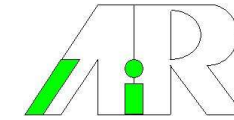




Politechnika Warszawska
Instytut Automatyki i Robotyki



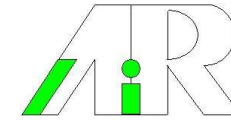
Temat pracy

Pomiarowe metody izotopowe

- pomiary grubości,
- składu,
- gęstości,
- stężenia itp.)

Wykonał : Roman Głuchowicz

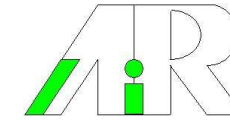
Opracowanie zaliczeniowe z przedmiotu
„Metody i Technologie Jądrowe”
Uczelniana Oferta Dydaktyczna PW
Prowadzący: **prof. dr hab. Jan Pluta**
rok akademicki 2008/2009



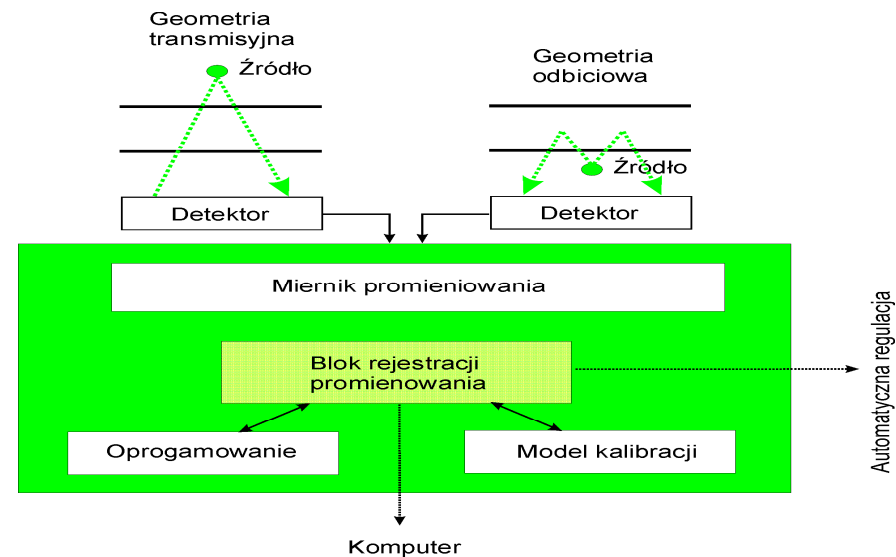
I. WSTĘP

1. Ogólne informacje dotyczące sposobu pomiaru

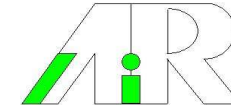
Wykorzystanie promieniowania jonizującego w miernictwie przemysłowym jest możliwe poprzez zastosowanie odpowiednich narzędzi pomiarowych. Rolę tę spełniają izotopowe urządzenia kontrolno-pomiarowe, które zgodnie z Polską Normą Pr PN-IEC 60050-394 są zdefiniowane jako urządzenia pomiarowe zawierające źródło promieniowania jonizującego, miernik promieniowania i niezbędne zespoły mechaniczne, przeznaczone do przemysłowych nieniszczących pomiarów wielkości nieelektrycznych [1].



2. Schemat działania



Rys.1. Podstawowy schemat działania izotopowego urządzenia kontrolno- pomiarowego do pomiarów przemysłowych[2]

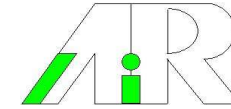


Na Rys.1 przedstawiono schemat blokowy radioizotopowego urządzenia kontrolno-pomiarowego.

Izotopowe urządzenie kontrolno-pomiarowe zawiera jedno lub kilka zamkniętych źródeł promieniowania ustawionych w stałej geometrii względem jednego lub kilku detektorów promieniowania.

W niektórych urządzeniach pomiarowych nie stosuje się źródeł promieniowania, a ich działanie oparte jest na wykorzystaniu naturalnego promieniowania badanego materiału.

Źródła promieniowania oraz detektory promieniowania tworzące jedną sztywno połączoną całość lub znajdujące się wewnątrz wspólnej obudowy stanowią pomiarową głowicę izotopową.



Sygnal elektryczny z głowicy jest przesyłany do miernika promieniowania, gdzie jest przetwarzany, a następnie wykorzystywany do wizualizacji, automatycznej regulacji czy archiwizacji.

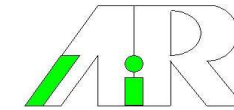
Stopień złożoności mierników promieniowania jest różny uzależniony od producenta i zastosowanej technologii.

Istotną częścią składową współczesnych mierników promieniowania, która stanowi często o parametrach użytkowych i metrologicznych urządzenia jest dzisiaj oprogramowanie .

W izotopowych urządzeniach kontrolno-pomiarowych wykorzystuje się różne metody oddziaływania promieniowania alfa, beta, gamma, X oraz neutronów z badanym materiałem. Oddziaływanie cząstek z materią polega na wykładniczym osłabieniu strumienia φ zgodnie z prawem wykładniczym

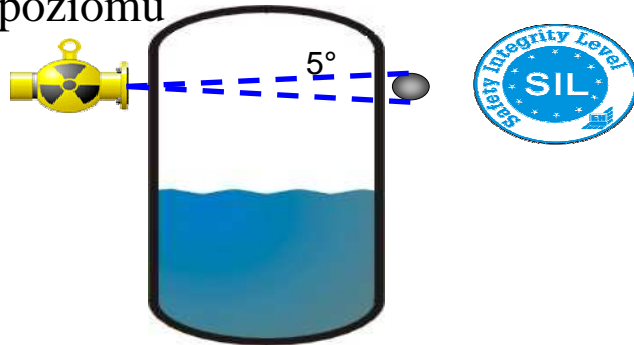
$$\varphi = \varphi_0 \exp(-\sigma x)$$

gdzie σ - linowy współczynnik osłabienia, zależny od maksymalnej energii cząstek oraz gęstości i składu chemicznego badanej warstwy [2].

