

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 243888 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **430851**

(22) Data zgłoszenia: **2019.08.09**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2021.02.22 BUP 04/2021**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.10.23 WUP 43/2023**

(51) MKP:

B28D 5/04 (2006.01)

B28D 1/02 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**INSTYTUT FIZYKI POLSKIEJ AKADEMII NAUK,
Warszawa, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

ANDRZEJ MYCIELSKI, Warszawa, PL

DOMINIKA KOCHANOWSKA, Warszawa, PL

MAREK ZUBRZYCKI, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Piła drutowa

PL 243888 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest piła drutowa przeznaczona do cięcia dużych kryształów o średnicy 3–6 cali (~76–152 mm).

Do cięcia kryształów stosuje się zasadniczo dwa różne rodzaje pił drutowych. Do pierwszej grupy należą piły, które realizują cięcie za pomocą gładkiego i twardego drutu (najczęściej jest to drut wolframowy). Podczas cięcia drut polewany jest glikolową zawiesiną z twardym proszkiem ściernym zwykle z proszkiem karborundem (SiC) lub z korundem (Al₂O₃). Stosowane druty mają różną grubość (od 50 µm do 200 µm) a proszek ścierny ma gradację 600–800 (6.5–9.3 µm).

Cięcie zapewnione jest dzięki posuwisto-zwrotnemu ruchowi tnącego drutu z jednoczesnym powolnym przewijaniem się drutu z jednej szpulki na drugą. Po obu stronach ciętego kryształu znajdują się bardzo twarde stalowe prowadnice utrzymujące tnący drut w jednej płaszczyźnie cięcia. Specyfiką tego typu pił drutowych jest możliwość precyzyjnego ucięcia wymaganej płytki/próbki kryształu, ale jednocześnie cięcie jest bardzo powolne. Ucięcie jednej płytki z kryształu o średniej twardości i o średnicy 3 cale (76,2 mm) zajmuje wiele dni.

Drugim zupełnie odmiennym rodzajem pił drutowych są piły, w których stosuje się drut stalowy z nasypem diamentowym. Są to zwykle stalowe druty z wtłoczonymi ziarnami proszku diamentowego. Istnieje wiele typów takiego drutu, w zależności od grubości drutu, ilość wtłoczonego na centymetr bieżący ziarna diamentowego oraz od gradacji wtłoczonego ziarna. Piły tego typu pracują w różnych systemach.

Do najbardziej rozpowszechnionego systemu należy system, który opiera się na drucie w postaci zamkniętej pętli. W systemie tym, drut przesuwa się w jednym kierunku na obrotowych rolkach i jest dociążany za pomocą odpowiedniego regulatora nacisku. Za pomocą regulatora nacisku dobiera się odpowiednią dla danego materiału siłę, z jaką drut dociskany jest do ciętego kryształu. Proces cięcia trwa do czasu przetarcia lub urwania się drutu, po czym zakłada się nową pętlę ze świeżego drutu i kontynuuje się cięcie. Drugim nieco różnym systemem jest piła z drutem prostym (nie pętla) przesuwanym się podczas cięcia ruchem posuwistym. W takiej pile, drut znajdujący się na szpuli nawojowej w czasie pracy piły przewijany jest na szpulę odbierającą, a po dojściu do końca przewijany jest z powrotem na szpulę nawojową i ten cykl jest powtarzany aż do przetarcia się drutu lub do zakończenia cięcia. W praktyce ten system bardzo się sprawdza gdyż uzyskiwana płaszczyzna cięcia kryształu jest znacznie gładsza niż płaszczyzna cięcia uzyskiwana za pomocą pił pracujących w innych systemach.

Piła drutowa według wynalazku posiada szpulę podającą drut, szpulę zwijającą drut oraz rolki pozycjonujące położenie drutu nad i pod ciętym kryształem. Istota tej piły polega na tym, że w jednej płaszczyźnie, pomiędzy szpulą podającą drut, a szpulą zbierającą drut, znajdują się dwie rolki prowadząco-napinające, umieszczone na końcach belki wahadłowej. Przy czym belka wahadłowa osadzona jest na trzpieniu usytuowanym w osi ciętego kryształu i połączona jest rozłącznikiem, poprzez sworzeń, z korbowodem sprzęgniętym z tarczą napędzaną przez silnik elektryczny i połączonym z regulatorem szybkości obrotów falownikiem silnika sterującego częstotliwością wahań belki.

Piła według wynalazku wykorzystuje efekt przeciągania drutu z nasypem diamentowym przez zastosowanie specjalnej belki wahadłowej z zespołem rolek. W rezultacie czego możliwe jest uzyskanie ruchu posuwisto-zwrotnego drutu, dzięki któremu możliwy jest proces cięcia. Tak więc, w tym przypadku, ten sam drut jest jednocześnie i narzędziem skrawającym /tnącym/ oraz elementem układu napędzającego to narzędzie.

