zejména zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu u kterých měřicí zařízení umožňuje kontinuální zjišťování lisovacího tlaku  $p(t)$  a kontinuální měření polohy  $s(t)$ .

Měřicí zařízení pro stanovení polohy  $s(t)$  může s výhodou zahrnovat také prostředek pro měření rychlosti  $v(t)$  licího pístu, přičemž poloha  $s(t_x)$  licího pístu v časovém bodě  $t_x$  se stanoví jako

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

Zařízení podle vynálezu je vhodné zejména pro vstřikování v polotekutém stavu nebo tlakové lití za použití způsobu kontroly procesu podle vynálezu.

### Přehled obrázků na výkresech

Další výhody, znaky a podrobnosti vynálezu jsou zřejmé z následujícího popisu příkladu vstřikování v polotekutém stavu a z výkresů, na kterých představuje:

- obr. 1 až 5 časový průběh vstřikování v polotekutém stavu v horizontálním zařízení pro vstřikování v polotekutém stavu;
- obr. 6 až 7 výtisky protokolu RTIM-způsobu kontroly podle vynálezu;
- obr. 8 grafické znázornění naměřených a vypočtených hodnot RTIM-způsobu podle vynálezu.

### Příklady provedení vynálezu

Obr. 1 až 5 představují vertikální podélný řez podél podélné osy licí komory horizontálního zařízení pro vstřikování v polotekutém stavu. Válcovitá licí komora 10 je uspořádána horizontálně a obsahuje licí válec 12, radiálně symetrickou oxidovou kapsu 22, vtokový otvor 24, dva vtokové kanály 26 a 28 jakož i dvě na ně navazující dutiny 16, 18 formy.

Obr. 1 představuje zařízení pro vstřikování v polotekutém stavu v čase  $t_0=0$ , přičemž polotekutý kovový čep 14, pomocí neznázorněné předehtřivací pece uvedený na potřebnou teplotu, je vložen v horizontální licí komoře a k čepu je přiveden licí píst 12. Na obr. 1 je příkladně znázorněn snímač 30 tlaku upevněný na ploše licího pístu směřující proti polotekutému kovovému čepu 14. Dále je na obr. 1 znázorněno zařízení 32 pro měření polohy nebo rychlosti.

Obr. 2 představuje zařízení pro vstřikování v

polotekutém stavu v čase  $t_1$ , kdy polotekutý kovový čep 14 dosedá na konec 11 licí komory 10 na straně formy. Protože průřez válcovitého polotekutého kovového čepu 14 je menší než průřez licí komory 10, v čase  $t_1$  polotekutý čep 14 ještě nevyplňuje celý průřez licí komory.

Obr. 3 představuje zařízení pro vstřikování v polotekutém stavu v čase  $t_2$ . V tomto čase ztrácí polotekutý kovový čep svůj geometrický tvar a nachází se nyní ve formě polotekuté hmoty 15. Čas  $t_2$  tak představuje čas, kdy polotekutý formovací hmota či polotekutý formovací materiál 15 v celé své délce vyplňuje celý průřez licí komory, tj. polotekutá formovací hmota vyplňuje celý prostor mezi licím pístem 12 a koncem 11 licí komory 10 na straně formy, přičemž v čase  $t_2$  ještě neprotekl v podstatě žádný polotekutý materiál vtokovým otvorem 24 ani oxidický okrajový materiál do oxidové kapsy 22.

Obr. 4 představuje zařízení pro vstřikování v polotekutém stavu v čase  $t_3$ . Čas  $t_3$  představuje čas, kdy vtokový otvor 24 jakož i vtokové kanály 26 a 28 jsou zcela naplněny polotekutým tvarovacím materiálem 15. Oxidová kapsa 22, která zachycuje oxidový materiál nacházející se v okrajové oblasti polotekutého kovového čepu 14, je již z největší části zaplněna.

Obr. 5 představuje zařízení pro vstřikování v polotekutém stavu v čase  $t_4$ . Čas  $t_4$  označuje koncový stav vlastního procesu vstřikování v polotekutém stavu, tj. čas před otevřením formy. V čase  $t_4$  jsou dutiny 16 a 18 formy zcela naplněny polotekutou vstřikovací hmotou 15 a rychlost licího pístu 12 klesá na nulu. V průběhu následující fáze chlazení a zpevňování součásti vstřikované v polotekutém stavu může být tlak licího pístu po krátkou dobu zachován, aby bylo smrštění v průběhu chlazení vyrovnáno přísunem polotekutého materiálu, takže licí píst může po čase  $t_4$

ještě vykonat dodatečný pohyb. V čase  $t_4$  je v tomto příkladu také radiálně symetricky vytvořená oxidová kapsa 22 zcela zaplněna oxidickými podíly původní okrajové vrstvy polotekutého čepu 14.