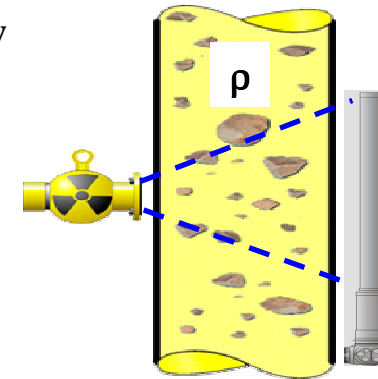


3. Podstawowe metody pomiaru i sygnalizacji spotykane w technologii

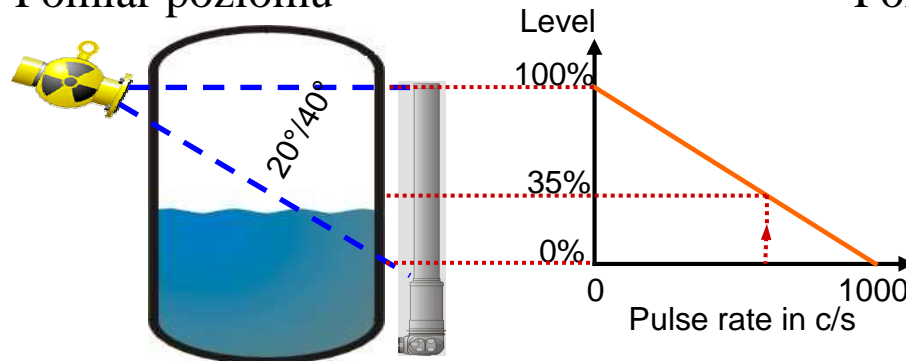
Sygnalizacja
poziomu



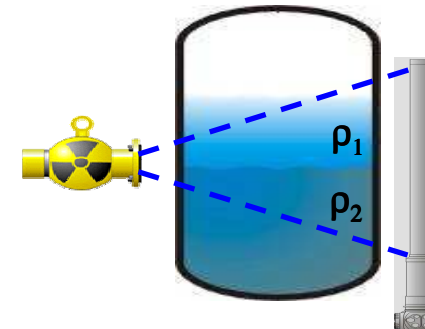
Gęstość /
Przepływ
masowy



Pomiar poziomu



Pomiar rozdziału faz



Rys.2 Metody pomiaru [8]



4. Składowe elementy w układach pomiarowych z wykorzystaniem izotopów przedstawiono na Rys.3 [8]

- Źródło



- Pojemnik



- Przetwornik kompaktowy

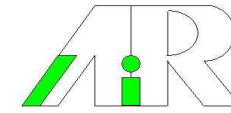
- Opcja: wyświetlacz lokalny



- Komputerowy system sterowania



Rys.3. Podstawowe elementy

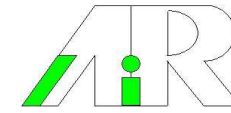


II. Podział urządzeń izotopowych w zależności od ich zastosowania

- gęstościomierze
- poziomomierze
- sygnalizatory poziomu
- grubościomierze
- przepływomierze
 - wagi pomostowe
 - wagi izotopowe przepływowe
- analizatory składu pierwiastków

W wyżej wymienionych pomiarach najczęściej wykorzystywanymi metodami są:

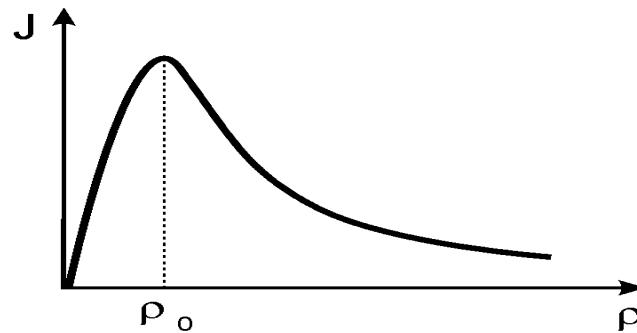
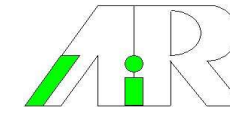
- absorpcja promieniowania ,
- rozpraszanie,
- reakcje jądrowe,
- emisja promieniowania wtórnego.



III Gęstościomierze

1. Wiadomości podstawowe

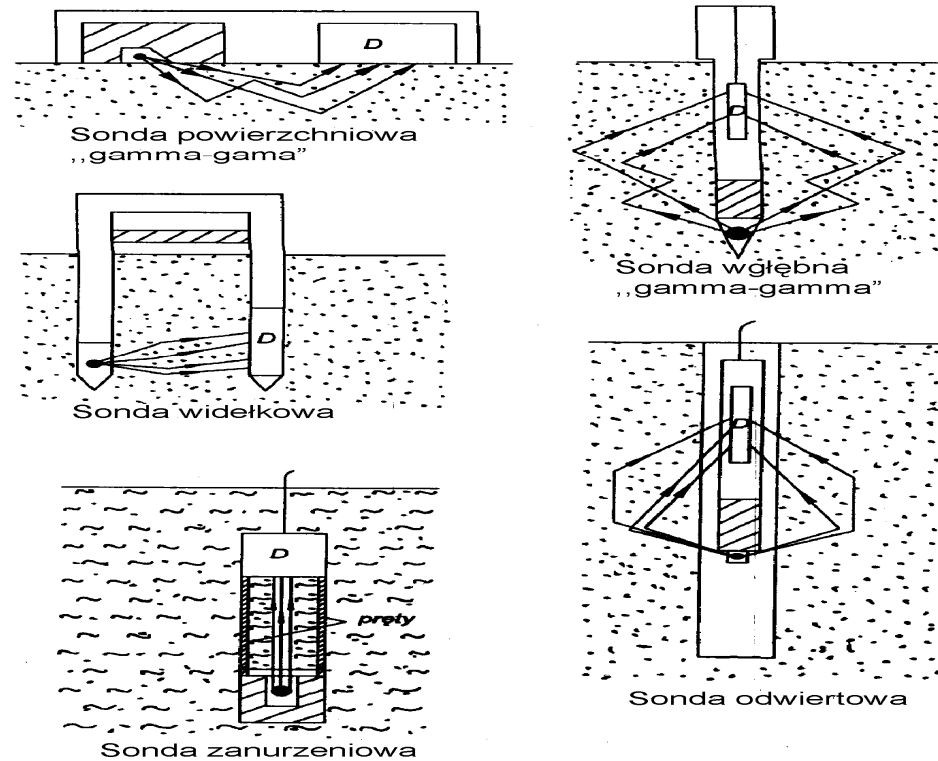
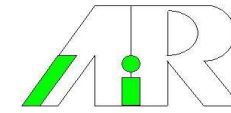
- Pomiar gęstości różnych materiałów ma istotne znaczenie w wielu dziedzinach techniki, takich jak inżynieria chemiczna, przemysł spożywczy, geologia inżynierska, hydrotransport, itp.
- Metoda polega na użyciu promieniowania gamma i opiera się na zależności między tym parametrem ośrodka i strumieniem fotonów transmitowanych lub rozpraszanych w danym materiale zgodnie z podaną na wstępie zależnością.
- Natężenie rozproszonego promieniowania w określonej odległości od źródła zależy od liniowych współczynników rozpraszania i absorpcji, z których każdy zależy od gęstości danego ośrodka.
- Zależność tą przedstawiono w przybliżeniu na rys.4 [2 str.128].



