

*Arkadiusz Tomas\*, Piotr Matusiak\*, Mariusz Bał\**

## AUTOMATYCZNE PRÓBOWIORNIKI MATERIAŁÓW SYPKICH STOSOWANE W PRZEMYSŁE

---

### 1. Wstęp

W ciągu ostatnich 10 lat zaobserwować można wzrost nacisku na jakość dostarczanego produktu, ze strony odbiorców, szczególnie instytucjonalnych. Elektrownie i elektrociepłownie przykładają coraz większą wagę do jakości dostarczanego paliwa. Dzieje się tak z powodu ciągłego dążenia do optymalizacji kosztów, oraz konieczności rozliczania emisji CO<sub>2</sub>. Na dzień dzisiejszy większość elektrowni węglowych, oraz znaczna część elektrociepłowni wyposażona jest w próbowniki automatyczne, stosowane do pobierania próbek paliwa, badanych laboratoryjnie. Generalnie próbowniki instalowane są jako systemy do badania jakości dostaw, oraz do rozliczania emisji CO<sub>2</sub>, jak również badania jakości stosowanej biomasy.

Próbowniki automatyczne stają się niezbędnym wyposażeniem zakładów wydobywczych i przerobczych surowców mineralnych.

Pobieranie próbki realizowane jest zgodnie z normą:

- PN-ISO 13909-2:2004 [1],
- PN-EN ISO 13909-5:2005 [2]
- PN-90/ G-04502 [3].

Systemy są certyfikowane na zgodność z normą przez GIG lub ICHPW.

Automatyczne pobieranie próbek realizowane jest również w przemyśle spożywczym (w badaniu jakości zbóż, produktów sypkich), wody i ścieków, paliwowym, dla paliw alternatywnych, popiołów elektrowniowych (w rozwiązaniach zagranicznych).

W związku z koniecznością ciągłej poprawy jakości produktu, oraz potrzebą dokumentowania jej, w świetle przemian rynkowych, oraz faktu, że większość użytkowników instytucjonalnych posiada urządzenia zdolne kontrolować jakość odbieranego produktu, stosowanie próbowników automatycznych w zakładach przerobczych węgla, wydaje się być wręcz konieczne.

---

\* Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice

Próbobranie materiałów sypkich nie jest tematem nowym. Historycznie realizowane było głównie poprzez ręczny pobór próbki, za pomocą prostych mechanicznych urządzeń czy wręcz łopaty. Sposób taki nie jest jednak wiarygodny, obarczony jest znacznym ryzykiem błędu ludzkiego, niekompetencji, brak mu powtarzalności warunków poboru, jest również kłopotliwy technologicznie, ponieważ przy poborze z taśmociągu wymaga zatrzymania taśmy, co powoduje przestoje, znaczne obciążenia napędów, stwarza też dodatkowe ryzyko wypadkowe — pracownik przebywa w bezpośrednim pobliżu taśmociągu.

W ubiegłym wieku powstało kilka koncepcji mechanicznego poboru próbki. Nie znalazły one jednak szerokiego zastosowania. Dopiero w końcu lat 90 ubiegłego, a szczególnie na początku obecnego wieku, nastąpiło istotne zwiększenie zainteresowania próbobiornikami, w związku z wyżej wymienionymi powodami (jakość i emisje CO<sub>2</sub>). Na szersze stosowanie urządzeń miał wpływ ogromny rozwój automatyki, napędów i sterowań. Współczesne systemy są w pełni autonomiczne, wizualizowane i programowalne, cechują się dużą niezawodnością, łatwością obsługi. Urządzenia i sterowania są w imię postępu i rosnących potrzeb ciągle usprawniane.

## 2. Charakterystyka konfiguracji systemów

Systemy poboru próbki charakteryzują się indywidualnymi konfiguracjami (rys. 1–3), zależnymi od wymagań użytkowników oraz lokalnych warunków zabudowy.

Kluczowym elementem systemu jest próbobiornik. Obecnie w zastosowaniu są następujące rozwiązania:

- próbobiorniki pobierające próbkę bezpośrednio z taśmociągu w ruchu:
  - łyżkowe obrotowe o ruchu złożonym,
  - z ramieniem łamanym (KOMAG),
  - z ruchem prostym (KOMAG),
- próbobiorniki pobierające próbkę z przesypu lub zsypu:
  - szufladowe z szufladą z dnem otwieranym,
  - rynnowe ze zgarniaczami,
  - kubelkowe pracujące w poprzek (rzadko stosowane),
  - z pojemnikiem dosuwanym,
  - łopatkowe (KOMAG).

Każde z wymienionych (rys. 1–3) urządzeń może być wyposażone w kruszarkę z podzielnikiem, pomniejszającą ziarno i dzielącą próbkę w stosunku 9:1 (10:1), gdzie mniejsza część, tzw. próbka właściwa, trafia do pojemnika, natomiast część większa, tzw. nadmiar, do pojemnika, na taśmę z której była pobrana próbka pierwotna, na inną taśmę lub np. do wagonu. Powrót nadmiaru realizowany jest przenośnikami taśmowymi, zgrzeblowymi lub grawitacyjnie. Odchodzi się od przenośników kubelkowych i ślimakowych, ponieważ przy węglu powodowały duże problemy eksploatacyjne (zapychanie przenośników). Spotyka się

również rozwiązania z pojemnikiem odbiorczym próbki pierwotnej, gdzie mielenie i podział realizowane jest w laboratorium. Próbka pierwotna dostarczana jest do kruszarki gravitacyjnie bądź przenośnikiem, kruszarka może znajdować się w takim układzie w bezpośredniej bliskości próbobiornika, lub na podestach, czasem nawet na piętrze poniżej.