Na obr. 6 jsou příkladně vypočtené hodnoty celkové energie procesu vstřikování v polotekutém stavu jednotlivých polotekutých kovových čepů z téže předehřívací pece, tj. hodnoty celkové energie jednotlivých vstřiků, znázorněné tak, že na pořadnici je vynesena příslušná celková energie a na vodorovné ose jsou čísla vstřiku ve formě odpovídajících časů vstřiku; číslo vstřiku odpovídá určitému časovému bodu  $t_x$ , takže pořadnice odpovídá časové ose. Jako určitý časový bod  $t_x$  může být definován také libovolný jiný, přesně definovatelný časový bod v průběhu procesu vstřikování v polotekutém stavu. Pro hodnoty znázorněné na obr. 6 byl za začátek každého cyklu vstřikování v polotekutém stavu zvolen start licího válce.

Jednotlivá znázornění a až h obr. 6 představují celkové energie stanovené vždy pro určitý počet vstřiků, přičemž hodnoty pro polotekuté kovové čepy z určité předehřívací pece jsou znázorněny odděleně, tj. znázornění a až h představují vždy hodnoty pro polotekuté kovové čepy z téže předehřívací pece.

Na obr. 6a jsou znázorněny celkové energie 32 vstřiků s polotekutými čepy, které byly ohřáty v peci č. 1. Jako časový bod  $t_x$  byl zvolen start licího válce na začátku každého cyklu vstřikování v polotekutém stavu. Toto znázornění zahrnuje vstřiky v časovém intervalu od 19.47 hodin večer do 2.37 hodin následujícího dne. Celková energie zprůměrovaná přes všech 32 vstřiků činila 26,01 kJ s relativním rozptylem  $\pm 16$  %.

Na obr. 6b jsou znázorněny celkové energie 46 vstřiků

s polotekutými čepy, které byly ohřáty v peci č. 5. Znázornění zahrnuje vstřiky v časovém intervalu od 19.06 hodin večer do 2.51 hodin následujícího dne. Celková energie zprůměrovaná přes všech 46 vstřiků činila 31,97 kJ s relativním rozptylem  $\pm 10$  %.

Na obr. 6c jsou znázorněny celkové energie 47 vstřiků s polotekutými čepy, které byly ohřáty v peci č. 6. Znázornění zahrnuje vstřiky v časovém intervalu od 18.59 hodin večer do 2.34 hodin následujícího dne. Celková energie zprůměrovaná přes všech 47 vstřiků činila 23,91 kJ s relativním rozptylem  $\pm 9$  %.

Na obr. 6d jsou znázorněny celkové energie 48 vstřiků s polotekutými čepy, které byly ohřáty v peci č. 7. Znázornění zahrnuje vstřiky v časovém intervalu od 19.00 hodin večer do 2.36 hodin následujícího dne. Celková energie zprůměrovaná přes všech 48 vstřiků činila 30,58 kJ s relativním rozptylem  $\pm 15$  %.

Na obr. 6e jsou znázorněny celkové energie 42 vstřiků s polotekutými čepy, které byly ohřáty v peci č. 9. Znázornění zahrnuje vstřiky v časovém intervalu od 19.01 hodin večer do 2.28 hodin následujícího dne. Celková energie zprůměrovaná přes všech 42 vstřiků činila 23,53 kJ s relativním rozptylem  $\pm 16$  %.

Na obr. 6f jsou znázorněny celkové energie 49 vstřiků s polotekutými čepy, které byly ohřáty v peci č. 10. Znázornění zahrnuje vstřiky v časovém intervalu od 19.03 hodin večer do 2.47 hodin následujícího dne. Celková energie zprůměrovaná přes všech 49 vstřiků činila 23,03 kJ s relativním rozptylem  $\pm 12$  %.

Na obr. 6g jsou znázorněny celkové energie 47 vstřiků s polotekutými čepy, které byly ohřáty v peci č. 11.

Znázornění zahrnuje vstřiky v časovém intervalu od 19.04 hodin večer do 2.39 hodin následujícího dne. Celková energie zprůměrovaná přes všech 47 vstřiků činila 20,38 kJ s relativním rozptylem  $\pm 8$  %.

Na obr. 6h jsou znázorněny celkové energie 51 vstřiků s polotekutými čepy, které byly ohřáty v peci č. 12. Znázornění zahrnuje vstřiky v časovém intervalu od 19.05 hodin večer do 2.32 hodin následujícího dne. Celková energie zprůměrovaná přes všech 51 vstřiků činila 46,15 kJ s relativním rozptylem  $\pm 7$  %.

Obr. 7 představuje sloupcový diagram středních celkových energií  $E_{\text{tot},i}$  ( $i=1, \dots, 12$ , přičemž  $i$  označuje číslo pece) pro zkoušky vstřikování v polotekutém stavu znázorněné na obr. 6 provedené v průběhu asi 8 hodinové pracovní směny, přičemž jsou vyneseny vždy ještě směrodatné odchylky. Každý sloupec na obr. 7 tak představuje celkovou energii  $E_{\text{tot},i}$  vstřiku, zprůměrovanou přes všechny vstřiky v jedné pracovní směně, pro polotekutý kovový čep z pece č.  $i$ .

