

**POLSKA
RZECZPOSPOLITA
LUDOWA**



**URZĄD
PATENTOWY
PRL**

OPIS PATENTOWY

140 295

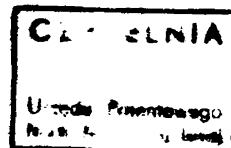
Patent dodatkowy
do patentu —

Zgłoszono: 83 07 21 (P. 243 129)

Pierwszeństwo: 82 07 28 Luksemburg

Zgłoszenie ogłoszono: 84 03 12

Opis patentowy opublikowano: 88 03 30



Int. Cl.⁴ F27D 19/00
F27B 1/26
F27D 3/10
C21B 7/20

Twórca wynalazku —

Uprawniony z patentu: Paul Wurth S.A., Luksemburg (Wielkie Księstwo Luksemburg)

SPOSÓB STEROWANIA RUCHEM WAHLIWEGO LEJA ZASYPOWEGO I URZĄDZENIE DO STEROWANIA RUCHEM WAHLIWEGO LEJA ZASYPOWEGO

Przedmiotem wynalazku jest sposób sterowania ruchem wahliwego leja zasypowego i urządzenie do sterowania ruchem wahliwego leja zasypowego, mogącego obracać się dokoła dwóch prostopadłych osi i uruchamianego w tym celu za pomocą dwóch wzajemnie niezależnych środków napędowych do przemieszczania końca leja wzdłuż okręgów współśrodkowych lub spirali dokoła osi pionowej.

Znane jest ze zgłoszenia patentu luksemburskiego nr 83 280 urządzenie do ładowania pieca wannowego za pomocą wahliwego leja zasypowego typu rozdzielczego z przegubem Cardana, a także urządzenie opisane w polskim opisie patentowym nr 136 311 z lejem zasypowym zamocowanych między ramionami widelkowego członu nośnego mechanizmu dźwigniowego połączonego z kołpakiem części zasypowej. Zgłaszający stwierdził podczas prób i doświadczeń z prototypami tego rodzaju, że warstwy materiałów, naniesionych za pomocą leja wahliwego, mają nierównomierną grubość. Gdyby chodziło o jedną tylko warstwę, nierównomierności te nie miałyby ujemnych następstw dla ładowania pieca wannowego. Niestety, nierównomierności te powstają w przypadku każdej naniesionej warstwy, w tych samych miejscach, odpowiadających ściśle określonym położeniom kątowym leja tak, że występuje zjawisko akumulacji warstwy na warstwie, które prowadzi ostatecznie do profilu ładowania w kształcie siodła. Stwierdzono również, że zjawisko to występuje nie tylko w urządzeniu opisanym w wymienionym zgłoszeniu patentowym, lecz także w sposób mniej lub bardziej wyraźny, we wszystkich urządzeniach załadunkowych z zawieszeniem leja zasypowego typu kardanowego bez względu na element napędowy i sterujący.

Przyczyną jest fakt, że tego typu rozdzielczy lej zasypowy podlega dwa razy podczas każdego obrotu i to w diametralnie przeciwległych i ściśle określonych miejscach, wprawdzie małym, jednakże uchwytym wychyleniom względem jego osi podłużnej. Podczas takiego wychylenia w chwili przejścia wsadu przez lej zmniejsza się tarcie, a tym samym wzrasta prędkość spadania. Inaczej mówiąc, podczas takiego wychylenia materiał wsadowy dochodzi

szybciej do punktu spadania i grubość naniesionej warstwy zwiększa się w punkcie spadania odpowiadającemu położeniu kątowemu leja, w którym następuje to wychylenie. Jest zrozumiałe, że przeciwne zjawisko powstaje przy końcu wychylenia leja zasypowego, gdy tarcie wewnątrz leja ponownie wzrasta, co powoduje zmniejszenie się grubości naniesionej warstwy.

Celem wynalazku jest opracowanie nowego sposobu sterowania ruchem wahliwego leja zasypowego, który umożliwia wyeliminowanie, a przynajmniej złagodzenie tej nierównomierności na drodze kompensacji. Dodatkowym celem wynalazku jest opracowanie urządzenia do sterowania ruchem wahliwego leja zasypowego.

