

Współczesne oczyszczarki strumieniowo-ściernie

Część II. Budowa turbin śrutowniczych

Kazimierz Woźniak *

Podstawowym składnikiem instalacji oczyszczarek wirnikowych są turbiny śrutownicze [14]. Za tworzenie strumienia ścierniwa, który uderza w obrabianą powierzchnię, odpowiedzialny jest wirnik rzutowy turbin. Od budowy wirnika i parametrów jego pracy bezpośrednio zależą właściwości roboczego strumienia ścierniwa, a pośrednio – efekty obróbki strumieniowo-ścierniej. Poniżej przedstawiono zasadę działania turbin, ich strukturę konstrukcyjną. Opisano także budowę głównych zespołów i elementów turbin.

Struktura konstrukcyjna turbin śrutowniczych

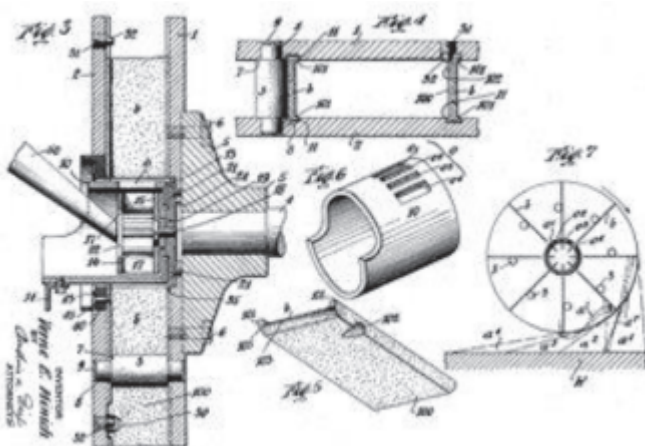
Współczesne konstrukcje turbin śrutowniczych są w zasadniczym stopniu oparte na patentach zgłoszonych przez V.E. Minicha w latach 1934–37 [10]. Wybrane ilustracje z patentów Minicha zamieszczono na rys. 1.

Zewnętrzny wygląd turbiny śrutowniczej zamontowanej w oczyszczarce wirnikowej przedstawiono na rys. 2, zaś budowę oraz najważniejsze jej części – schematycznie na rys. 3.

Podstawowe elementy turbiny śrutowniczej są widoczne na rys. 4. Przestrzeń robocza turbiny ogranicza



Rys. 2. Turbina śrutownicza zamontowana w oczyszczarce strumieniowej [4]



Rys. 1. Konstrukcja koła rzutowego zaproponowana przez V.E. Minicha [10]

z zewnątrz korpus (9) wykonany z grubościennych blach. Stanowi on konstrukcję nośną dla elementów ruchomych oraz wewnętrznych płyt osłonowych (8) stanowiących wewnętrzne wyłożenie korpusu. Wykonane są one z odpornych na ścieranie materiałów, najczęściej ze specjalnego żeliwa stopowego chromowo-molibdenowego.

W niektórych przypadkach, jak na przykład przy stosowaniu jako śrut dość kruchych mikrokulek ceramicznych, we-

* dr hab. inż. K. Woźniak, MARBAD sp. z o.o., Warszawa.

wewnętrzne płyty pancerne zastępowane są odpornymi na ścieranie elementami z tworzyw sztucznych – rys. 5.

Elektryczny silnik napędowy – rys. 3, posiada pogrubiony wał napędowy i wzmocnione łożyskowanie. Jest on zamontowany bezpośrednio do turbiny lub pośrednio za pośrednictwem przekładni pasowej. Do napędu wirnika rzutowego wykorzystywane są silniki o mocy od 3 do 90 kW, a nawet do 110 kW, dostosowane do rodzaju i wymiarów wirnika oraz rodzaju stosowanego śrutu i oczekiwanego wydatku śrutu, który może wynosić do 1500 kg/min z jednej turbiny.