Na základě posouzení výsledných tvarových součástí a porovnání s příslušnými středními celkovými energiemi  $E_{\text{tot},i}$  resp.  $E_{\text{tot}}$  pak může být zjištěno, která oblast energie je přípustná pro dostatečnou kvalitu tvarové součásti. Posouzení výsledných tvarových součástí může být provedeno například prostřednictvím optického nebo mikroskopického hodnocení, nebo materiálovými zkouškami, specifickými testy pomocí například výbrusů, materiálových analýz, zkoumání struktury atd. Na základě posouzení tvarových součástí a jejich výrobě příslušejících hodnot celkové energie  $E_{\text{tot}}$ , jakož i hodnot parciálních energií  $E_1$  až  $E_4$ , může být například pro  $E_{\text{tot}}$  stanovena oblast žádaných hodnot celkové energie jako parametr procesu vstřikování v polotekutém stavu nebo tlakového lití. Oblast žádaných hodnot může být

použita jako další parametr, přičemž při překročení nebo nedosažení hodnoty celkové energie vstřiku popř. několika vstřiků může být provedeno přerušení procesu, výměna předehřívací pece nebo nová kalibrace topného výkonu předehřívací pece.

Posouzení tvarových součástí, která byla vyrobena vstřikováním v polotekutém stavu odpovídajícím obr. 6, ukazuje, že pro tento případ musí celková energie vstřiku být v mezích  $35 \text{ kJ} \geq E_{\text{tot}} \geq 10 \text{ kJ}$ , aby bylo dosaženo požadované kvality tvarové součásti. V blízkosti takto stanovených prahových energií mohou být vyrobeny jak tvarové součásti s požadovanými vlastnostmi tvarových součástí, tak také tvarové součásti s nedostatečnými vlastnostmi tvarových součástí. Nachází-li se hodnota celkové energie vstřiku vně uvedeného rozmezí energií, zvyšuje se riziko výroby nepřesné tvarové součásti, tj. součásti, která nemá požadované vlastnosti tvarové součásti, pokud jde o strukturu, rozměry atd. V souladu s tím představuje stanovení celkové energie vstřiku míru pro pravděpodobnost vyrobení dobrého nebo špatné tvarové součásti, tj. míru pro pravděpodobnost zmetku.

Obr. 8 představuje příkladné grafické znázornění naměřených a vypočtených hodnot RTIM-způsobu kontroly vstřikování v reálném čase podle vynálezu, kde je vynesena jednak naměřená dráha  $s(t)$ , kterou urazí licí píst 12, a jednak naměřený tlak  $p(t)$  vyvíjený v závislosti na čase licím pístem 12 v průběhu procesu vstřikování v polotekutém stavu, tj. v průběhu vstřiku, a hodnoty rychlosti  $v(t) = ds(t)/dt$  licího pístu 12 stanovené v diskrétních časových bodech. Dále obsahuje znázornění na obr. 8 také křivku rychlosti  $v(t)$ , která je vypočtena numerickou filtrací a vyhlazením diskrétních hodnot rychlosti  $ds(t)/dt$ .

## PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob kontroly procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu kovů (14, 15) v zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu, které má licí komoru (10), licí píst (12) a formu s dutinou (16, 18) formy, **vyznačující se tím**, že se měří časový průběh lisovacího tlaku  $p(t)$  a stanovuje se rychlost  $v(t)$  licího pístu v závislosti na čase, a na základě průběhu lisovacího tlaku  $p(t)$  a rychlosti  $v(t)$  licího pístu v závislosti na čase se vypočítává energie  $E(t)$  přivedená prostřednictvím licího pístu (12) jako funkce času  $t$ , jakož i celková energie  $E_{\text{tot}}$  přivedená v průběhu procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu prostřednictvím licího pístu (12), a celková energie  $E_{\text{tot}}$  se používá jako charakteristická veličina pro kontrolu procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu.

2. Způsob kontroly procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že průběh lisovacího tlaku  $p(t)$  se stanovuje prostřednictvím měření tlaku  $p_{\text{LP}}(t)$  na ploše licího pístu směřující proti materiálu (14, 15) pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu.

3. Způsob kontroly procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu podle nároku 1, přičemž licí píst (12) je poháněn hydraulicky, **vyznačující se tím**, že průběh lisovacího tlaku  $p(t)$  se stanovuje prostřednictvím měření tlaku  $p_{\text{hyd}}(t)$  hydraulické kapaliny.

4. Způsob podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že energie  $E(t)$  přivedená

prostřednictvím licího pístu (12) jako funkce času  $t$  se vypočítává podle integrální funkce

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

a celková energie  $E_{tot}$  přivedená prostřednictvím licího pístu (12) v průběhu procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu se vypočítává podle integrální funkce

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

přičemž  $A$  znamená plochu licího pístu (12) směřující proti materiálu (14, 15) pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu,  $t_0$  je časový bod počátku  $t=0$  procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu a  $t_4$  je časový bod, ve kterém licí píst poprvé po  $t_0$  má rychlost  $v(t)=0$ .