Wynalazek zostanie objaśniony na przykładzie piły drutowej, której schemat pokazano na Fig. 1 oraz na fotografii – Fig. 2.

Piła składa się z trzech głównych zespołów: Z zespołu listwy stanowiącej ramę, z zespołu belki wahadłowej oraz z zespołu prowadnicy. Zespół listwy posiada listwę, która ma postać pionowo zamocowanego do podstawy profilu aluminiowego 24. Na listwie tej z jednej strony (u góry) osadzona jest szpula wydająca drut 1 napędzana silnikiem z reduktorem oraz swobodnie obracającą się rolką pośrednią 9. Natomiast z drugiej strony (u dołu), na listwie osadzona jest szpula zbierająca zużyty drut 12 napędzana silnikiem z reduktorem oraz sprzęgłem ciernym przeciążeniowym 25 i śrubą regulującą napięcie drutu oraz identyczna jak rolka pośrednia 9 rolka 11.

Zespół belki wahadłowej składa się z belki 5 zamocowanej obrotowo na trzpieniu 21 w połowie swojej długości. Belka ma przekrój prostokątny i wykonana jest z odpowiednio sprężystego i lekkiego materiału, w przykładzie z profilowanego aluminium (ale może być to także mosiądz). Na jednym końcu

belki 5 w przegubie 4 zamocowana jest rolka 3, natomiast na drugim końcu belki, w przegubie 4a zamocowana jest rolka 3a. Rolki te jednocześnie prowadzą i napinają drut 2. Na obwodzie rolki te posiadają kanały o przekroju klina, co zapewnia precyzyjne prowadzenie drutu. Przeguby 4 i 4a zaopatrzone są w sprężynowe amortyzatory umożliwiające wyrównanie zmiennego naciągu drutu w trakcie zmienno-kierunkowego ruchu obrotowego belki wokół własnej osi poprzecznej. Dzięki czemu drut przechodząc przez układ rolek pozostałych zespołów piły na odcinku pomiędzy rolkami 10a i 10b uzyskuje posuwisto-zwrotny ruch roboczy.

Ruch belki zapewnia silnik elektryczny 6 z reduktorem za pośrednictwem zamocowanej na wale zdawczym reduktora tarczy 7 i połączonego z nią sworzniem 23 korbowodu 8. Drugi koniec korbowodu połączony jest sworzniem 22 z belką 5. Kąt wychylenia belki można zmieniać przez promieniową zmianę położenia sworzni 23 korbowodu na tarczy 7. Częstotliwość tych wychyleń reguluje się za pomocą falownika 20 sterującego prędkością obrotową silnika. Zadaniem belki jest wprowadzenie w ruch posuwisto-zwrotny odcinka drutu 2 z nasypem diamentowym, który wykorzystany jest w tym przypadku, jako element tnący w pile drutowej do cięcia materiałów o bardzo wysokiej twardości.

Cały układ zorientowany jest w płaszczyźnie pionowej.

Zespół prowadnicy posiada prowadnicę liniową 13, która jest elementem, dzięki któremu możliwy jest przesuw przecinanego kryształu 17 w kierunku tnącego go drutu 2. Na prowadnicy znajduje się wózek 26 z łożyskami liniowymi, do którego przymocowany jest stolik krzyżowy (może być obrotowy), na którym znajduje się zamocowany specjalnym spoiwem kryształ 17. Prowadnica 13 wyposażona jest w śrubę pociągową i silnik z reduktorem napędzającym wózek.

Bardzo ważnym elementem tego zespołu jest czujnik ugięcia 19 drutu 2 sterujący prędkością posuwu wózka w zależności od postępu procesu cięcia. Brak takiego czujnika może spowodować przy zbyt dużej prędkości posuwu zerwanie drutu, a przy zbyt małej prędkości posuwu, znaczne zmniejszenie wydajności urządzenia. Kolejnym elementem tego zespołu są rolki precyzyjnego prowadzenia drutu 10a i 10b. Dokładność ich wykonania i łożyskowania w dużym stopniu decyduje o chropowatości i dokładności powierzchni przecinanego materiału /kryształu/. W obrębie tego zespołu znajduje się również króciec wylotowy cieczy chłodząco-smarującej 18.

Wszystkie szpule i rolki należące do poszczególnych zespołów rozmieszczone są symetrycznie w stosunku do osi obrotu belki wahadłowej 5 i wraz z osią drutu tworzą płaszczyznę pionową.

Po zamocowaniu szpuli wydającej 1, drut 2 owijany jest ręcznie przez wszystkie rolki. Koniec drutu zamocowany jest na szpuli zbierającej 12. W ten sposób drut łączy ze sobą trzy zespoły urządzenia. Pila gotowa jest do uruchomienia. Po ustawieniu właściwego kąta ugięcia drutu, czujnikiem 19 uruchamiany jest silnik 6 napędzający belkę i ustawiana jest żądana prędkość obrotowa (odczyt na wyświetlaczu falownika 20). Następnie uruchamiane są silniki napędzające szpule – wydającą 1 i zbierającą 12 a za pomocą regulatora sprzęgła 25 ustawiamy żądany naciąg drutu i otwieramy zawór instalacji doprowadzającej ciecz chłodząco-smarującą.