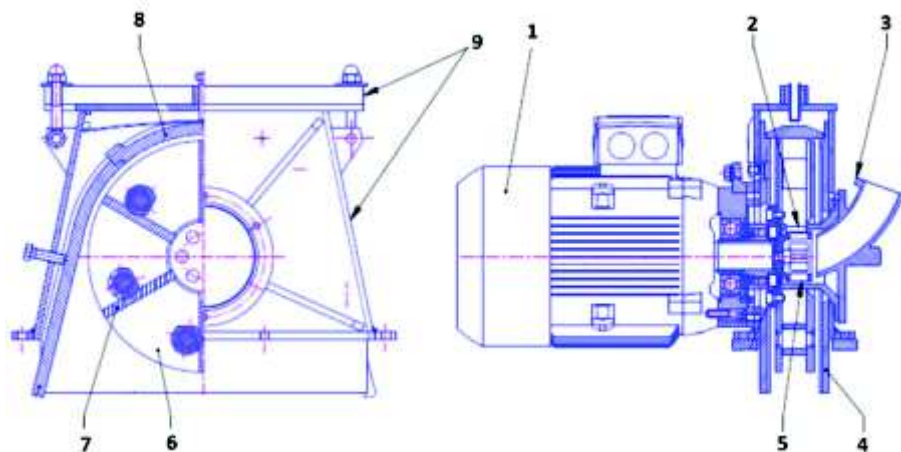
Przełączniki częstotliwości (falowniki) zamontowane w układzie elektrycznym zasilającym silnik napędowy umożliwiają płynną regulację jego obrotów, a tym samym prędkości obrotowej koła rzutowego. Jest to bardzo ważne narzędzie regulowania pracy turbiny śrutowniczej. Umożliwia ono wpływanie na prędkość wylotową śrutu opuszczającego łopatkę koła rzutowego, a tym samym na energię kinetyczną ziaren śrutu – rys. 6.

Obserwacja pracy silnika napędowego poprzez rejestracje natężenia prądu w jego układzie elektrycznym umożliwia kontrolę prawidłowości podawania śrutu do turbiny, a tym samym kontrolę prawidłowości przebiegu procesu obróbki strumieniowej. Z charakterystyki silnika elektrycznego wynika jakie jest natężenie prądu przy jego biegu jałowym, a jakie przy pełnym obciążeniu. W Tabeli 1 zamieszczono standardowe wartości natężenia prądu i wydajności dla turbiny napędzanej silnikami o różnej mocy.

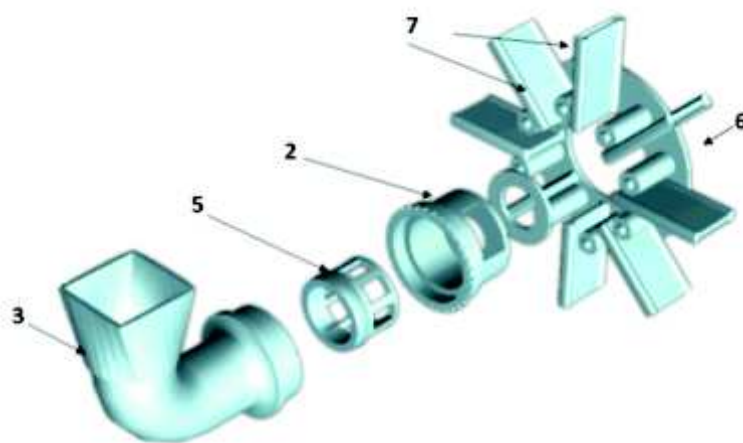
Jeżeli natężenie prądu wskazywane przez amperomierz odbiega od ustalonej wartości, lub jest zbliżone do wartości biegu jałowego, to znaczy, że kontroli wymaga system dozowania śrutu. Podobna sytuacja występuje jeżeli w instalacji z kilkoma turbinami występuje różnica wskazań amperomierzy poszczególnych turbin. Również wówczas należy sprawdzić pracę separatora i komory zasypowej.