5. Způsob podle některého z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že se měří poloha  $s(t)$  licího pístu v závislosti na čase a rychlost  $v(t)$  licího pístu se stanovuje jako derivace polohy  $s(t)$  licího pístu podle času v diskrétních časových bodech podle funkce

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

přičemž rychlost  $v(t)$  se vypočítává ve 180 až 500, zejména ve 250 až 400, diskrétních časových bodech v průběhu procesu tlakového lití resp. vstřikování v polotekutém stavu.

6. Způsob podle některého z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že energie  $E_{x,y}(t)$  v závislosti na čase, přivedená prostřednictvím licího pístu (12) mezi časovými body  $t_x$  a  $t_y$ , přičemž  $t_x < t_y$ , se vypočítává podle integrální funkce

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

přičemž A znamená plochu licího pístu (12) směřující proti materiálu (14, 15) pro plynulé lití nebo vstřikování v polotekutém stavu.

7. Způsob podle nároku 6, **vyznačující se tím**, že se vypočítávají parciální energie  $E_1$  až  $E_4$  pro následující kroky:

- a) při vstřikování v polotekutém stavu parciální energie  $E_1$  přivedená prostřednictvím licího pístu (12) v průběhu doby mezi časovými body  $t_0$  až  $t_1$  pro posunutí polotekutého kovového čepu (14) do licí komory až k dorazu kovového čepu (14) na konci (11) licí komory (10) na straně formy, přičemž  $t_1$  znamená časový bod, kdy polotekutý kovový čep (14) dosáhne konce (11) licí komory;
- b) při tlakovém lití a vstřikování v polotekutém stavu parciální energie  $E_2$  přivedená prostřednictvím licího pístu (12) v průběhu doby mezi časovými body  $t_1$  až  $t_2$  pro deformaci polotekutého kovového čepu (14) resp. materiálu (15) pro tlakové lití, přičemž  $t_2$  znamená časový bod, kdy materiál (15) pro tlakové lití nebo pro vstřikování v polotekutém stavu vyplňuje po celé délce celý průřez licí komory;
- c) při tlakovém lití a vstřikování v polotekutém stavu parciální energie  $E_3$  přivedená prostřednictvím licího pístu (12) v průběhu doby mezi časovými body  $t_2$  až  $t_3$  pro zaplnění licích kanálů (26, 28), přičemž  $t_3$  znamená časový bod, kdy licí kanály (26, 28) nacházející se mezi licí komorou (10) a dutinou (16, 18) formy jsou všechny zcela zaplněny;
- d) při tlakovém lití nebo vstřikování v polotekutém stavu parciální energie  $E_4$  přivedená prostřednictvím licího pístu (12) v průběhu doby mezi časovými body  $t_3$  až  $t_4$  pro zaplnění

dutiny (16, 18) formy, přičemž  $t_4$  znamená časový bod, kdy je dutina (16, 18) formy zcela zaplněna a rychlost licího pístu (12) klesla na nulu, tzn.  $v(t_4)=0$ .

8. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že se vypočítává celková energie  $E_{tot}$  jako  $E_{tot}=E_1+E_2+E_3+E_4$ .

9. Způsob podle některého z nároků 1 až 8, při kterém se licí píst (12) pohání hydraulicky, **vyznačující se tím**, že průběh lisovacího tlaku  $p(t)$  se stanovuje prostřednictvím měření tlaku  $p_{hyd}(t)$  hydraulické kapaliny a současně měřením tlaku  $p_{LP}(t)$  na ploše licího pístu směřující proti materiálu (14 15) pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu a časového průběhu tlaku, přičemž pro výpočet energie přivedené prostřednictvím licího pístu (12) se používá průběh tlaku  $p_{LP}(t)$ , a ztráta energie do časového bodu  $t$  způsobená třením se stanovuje podle integrální funkce

$$E(t)_{tření}=A \cdot \int_{t_0}^t (p_{hyd}(t)-p_{LP}(t)) \cdot v(t) dt,$$

přičemž  $A$  znamená plochu licího pístu (12) směřující proti materiálu (14, 15) pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu, a  $t_0$  je časový bod počátku procesu tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu.

10. Způsob podle některého z nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že se stanovuje celková energie  $E_{tot}$  pro množství cyklů tlakového lití nebo vstřikování v polotekutém stavu s materiálem (14, 15) pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu z určité předehřívací pece a vypočítává se z ní příslušná střední hodnota a směrodatná odchylka, přičemž střední hodnota a směrodatná odchylka se používají jako další charakteristické hodnoty.

11. Použití způsobu podle některého z nároků 1 až 10

pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu slitin hliníku nebo hořčíku.

12. Zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu, zejména zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu slitin hliníku, přičemž zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu má licí komoru (10), licí píst (12) a formu s alespoň jednou dutinou (16, 18) formy, **vyznačující se tím**, že zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu má buď měřicí zařízení (30, 32) pro současné stanovení lisovacího tlaku  $p(t)$  v závislosti na čase a polohy  $s(t)$  licího pístu (12) v závislosti na čase, nebo měřicí zařízení (30, 32) pro současné stanovení lisovacího tlaku  $p(t)$  v závislosti na čase a rychlosti  $v(t)$  licího pístu (12) v závislosti na čase.