Belka wahadłowa 5 wykonuje teraz cykliczne ruchy, o pewien kąt, wokół własnej poprzecznej osi, co skutkuje wprowadzeniem w ruch posuwisto-zwrotny drutu pomiędzy rolkami precyzyjnymi 10a i 10b. W tym czasie zamocowany na wózku kryształ przesuwa się w kierunku pracującego drutu. Jednocześnie szpula 1 z minimalną prędkością wydaje nowy drut, a szpula 12 go zbiera, ale już w postaci drutu zużytego.

Zastrzeżenie patentowe

1. Pila drutowa posiadająca szpulę wydającą drut, szpulę zbierającą-drut oraz rolki pozycjonujące położenie drutu nad i pod ciętym kryształem, **znamienna tym**, że w jednej płaszczyźnie, pomiędzy szpulą wydającą (1) drut (2) a szpulą zbierającą (12) drut, znajdują się dwie rolki prowadząco-napinające (3) i (3a) umieszczone na końcach belki wahadłowej (5) osadzonej na trzpieniu (21) usytuowanym w osi dętego kryształu (17) i połączonej rozłączenie, poprzez sworzeń (22), z korbowodem (8) sprzęgniętym z tarczą (7) napędzaną przez silnik elektryczny (6) i połączonym z regulatorem szybkości obrotów falownikiem (20) silnika sterującego częstotliwością wahań belki (5).

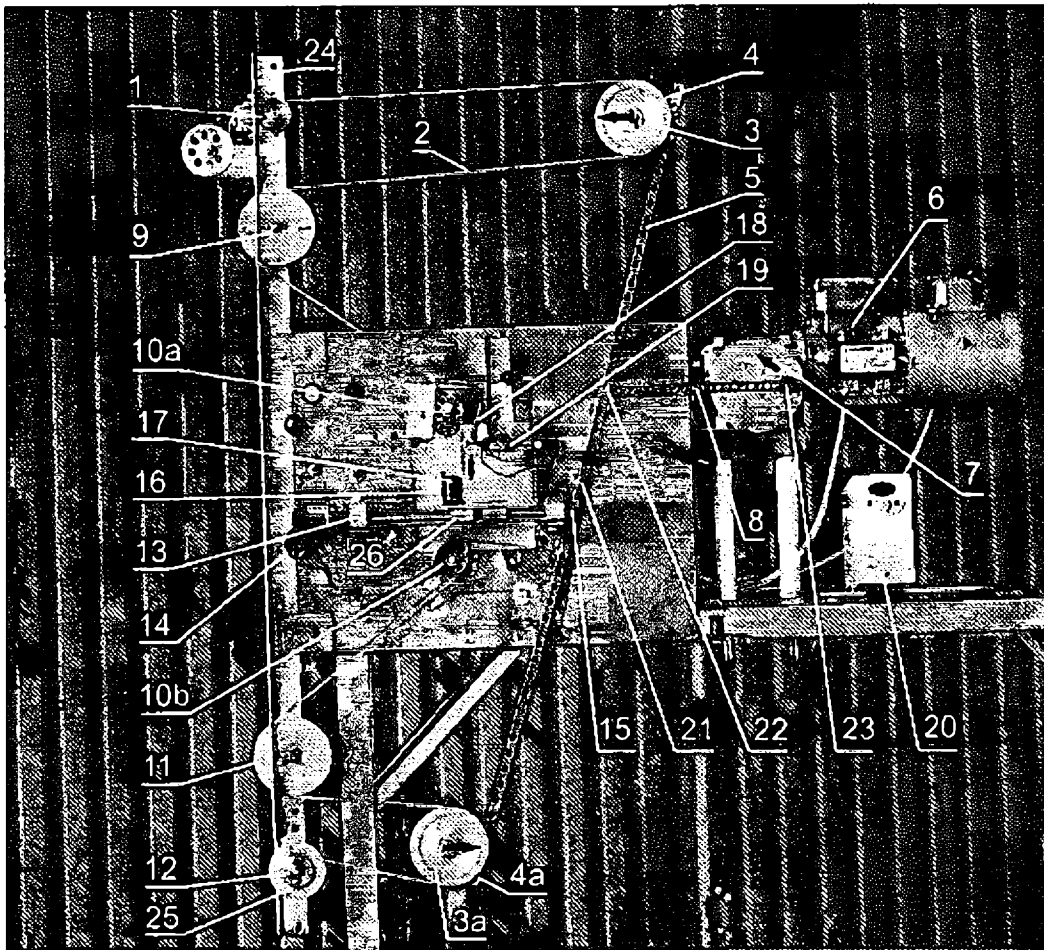


Fig. 2