Kruszarki stosowane są jako 2 i 4 walcowe, w zależności od uziarnienia wstępnego jak i wymaganego uziarnienia końcowego. Dopuszczalne jest 4-krotne zmniejszenie ziarna na jednym stopniu mielącym.

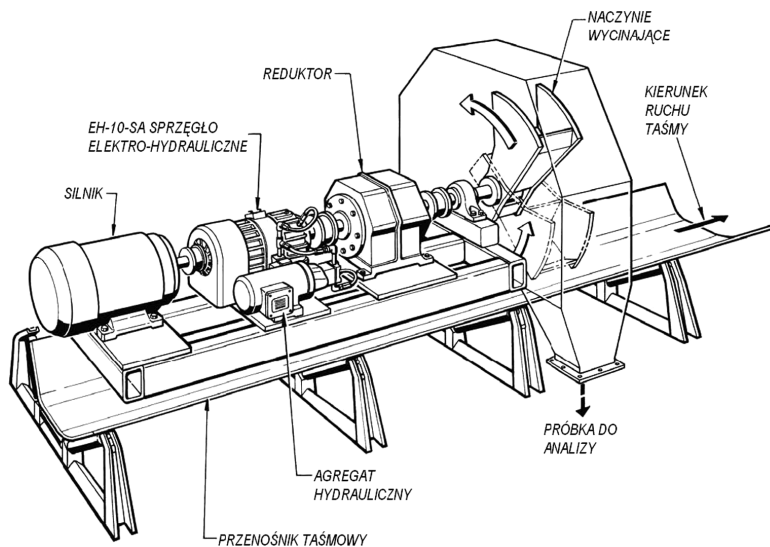
Przykładowe schematy przedstawiono w rozdziale 5.



**Rys. 1.** Próbobiornik obrotowy z kruszarką i podzielnikiem M&W Jawo



**Rys. 2.** Próbobiornik obrotowy M&W Jawo



Rys. 3. Próbnobiornik pobierający w poprzek taśmy z ruchem obrotowym naczynia, produkcja Force Control

### 3. Sterowanie

Sterowanie systemem są realizowane jako lokalne, lub wpięte w system nadrzędny, z możliwością wizualizacji np. w dyspozytorni, oraz sterowania/programowania pracy na odległość.

Sterowanie realizowane jest drogą kablową, po sieciach istniejących, nowobudowanych oraz radiowo. Przy samym urządzeniu zlokalizowana jest szafa sterownicza, umożliwiająca pełne sterowanie automatyczne lub ręczne systemem. Sterowanie może pobierać sygnały z czujników ruchu taśmociągu, czujnika obecności węgla oraz z wagi. Pojemnik na próbkę można wyposażyć w czujnik wypełnienia.

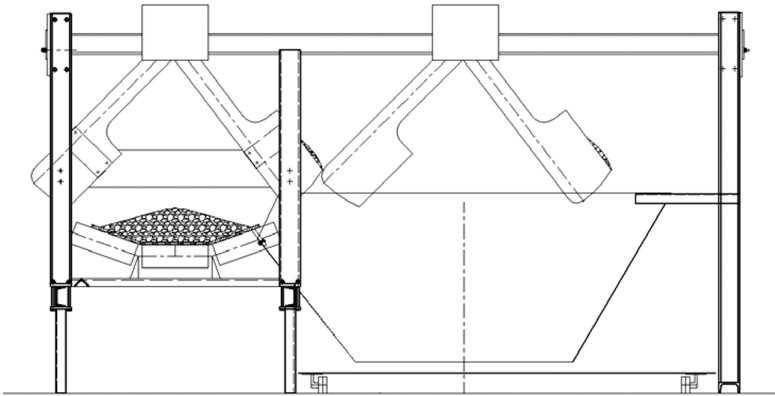
### 4. Zalety automatycznego poboru próbki

Zalety automatycznego poboru względem poboru ręcznego:

- powtarzalność;
- programowanie, które może być uzależnione od masy partii, ilości wagonów, czasu poboru, uwzględnia przerwy w ruchu taśmy, brak węgla na taśmie;
- pobór materiału z całego przekroju strugi;
- pomniejszanie i dzielenie próbki automatycznie;
- automatyczna odstawa nadmiaru próbki.