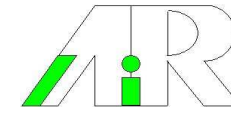
Rys.4. Natężenie rozproszonego promieniowania w funkcji gęstości ρ ośrodka

Jak widać z tego rysunku, jednoznaczna zależność natężenia promieniowania zachodzi tu w zakresach gęstości mniejszych lub większych od pewnej wartości ρ_0 odpowiadającej maksimum tej funkcji. Z doświadczenia wiadomo, że dla ośrodków złożonych z pierwiastków lekkich wartość ρ_0 wynosi około 1g/cm^3

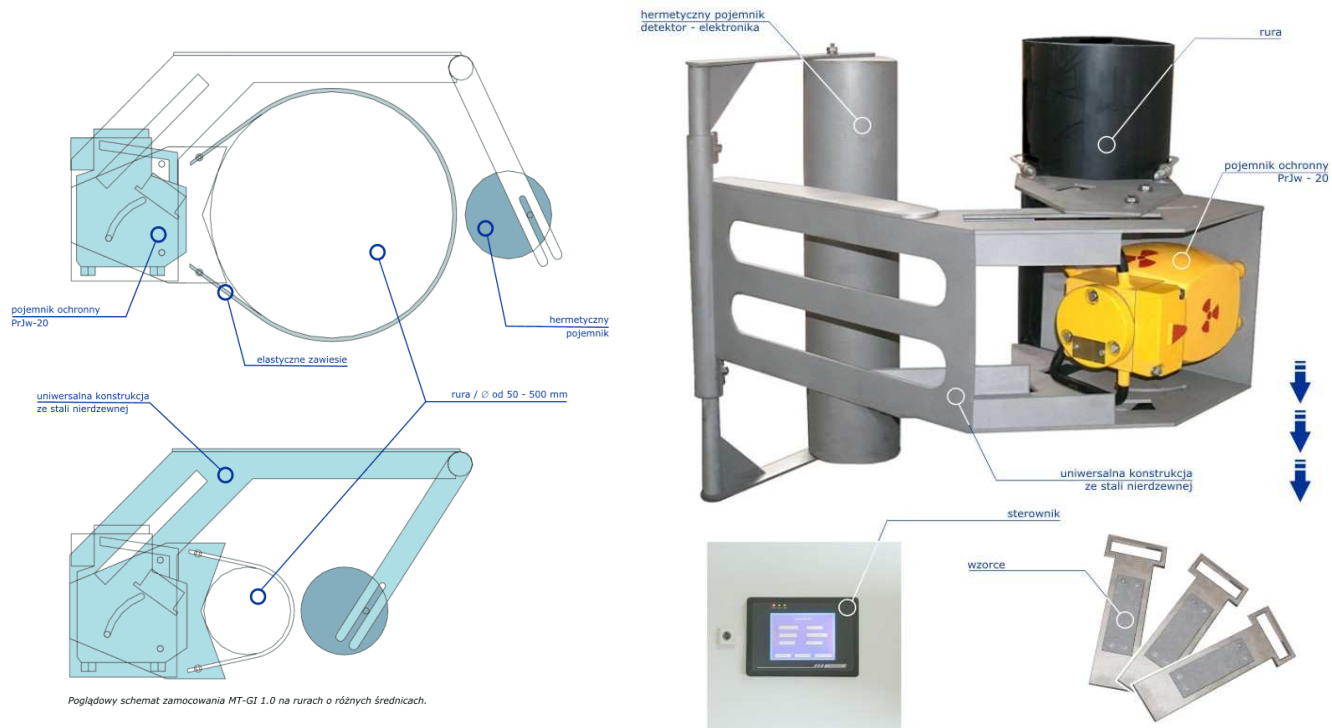
Przykłady różnych sond stosowanych w tego rodzaju pomiarach pokazano na rys.5 [2].



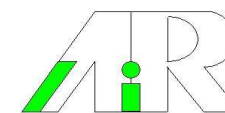
Rys.5. Różne warianty gęstościomierzy opartych na zjawisku rozpraszania i absorpcji



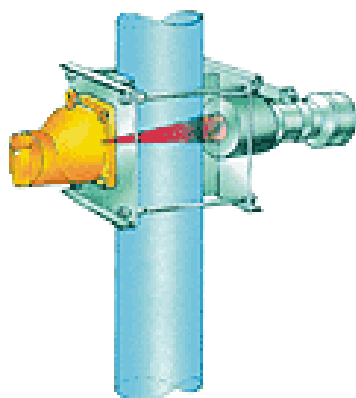
2. Rozwiązania konstrukcyjne związane z pomiarem gęstości



Rys. 6. Usytuowanie urządzeń pomiarowych [6]



3. Izotopowy miernik gęstości przepływającego medium LB 444



Rys.7. Miernik

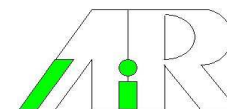
Izotopowy miernik gęstości	LB 444
Produkt:	ciecze, zawiesiny
Jednostka sterująca:	LB 444
Detektor:	punktowy
Połączenie LB 444 z detektorem:	2-przewodowe
Źródło izotopowe:	Cs-137 lub Co-60
Aktywność:	dobierana indywidualnie
Wyjście analogowe:	4..20 ma
Wyjścia przekaźnikowe:	3, programowane
Temperatura pracy:	max 55°C

Miernik LB 444 jest przeznaczony do ciągłego, bezkontaktowego pomiaru gęstości. Przedstawiony został na Rys.7.

Możliwe są różne konfiguracje układu pomiarowego, w zależności od tego, czy produkt płynie rurociągiem, czy znajduje się w zbiorniku, mieszalniku itp.

Najczęściej miernik jest stosowany do pomiaru gęstości zawiesin i roztworów oraz do kontroli procesu krystalizacji.