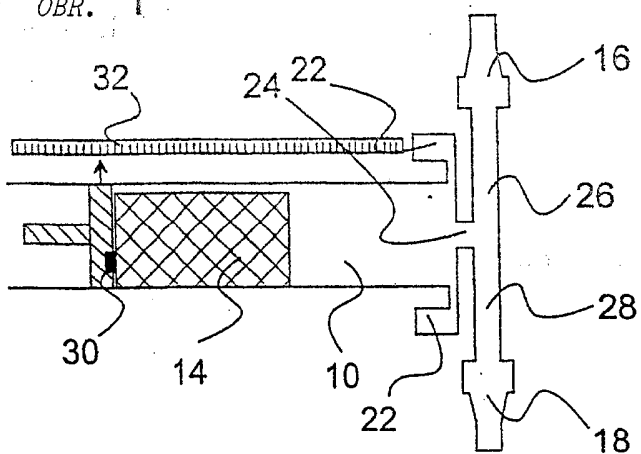
13. Zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu podle nároku 12, **vyznačující se tím**, že měřicí zařízení pro stanovení lisovacího tlaku  $p(t)$  v závislosti na čase obsahuje snímač (30) tlaku upevněný vestavěný na ploše licího pístu směřující proti materiálu (14, 15) pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu.

14. Zařízení pro tlakové lití nebo vstřikování v polotekutém stavu podle nároku 12 nebo 13, u kterého je licí píst (12) hydraulicky poháněn, **vyznačující se tím**, že měřicí zařízení pro stanovení lisovacího tlaku  $p(t)$  v závislosti na čase obsahuje snímač tlaku pro měření tlaku hydraulické kapaliny.