## 5. Schematy najczęściej spotykanych układów

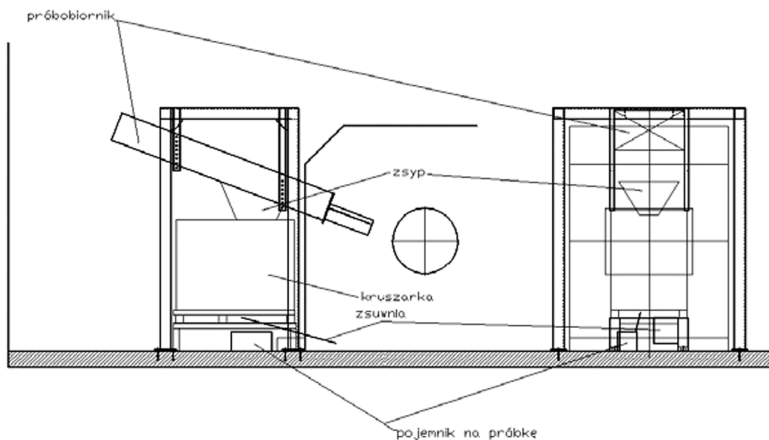
Poniżej przedstawione zostały schematy najczęściej spotykanych rozwiązań automatycznych systemów poboru próbki, realizowanych w obiektach przemysłowych. Na rysunku 4 przedstawiony został system poboru próbki koksu w poprzek taśmy, do pojemnika. Kruszenie i podział realizowane w innym pomieszczeniu.



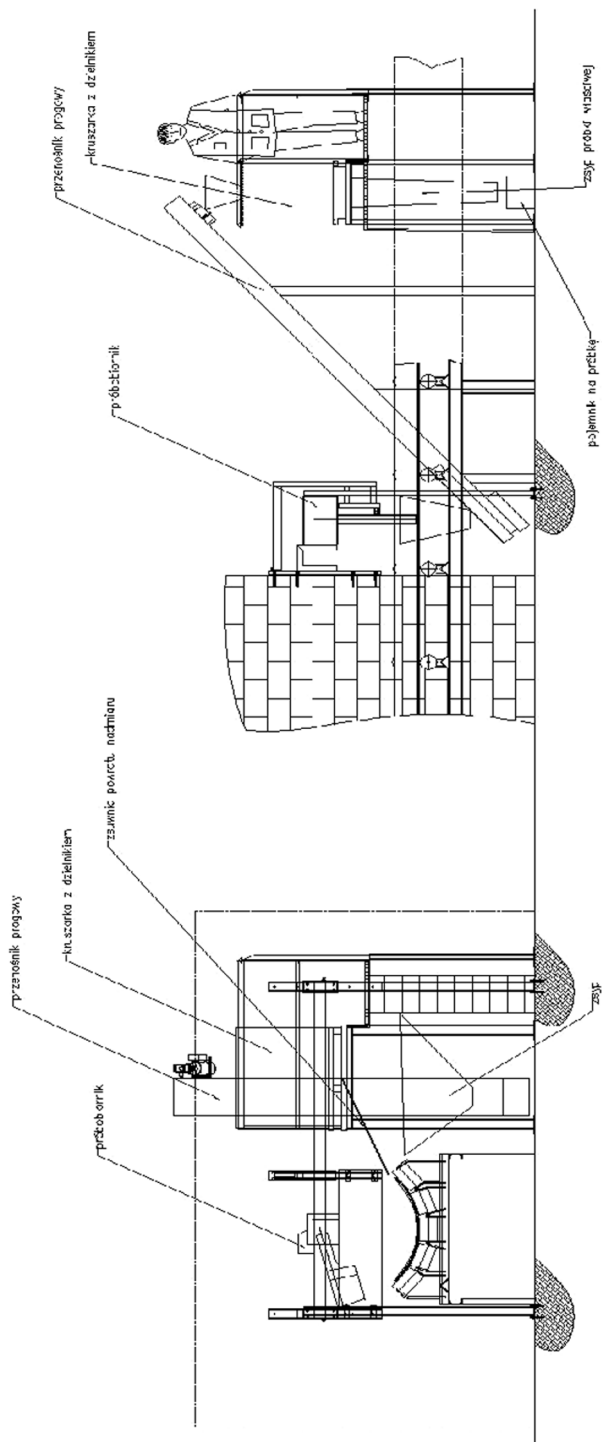
Rys. 4. System poboru próbki koksu w poprzek taśmy, do pojemnika

Rysunek 5 przedstawia system poboru próbki z przesypu, z kruszarką, nadmiar kierowany jest do przesypu zsuwnią.