Zespół koła rzutowego

W zespole tym wyróżnić można przedstawione na rys. 4 elementy: wirnik rozdzielczy (5) wraz z łopatkami (7), tule-



Rys. 3. Turbina śrutownicza oczyszczarki wirnikowej: 1 – silnik elektryczny, 2 – tuleja regulacyjna, 3 – lej dozujący ścierniwo, 4 – osłona boczna, 5 – wirnik rozdzielczy, 6 – tarcza koła rzutowego, 7 – łopatkę wirnika, 8 – płyty osłonowe, 9 – korpus wirnika [4]



Rys. 4. Elementy robocze turbiny śrutowniczej (oznaczenie jak na rys. 3) [4]



Rys. 5. Element z tworzywa sztucznego stosowany jako wyłożenie turbiny śrutowniczej stosowany do obróbki z zastosowaniem śrutu ceramicznego [4]

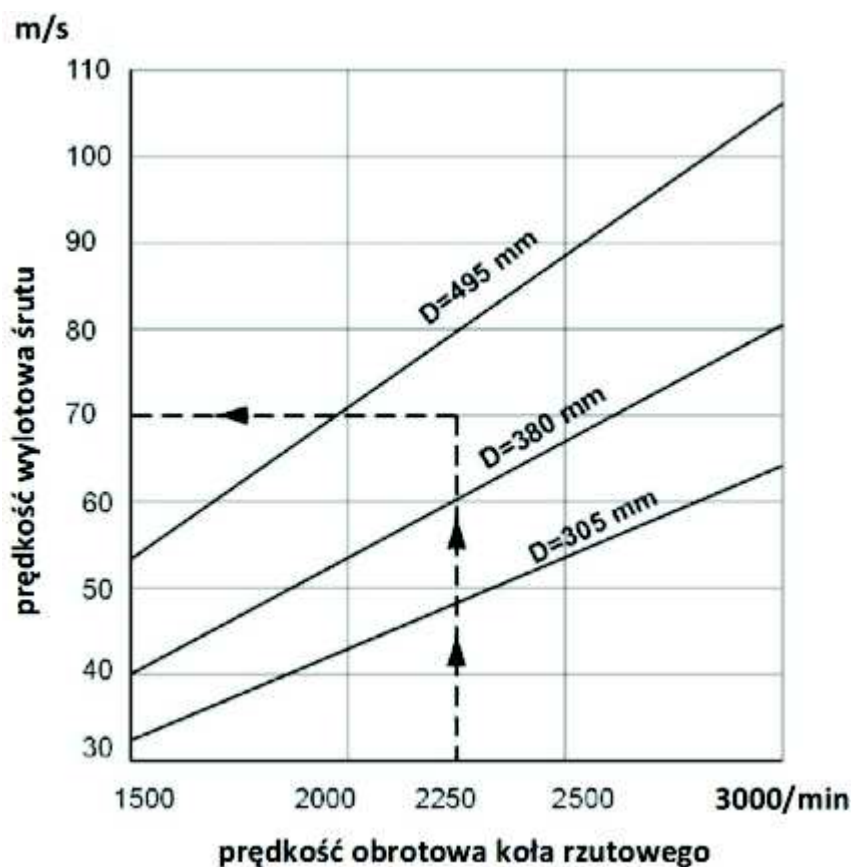
ję redukcyjną (2) oraz wirnik rozdzielczy (5). Koła rzutowe różnią się przede wszystkim średnicą i liczbą zainstalowanych w nim łopatek. Stosowanie wspólnie koła rzutowe mają średnice od 180 do 680 mm. W Tabeli 2

zamieszczono charakterystykę turbin śrutowniczych oferowanych przez firmę Pangborn.

W praktyce stosowane są najczęściej cztery podstawowe średnice kół rzu-

Tabela 1. Parametry pracy silników napędowych o różnej mocy przy pracujących turbinach rzutowych [5]

Moc silnika kW	Natężenie prądu, A			Średni wydatek śrutu na turbinę, kg/min
	bieg jałowy	pełne obciążenie	optymalne	
7,5	5	15	10	130
11	7	21	14	180
15	9	27	18	230
18,5	11	34	23	300
22	13	41	28	360
30	18	54	36	460
37	21	68	47	600
45	24	81	57	730
55	31	100	69	890



Rys. 6. Prędkość wylotowa śrutu w funkcji obrotów koła rzutowego dla różnych jego średnic [12]

