

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **233869**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **424378**

(51) Int.Cl.

**B21D 1/02 (2006.01)**

**B21D 3/00 (2006.01)**

**B21D 37/00 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **26.01.2018**

(54)

**Sposób prostowania naciągowego blachy**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

**29.07.2019 BUP 16/19**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

**31.12.2019 WUP 12/19**

(73) Uprawniony z patentu:

**EKOINSTAL HOLDING  
SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ  
SPÓŁKA KOMANDYTOWA, Katowice, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**SEBASTIAN ŚWIERCZYŃSKI, Ruda Śląska, PL  
ROMAN KUZIĄK, Gliwice, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzech. pat. Maciej Czarnik**

**PL 233869 B1**

## Opis wynalazku

Wynalazek dotyczy sposobu prostowania naciągowej blachy i należy do dziedziny obróbki mechanicznej metalowych blach.

Z polskiego opisu patentowego nr PL 201321 B1 znany jest sposób i urządzenie do regulacji w czasie rzeczywistym prostownicy, przeznaczonej do prostowania taśm metalowych, zgodnie, z którym, po pocięciu prostowanej taśmy na płyty, mierzy się krzywiznę tej prostowanej płyty na wejściu prostownicy, poza strefą podparcia, koryguje się ten pomiar tak, aby wyeliminować wpływ ciężaru własnego prostowanej płyty oraz koryguje się, w miarę potrzeby, docisk rolek usytuowanych na wyjściu tej prostownicy dla otrzymania płyty o wymaganej krzywiznie.

Z kolei z międzynarodowego zgłoszenia patentowego WO02051563 A1 znany jest sposób regulacji w czasie rzeczywistym prostownicy, przeznaczonej do prostowania taśm metalowych, płyt lub blachy, w którym po prostowaniu taśmy metalowej, przecina się ją, aby otrzymać prostowaną płytę lub blachę, mierzy się krzywiznę tej prostowanej płyty powstałej albo z prostowania przeciętej taśmy metalowej albo z prostowania płyty, na wyjściu z tej prostownicy poza strefą podparcia, koryguje się ten pomiar dla wyeliminowania wpływu ciężaru własnego prostowanej płyty, oraz koryguje się, w miarę potrzeby, docisk rolek i usytuowanych na wyjściu prostownicy dla otrzymania prostowanej płyty o wymaganej krzywiznie.

Przy cięciu arkuszy blachy znanymi ze stanu techniki urządzeniami, często występują – uszkodzenia głowicy tnącej poprzez uderzenie odkształconego detalu, czas cięcia jest wydłużony, zachodzi konieczność prostowania detali przed następną operacją ze względu na zbyt duże naprężenia wewnętrzne materiału powodujące zgięcia, następuje także pogorszenie krawędzi cięcia czasami ponad wymagania odpowiednich norm, co powoduje, iż zachodzi konieczność zezłomowania wyciętych detali, mają także miejsce problemy podczas spawania detali w szczególności, gdy proces jest zautomatyzowany oraz pojawiają się również problemy podczas gięcia takich detali.

Celem wynalazku było opracowanie zmodyfikowanego sposobu do prostowania blach z kręgu, dzięki któremu otrzymuje się arkusze pociętej blachy o płaskości 0 mm oraz o symetrycznym rozkładzie naprężeń po obu stronach blachy i różnicy ich średnich wartości nieprzekraczających wartości 15 MP, a elementy wykrawane z większych arkuszy stali po cięciu termicznym lub cięciu mechanicznym lub cięciu wodą zachowują płaskość 0 mm.

Przedmiotem wynalazku jest sposób prostowania naciągowej blachy obejmujący następujące etapy: nałożenie kręgu blachy na rozwijarkę, rozwinięcie kręgu wstępne prostowanie, przejście blachy przez dół pętlowy, prostowanie w prostownicy naciągowej oraz cięcie i układanie pociętych arkuszy blachy, w którym zwiększa się wartość wydłużenia na prostownicy naciągowej w oparciu o charakterystykę materiałową stali danego kręgu blachy, charakteryzujący się tym, że dodatkowo zwiększa się wydłużenie określonego odcinka pomiarowego prostowanego na prostownicy naciągowej blachy o:

parametr długości stanowiący różnicę pomiędzy długością pomiarową a zmierzoną długością pasma zależną od jej falistości, przy czym parametr ten wyznacza się w oparciu o pomiar płaskości materiału oraz amplitudy falistości rozwijanej z kręgu blachy; oraz

parametr naprężenia wynoszący 0,01% dodatkowego wydłużenia w procesie prostowania naciągowej przypadające na każde 10 MP różnicy średniej wartości naprężenia po stronie wklęsłej i wypukłej, przy czym ten parametr wylicza się, gdy różnica średniej wartości naprężenia po stronie wklęsłej i wypukłej jest większa od 15 MP oraz stosuje się parametr ten do drugiego prostowanego zakresu pomiarowego na podstawie zmierzonych naprężeń z poprzedniego zakresu pomiarowego.

Sposób prostowania naciągowej blachy według wynalazku, odznacza się tym, że parametr długości wylicza się na podstawie pomiarów wykonanych przy użyciu czujników.

Sposób prostowania naciągowej blachy według wynalazku, również odznacza się tym, że parametr długości wylicza się na podstawie pomiarów prowadzonych w co najmniej trzech punktach, a korzystnie w siedmiu punktach na szerokości blachy.

Sposób prostowania naciągowej blachy według wynalazku, dodatkowo odznacza się tym, że pomiar płaskości wykonuje się co 1 mm na długości kręgu, a następnie oblicza się wskaźnik falistości dla danego zakresu pomiarowego, korzystnie wynoszącego 6000 mm.

W innym zakresie, sposób prostowania naciągowej blachy według wynalazku, odznacza się tym, że parametr naprężenia wylicza się na podstawie pomiarów naprężeń wykonanych w układzie

prostownicy naciągowej po obu stronach blachy. Szczególnie korzystnie, gdy sposób prostowania naciągowej blachy według wynalazku, odznacza się tym, że pomiary naprężeń wykonywane są w dwunastu punktach, przy czym pomiar ten wykonuje się na powierzchni blachy oraz na głębokości 0,2 mm wykorzystując efekt Barhausena.

Sposób prostowania naciągowej blachy według wynalazku, dodatkowo odznacza się tym, że gdy różnica MP pomiędzy stroną wklęsłą i wypukłą wynosi więcej niż 15, to zwiększa się o dwa liczbę pomiarów naprężeń.

Przedmiot wynalazku przedstawiony jest w przykładach wykonania nieograniczających jego zakresu oraz na rysunku, na którym: fig. 1 ilustruje układ do prostowania naciągowej blachy, z wykorzystaniem którego był realizowany sposób prostowania naciągowej blachy według wynalazku; fig. 2 ilustruje widok z boku modułu do pomiaru płaskości i grubości blachy; fig. 3 ilustruje ideowy schemat działania układu do prostowania naciągowej blachy; fig. 4 ilustruje parametry wzoru; fig. 5 i 6 dotyczą pomiarów prostowanej blachy i stanowią wykresy pomiaru naprężenia po stronie wklęsłej i wypukłej; fig. 7 ilustruje zwiększanie liczby pomiarów naprężeń w miejscach o największej stwierdzonej różnicy długości.

#### Przykład 1

W przykładzie wykonania wykonano prostowanie naciągowe blachy według wynalazku wykorzystując krąg blachy o grubości 4,0 mm, szerokości 2000 mm, w gatunku S355J2+N, wadze 22 000 kg oraz o wartości górnej granicy plastyczności  $R_{eH}$  wynoszącej 400 MPa. Dla materiału o takiej charakterystyce wyliczono korektę naciągu prostownicy wynoszącą 11,7 mm zgodnie ze wzorem:

$$2 \cdot (R_{eH}/E) \times 6 \text{ m} = 2 \times (400/205\ 000) \times 6 \text{ m} = 0,00195 \times 6 \text{ m} = 11,7 \text{ mm}$$

gdzie E oznacza moduł sprężystości Younga, a  $R_{eH}$  oznacza górną granicę plastyczności.

Prostowanie zgodnie z metodą według wynalazku zostało przeprowadzone z wykorzystaniem układu do prostowania blachy zilustrowanym na fig. 1 oraz obejmowało następujące etapy: nałożenie kręgu blachy na rozwijarkę 21, rozwinięcie kręgu do rolkowej prostownicy wstępnej 22, przejście blachy przez dół pętlowy 23, prostowanie w prostownicy naciągowej 24 oraz cięcie przy użyciu gilotyny 25 i układanie pociętych arkuszy blachy przy użyciu układacza 26. Sposób charakteryzuje się tym, że dodatkowo wykonywano pomiar parametru długości blachy dla każdego zakresu pomiarowego przy wykorzystaniu modułu do pomiaru płaskości i grubości blachy 31, który został zilustrowany na fig. 2.