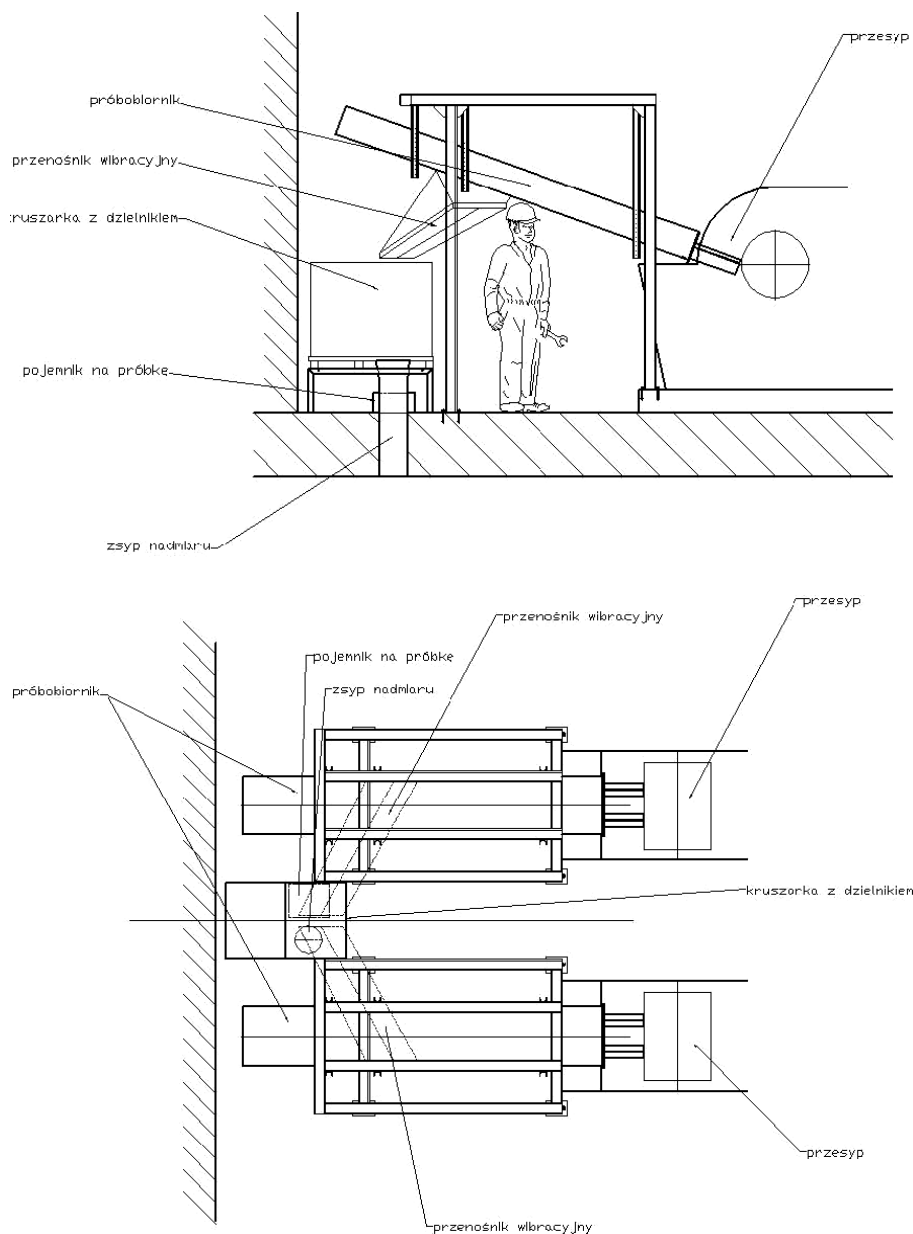
Na rysunku 6 przedstawiono system poboru próbki w poprzek taśmy, próbka pierwotna transportowana przenośnikiem progowym do kruszarki, nadmiar kierowany na taśmociąg zsuwnią wibracyjną.



Rys. 5. System poboru próbki z przesypu, z kruszarką



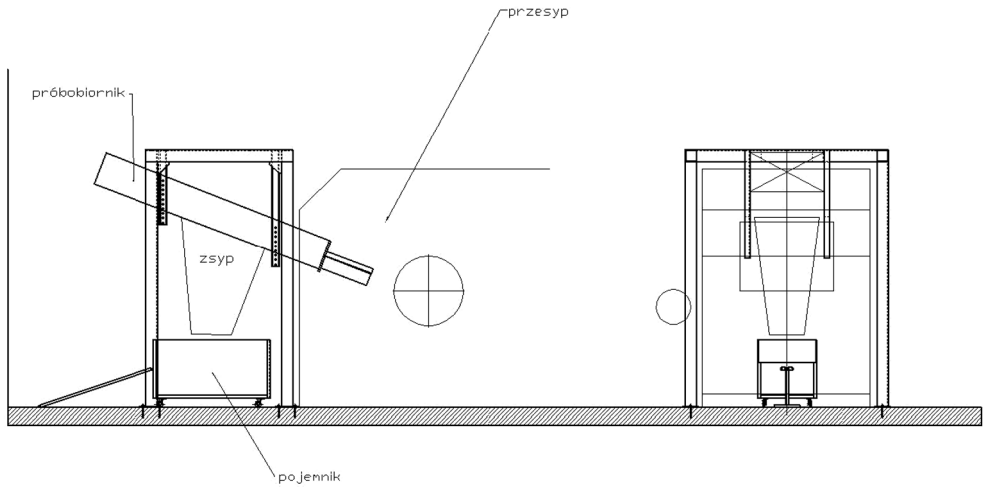
**Rys. 6.** System poboru próbki w poprzek taśmy