Tabela 2. Specyfikacja techniczna turbin śrutowniczych (8 łopatek) firmy Pangborn, wg [7]

Model turbiny	Szerokość łopatek		Średnica koła rzutowego		Moc silnika napędowego kW	Maksymalne obroty obr/min
	mm	cale	mm	cale		
2,5 G1 szybkoobrotowa	63,5	2,5	330,2; 355,6; 381,0 406,4; 431,8	13; 14; 15 16; 17	7,35÷36,75	3600
2,5 G1 wolnoobrotowa	63,5	2,5	330,2; 355,6; 381,0 406,4; 431,8	13; 14; 15 16; 17	11,03÷36,75	1800
4 GI	101,6	4,0	355,6; 381,0 406,4; 431,8	14; 15 16; 17	18,38÷55,13	3600
5,5 GI	139,7	5,5	609,6	24	23,40÷73,50	1600

towych: 180, 320, 380 i 500 mm. W Tabeli 3 zamieszczono ich charakterystykę.

Rozwiązania konstrukcyjne współczesnych wirników różnią się głównie systemem mocowania łopatek do tarcz wirnika, szczegółami konstrukcyjnymi wirników rozdzielczych oraz tulei regulacyjnych. Zasadę działania wirnika rzutowego przedstawiono schematycznie na rys. 7. Śrut podawany jest w sposób ciągły przez lej do wnętrza wirnika rozdzielczego (2).

Wirnik rozdzielczy, przedstawiony na rys. 8, posiada tyle okienek ile jest łopatek w danym wirniku rzutowym. Jest on zamocowany do wirującego wirnika w ściśle określonej pozycji wyznaczonej przez widoczne wgłębienie i razem z nim wiruje. Wirnik rozdzielczy zmienia kierunek przepływu śrutu i nadaje ziarnom ścierniwa wstępne przyspieszenie i przez okienko wylotowe tulei regulacyjnej (3) podaje śrut porcjami na łopatki rzutowe.

Tuleja regulacyjna – rys. 9, jest nieruchoma i może być obracana o określony kąt, aby okienko wylotowe miało żądane położenie. Jest to bardzo istotny czynnik wpływający na proces obróbki.

Wirnik, składający się najczęściej z dwóch kół odsuniętych od siebie o szerokość łopatek, jest miejscem osadzenia łopatek oraz przenoszenia napędu z silnika. Na rys. 10 przedstawiono wirnik o średnicy 180 mm, w którym widoczne są wyfrezowane wgłębienia do mocowania 4 łopatek. Tuleje dystansowe ustalające odległość kół od siebie pełnią jednocześnie rolę zamków zabezpieczających łopatki przed wysunięciem się z gniazd. Sposób mocowania łopatek zależy przede wszystkim od ich kształtu i jest rozwiązywany w różny

sposób przez poszczególnych producentów.

Łopatki o kształcie umożliwiającym ich zamocowanie w wirniku przedstawionym na rys. 10 pokazano na rys. 11. Łopatki mogą być wykonane z żeliwa stopowego z dużą zawartością chromu, zaś w przypadku turbin stosowanych w oczyszczarkach pracujących z najtwardszymi śrutami stalowymi powinny być wykonane z węgla wolframu.

Wirnik z łopatkami zamontowanymi w turbinie przedstawiono na rys. 12. U dołu zdjęcia widoczna jest łopatka od strony zamocowania tuleją dystansową; w środku zdjęcia łopatka od strony szczytowej z widocznym jej przekrojem, zaś u góry widoczna jest powierzchnia robocza łopatki z widocznym jej niewielkim zużyciem.

Przedstawione na rysunkach 8÷11 elementy koła rzutowego są standardowymi rozwiązaniami stosowanymi najczęściej w praktyce obróbki strumieniowo-ścierniej. Poszczególni producenci turbin śrutowniczych stosuje własne, często opatentowane, rozwiązania. Asortyment składników koła rzutowego stosowanego przez firmę Agtos zamieszczono na rys. 13.

