

TEMAT NUMERU:
AUTOMATYKA, POMIARY,
NAPĘDY
strony 8-30

**Nowoczesne pomiary
poziomu z dostępem
zdalnym w chmurze – s. 10**

Maszyny do separacji (przegląd rynku) – s. 31

Surowce do produkcji wyrobów ceramicznych – s. 45

PRENUMERATA 2022

Cena prenumeraty rocznej, 8 wydań
(7 numerowanych i katalog na Targi SyMas)
– koszt **90 złotych** (+8% VAT)

Prenumeratę można zamówić poprzez:
wypełnienie poniższego formularza
i przesłanie go na adres:
prenumerata@powderandbulk.com.pl



Zamów prenumeratę!
Tylko ona daje gwarancję
regularnego otrzymywania czasopisma.

FORMULARZ ZAMÓWIENIA PRENUMERATY

powder&bulk
MATERIAŁY SYPKIE I MASOWE

Zamawiam prenumeratę czasopisma
„Powder & Bulk – Materiały Sypkie i Masowe”:
roczną, na 8 kolejnych wydań, w cenie 90 zł netto

PRENUMERATĘ CHCĘ ROZPOCZAĆ OD NASTĘPNEGO NUMERU
(3/2022)

Złożenie zamówienia jest równoznaczne ze zgodą na przechowywanie i przetwarzanie przez redakcję P&B danych osobowych zawartych w zamówieniu (dla potrzeb niezbędnych do realizacji usługi wysyłki) zgodnie z obowiązującymi przepisami ustawy z dn. 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych (Dz. U. nr 133, poz. 883), która gwarantuje prawo wglądu do własnych danych oraz ich usunięcia. Dane te będą przechowywane w sposób uniemożliwiający dostęp osobom niepowołanym.

Dane zamawiającego/wypełniającego ankietę

Nazwa firmy:

Adres:

NIP:

Imię i nazwisko zamawiającego:

tel.: faks:

e-mail:

Czasopismo proszę przesłać na adres (należy wypełnić, jeżeli adres wysyłkowy różni się od adresu wskazanego powyżej)

☐ Wyrażam zgodę na otrzymywanie informacji handlowych w rozumieniu ustawy z 18 lipca 2002 r. o świadczeniu usług drogą elektroniczną (Dz.U. nr 144, poz. 1204 z późn. zm.)

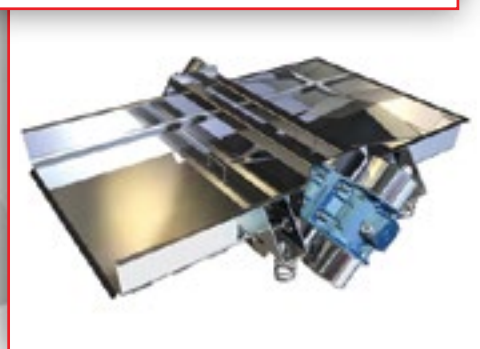
Miejscowość i data: Podpis:

Wszystkim naszym
Czytelnikom
i Współpracownikom
życzymy, aby nadchodzące
Święta Wielkanocne
napełniły Państwa serca
radością i nadzieją,
a chwile spędzone w gronie
najbliższych dodawały
otuchy i pozwalały
przezwyciężyć
wszystkie trudności.

Redakcja Powder & Bulk



PODAJNIKI I PRZESIEWACZE WIBRACYJNE



INWET
ROK ZAŁ. 1989

Przedsiębiorstwo Wdrażania Innowacji
Spółka Akcyjna

Nasza oferta obejmuje również:

- PULSATORY PNEUMATYCZNE
- WIBRATORY PRZEMYSŁOWE
- SYSTEMY AERACYJNE
- CZYSZCZENIE ZBIORNIKÓW

PL 41-500 Chorzów, ul. Zgrzebnioka 5

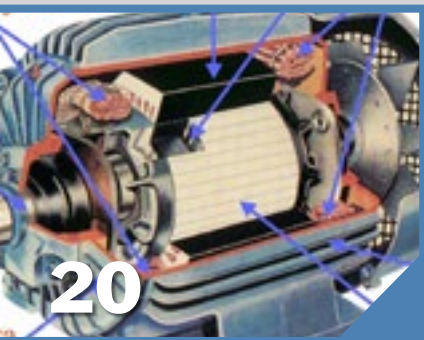
tel. 32 241 13 09 fax 32 247 48 94 kom. 601 701 188

www.inwet.eu e-mail: inwet@inwet.eu



12

Rynek biopaliw, a zwłaszcza peletu, rozwija się dynamicznie od kilku lat w całej Unii Europejskiej, za sprawą przyjętej polityki, zwiększającej udział energii ze źródeł odnawialnych. Również w Polsce obserwowany jest dalszy wzrost zapotrzebowania na pelet. Z roku na rok zwiększa się również ilość producentów tego paliwa. Szczególnie w branży peletów drzewnych, systemy pomiaru wilgotności firmy ACÖ stały się podczas produkcji niezbędne do oznaczania wilgotności w czasie rzeczywistym.



20

Napędy stosowane w maszynach wykorzystywanych w branży materiałów sypkich to w większości wypadków standardowe systemy napędowe, które – w zależności od potrzeb – dostosowuje się do charakterystyki ruchu maszyn napędzanych za ich pomocą. Najczęściej stosuje się tu silniki elektryczne, hydrauliczne, napędy pneumatyczne, a w specyficznych zastosowaniach także silniki spalinalowe.



34

Do sortowania materiałów zawierających elementy stalowe najlepiej sprawdza się filtracja magnetyczna. Jest ona zazwyczaj wysoce skuteczna, a utrzymanie jej wydajności nie wymaga wysokich nakładów pracy. W artykule przedstawiono rodzaje separatorów magnetycznych w ofercie firmy Magnepol.