**Rys. 7.** System z dwoma próbownikami pobierającymi próbkę z przesypu

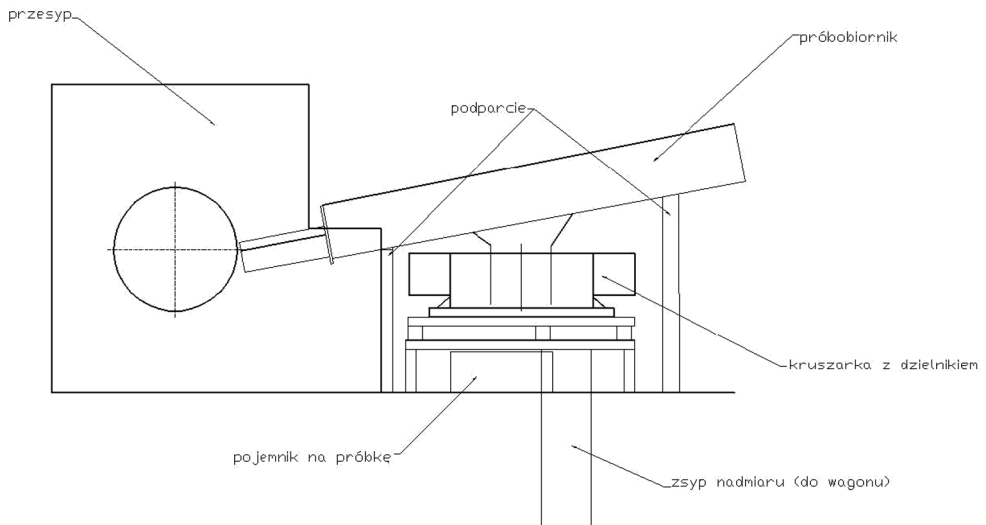
Rysunek 7 przedstawia system z dwoma próbownikami pobierającymi próbkę z przesypu, kierującymi ją do jednej kruszonki, zwrot nadmiaru grawitacyjny na przenośnik znajdujący się piętro niżej. Przenośniki opróbowywane pracują zamiennie.

Rysunek 8 ukazuje system poboru próbki z przesyphu, bez kruszarki, z pojemnikiem odbiorczym. Mielenie i podział odbywa się całkowicie w laboratorium.



**Rys. 8.** System poboru próbki z przesyphu, bez kruszarki

Na rysunku 9 pokazany został system poboru próbki z przesyphu, z kruszarką dwuwalcową, zwrot nadmiaru bezpośrednio do wagonu, grawitacyjnie.



**Rys. 9.** System poboru próbki z przesyphu, z kruszarką dwuwalcową



## 6. Problemy związane z zabudową

Istniejące zakłady przeróbcze, jak i elektrownie czy elektrociepłownie, budowane były bez uwzględnienia instalacji próbobiorniczych. Dopiero nowoprojektowane zakłady mają przewidziane już w fazie projektu odpowiednie lokalizacje. Głównym problemem, na jaki napotyka się podczas projektowania systemu poboru próbki, jest jego lokalizacja. Cecha ta musi uwzględniać szereg czynników, takich jak ilość dostępnego miejsca, układ przenośników, przejścia technologiczne, ewakuacyjne, drogi transportowe, możliwość odstawy nadmiaru, istniejące instalacje. W związku z tym, kluczową cechą urządzeń wchodzących w skład systemu są ich gabaryty, zwłaszcza wysokość i szerokość w przypadku próbobiornika pobierającego z taśmy, oraz długość w próbobiorniku pobierającym z przesypu/zsypu.

W drugim przypadku na długość ma decydujący wpływ wysokość kruszarki, która determinuje kąt podniesienia próbobiornika, dla próbobiornika rynnowego są to maksymalnie 21–24°, próbobiornik szufladowy z szufladą otwieraną może pracować pod kątem nawet 35°, jednak potrzebuje około 1 m więcej miejsca na wysokości, z powodu otwieranego dna. Próbobiornik rynnowy znowu potrzebuje około 1 m więcej miejsca w tylnej części, na wybieg rynny.

## 7. Próbobiornik PMSN KOMAG

W odpowiedzi na występujące problemy instalacyjne oraz eksploatacyjne, KOMAG opracował najmniejszy obecnie innowacyjny próbobiornik [4, 5] pobierający z taśmy, oraz najmniejszą 2/4 kruszarkę walcową, umożliwiające instalację systemu w miejscach dotychczas niedostępnych, o znacznie uproszczonej konstrukcji, redukującej koszty wytworzenia urządzenia, instalacji systemu oraz powodujące wzrost niezawodności i przedłużenie żywotności.

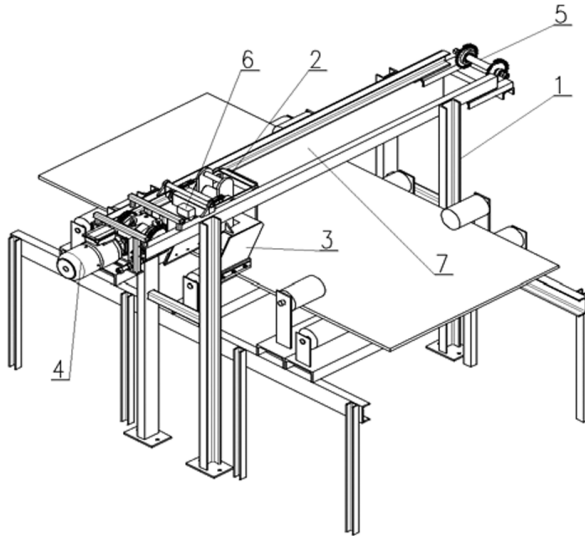
### 7.1. Budowa i zasada działania próbobiornika PMSN KOMAG

Urządzenie, przedstawione na rys.10, składa się z następujących modułów: konstrukcji nośnej (1), układu ruchowego (2), naczynia pobierającego próbkę (3), zespołu napędowego (4) oraz zwrotni (5), elektromagnesu (6). Do konstrukcji nośnej zamocowana jest płyta oporowa tylnia (7).

Układ ruchowy ma postać wózka jezdnego z czterema rolkami poruszającymi się w prowadnicach. Rolki ułożyskowane są na osiach zamocowanych do wózka, który wykonany jest jako konstrukcja skrzynkowa. Do wózka zamocowane są uchwyty łańcuchów napędowych.