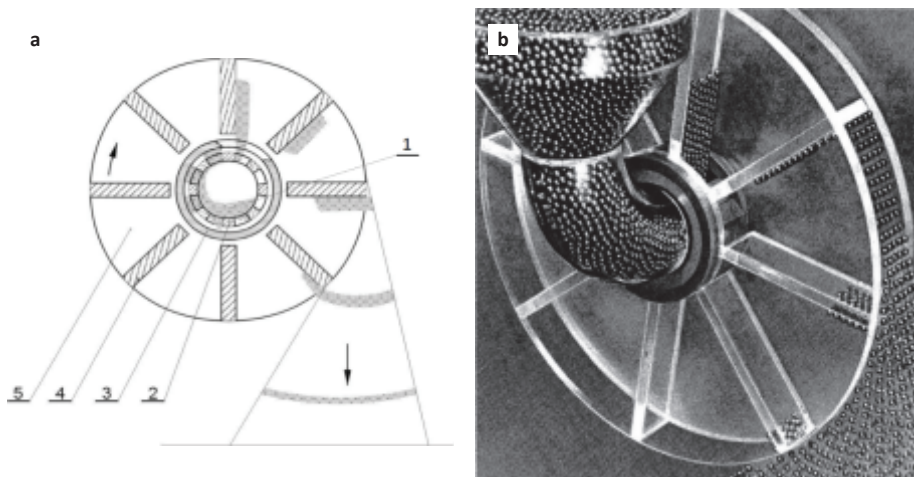
Zróżnicowany asortyment i zróżnicowaną konstrukcją różnych elementów turbin śrutowniczych stosują takie firmy jak Wheelabrator [9], Pangborn [7], lub Gostol [6]. Jednym z takich rozwiązań było wprowadzenie przez firmę Pangborn, w oparciu o patent amerykański nr 3872624 [13], łopatek wygiętych w kierunku obrotu wirnika – rys. 14.

Wygięte łopatki rzutowe mają zapewnić uzyskanie bardziej zwartej strumienia śrutu. Zapewniają one ponadto nadanie ziarnom śrutu większej o 27% prędkości niż łopatki proste, przy takiej samej prędkości obrotów silnika – rys. 15.

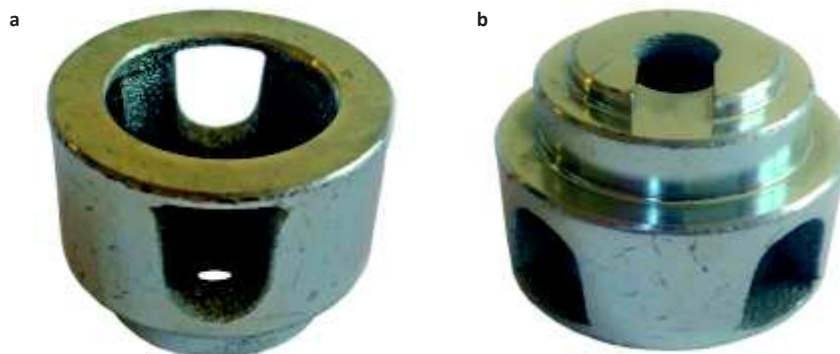
Nowy rodzaj łopatek w kształcie litery Y, określane jako łopatki Ruttena, proponuje firma Roesler [8] – rys. 16. Są to łopatki dwustronnie wygięte. Możliwe jest ich dwustronne wykorzystanie bez konieczności przekładania, a tylko przez zmianę kierunku obrotów koła turbiny [1]. Jedną z wielu ważnych właściwości kształtu łopatek Ruttena jest to, że ścierniwo może być wyrzu-

Tabela 3. Charakterystyka kół rzutowych o podstawowych średnicach stosowanych w oczyszczarkach wirnikowych