Blacha z rozwijanego kręgu przechodzi przez koło pomiarowe 9 (por. fig. 2) enkodera obrotowego 7, które to koło jest sprzęgnięte z jedną z rolek napędzanych 8 rolkowej prostownicy wstępnej 22 w taki sposób, że impulsy generowane na jego wyjściu pojawiają się dokładnie co 1 mm posuwu blachy. Impulsy te wprowadzone są bezpośrednio na wejście taktujące próbkowanie przetwornika analogowo cyfrowego. Na wejścia analogowe tego przetwornika wprowadzone są sygnały od 4 do 20 mA ze wszystkich siedmiu czujników laserowych. Dane z przetwornika pobierane są w czasie rzeczywistym przez oprogramowanie zainstalowane na serwerze. Oprogramowanie to zapisuje wszystkie pomiary próbki w lokalnej bazie danych, z której udostępniane są one stacji terminalowej w celu ich dokładniejszej analizy. Schemat ideowy działania modułu 31 pokazano na fig. 3.

Po przejściu blachy przez rolkową prostownicę wstępną 22 wykonano pomiar długości pasma blachy za pomocą modułu pomiaru płaskości i grubości blachy 31 przy użyciu siedmiu czujników 5 laserowych rozmieszczonych w określonych punktach szerokości blachy jak na fig. 2. Dla znawcy w dziedzinie prostowania stali jest oczywiste, że liczba czujników 5 może być inna. Drgania blachy, spowodowane jej przesuwaniem są dużo większej częstotliwości niż falowanie spowodowane faktyczną krzywizną blachy, dlatego też są odfiltrowywane prostym filtrem dolnoprzepustowym. Dzięki dolnemu czujnikowi jest możliwy równoczesny pomiar odchyłek grubości blachy. Położenie czujników ilustruje tabela 1.

Tabela 1

Nr czujnika	Położenie czujnika w stosunku do szerokości blachy	Odległość położenia czujnika od krawędzi blachy
1	10 mm od krawędzi kręgu	10 mm
2	1/6 szerokość kręgu	333 mm
3	1/3 szerokość kręgu	667 mm
4	1/2 szerokość kręgu	1000 mm
5	2/3 szerokość kręgu	1333 mm
6	5/6 szerokość kręgu	1667 mm
7	10 mm od krawędzi kręgu	1990 mm

Następnie wykonano pomiar falistości rozwijanej wstęgi blachy dla każdego z odcinków o wymiarze ok. 6 m. Pomiar falistości przeliczano na długości pasma L zgodnie z następującym wzorem:

$$L = \int_0^{L_0} \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} dx \approx \sum_0^N \sqrt{(\Delta X_i)^2 + (\Delta Y_i)^2}$$

gdzie: x – współrzędna w kierunku prostowania, y – współrzędna w kierunku prostopadłym do powierzchni blachy (odniesienie do powierzchni z zerową falistością, por fig. 4),  $L_0$  – nominalną długością blachy, N – liczna punktów pomiarowych.

Pomiar falistości wykonano przy użyciu modułu do pomiaru płaskości i grubości blachy 31 wyposażonego w siedem czujników 5 oraz dodatkowo czujnik grubości 12. Dla znawcy w dziedzinie prostowania stali jest oczywiste, że pomiar płaskości i grubości blachy wykonany przez moduł 31 mógłby być wykonany w dowolnym momencie przed wprowadzeniem blachy do prostownicy naciągowej 24, to jest na przykład pomiędzy dołem pędowym 23 a prostownicą naciągową 24.