Naczynie wykonane jest jako konstrukcja skrzynkowa, bez dna, z dołu zamocowana jest guma, której wysokość roboczą można regulować, w razie zużycia oraz potrzeby korekty wysokości, np. przy montażu. Naczynie zamocowane jest wahadłowo na sworzniu, co

umożliwia jego odchylenie. Podczas poboru we właściwej pozycji utrzymuje je płyta oporowa poprzeczna, do której dociskane jest siłą oporu pochodzącą z przecinanego materiału. Napór przenosi na płytę oporową tylnią rolką oporowa.



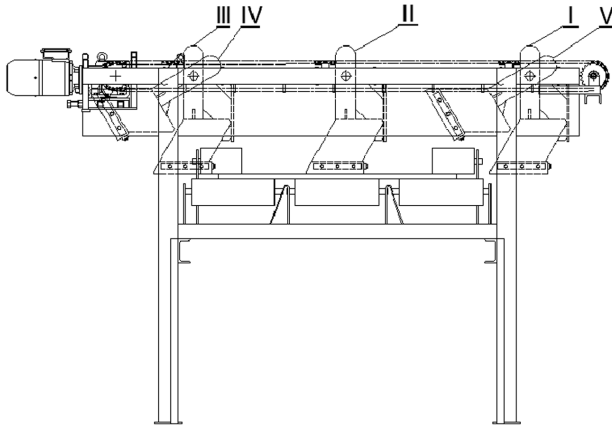
**Rys. 10.** Próbobniornik PMSN KOMAG, najmniejszy ze znanych obecnie próbobniorników pobierających próbkę z taśmociągu w ruchu, w poprzek taśmy

Po opróżnieniu, za pomocą zderzaka, wymuszane jest podniesienie naczynia do pozycji bezkolizyjnej, w której utrzymywane jest za pomocą elektromagnesu. W takiej pozycji wraca do punktu startowego, gdzie po sygnale z czujnika elektromagnes zwalnia naczynie, które wraca do pozycji roboczej. Naczynie posiada z boku rolkę oporową, która przenosi siłę naporu strugi na płytę oporową tylnią i konstrukcję nośną.

Zespół napędowy składa się z motoreduktora o mocy 1,5 kW, obrotach wyjściowych  $n = 44$  obr./min. Na wale motoreduktora zamocowane są obustronnie dwa koła łańcuchowe. Do przeniesienia napędu służą dwa łańcuchy.

Zwrotnia składa się z dwóch kół łańcuchowych, ułożyskowanych na osi zamocowanej do konstrukcji nośnej. Motoreduktor zamocowany jest na płycie, poprzez mechanizm naciągu łańcuchów, do konstrukcji nośnej.

Sposób wykonania poszczególnych zespołów zapewnia ich kompaktowość, dając możliwość łatwej adaptacji do lokalnych warunków i wymagań. Urządzenie może obsługiwać taśmociąg dowolnej praktycznie szerokości i wysokości, napęd może być realizowany również pneumatycznie, hydraulicznie, naczynie może być wychylane także za pomocą napędów elektrycznych, hydraulicznych czy pneumatycznych. Ta elastyczność ułatwia dostosowanie urządzenia do lokalnych warunków, w jakich ma być zainstalowane oraz wymagań użytkownika. Istnieje możliwość wykonania przeciwwybuchowego.



**Rys. 11.** Charakterystyczne pozycje naczynia pobierającego próbkę.

Na rysunku dla przejrzystości nie pokazano blach profilujących strugę oraz zsypu wraz z osłonami:

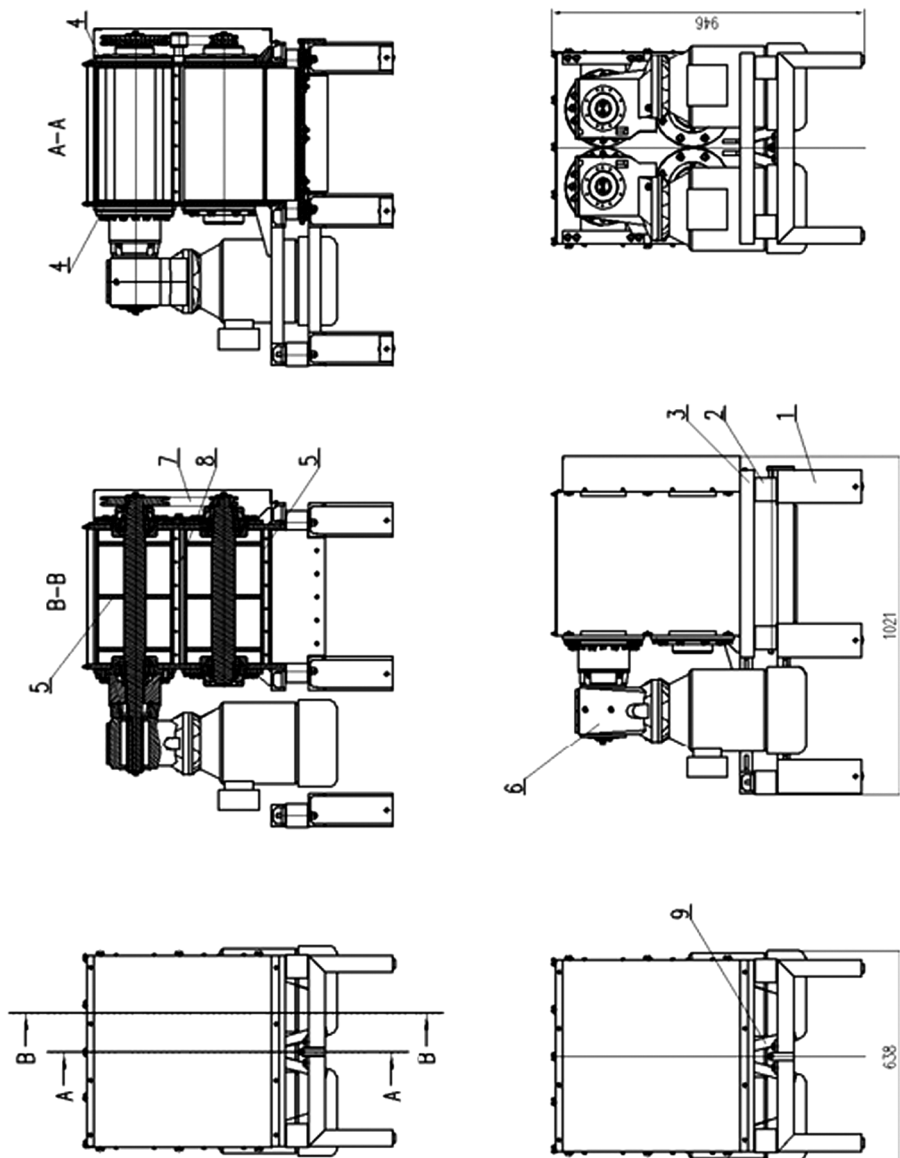
- I — pozycja startowa/końcowa cyklu; II — Pozycja w połowie poboru, naczynie porusza się prostoliniowo w kierunku napędu/zsypu; III — Punkt wysypu, naczynie opróżnione;
- IV — Naczynie podnosi się, działa elektromagnes. W tej pozycji wraca do punktu V;
- V — Pozycja końcowa, zwalnia się elektromagnes, naczynie obraca się do poz. I

## 8. Kruszarka 2/4 walcowa KW-240 KOMAG

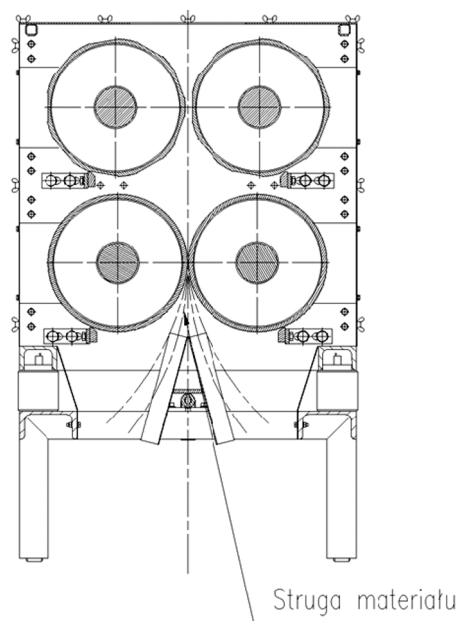
Drugim elementem automatycznego systemu poboru próbki jest nowo zaprojektowana przez KOMAG kruszarka walcowa KW-2404,5 (rys. 12). Jest ona przeznaczona jest do mielenia mokrych i suchych próbek laboratoryjnych o twardości poniżej 6 w skali Mohs'a. Typowe materiały mielone to węgiel, rudy, minerały, żużle, szkło, spieki, topniki, gleby, odpady, ziarno, klinkier, rośliny, popioły, cement, nawozy, pyły, osady, koks, dolomit. Kruszarka przeznaczona jest do stosowani w systemach poboru próbki materiałów sypkich oraz laboratoriach w zakładach przerobczych węgla i surowców mineralnych, elektrowniach, elektrociepłowniach, koksowniach i innych. Dopuszczalna wilgotność próbki powinna być mniejsza niż 20%. Maksymalne ziarno wstępne powinno być mniejsze od 35 mm, możliwe do uzyskania ziarno po skruszeniu mniejsze od 3 mm dla wersji 4 walcowej, dla wersji 2 walcowej ziarno wstępne mniejsze od 24 mm, ziarno po skruszeniu mniejsze od 6 mm.