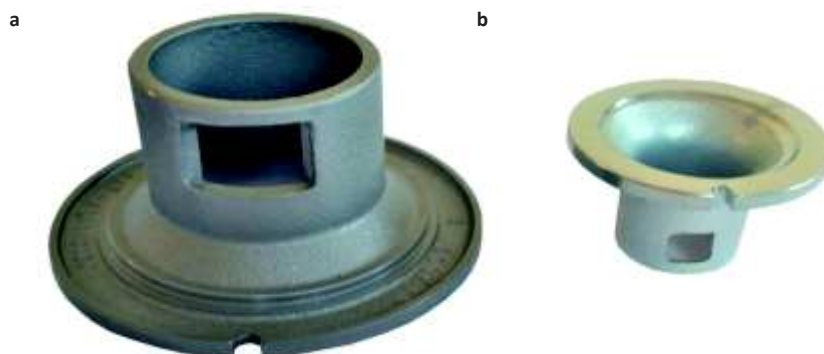
Parametr	180 mm	320 mm	380 mm	500 mm
Liczba łopatek	4	4 do 8	6 do 8	6 do 12
Moc silnika, kW	3	5,5 do 22	11 do 45	18,5 do 90
Max prędkość, obr/min	5500	5000	4500	4000
Max wydajność, kg/min	40	240	560	1500



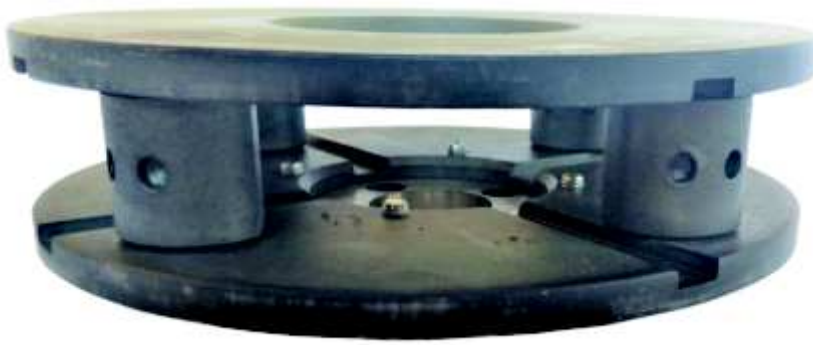
Rys. 7. Wirnik rzutowy z mechanicznym rozdziałem i przyśpieszeniem śrutu: a) zasada działania: 1 – śrut, 2 – wirnik rozdzielczy, 3 – tuleja regulacyjna, 4 – łopatki rzutowe, 5 – tarcza koła rzutowego [12], b) model turbiny śrutowniczej [2]



Rys. 8. Wirnik rozdzielczy (dystrybutor) z 4 oknami: a) widok od strony wlotu śrutu, b) widok od strony mocowania do wału silnika napędowego [4]



Rys. 9. Tuleje regulacyjne do wirnika rzutowego o średnicy: a) 300 mm, b) 180 mm [4]



mają spełnić wirniki rzutowe według polskiego patentu nr 142099 [11].

Wirnik z tego opisu patentowego przedstawiony na rys. 17a charakteryzuje się tym, że jest wyposażony w tarczę (1) z łopatkami prostymi (2), zwichrowanymi, przemiennie krótszymi i dłuższymi, przy czym łopatki o takiej samej długości są usytuowane względem siebie symetrycznie. Inne rozwiązanie przedstawione na rys. 17b zawiera tarczę (1) wyposażoną w łopatki (2), (3), (4) i (5) o różnych kształtach i jednakowej długości zamocowanymi kolejna na przemian.

Łopatki (2) posiadają powierzchnie roboczą wklęsło-wypukłą, łopatki (3) są zwichrowane i zagięte do przodu, łopatki (4) są zwichrowane o powierzchni wklęsło-wypukłej, zaś łopatki (5) o zmiennej krzywiznie powierzchni roboczej są zagięte do przodu. Łopatki o takim samym kształcie usytuowane są względem siebie symetrycznie.

Podsumowanie

W tej części opracowania przedstawiono różne rozwiązania konstrukcyjne turbin śrutowniczych, które sta-

Rys. 10. Wirnik turbiny śrutowniczej z czterema łopatkami [4]



Rys. 11. Łopatki wirnika o średnicy 300 mm: a) widok powierzchni roboczej, b) powierzchnia łopatki z zagłębieniem umożliwiającym zablokowanie za pomocą obrotowych tulei dystansowych



Rys. 12. Widok zespołu koła rzutowego w komorze turbiny śrutowniczej firmy CM [4]

cane z maksymalną prędkością dochodzącą do 130 m/s [8].