Sposób według wynalazku, polega na tym, że lejowi zasypowemu nadaje się ruch obrotowy dokoła osi pionowej, kontroluje się jego prędkość kątową wokół tej osi w zależności od położenia kąowego leja, w którym cząsteczki materiału ładowniczego znajdującego się w leju wypadają z niego i zderzają się w jednym punkcie, w którym dokonuje się kontroli prędkości obrotowej leja zasypowego według wzoru:

$$\omega_1 = \frac{\omega_0}{e_m} \cdot f(\alpha + \Delta\alpha),$$

w którym ω_1 oznacza zmodyfikowaną prędkość kątową, ω_0 - nie zmodyfikowaną prędkość kątową, f - funkcję α i $\Delta\alpha$, w której α jest położeniem kątowym leju zasypowego, w którym to położeniu rozpoczyna się wypadanie cząsteczek materiału z leja zasypowego, a $\Delta\alpha$ jest różnicą kątową między α i punktem zetknięcia się materiału z podłożem w chwili zakończenia spadania, wreszcie e_m jest optymalną przeciętną grubością warstwy materiału. Wartości prędkości kątowej określa się na drodze kolejnych iteracji według wzoru:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{e_m} \cdot f(\alpha + \Delta\alpha),$$

przy czym wartości skompensowano ω_1 , ω_2 , ... prędkości kątowych wprowadza się do pamięci mikrokomputera oraz, że każdorazowo dokładne wartości prędkości kątowych określa się przez interpolację liniową pomiędzy wartościami wprowadzonymi do pamięci. Urządzenie według wynalazku ma detektor położenia kąowego, detektor rzeczywistej prędkości kątowej, połączone odpowiednio z mikrokomputerem i wariatorem prędkości kątowej, zawierającym komparator, przeznaczony do porównywania rzeczywistej prędkości kątowej z prędkością skompensowaną, określoną przez mikrokomputer, oraz do wytwarzania w funkcji wyniku tego porównania sygnałów regulacji prędkości kątowej przemieszczania leja zasypowego.

Przedmiot wynalazku uwidoczniiony jest w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematycznie rozdzielczy lej zasypowy podczas zasypywania warstwy pierścieniowej, fig. 2 nachylenie leja zasypowego względem osi środkowej, fig. 3 - wykres biegunowy, pokonujący grubość warstwy materiału, zasypanego za pomocą wahliwego leja zasypowego, fig. 4 - wykres biegunowy prędkości kątowej, fig. 5 - schemat synoptyczny układu sterującego.

Figury 1 i 2 przedstawiają wahliwy rozdzielczy lej zasypowy 10 w ściśle określonym położeniu kątowym, w którym ma on nachylenie β (fig. 2) względem osi pionowej 0 oraz zajmuje położenie kątowe γ (fig. 1) względem poziomej osi odniesienia, np. osi X. Zakłada się, że przy tym nachyleniu β lejowi zasypowemu nadaje się ruch obiegowy w kierunku ruchu wskazówek zegara dokoła osi 0 z prędkością kątową ω , celem uzyskania pierścieniowego kształtu warstwy materiału wsadowego, nanoszonej na złoże wytopowe, przy czym istnieje relacja: $\omega = \frac{d\alpha}{dt}$. Na fig. 1 przedstawiono pierścieniową warstwę naniesionego materiału 12, gdy lej zasypowy 10 obraca się dokoła osi 0 przy nachyleniu β i rzut poziomy 14 kołowego toru, jaki zakreśla dolny koniec leja zasypowego 10.