Typowe zastosowania: mleko wapienne, zawiesina rudy, sok cukrowy w warku [6]



4. Aplikacje przemysłowe

4.1 Pomiar gęstości na odpływie chłodzenia

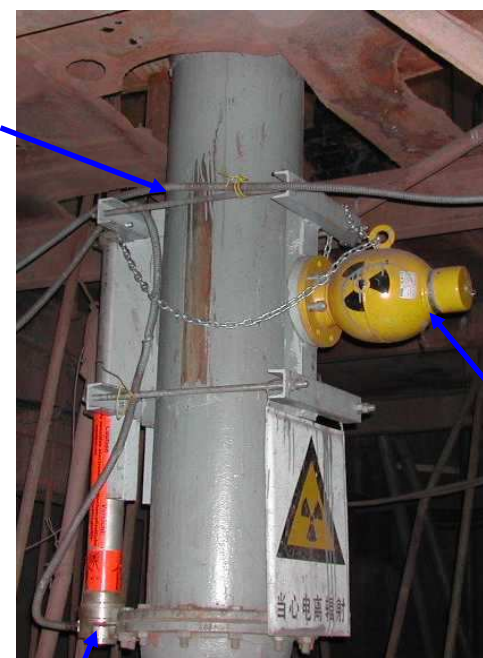
Zalety metody pomiaru

Pomiar bezkontaktowy przez rurę odpływową
Medium abrazyjne (zawiera dużo części stałych)



Rys.8. Układ pomiarowy na reaktorze [9]

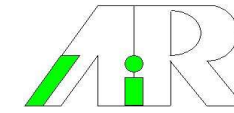
Klamra
mocująca



źródło

detektor

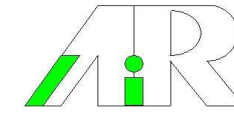
Rys.9. Układ pomiarowy [9]



4.2 Odsiarczanie spalin- pomiar gęstości mleka wapiennego



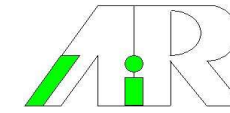
Rys.10. Bezinwazyjny pomiar gęstości mleka wapiennego
do oceny efektywności oczyszczania gazów spalinowych [8]



4.3 Pomiary gęstości medium na instalacji nawozów sztucznych



Rys.11. Zespół urządzeń - pomiar przepływu i gęstości [9]



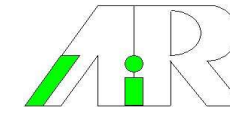
III. Poziomierze

- sygnalizatory poziomu
- ciągły pomiar poziomu

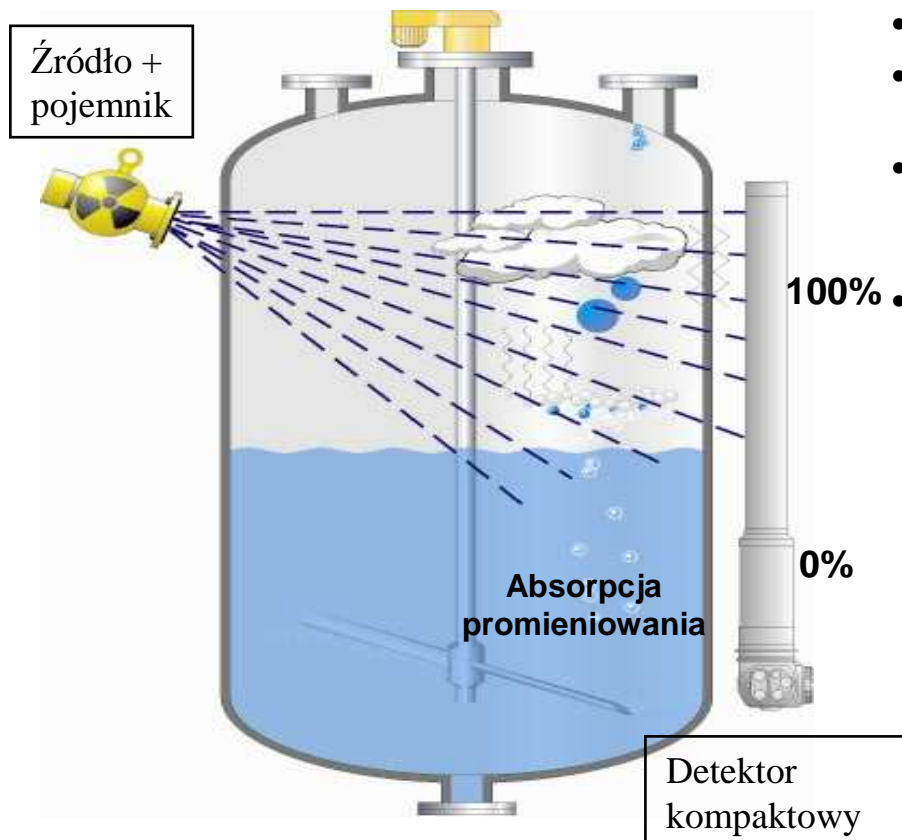
Pomiar izotopowy jest realizowany w oparciu o zjawisko pochłaniania promieniowania przez produkt. Natężenie promieniowania rejestrowane przez urządzenie jest proporcjonalne do poziomu w zbiorniku. Układ pomiarowy składa się zawsze z jednostki sterującej, detektora promieniowania oraz źródła izotopowego w pojemniku ochronnym. Detektor i pojemnik ze źródłem są montowane na zewnątrz zbiornika.

Konfiguracja układu jest zawsze dostosowywana do konkretnej aplikacji. Możliwe konfiguracje układu pomiarowego do ciągłego pomiaru poziomu: detektor liniowy-źródło liniowe, detektor punktowy-źródło liniowe, detektor liniowy-źródło punktowe.

W przypadku sygnalizacji poziomu zawsze jest stosowany układ: detektor punktowy-źródło punktowe.[6]



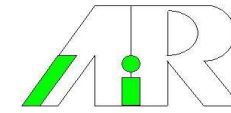
1. Podstawy fizyczne ciągłego pomiaru poziomu w zbiorniku zamkniętym



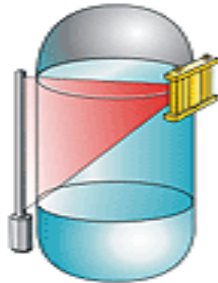
- Źródło emituje promieniowanie
- Promieniowanie jest pochłaniane w trakcie przejścia przez medium
- Detektor zamontowany po przeciwnej stronie realizuje konwersję zebranego promieniowania na sygnał elektryczny
- Odległość nadajnik-detektor oraz obecność innych elementów są uwzględniane w przeliczeniach

Zasada pomiaru opiera się na absorpcji promieniowania elektromagnetycznego przez medium mierzone.

Rys.12. Schemat działania [8]



2. Przykłady konfiguracji pomiarowych poziomierzy z użyciem źródeł punktowych i liniowych - Rys. 13[6]



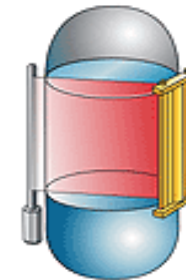
Miernik LB440

przeznaczony do ciągłego pomiaru poziomu cieczy i produktów sypkich.



System LB 471

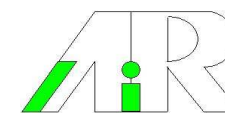
przeznaczony do sygnalizacji poziomu cieczy i produktów sypkich.



Miernik LB352

przeznaczony do pomiaru poziomu ciekłego metalu podczas ciągłego odlewania stali. System pomiarowy mierzy poziom metalu w formie hutniczej w zakresie od 100 do 200mm.