### 8.1. Budowa kruszarki

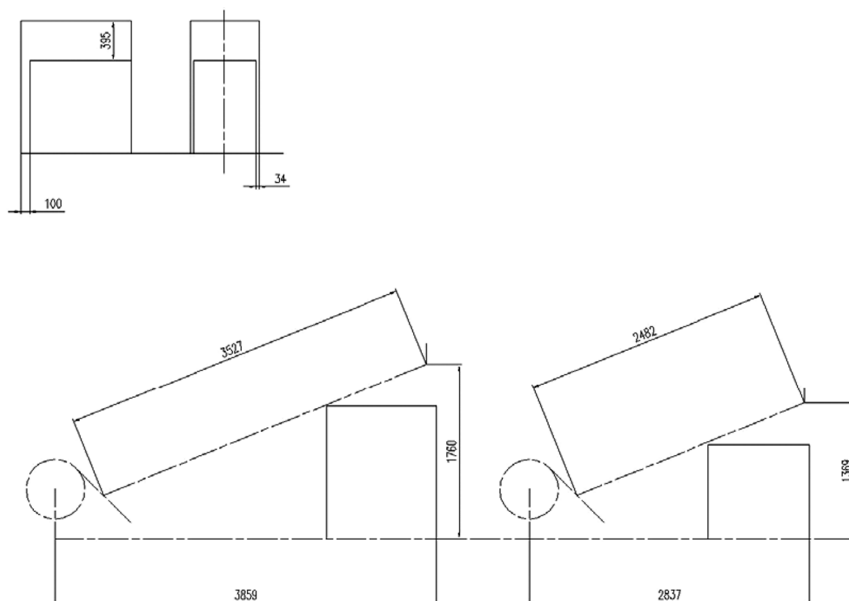
Kruszarka zbudowana jest z stołu (1), na którym osadzona jest poprzez wibroizolatory (2), rama z bocznicami (3). W bocznicach zamocowane są oprawy łożysk (4), w których ułożyskowane są walce kruszące (5), w zależności od wersji 4 lub 2. Walce mogą być gładkie i/lub karbowane. Walce górne w wersji 4 walcowej napędzane są bezpośrednio motoreduktorami (6), istnieje możliwość montażu sprzęgła. Walce dolne napędzane są od walców górnych poprzez przekładnię łańcuchową (7). Moc urządzenia, w zależności od potrzeb i ilości walców, waha się od  $2 \times 3$  kW do  $2 \times 5,5$  kW.



Rys. 12. Budowa kruszarki KW-240 KOMAG



**Rys. 13.** Kruszarka KW-240 KOMAG, wersja 4-walcowa, zasada działania



**Rys. 14.** Porównanie obrysów kruszarek KW-240 KOMAG z najczęściej dotąd stosowaną (ilustracja górna) oraz porównanie gabarytów systemów poboru próbek z przesypu, z zastosowaniem kruszarki KW-240 KOMAG (z prawej) oraz najczęściej dotąd stosowanej (z lewej)

Kruszarka posiada możliwość regulacji szczeliny pomiędzy walcami, zarówno górnym jak i dolnymi, w zakresie 0÷16 mm, możliwa jest kompensacja ścierania walców. Regulacji dokonuje się luzując śruby mocujące oprawy i przesuwając oprawy w żądanym kierunku, korzystając z otworów w kształcie „fasoli”. Walce są czyszczone automatycznie poprzez regulowane zgarniacze (8), do których dostęp gwarantują demontowane obudowy boczne.

Kruszarka może być wyposażona w wysyp dostosowany do potrzeb użytkownika oraz ewentualne układy sitowe. W urządzeniu zastosowano dzielnik klinowy (9), rozdzielający próbkę pierwotną na próbkę właściwą i nadmiar.

## 8.2. Zasada działania

Materiał dostaje się pomiędzy wirujące walce, gdzie jest kruszony, wstępnie pomiędzy górnymi walcami i finalnie pomiędzy dolnymi, dla wersji 4 walcowej. Walce górne w wersji  $2 \times 5,5\text{kW}$  wirują z prędkością 298 obr./min., dolne, gładkie zaś 794,7 obr./min.

Poniżej walców dolnych urządzenie posiada wysyp, kierujący materiał na dzielnik. Następnie trafia na dzielnik klinowy, który rozdziela go w zależności od potrzeb użytkownika. Próbka właściwa trafia do pojemnika odbiorczego, nadmiar kierowany jest według życzenia użytkownika, w dowolne miejsce.

Na życzenie użytkownika można dobrać zakres regulacji.

Kruszarka może być wyposażona w napędy ATEX, dla stref przeciwwybuchowych Z22.

Kruszarka KW-240 KOMAG jest mniejsza i lżejsza od porównywalnych konstrukcji, cechuje ją prostsza budowa, wyeliminowano przekładnię pasową. Dzielnik klinowy jest konstrukcją najprostszą z możliwych, jest zdecydowanie tańszy w porównaniu z dzielnikami obrotowymi, nie wymaga napędy, nie zapycha się, jest praktycznie bezawaryjny.

## 9. Podsumowanie

Systemy automatycznego poboru próbki znajdują coraz szersze zastosowanie w przemyśle. Automatyzacja procesu, eliminacja błędów ludzkiego, wydajność, pewność poboru, stałe warunki poboru zdecydowanie przemawiają na korzyść omawianych urządzeń. Kierunek rozwoju zmierzający do uproszczenia konstrukcji, wzrostu niezawodności jak i zmniejszenia gabarytów, redukcji kosztów wytworzenia jak i eksploatacji, powoduje dalszy wzrost zainteresowania użytkowników, zarówno nowych, jak i dotychczasowych, chcących rozbudować park próbobiorników, jak i zmodernizować lub wymienić wyeksploatowane systemy.

### LITERATURA

- [1] PN-EN ISO 13909-2:2004 Mechaniczne pobieranie próbek. Pobieranie ze strug materiału
- [2] PN-EN ISO 13909-5:2005 Mechaniczne pobieranie próbek. Pobieranie próbek z partii nieruchomych
- [3] PN-90/G-04502 Metody pobierania i przygotowywania próbek do badań laboratoryjnych
- [4] Prace własne KOMAG 2000-2010
- [5] PN-EN ISO 9001:2009 Systemy Zarządzania Jakością