Dla każdego odcinka pomiarowego wykonano pomiary falistości i przeliczono je na długość poszczególnych odcinków, a uzyskane dane z poszczególnych czujników zawiera tabela 2. Następnie wybrano najwyższe wartości pomiaru dla każdego czujnika. W zakresie pomiarowym nr 1 dla odcinka 5 999 mm najwyższa wartość parametru L wynosiła 6 002 mm (czujnik nr 4), w zakresie pomiarowym nr 2 dla odcinka 6 001 mm najwyższa wartość parametru L wynosiła 6 002 mm (czujnik nr 3), natomiast w zakresie pomiarowym nr 2 dla odcinka 6 000 mm najwyższa wartość parametru L wynosiła 6 002 mm (czujnik nr 5). Wyliczono korektę długości ze względu na falistość, która stanowi różnicę pomiędzy długością odcinka pomiarowego a wyznaczoną najwyższą wartością długości pasma wyliczoną z odczytów poszczególnych czujników 5.

Tabela 2

Nr zakresu	Odcinek pomiarowy	Nr czujnika							Korekta długości
		1	2	3	4	5	6	7	
1	5 999	5 999	5 999	5 999	<b>6 002</b>	6 001	5 999	5 999	3
2	6 001	6 001	6 001	<b>6 002</b>	6 001	6 001	6 001	6 001	1
3	6 000	6 000	6 000	6 001	6 001	<b>6 002</b>	6 000	6 000	2
4	6 000	6 000	<b>6 003</b>	6 002	6 002	6 000	6 000	6 001	3
5	6 000	<b>6 000</b>	<b>6 000</b>	<b>6 000</b>	<b>6 000</b>	<b>6 000</b>	<b>6 000</b>	<b>6 000</b>	0
6	6 000	6 000	6 001	6 002	<b>6 003</b>	6 002	6 002	6 002	3
7	6 000	6 000	6 000	6 001	<b>6 002</b>	6 001	<b>6 002</b>	<b>6 002</b>	2

Dla pierwszych 4 zakresów pomiarowych metodą szumów Barhkausena wyznaczono różnicę średniej wartości parametru MPL (parametr charakteryzujący wartość składowej naprężenia w kierunku równoległym do kierunku prostowania) dla strony wklęsłej i wypukłej wyznaczoną na szerokości wstęgi rozwijanej blachy (w kierunku prostopadłym do kierunku prostowania). Uzyskane wyniki ilustruje tabela 3.

Tabela 3

Nr zakresu	Średnia wartość parametru MPL			Obserwacje
	Strona wklęsła	Strona wypukła	Różnica	
1	17	40	23	Elementy po cięciu laserowym wykazują odchylenia płaskości
2	60	35	25	
3	40	51	11	
4	15	7	8	Elementy po cięciu laserowym nie wykazują odchylenia płaskości
5	75	73	2	Elementy po cięciu laserowym wykazują odchylenia płaskości
6	4	25	21	
7	25	4	21	

W wyniku prowadzonych badań okazało się, że w przypadku gdy różnica średniej wartości naprężenia po stronie wklęsłej i wypukłej, wyrażonej za pomocą parametru MP, jest większa od 15, to następuje odkształcenie wyprostowanego uprzednio materiału, tak więc w takim przypadku występuje konieczność zwiększenia całkowitego wydłużenia i tym samym zmniejszenia naprężenia. W ramach prowadzonych badań przeprowadzono wiele testów, które pokazały, że do zmniejszenia różnicy wartości średniej naprężenia o 10 MP konieczne jest dodatkowe wydłużenie długości odcinka pomiarowego o 0,1%.

W związku z tym przeprowadzono dodatkową serię testów, w której dla zakresu pomiarowego nr 9 dokonano oprócz pomiaru długości pasma (por. tabela 4), wykonano także pomiar naprężeń (por. fig. 5).

Tabela 4

Nr zakresu	Odcinek pomiarowy	Nr czujnika							Korekta długości
		1	2	3	4	5	6	7	
9	6 000	6 000	6 001	6 002	6 003	6 002	6 002	6 002	3
10	6 000	6 000	6 000	6 001	6 002	6 001	6 002	6 002	2

Z wykresu stanowiącego fig. 6 wyliczono średnią wartość naprężenia po stronie wklęsłej wynoszącą 24,5 MP oraz średnią wartość naprężenia po stronie wypukłej wynoszącą 72,1 MP, a dodatkowe dane zawarto w tabeli 5.