Materiał wsadowy, zasypywany przez lej zasypowy 10 ma zatem tor spadania 16 ze składową pionową i składową kątową ze względu na prędkość kątową ω . Inaczej mówiąc, materiał wsadowy nie spada w punkcie, jaki wskazuje lej zasypowy 10 dokładnie w chwili, gdy materiał opuszcza ten lej. Jest to uwidocznione na fig. 1. Jeżeli założyć, że dana cząstka opuszcza lej zasypowy 10, gdy znajduje się on w położeniu kątowym α oraz że lej 10 kontynuuje swój ruch obiegowy z prędkością ω w kierunku ruchu wskazówek zegara, to zderzenie tej cząstki z podłożem następuje w chwili, gdy lej zasypowy 10 zajmuje np. położenie

kątowe γ , podczas gdy punkt zderzenia 18 tej samej cząstki znajduje się gdzieś pomiędzy obydwooma położeniami kątowymi α i γ , np. w położeniu $\alpha + \Delta\alpha$. Inaczej mówiąc, istnieje przesunięcie kątowe $\Delta\alpha$ pomiędzy chwilą wyjścia cząstki z leja zasypowego 10 a chwilą jej zderzenia ze złożem wytopowym. Amplituda tego przesunięcia kątowego $\Delta\alpha$ jest funkcją nie tylko składu granulometrycznego materiału, lecz również prędkości jego spadania, czyli w zależności od prędkości spadania cząstka osiąga mniej lub bardziej szybko złożę wytopowe, a jej punkt spadku znajduje się przed lub za położeniem $\Delta\alpha$.

Zjawisko to powstaje w przypadku wszystkich wahliwych rozdzielczych lejów zasypowych z zawieszeniem kardanowym, które - jak to już powyżej powiedziano - podlegają podczas każdego obrotu dwóm wychyleniom dokoła ich osi podłużnej, zmieniając wskutek tego wielkość tarcia pomiędzy materiałem wsadowym, a ścianką leja zasypowego. Ta zmiana tarcia przyspiesza lub opóźnia upadek cząstek. Gdy zachodzi przyspieszenie, wówczas przesunięcie $\Delta\alpha$ zmniejsza się do np. $\Delta\alpha - \varepsilon$, co powoduje zwiększenie grubości nanoszonej warstwy w miejscu, przesuniętym o kąt $\Delta\alpha - \varepsilon$ względem położenia kątowego leja zasypowego, w którym następuje to wychylenie. Podobnie, gdy istnieje opóźnienie, przesunięcie staje się równe $\Delta\alpha + \varepsilon$, co powoduje zmniejszenie grubości naniesionej warstwy materiału. To opóźnienie następuje przy końcu fazy wychylenia i zmniejszenie grubości jest w konsekwencji przesunięte o kąt $\Delta\alpha + \varepsilon$ od położenia kątowego, w którym kończy się wychylenie leja zasypowego.

Figura 3 uwidacznia we współrzędnych biegunowych grubość pierścieniowej warstwy materiału, zasypywanego na złożę wytopowe, przy czym grubość ta jest proporcjonalna do ich odległości do punktu wyjściowego. Krzywa e_m odwzorowuje średnią grubość optymalną, obliczoną np. według zawartości zbiornika akumulacyjnego i powierzchni złoża wytopowego. Gdy grubość ta jest równomierna, wówczas krzywa, odwzorowująca e_m , jest na pewno okręgiem. Krzywa e_r odwzorowuje grubość rzeczywistą warstwy, naniesioną za pomocą wahliwego leja zasypowego, poruszającego się ze stałą prędkością kątową ω_0 i któremu właściwe są opisane powyżej nierównomierności. Grubość dla każdego położenia kątowego α jest odwzorowana za pośrednictwem długości wektora $\vec{e}$. Na krzywej e_r , której kontur został celowo przesadzony, zaznaczono dwa położenia E_{rmax} , w których występuje grubość maksymalna. Punkty te występują w położeniach kątowych 0° i 180° . Natomiast punkty E_{rmin} znajdujące się odpowiednio w położeniach kątowych 90° i 270° odpowiadają grubości minimalnej.