Rys .13. Konfiguracje

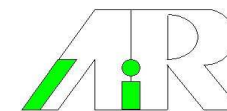


Miernik LB490 jest przeznaczony do ciągłego pomiaru poziomu cieczy i produktów sypkich przedstawiono na Rys. 14. Dzięki modułowej konstrukcji (detektor składany z elementów) możliwy jest pomiar zakresów do 8 metrów. Najczęściej jest stosowany w trudnych aplikacjach, przy wysokich ciśnieniach i temperaturach, dla produktów agresywnych i trujących oraz tam, gdzie nie można ingerować w konstrukcję zbiornika (np. specjalne wykładziny lub izolacje).

LB 490 jest urządzeniem kompaktowym, zawierającym elektronikę spełniającą zadania jednostki sterującej. Sygnał pomiarowy jest przesyłany linią 2-przewodową w postaci analogowej (prąd 4..20 mA) oraz cyfrowej (HART lub Profibus). Programowanie LB 490 jest możliwe przy użyciu programatora HART lub oprogramowania PACTware.

Typowe zastosowania: ciecze w reaktorach, produkty sypkie w silosach (wytloki, zrzębki itp.).[6]

Rys.14. Miernik LB 490



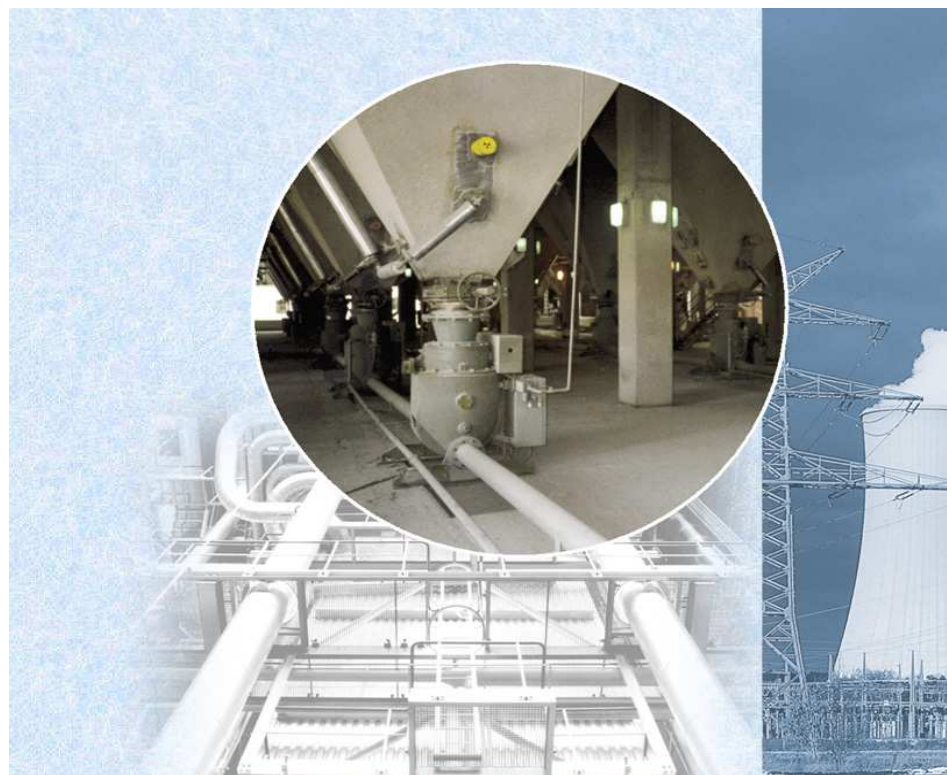
3. Monitorowanie poziomu pyłu i popiołu paleniskowego

Aplikacja:

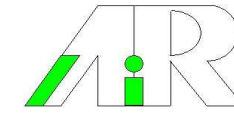
Pomiary poziomu w lejach zrzutowych i elektrofiltrach przedstawiono na Rys. 15[9]

Zalety metody:

- elastyczność metody,
- bezkontaktowość,
- wiarygodność pomiaru
- wygodny pomiar z zewnątrz
- brak przestojów
- całkowita odporność na osady na ścianach zbiornika oraz zapylenie.

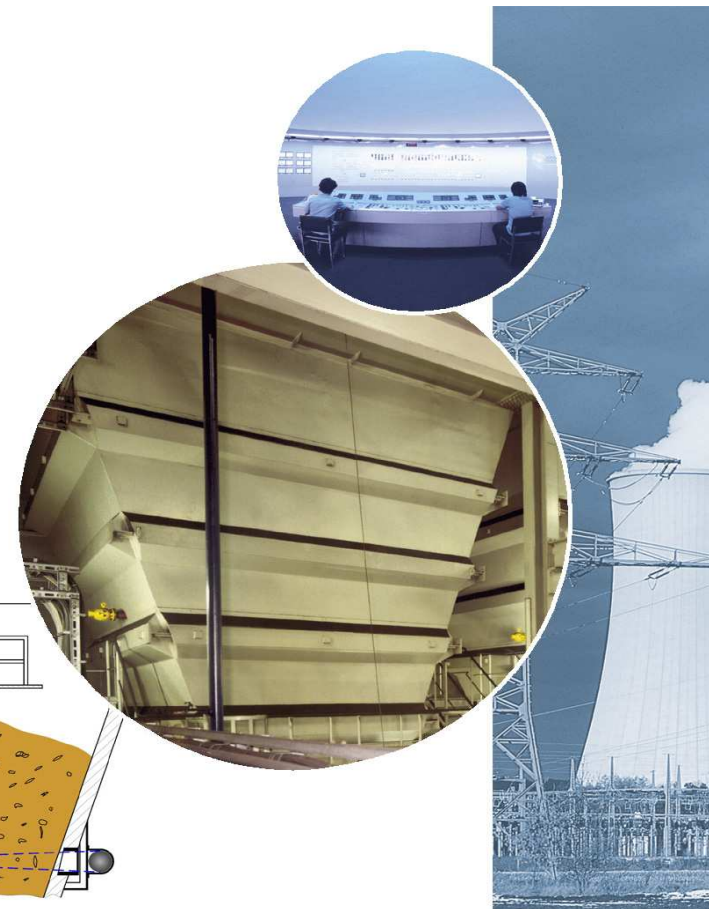
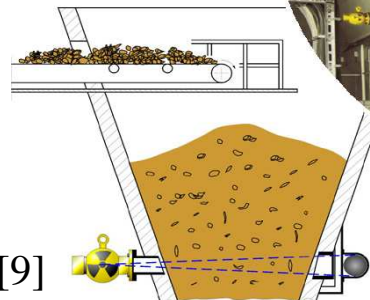