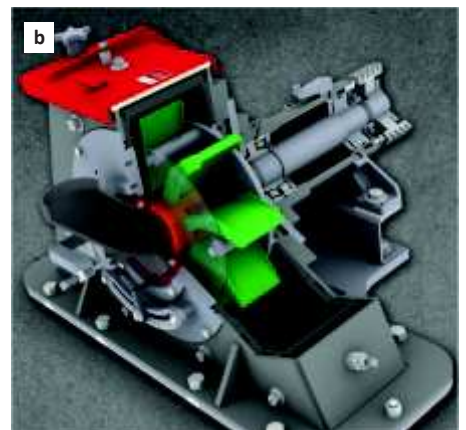
Dążenie do zapewnienia zwiększenia kąta rozrzutu śrutu w płaszczyźnie wirowania łopatek i w płaszczyźnie do niej prostopadłej oraz zwiększenie obszaru o równej gęstości podawania śrutu



Rys. 13. Elementy turbiny śrutowniczej firmy Agtos [3]



Rys. 14. Wirnik koła rzutowego (a) i turbina śrutownicza (b) z wygiętymi łopatkami firmy Pangborn [7]



WIERCENIE KSZTAŁTOWE

„JEŚLI CHODZI O KOSZTY, NIE UZNAJĘ KOMPROMISÓW!”

42 % mniej kosztów jednostkowych.
Schwanog. Reduktor kosztów!