Tabela 5

	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Wklęsła	24,457	11,613	0,475
Wypukła	72,057	23,930	0,332

Różnica średniej wartości naprężenia dla odcinka z zakresu nr 9 wyniosła 47,6 MP, a długość odcinka pomiarowego 6 000 mm. Tak więc obliczono korektę wydłużenia ze względu na naprężenie dla kolejnego zakresu pomiarowego zgodnie z następującym wzorem:

$$47,6 \text{ MP} / 10 * 0,1\% \times 6000 \text{ mm} = 28,56 \text{ mm}$$

W związku z uzyskanym wynikiem, przy prostowaniu odcinka pomiarowego nr 10 zastosowano wszystkie 3 składowe korekty: korektę ze względu na rodzaj materiału wynoszącą 11,7 mm, korektę ze względu na falistość (długość pasma) wynoszącą 2 mm (por. tabela 4) oraz korektę ze względu na

naprężenia materiału wynoszącą 28,56 mm. W sumie korekta wyniosła zatem 42,26 mm. Wykonano następnie pomiar naprężenia w zakresie odcinka pomiarowego nr 10, a uzyskany wynik ilustruje fig. 7 i tabela 6. Uzyskano średnią różnicę naprężeń na poziomie 10,669 MP i dla wyciętych elementów blachy nie zaobserwowano niekorzystnych odkształceń, arkusze pozostawały płaskie.

Tabela 6

	Wartość średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Wklęsła	31,647	4,582	0,145
Wypukła	42,316	6,549	0,155

Wszystkie odcinki z zakresów pomiarowych od 1 do 10 po prostownicy naciągowej były cięte na żadaną długość 6000 mm za pomocą gilotyny 25 a następnie tak uzyskane arkusze były układane w paczkach za pomocą układacza 26.

Zaletą sposobu prostowania naciągowej blachy według wynalazku jest to, że arkusze blachy oraz wykrawane z nich elementy nie odkształcają się i zachowują tym samym płaskość.

#### Przykład 2

W drugim przykładzie wykonania zrealizowano sposób według przykładu 1 z tym, że w sytuacji, gdy różnica MP pomiędzy stroną wklęsłą i wypukłą wynosi więcej niż 15, to zwiększa się o dwa liczbę pomiarów czujnikiem pomiaru naprężeń 21. Pomiar naprężeń wykonuje się symetrycznie w 12 punktach szerokości pasma blachy. Dodatkowo dla pasma szerokości gdzie wynik pomiaru długości pasma/płaskości jest najwyższy stosuje się w tym obszarze dodatkowe 2 punktu pomiarowe. Korektę naciągu prostownicy stosujemy dla pomiaru o najwyższej różnicy wyników naprężeń pomiędzy stroną wypukłą a wklęsłą ( $97-32 = 65$ ).

### Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób prostowania naciągowej blachy obejmujący następujące etapy: nałożenie kręgu blachy na rozwijarkę, rozwinięcie kręgu wstępne prostowanie, przejście blachy przez dół pętlowy, prostowanie w prostownicy naciągowej oraz cięcie i układanie pociętych arkuszy blachy, w którym zwiększa się wartość wydłużenia na prostownicy naciągowej w oparciu o charakterystykę materiałową stali danego kręgu blachy, **znamienny tym**, że zwiększa się wydłużenie określonego odcinka pomiarowego prostowanego na prostownicy naciągowej blachy o:
  - parametr długości stanowiący różnicę pomiędzy długością pomiarową a zmierzoną długością pasma zależną od jej falistości, przy czym parametr ten wyznacza się w oparciu o pomiar płaskości materiału oraz amplitudy falistości rozwijanej z kręgu blachy; oraz
  - parametr naprężenia wynoszący 0,01% dodatkowego wydłużenia w procesie prostowania naciągowego przypadające na każde 10 MP różnicy średniej wartości naprężenia po stronie wklęsłej i wypukłej, przy czym ten parametr wylicza się, gdy różnica średniej wartości naprężenia po stronie wklęsłej i wypukłej jest większa od 15 MP oraz stosuje się parametr ten do drugiego prostowanego zakresu pomiarowego na podstawie zmierzonych naprężeń z poprzedniego zakresu pomiarowego.
2. Sposób prostowania naciągowej blachy według zastrz. 1 **znamienny tym**, że parametr długości wylicza się na podstawie pomiarów wykonanych przy użyciu czujników (5).
3. Sposób prostowania naciągowej blachy według zastrz. 1 lub 2 **znamienny tym**, że parametr długości wylicza się na podstawie pomiarów prowadzonych w co najmniej trzech punktach, a korzystnie w siedmiu punktach na szerokości blachy.
4. Sposób prostowania naciągowej blachy według zastrz. od 1 do 3 **znamienny tym**, że pomiar płaskości wykonuje się co 1 mm na długości kręgu, a następnie oblicza się wskaźnik falistości dla zadanego zakresu pomiarowego, korzystnie wynoszącego 6000 mm.
5. Sposób prostowania naciągowej blachy według zastrz. 1 **znamienny tym**, że parametr naprężenia wylicza się na podstawie pomiarów naprężeń wykonanych na prostownicy naciągowej po obu stronach blachy.