Rys . 15. Leje elektrofiltrów



4. Typowe aplikacje sygnalizacji poziomu w energetyce

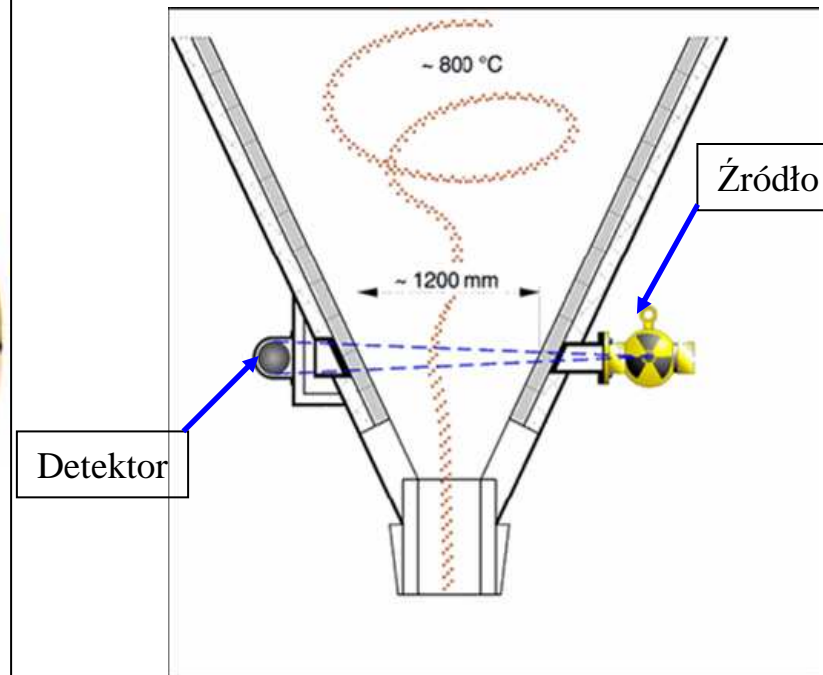
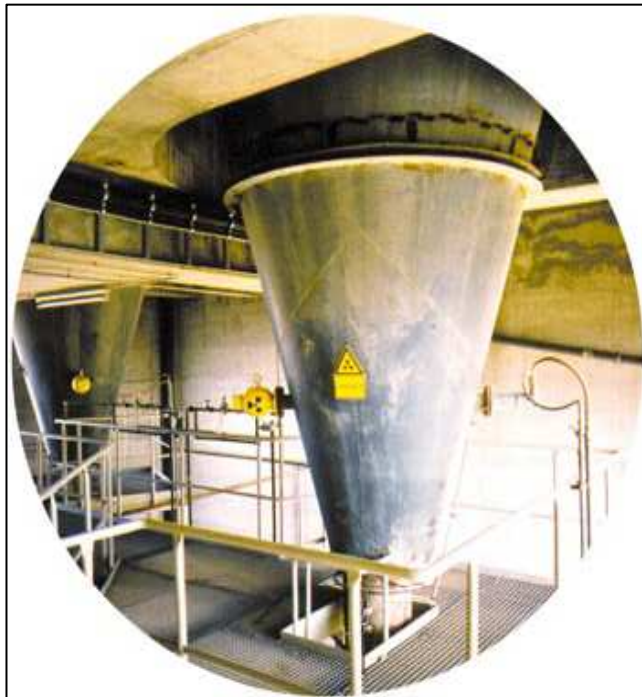
- **Kamień wapienny**
- **Węgiel**
- **Popiół**
- **Zawiesziny (poziom i przepływ)**
- **Cyklony**
- **Filtry (sygnalizacja zapchania)**



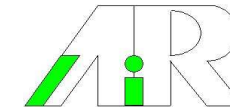
Rys.16. Sygnalizacja poziomu w zasobniku kamienia wapiennego [9]



5. Sygnalizacja blokady cyklonów



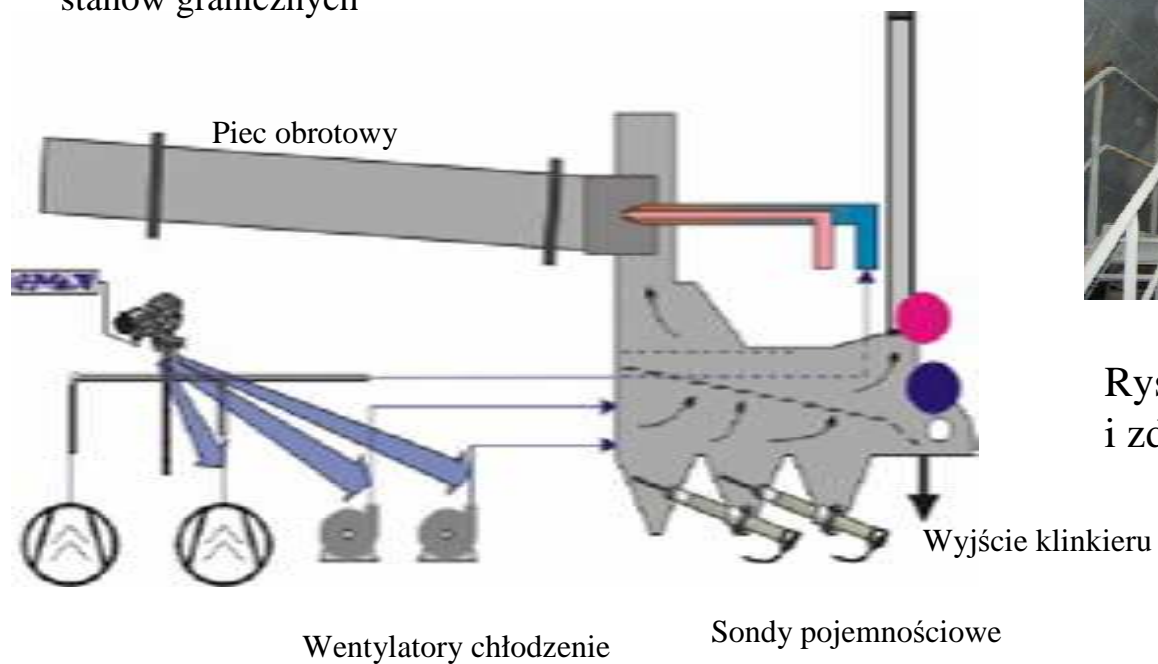
Rys. 17. Usytuowanie urządzeń



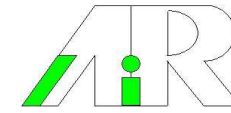
6. Pomiary ciągłe poziomu w instalacji schładzacza klinkieru

Zastosowanie

Zsypania materiału – pomiar ciągły lub sygnalizacja stanów granicznych



Rys. 18. Schemat technologiczny i zdjęcie obiektu [9]

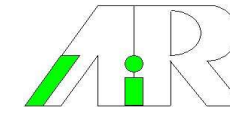


IV Grubościomierze

Grubościomierze to pierwsze przyrządy izotopowe które zostały zastosowane do przemysłowych metod pomiarowych.