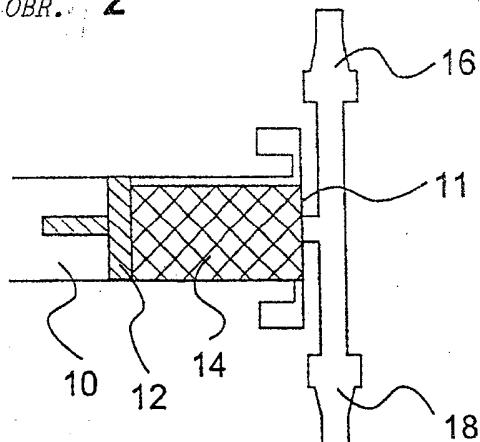
31.05.02

1/4

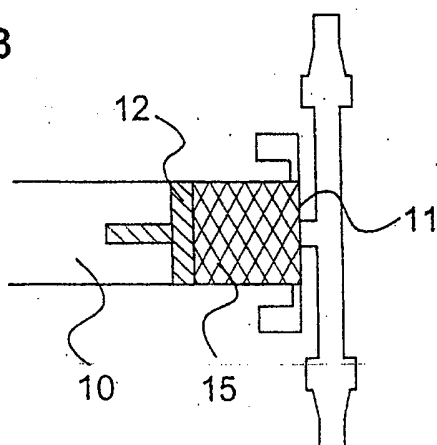
OBR. 1



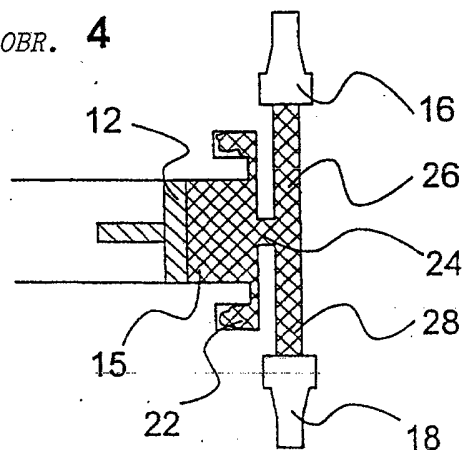
OBR. 2



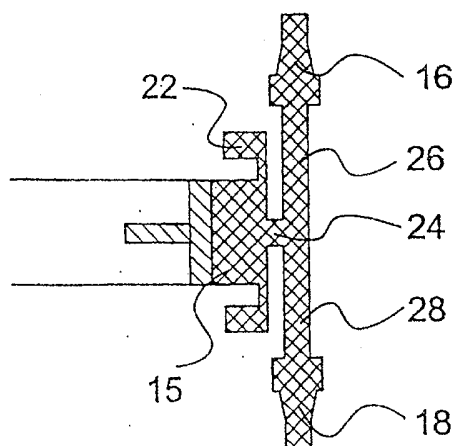
OBR. 3



OBR. 4



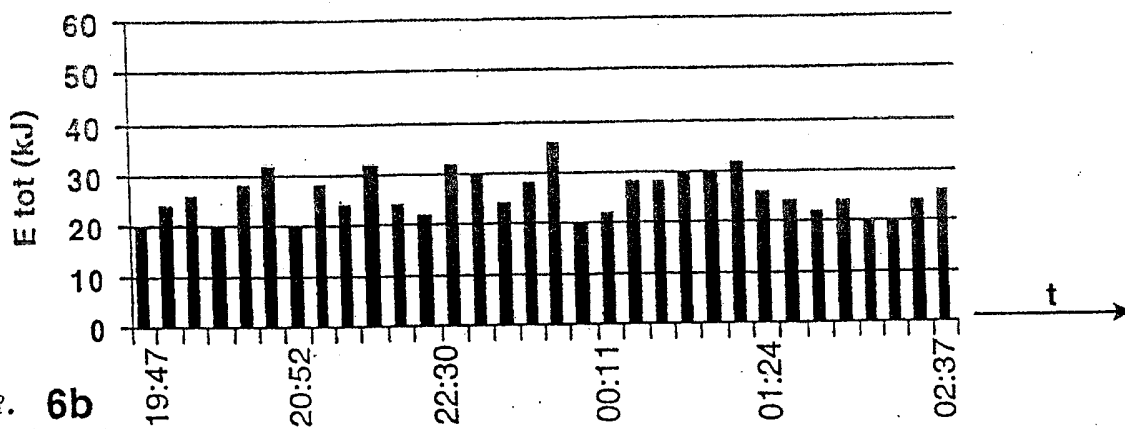