6. Sposób prostowania naciągowego blachy według zastrz. 5 **znamienny tym**, że pomiary naprężeń wykonywane są w dwunastu punktach, przy czym pomiar ten wykonuje się na powierzchni blachy oraz na głębokości 0,2 mm wykorzystując efekt Barhausena.
7. Sposób prostowania naciągowego blachy według zastrz. 1 **znamienny tym**, że gdy różnica MP pomiędzy stroną wklęsłą i wypukłą wynosi więcej niż 15, to zwiększa się o dwa liczbę pomiarów naprężeń.

## Rysunki

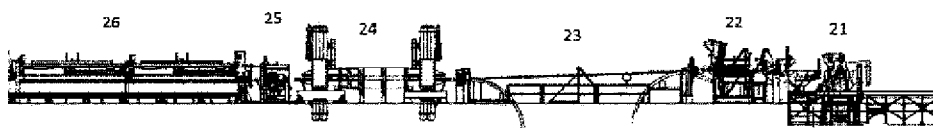


Fig. 1

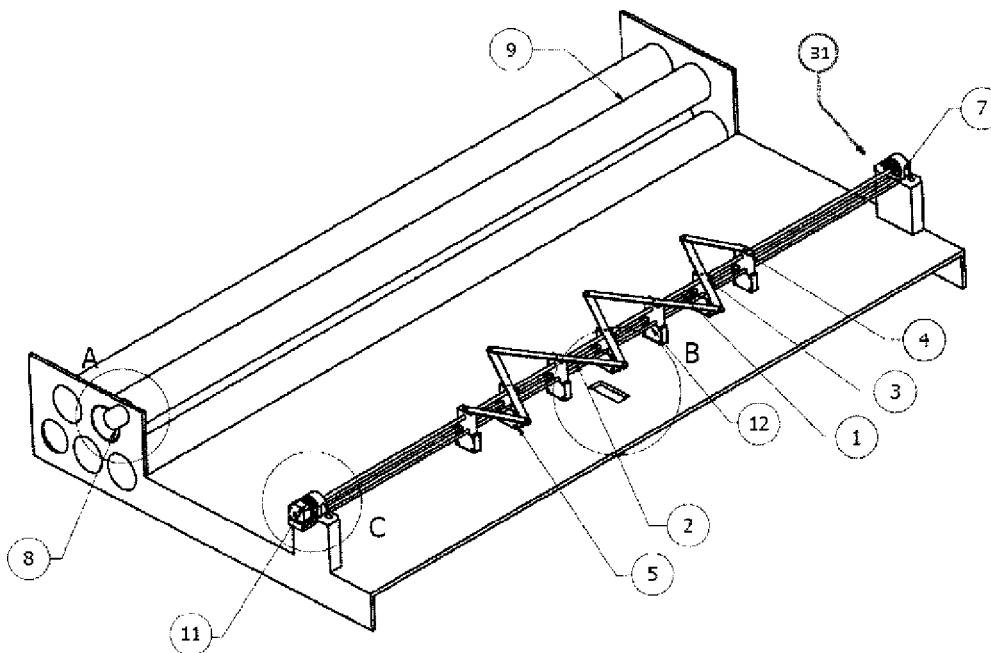