Urządzenia znalazły zastosowanie szczególnie w przemyśle metalurgicznym do pomiaru grubości walcowanych blach zarówno na zimno jak i gorąco.

Zasada działania opiera się głównie na absorpcji i rozpraszania promieniowania gamma i beta.[2]

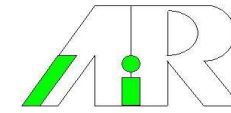


V Przepływomierze – wagi izotopowe

- wagi pomostowe
- wagi izotopowe przepływowe – rurowe

1. Wstęp

Pomiar izotopowy jest realizowany w oparciu o zjawisko pochłaniania promieniowania przez produkt. Przy stałej odległości źródło-detektor, natężenie promieniowania rejestrowane przez urządzenie jest proporcjonalne do ilości produktu. W skład układu pomiarowego wchodzi m.in. liniowe źródło izotopowe, umieszczone pod przenośnikiem transportowym, oraz detektor, montowany powyżej przenośnika. Zaletą układu jest możliwość stosowania z praktycznie wszystkimi typami przenośników transportujących produkty sypkie (kubelkowe, celkowe, taśmowe, ślimakowe) oraz instalacja niezależna od konstrukcji przenośnika.

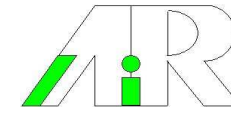


2 . Parametry przepływowej wagi pomostowej

Izotopowy miernik przepływu LB 442

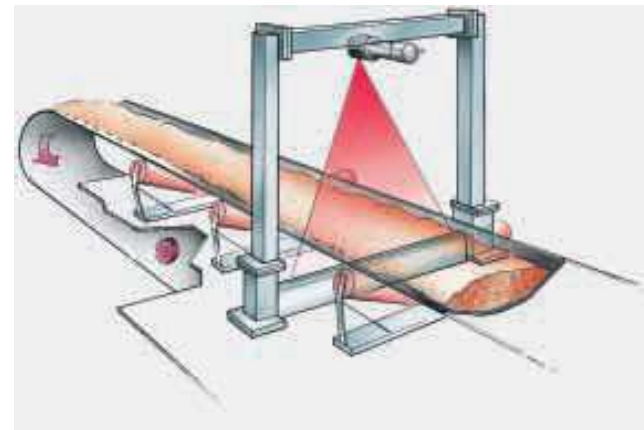
- Produkt: materiały sypkie
- Jednostka sterująca: LB 442
- Detektor: punktowy
- Połączenie LB 442 z detektorem: 2-przewodowe
- Źródło izotopowe: liniowe, Cs-137, Co-60 lub Am-241
- Aktywność: dobierana indywidualnie
- Szerokość ramki pomiarowej: 500..2800 mm
- Wyjście analogowe: 4..20 mA
- Wyjścia przekaźnikowe: 3, programowane
- Temperatura pracy: max 50°C

Miernik LB 442 jest przeznaczony do ciągłego, bezkontaktowego pomiaru ilości przepływającego produktu sypkiego. Możliwe są różne konfiguracje układu pomiarowego, w zależności od tego, czy produkt znajduje się na przenośniku (taśmowym, ślimakowym, kubełkowym lub celkowym), czy zsypuje się swobodnie w rurze lub kanale. Układ pomiarowy składa się zawsze z jednostki sterującej, detektora promieniowania oraz liniowego źródła izotopowego w pojemniku ochronnym. W przypadku ważenia na taśmociągu, układ jest dodatkowo wyposażony w tachometr.[6]



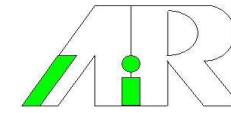
Typowe zastosowania: granulaty tworzyw sztucznych,

- nawozy sztuczne,
- zrębki drewniane,
- węgiel, ruda,
- piasek, ziemniaki, płatki itp.



Rys. 19. Schemat wagi pomostowej

Wagi pomostowe mogą być zastosowane zarówno w przypadku taśmociągów ułożonych na powierzchni płaskiej jak i posadowione pod kątem. Przykładem rozwiązania pomiaru ilości przepływającego produktu na taśmie przenośnika jest Rys . 19 [6]



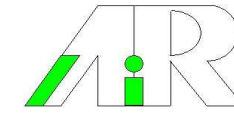
3. Wagi izotopowe przepływowe – rurowe

W wagach tych produkt przemieszczany jest w specjalnie kalibrowanych rurach wykonanych w większości przypadków z szkła o określonych parametrach. Rury te są kalibrowane, posiadają średnice wykonane z bardzo dużą dokładnością.

Stosowane są szczególnie na mediach gorących i mocno pyłących.

Wagi te wymagają jednak indywidualnej kalibracji dla mierzonego medium.

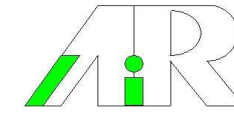
Jako źródło w większości przypadków stosuje się izotop – Ameryk A 241.



Pomiar przepływu medium pylistego na instalacji technologicznej z zastosowaniem przepływowej wagi Bertholda przedstawiono na Rys 20[10]