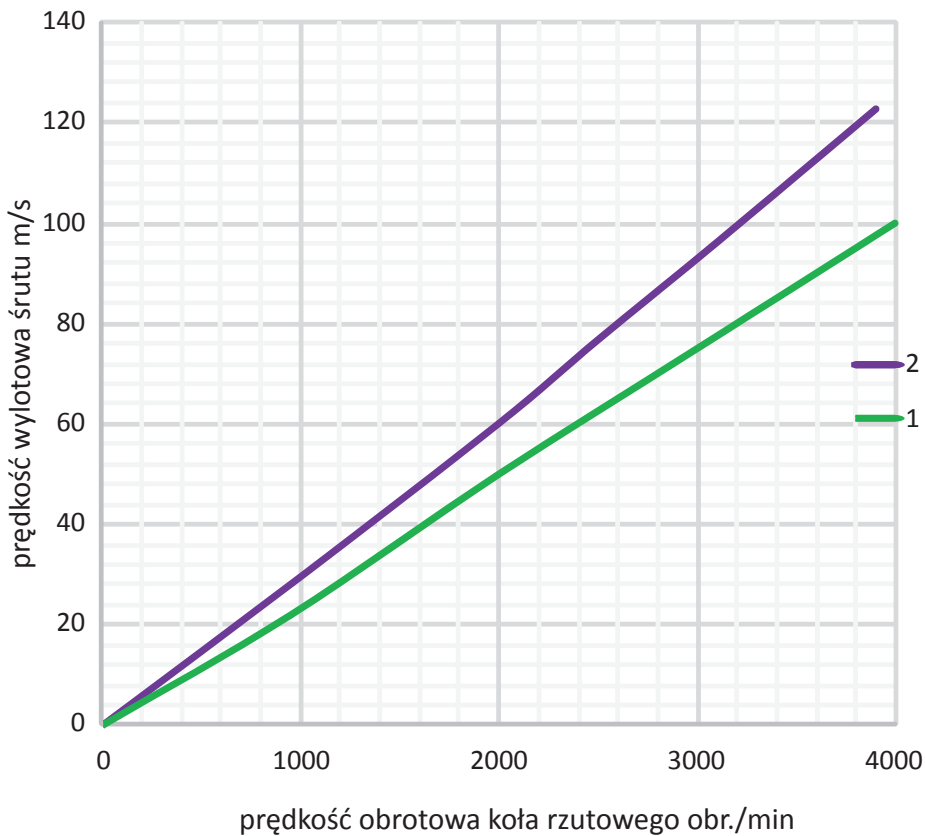
vma-werbeagentur.de

POBIERZ APLIKACJĘ:
SCHWANOG PRODUCTIVITY



Schwanog

www.schwanog.com



3. Materiały techniczne firmy Agtos (Niemcy) www.agtos.de
4. Materiały techniczne firmy CM (Włochy). www.cmspa.it
5. Materiały techniczne firmy Ervin Amasteel (USA). www.ervinindustries.com
6. Materiały techniczne firmy Gostol (Słowenia). www.gostol.tst-eu
7. Materiały techniczne firmy Pangborn (USA). www.pangborngroup.com
8. Materiały techniczne firmy Roesler (Niemcy). www.rosler.de
9. Materiały techniczne firmy Wheelabrator (USA). www.wheelabratorgroup.com
10. Minich V.E.: Abrasive wheel throwing machine. US Pat. 2 077 636 (1934); US Pat. 2 077 638 (1934); US Pat. 2 077 635 (1935); US Pat. 2 077 637 (1937); US Pat. 2 077 639 (1937).

11. Niedźwiecki Z.: Wirnik rzutowy oczyszczarki śrutowe. Pat. Polski 142 099 (1990).

12. Piosik T.: Wirnikowe oczyszczarki strumieniowo-ścierne. Materiały Sympozjum *Metody i środki do strumieniowo-ściernej przygotowania podłoży metali pod powłoki ochronne*. IMP, Hajnówka 2001, s. 89-96.

13. Ramaswamy K.S.: Curved vane for throwing wheels. US Pat. 3 872 624 (1975).

14. Woźniak K.: Współczesne oczyszczarki strumieniowo-ścierne. Część I. *Obróbka Metalu* nr 3/2017, s.58-66.

Rys. 15. Prędkość wylotowa śrutu w funkcji obrotów koła rzutowego i kształtu łopatek rzutowych: 1 – łopatki proste, 2 – łopatki wygięte [6]



Rys. 16. Wirnik turbiny śrutowniczej z łopatką Ruttena [8]

dzaju instalacje umożliwiające sterowanie strumieniem śrutu takie możliwości stwarzają.

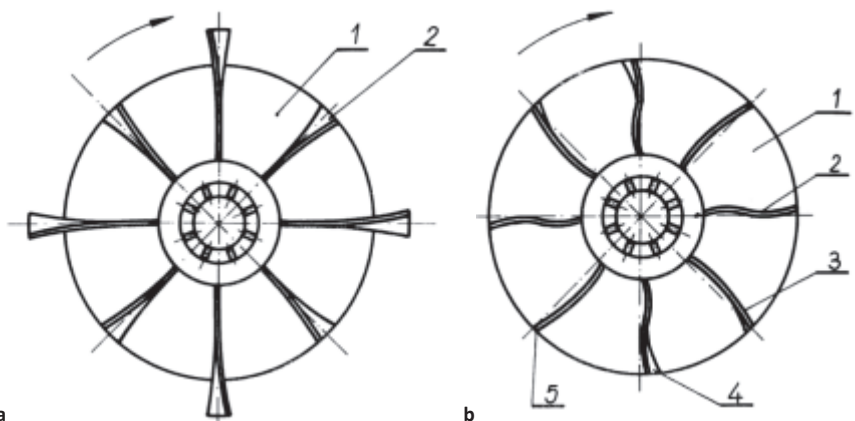
Literatura

1. Buś J.: Tajemnice wirnika Ruttena. *Lakiernictwo Przemysłowe*, 2011, nr 4, s. 36-37.

2. Horowitz E.J.: *Oberflächenbehandlung mittels Strahlmitteln*. Vulkan-Verlag, Essen 1982.

nowią „serce” współczesnych oczyszczarek wirnikowych. Wybór właściwej śrutownicy i dobre ustawienie parametrów jej pracy jest, obok odpowiednich parametrów obiegu powietrza w oczyszczarce, czynnikiem zapewniającym uzyskanie założonych efektów obróbki strumieniowo-ściernej.

Oferowane współcześnie turbiny, jak również wyposażenie w różnego ro-



Rys. 17. Wirnik rzutowy z łopatkami kształtowymi o różnej długości (a) i łopatkami kształtowymi zwichrowanymi, zagiętymi do przodu i tyłu (b) [11]