Fig. 2

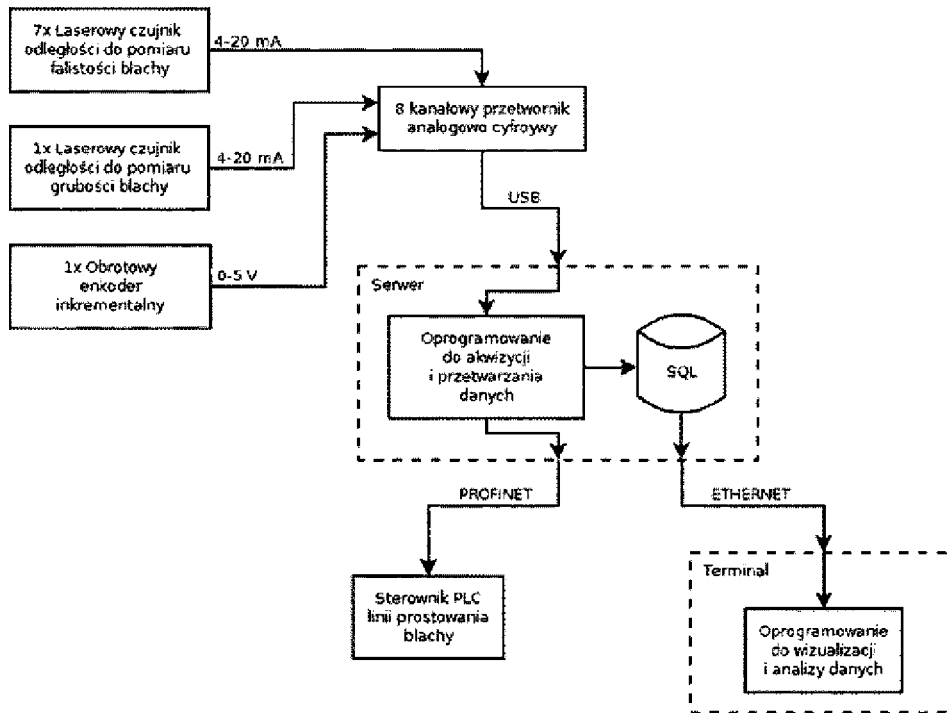


Fig. 3

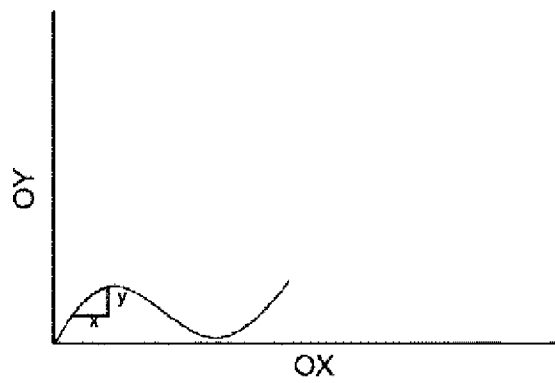


Fig. 4

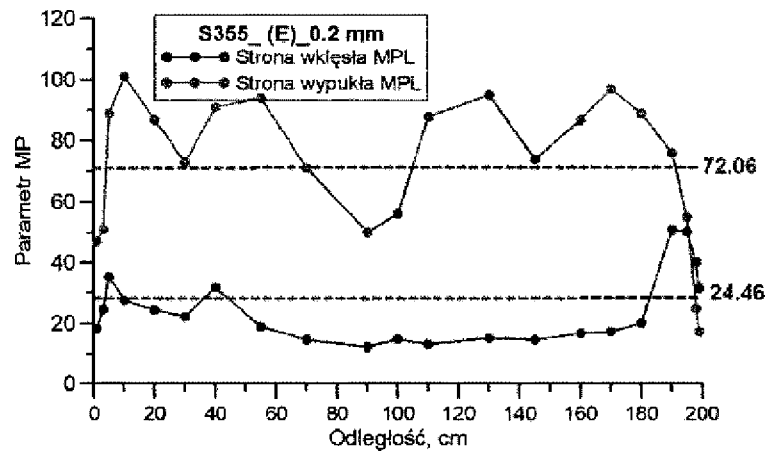


Fig. 5

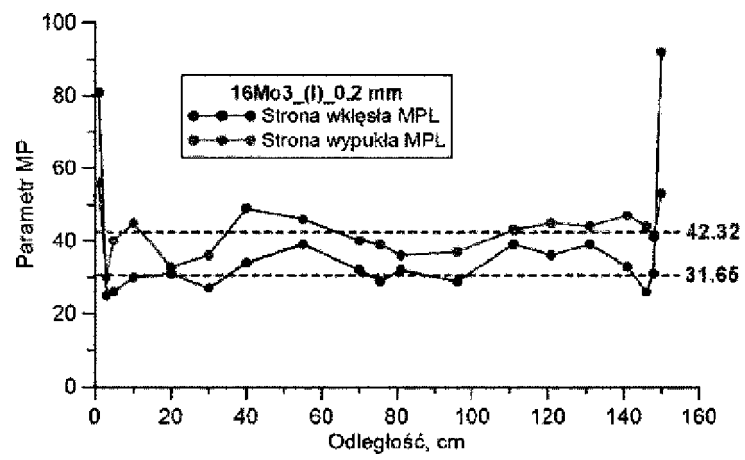


Fig. 6

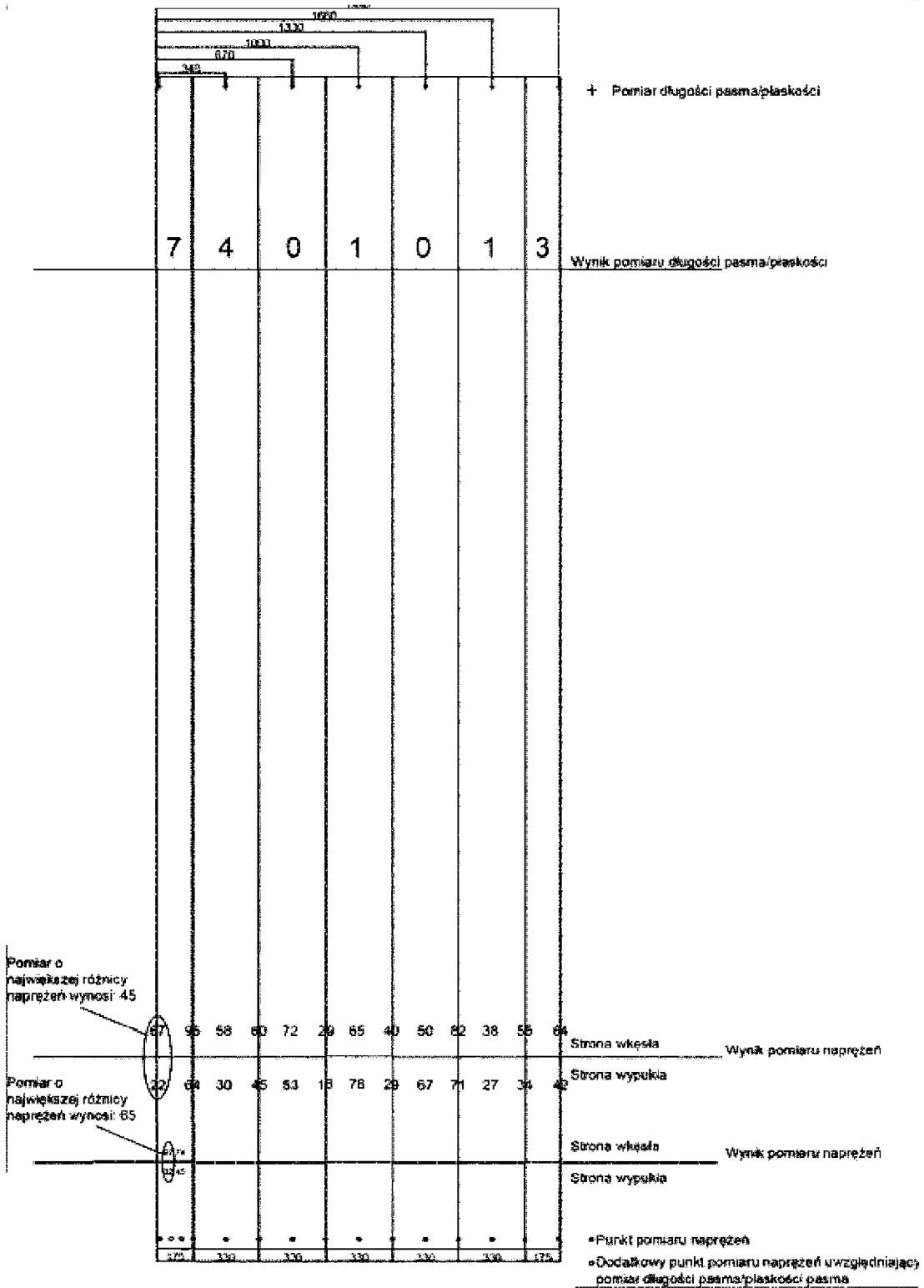


Fig. 7