Figura 4 uwidacznia wykres biegunowy, analogiczny do wykresu biegunowego według fig. 3, lecz z odwzorowaniem prędkości kątowych. I tak ω_0 oznacza stałą prędkość kątową w przypadku nanoszenia nierównomiernej warstwy rzeczywistej e_r według fig. 3. Krzywa ω_c tworzy krzywą prędkości skompensowanych, otrzymaną przez przekształcenie krzywej ω_0 według wzoru:

$$\omega_c(\alpha) = \frac{\omega_0}{e_m} \cdot f(\alpha + \Delta\alpha) = \omega_1(\alpha)$$

Prędkość kątowa dla każdego położenia kątowego jest odwzorowana za pośrednictwem długości wektora $\vec{\omega}$. We wzorze tym $\omega_1 = \omega_c$ oznacza zmodyfikowaną prędkość kątową, ω_0 - niezmodyfikowaną prędkość kątową, generującą e_r , f - funkcję α i $\Delta\alpha$, tj. determinujących parametrów zmiany prędkości kątowej. Funkcja f jest definiowana jako: $f(\alpha) = e_r(\alpha) =$ = grubość zmierzona przed kompensacją. Celem kompensacji prędkości kątowej jest to, aby zjawiska, uwarunkowane wychyleniami leja zasypowego, oraz zjawiska, uwarunkowane zmianą prędkości kątowej, kompensowały się, w celu uzyskania równomiernej warstwy nanoszonej. Krzywa e_c według fig. 3 odpowiada krzywej ω_0 według fig. 3, czyli grubości warstwy, naniesionej przy zmianie prędkości kątowej według powyższego wzoru. Krzywa e_c jest ze zrozumiiałych względów przesunięta o kąt $\Delta\alpha$ względem krzywej ω_0 , w celu uwzględnienia czasu spadania.

Skutkiem tej kompensacji prędkości kątowej według fig. 4 jest to, iż warstwa e_r podlega modyfikacji w taki sposób, aby wytworzyć krzywą e , zbliżoną do idealnego okręgu e_m , tj. przez spowodowanie szybszego obracania się leja zasypowego w położeniach kątowych, odpowiadających zwiększaniu się grubości nanoszonej warstwy według krzywej e_r , natomiast

jego powolniejszego obracania się w położeniach kątowych, odpowiadających mniejszym grubościom warstwy według krzywej e_r , dąży się do zmniejszenia nierównomierności grubości naniesionej warstwy. Matematyczne wyjaśnienie wzoru kompensacyjnego jest następujące: niech $e_r(\alpha)$ oznacza grubość warstwy dla $\omega_0 = \text{constans}$, mającą nierównomierności, uwarunkowane wychyleniami; niech $e_v(\alpha)$ oznacza grubość warstwy dla $\omega_c = \text{constans}$, bez rozpatrywania nierównomierności, uwarunkowanych wychyleniami.

$$e_v(\alpha) = e_m \frac{\omega_0}{\omega_c(\alpha - \Delta\alpha)}$$

Średnia grubość teoretyczna, wynikająca z nałożenia na siebie obu zjawisk, wynosi:

$$\begin{aligned} e &= \sqrt{e_v(\alpha) \cdot e_r(\alpha)} = \\ &= \sqrt{\left[e_m \frac{\omega_0}{\frac{\omega_0}{e_m} \cdot e_r(\alpha - \Delta\alpha + \Delta\alpha)} \right] \cdot e_r(\alpha)} = \\ &= \sqrt{e_m \cdot e_m} = \\ &= e_m \end{aligned}$$

Inaczej mówiąc, grubość skompensowana zbliża się do idealnej grubości równomiernej e_m . Jeśli pierwsza kompensacja za pomocą regulacji prędkości kątowej nie pozwala jeszcze uzyskaćżądanego wyniku, można zastosować iterację i przeprowadzić dokładniejszą kompensację według wzoru:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{e_m} \cdot f(\alpha + \Delta\alpha)$$

i ewentualnie w ten sposób dalej. Określenie ω_1 , ω_2 przeprowadza się bądź za pomocą prób, bądź też za pomocą obliczeń, ponieważ parametry, biorące udział w tym określeniu, mogą być zmierzone lub obliczone.

Ponieważ α jest funkcją β i składu granulometrycznego materiału wsadowego, skompensowane prędkości kątowe ω_1 , ω_2 , ... można określić dla różnych nachyleń i różnych składów granulometrycznych. Te poszczególne wartości skompensowanej prędkości kątowej można wprowadzić do pamięci mikrokomputera, który może każdorazowo obliczyć przez interpolację liniową dokładną wartość skompensowanej prędkości kątowej leja zasypowego.