OBR. 5



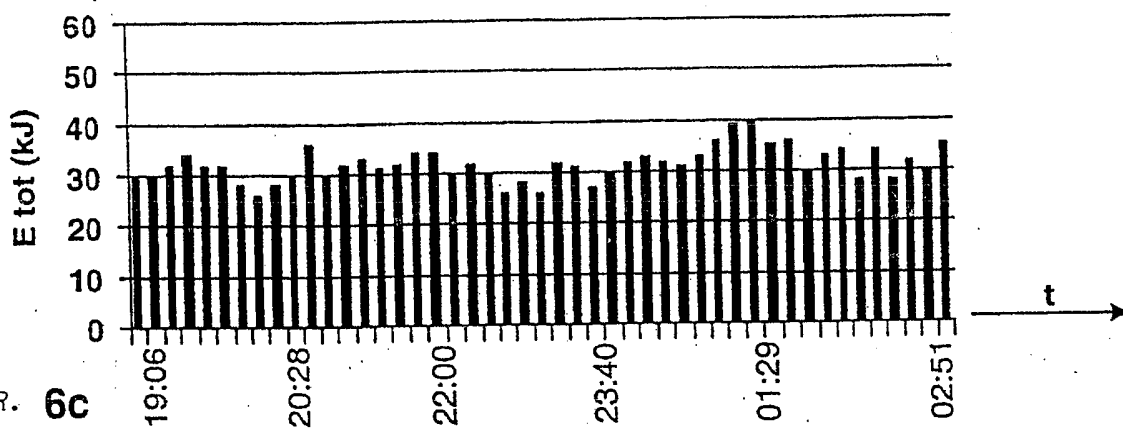
31.05.00

2/4

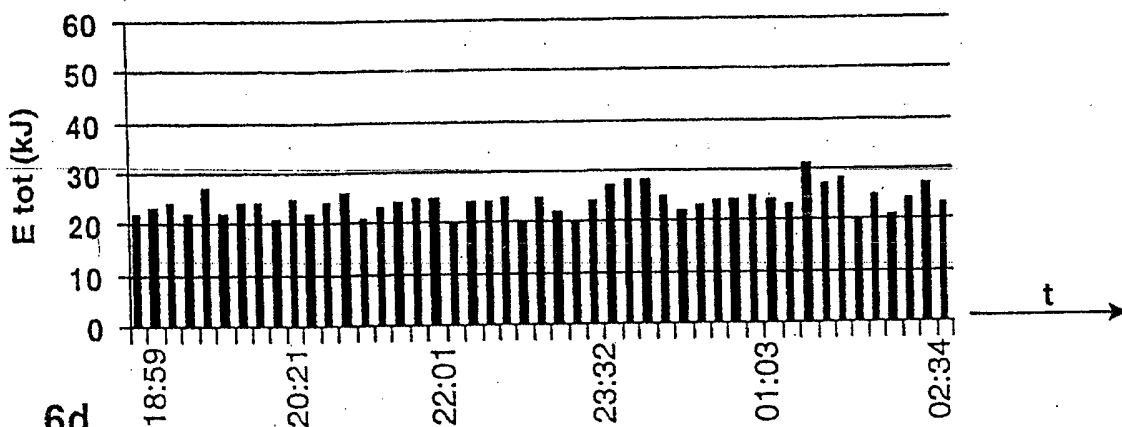
OBR. 6a



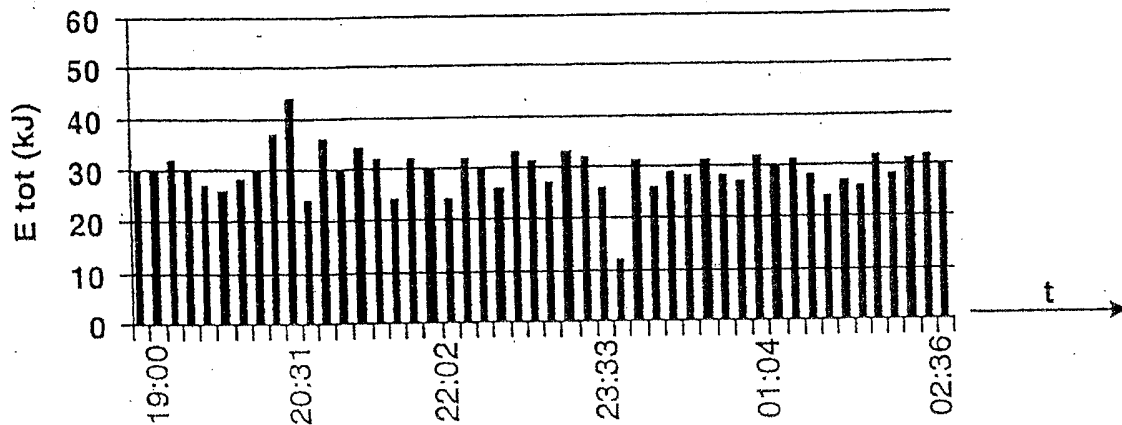
OBR. 6b



OBR. 6c

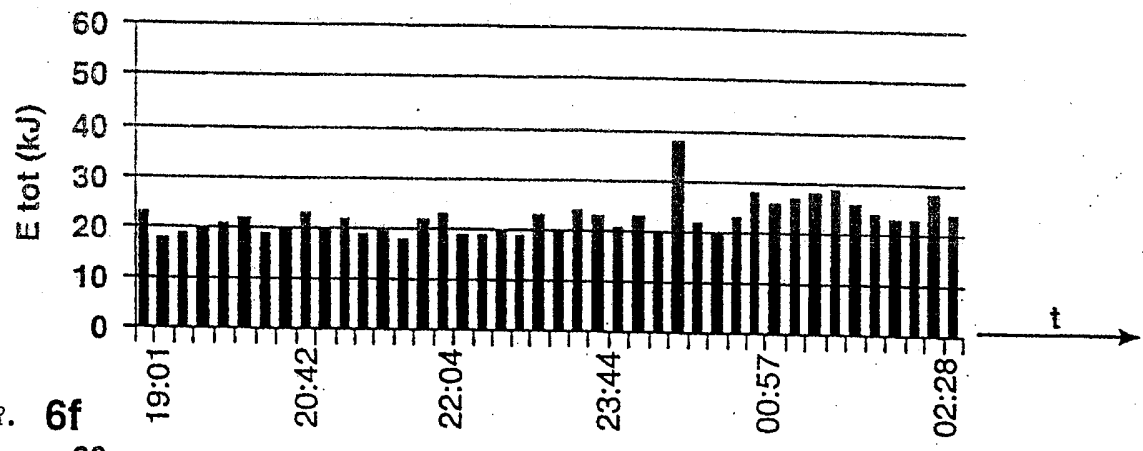