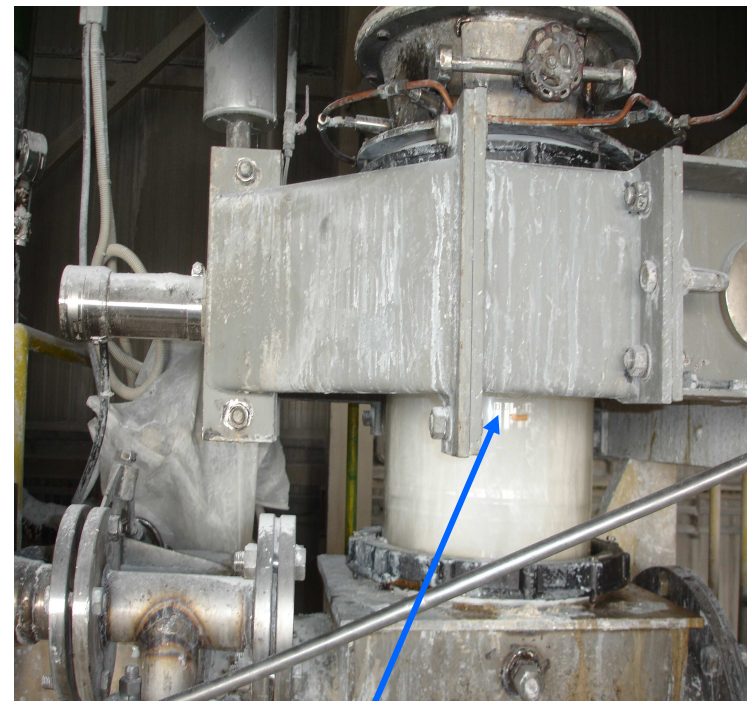
Rys.20. Aplikacja obiektowa



Rozmieszczenie urządzeń pomiarowych

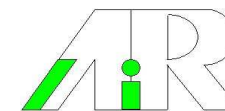


Przetwornik scyntylacyjny



Szklana rura pomiarowa

Rys.21. Waga izotopowa



VI . Analizatory składu pierwiastków

1. Popiołomierze laboratoryjne

PRZEZNACZENIE ANALIZATORÓW

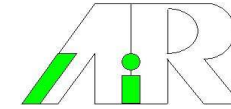
Analizatory przeznaczone są do wykonywania szybkich oznaczeń podstawowych parametrów jakości węgla, a mianowicie zawartości popiołu [Ar] i wilgoci [Wrt], (analizator WILPO L 132) lub zawartości popiołu [Ar], wilgoci [Wrt] i siarki [Str] (analizator WILPO L 142) oraz natychmiastowego określania wartości opałowej [Qrt] tego materiału.

Sposób wykonania urządzeń zapewnia możliwość ich zastosowań w laboratoriach chemicznych kopalń, elektrowni, ciepłowni itp., również w laboratoriach ruchomych i wewnątrzzakładowych

Stanowisko laboratoryjne pokazano na Rys. 22.[7]



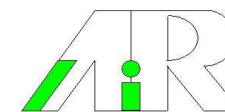
Rys.22. Popiołomierz laboratoryjny



2. Popiołomierze przemysłowe

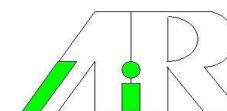
Popiołomierz radiometryczny WILPO C 411A

Przeznaczony jest on do ciągłych pomiarów zawartości popiołu w węglu wprost na przenośniku taśmowym, szczególnie w mieszankach węglowych o warstwowej strukturze oraz w węglu o wysokości warstwy na taśmie przenośnika od 50 do 250 mm. i uziarnieniu do 80 mm. Realizacja pomiaru możliwa jest na taśmach nachylonych, rewersyjnych, a nawet przejezdnych. Niewielkie gabaryty konstrukcji i bezstykowa metoda pomiaru predysponują go do stosowania w węzłach technologicznych kopalń, jak również w elektrowniach, ciepłowniach, koksowniach itp.



Popiołomierz WILPO C 411A zbudowany jest z dwóch głównych zespołów: stanowiska pomiarowego i stanowiska odczytowego. Stanowisko pomiarowe składa się z zawieszenia, głowicy izotopowej ze źródłami Am 241 i Cs 137, głowicy detekcyjnej oraz zespołu elektroniki. Podstawową częścią stanowiska odczytowego jest zespół komputera, ze specjalistycznym oprogramowaniem umożliwiającym realizację różnych funkcji pomiarowych, wizualizację wyników (cyfrową i graficzną) oraz rejestrację wszystkich wyników w specjalizowanej bazie danych.[7]

PODSTAWOWE DANE TECHNICZNE	
Rodzaj węgla:	węgiel kamienny i brunatny
Granulacja węgla:	0 - 80 mm
Wysokość warstwy węgla:	min. 50 mm (start pomiaru) max. 250 mm
Taśma przenośnika:	800 - 2000 mm, jednorodna na całej długości
Źródła promieniowania:	Am-241 (3,7 GBq i 40 kBq, t/2 = 433 lat) Cs-137 (3,7 GBq, t/2 = 30 lat)
Dokładność pomiaru zaw. popiołu: w zakresie 0 - 10% w zakresie 10 - 30%	±0,7 - 1,5% A _{rr} ±1,0 - 2,5% A _{rr}
Napięcie znamionowe zasilania U _N :	230V, 50 Hz
Moc pobierana:	200VA



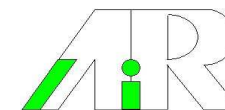
Aplikacje przemysłowe - technologiczne



Rys.21. Układ pomiarowy szczegóły konstrukcyjne



Rys.22. Układ pomiarowy zamontowany nad przenośnikiem taśmowym



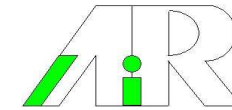
3. Oznaczenie wodoru

Miernik stężenia kwasu siarkowego typ MSK-6

Miernik neutronowy MSK-6 jest przeznaczony do ciągłego, bezkontaktowego pomiaru stężenia kwasu siarkowego w rurociągach przemysłowych i sterowania automatycznej regulacji procesu technologicznego. Rozwiązanie techniczne z zastosowaniem powyższego przyrządu przedstawiono na Rys.25. Istnieje możliwości przystosowania miernika do pomiarów wyższych stężeń innych kwasów (HF, HNO₃, H₂SiF₆, H₃PO₄) oraz oleum poniżej 40% SO₃. [5]

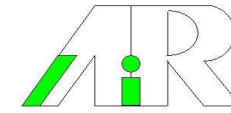
Parametry urządzenia

Zakres mierzonych stężeń	90% - 99,9% H ₂ SO ₄ lub dowolny przedział o szerokości 5% (np. 91-96; 93-98; 94,9-99,9%) w tym zakresie
Dokładność eksploatacyjna	0,2% H ₂ SO ₄
Odczyt stężenia	w % H ₂ SO ₄ na wskaźniku cyfrowym
Wyjście analogowe - napięciowe - prądowe (do wyboru)	0 .. +10 V 0 .. 5; 0 .. 10; 0 .. 20; 4 .. 20 mA



Głowica pomiarowa

Rys .25 Przemysłowa aplikacja pomiaru wodoru na instalacji produkcji kwasu siarkowego [7]



Literatura

1. Postępy Techniki Jądrowej vol.44 z.1 Warszawa 2001
2. Dziunikowski B. Zastosowania izotopów promieniotwórczych. Kraków 1995
3. Urbański. Promieniowanie jako źródło informacji o właściwościach materii. Warszawa 2001
4. Adam Piwnicki Pomiarowe metody izotopowe 2003/2004
5. www.ichtj.waw.pl
6. www.intro.pl
7. www.wilpo.pl
8. www.pl.endress.com
9. Endress +Hauser – prezentacje Pomiar radiometryczny 2008
10. Materiały własne 2009
11. Introl Prezentacje 2008