Figura 5 przedstawia schemat synoptyczny jednej z odmian wykonania układu sterującego do kompensacji prędkości kątowej leja zasypowego. Mikrokomputer 10 odbiera informacje, dotyczące nachylenia β oraz charakteru materiału wsadowego, w celu obliczenia skompensowanych prędkości kątowych. Silnik 12 do napędu leja zasypowego 10 jest podporządkowany sygnałem sterującym wariatora prędkości kątowych 14, zawierającego m.in. wbudowany komparator. Oprócz tego na fig. 5 pokazano część mechaniczną nadajnika impulsów 16, detektor prędkości kątowej 18 i detektor położenia 20, przy czym te dwa detektory można jednak połączyć w jedną całość z uwagi na to, że $\omega = \frac{d\alpha}{dt}$.

Detektor prędkości kątowych 18 wytwarza każdorazowo sygnały, odpowiadające prędkości rzeczywistej ω_r , oraz przekazuje te sygnały do wariatora prędkości 14. Podobnie detektor położenia 20 wytwarza każdorazowo sygnały, odpowiadające położeniu kątowemu α rozdzielczego leja zasypowego 10, oraz przekazuje te sygnały do mikrokomputera 10. Mikrokomputer 10 oblicza każdorazowo na podstawie odebranych informacji, tj. α , β i parametrów, odpowiadających charakterowi materiału wsadowego, skompensowaną prędkością kątową ω_c , w oparciu o powyższe wzory. Sygnały, odpowiadające prędkości kątowej ω_c , obliczonej przez mikrokomputer 10, doprowadza się do wariatora prędkości kątowej 14. Jego wbudowany komparator porównuje każdorazowo skompensowaną prędkość kątową ω_c z rzeczywistą prędkością kątową ω_r , o której informację odbiera on od detektora 18, a w zależności od wyniku tego porównania silnik napędowy 12 ulega przyspieszeniu lub spowolnieniu.

Sposób korygowania prędkości kątowej leja zasypowego, będący przedmiotem wynalazku, nadaje się w szczególności do urządzenia napędowego w rodzaju tego, jakie zostało opisane

w wymienionym polskim opisie patentowym nr 136 311, a to w związku z tym, że ruch obiegowy tego wahliwego leja zasypowego jest wywoływany przez urządzenie napędowe o ruchu kołowym. Należy jednak zauważyć, że proponowane urządzenie korygujące nadaje się również do innych urządzeń do napędu wahliwego leja zasypowego z zawieszeniem kardanowym, np. do napędu za pomocą pary dźwigników hydraulicznych.

Z a s t r z e ż e n i a p a t e n t o w e

1. Sposób sterowania ruchem wahliwego leja zasypowego, mogącego obracać się dokoła dwóch prostopadłych osi i uruchamianego za pomocą dwóch wzajemnie niezależnych urządzeń napędowych do przemieszczania końca leja wzdłuż okręgów współśrodkowych lub spirali dokoła osi pionowej, z n a m i e n n y t y m, że lejowi zasypowemu nadaje się ruch obrotowy wokół pionowej osi, kontroluje się jego prędkość kątową wokół tej osi w zależności od jego położenia katowego, w którym cząsteczki materiału załadowniczego znajdujące się w leju wypadają z niego i zderzają w jednym punkcie, w którym dokonuje się kontroli prędkości obrotowej leja dla wyrównania prędkości ω_1 według wzoru:

$$\omega_1 = \frac{\omega_0}{e_m} \cdot f(\alpha + \Delta\alpha)$$

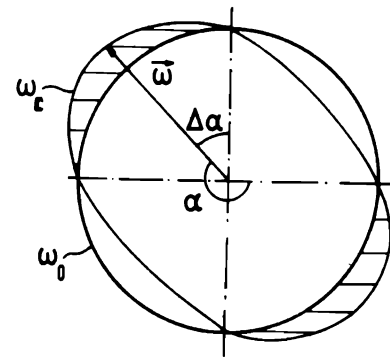
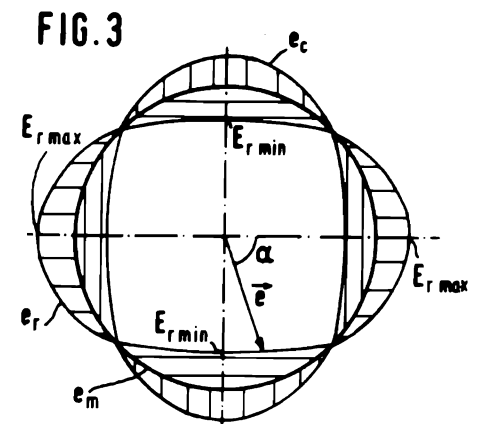
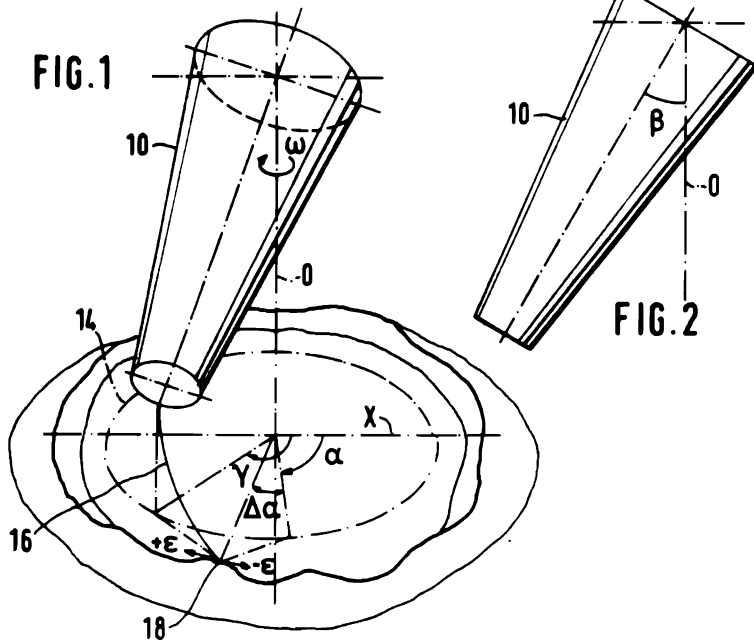
gdzie ω_1 stanowi zmodyfikowaną prędkość kątową, ω_0 niezmodyfikowaną prędkość kątową, f - funkcję α i $\Delta\alpha$, w której α jest położeniem katowym leja zasypowego, w którym rozpoczyna się wypadanie cząsteczek materiału z leja zasypowego, a $\Delta\alpha$ jest różnicą katową między α i punktem zetknięcia się materiału z podłożem w chwili zakończenia spadania, wreszcie e_m - jest optymalną przeciętną grubością warstwy materiału.

2. Sposób według zastrz. 1, z n a m i e n n y t y m, że wartości prędkości katowej określa się na drodze kolejnych iteracji według wzoru:

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{e_m} \cdot f(\alpha + \Delta\alpha)$$

3. Sposób według jednego z zastrz. 1 albo 2, z n a m i e n n y t y m, że wartości skompensowane $\omega_1, \omega_2, \dots$ prędkości katowych wprowadza się do pamięci mikrokomputera z tym, że każdorazowo dokładne wartości prędkości katowych określa się przez interpolację liniową pomiędzy wartościami wprowadzonymi do pamięci.

4. Urządzenie do sterowania ruchem wahliwego leja zasypowego zamocowanego między ramionami widełkowego członu nośnego mechanizmu dźwigniowego połączonego z kołpakiem części zasypowej pieca, z n a m i e n n e t y m, że zawiera detektor położenia katowego (20), detektor rzeczywistej prędkości katowej (18), połączone odpowiednio z mikrokomputerem (10) i wariatorem prędkości katowej (14), zawierającym komparator, przeznaczony do porównania rzeczywistej prędkości katowej (ω_r) z prędkością skompensowaną (ω_c), określona przez mikrokomputer (10), oraz do wytwarzania w funkcji wyniku tego porównania sygnałów regulacji prędkości katowej przemieszczania zasypowego.

**FIG.4**