OBR. 6d

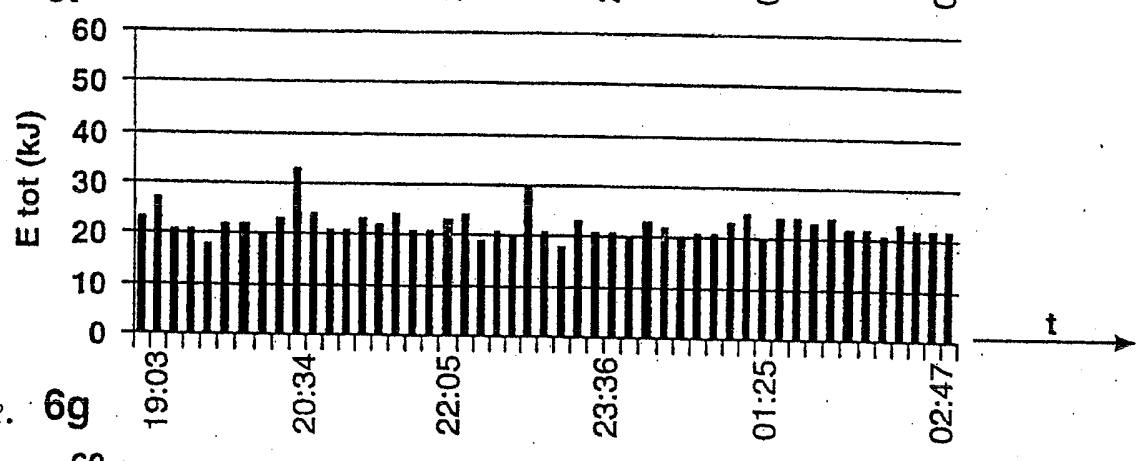


3/4

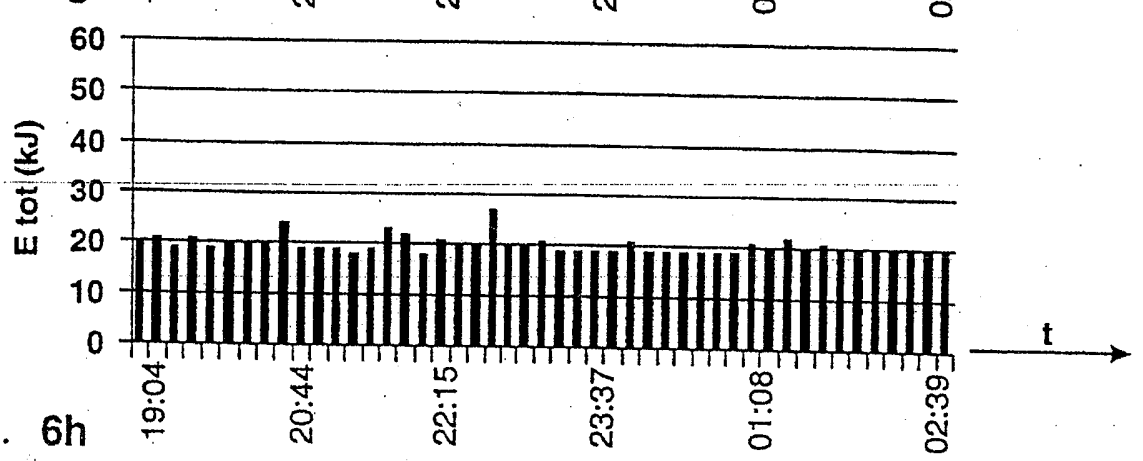
OBR. 6e



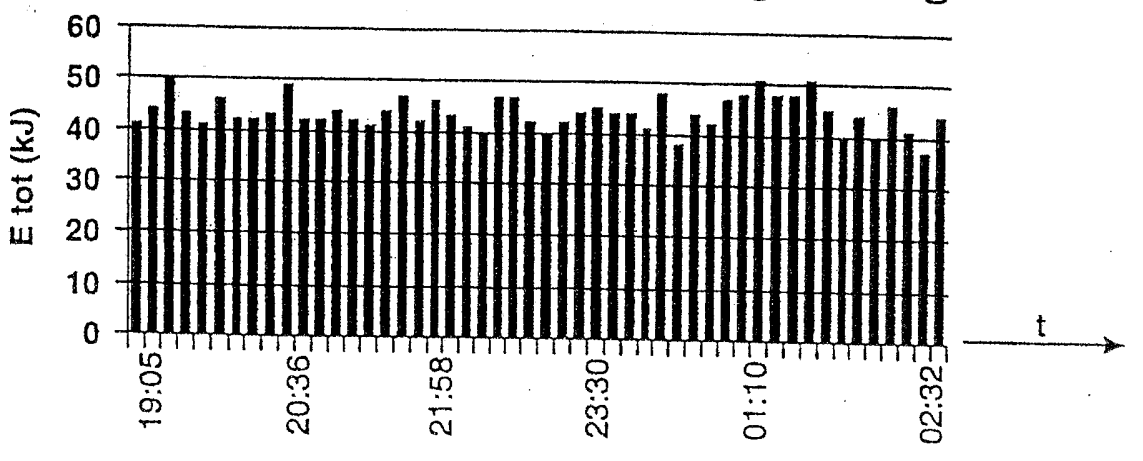
OBR. 6f



OBR. 6g

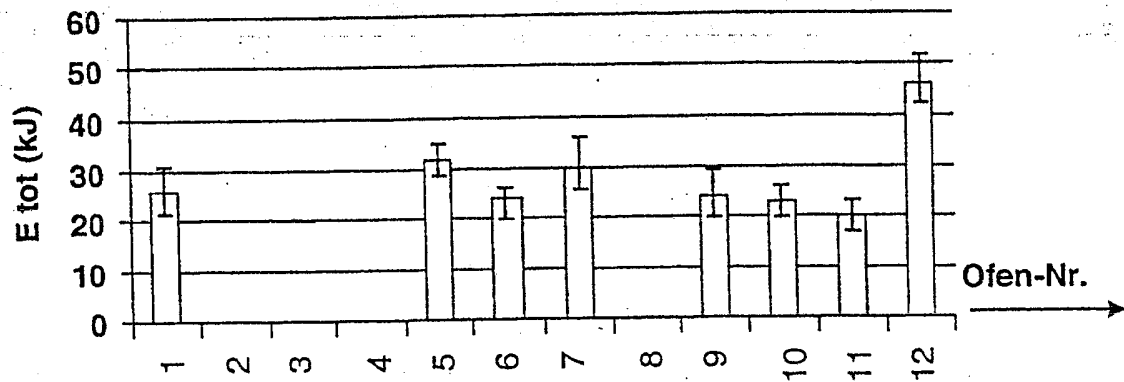


OBR. 6h



4/4

OBR. 7



OBR. 8