41

Sieć transportująca surowce sypkie to skomplikowany układ wielu elementów, takich jak: różnego rodzaju przenośniki, elewatory i wreszcie systemy rur transportu grawitacyjnego. Tarcie, gęstość, twardość, porowatość czy plastyczność – to tylko kilka z wielu cech surowca sypkiego, które sprawiają, iż budowa linii transportu wymaga wykorzystania wytrzymałych materiałów o wysokiej jakości. W transporcie grawitacyjnym, poza odpowiednio zaprojektowaną instalacją rurową, szczególnie ważne są tworzywa, z jakich zostały wykonane rury spadowe. Dlatego tak ważne są podzespoły, z których powstają linie.

SPIS TREŚCI

PRODUKTY

5-6

WYDARZENIA I AKTUALNOŚCI

7

SPECJALNY DODATEK TEMATYCZNY
AUTOMATYKA, POMIARY, NAPĘDY:

Doskonalimy techniki pomiarowe materiałów sypkich

8

Rozmowa z prof. dr. hab. inż. Mateuszem Stasiakiem, opiekunem

Laboratorium Mechaniki Materiałów Sypkich Instytutu Agrofizyki PAN

Nowoczesne pomiary poziomu
z dostępem zdalnym w chmurze

10

Ciągły pomiar wilgotności w produkcji peletu

12

Badanie wapna budowlanego

14

Napędy wykorzystywane w branży materiałów sypkich

20

Przekładnia przemysłowa MAXXDRIVE® XT
dedykowana branży kruszyw

23

Pomiar granulacji na sitach elektronicznych

24

Robotyzacja procesów produkcyjnych

26

TECHNIKA I TECHNOLOGIA

Maszyny do separacji

31

Separatory cząstek stalowych

34

Urządzenia do separacji i sortowania
– przegląd rynku

36-39

Surowce do produkcji wyrobów ceramicznych

45

TRANSPORT I LOGISTYKA

Rozwiązania dla branży

40

Projektowanie i montaż linii transportu
surowców sypkich w wykonaniu firmy Serafin

41

Ekonomiczny sposób magazynowania

42

Zalety zastosowania złączek rurowych Eurac
w wymianie elementów instalacji transportu pneumatycznego

44

ROZMAITOŚCI

Formularz prenumeraty

2

Zapowiedź następnego wydania

50

Harmonogram wydawniczy na rok 2022

51

powder&bulk
MATERIAŁY SYPKIE I MASOWE

Redakcja:

ul. Elizy Orzeszkowej 11,
41-300 Dąbrowa Górnicza
tel.: 32 262 76 22
e-mail: redakcja@powderandbulk.com.pl
www.powderandbulk.com.pl

Redaktor naczelna:

Agnieszka Tyc
tel.: 32 262 76 22,
e-mail: a.tyc@powderandbulk.com.pl
Sekretarz redakcji:

Dobrochna Sajdak-Chudzik
tel.: 32 262 76 22,
e-mail: d.chudzik@powderandbulk.com.pl
Redaktorzy:

Marcin Bienkowski, Adam Krzyżowski, Damian
Żabicki, Krzysztof Mrówczyński, Ewa Skotnicka
Konsultacja techniczna:
Andrzej Mikucki
Projekt graficzny i skład:
Michał Bartłomowicz

Dział sprzedaży reklam:

Kierownik: Adam Krzyżowski
tel.: 32 262 76 22,
e-mail: a.krzyzowski@powderandbulk.com.pl

Prenumerata:

tel.: 32 262 76 22
e-mail: prenumerata@powderandbulk.com.pl

Wydawca:

Śląska Agencja Reklamowo-Dziennikarska

Zdjęcie na okładce:

Redakcja P&B

Wszystkie nazwy handlowe i towarowe, występujące w niniejszej publikacji, są znakami towarowymi zastrzeżonymi lub nazwami zastrzeżonymi odpowiednich firm odnośnych właścicieli i zostały zamieszczone wyłącznie celem identyfikacji. Wszelkie prawa zastrzeżone. Przedruk materiałów wyłącznie za zgodą redakcji. Materiałów niezamówionych redakcja nie zwraca. Zastrzegamy sobie prawo do skrótów i redakcyjnego opracowania tekstów przyjętych do druku. Redakcja nie bierze odpowiedzialności za treść ogłoszeń.

BART oferuje najłatwiejsze w czyszczeniu ramiona odciągowe FUMEX PSS

Linia ramion wyciągowych FUMEX PSS w jakości *food grade*, wykonanych w całości ze stali nierdzewnej, przeznaczona jest do wymagających środowisk pracy.

Ramię o eleganckim i stylowym wzornictwie opracowano z myślą o branżach, w których obowiązują surowe wymagania higieniczne, np. w przemyśle spożywczym



i farmaceutycznym. Jest ono niezastąpione w wielu laboratoriach i pomieszczeniach typu *clean room*.

Konstrukcja tego ramienia powstała w oparciu o fundamentalną zasadę firmy FUMEX dotyczącą zastosowania do budowy ramion zewnętrznej konstrukcji nośnej, która zapewnia – poprzez brak wewnątrz węży transferowego jakichkolwiek elementów – możliwie najniższy spadek ciśnienia, nie stwarzając ryzyka blokowania przepływu powietrza, oraz eliminuje ryzyko zanieczyszczenia elementów osiadającymi pyłami.

FUMEX PSS to higieniczny odciąg typu flex i bezpieczne narzędzie podczas pracy również w środowiskach, gdzie wymagana jest ochrona antystatyczna.

Więcej informacji uzyskają Państwo od przedstawicieli przedsiębiorstwa BART Sp. z o.o. – wyłącznego przedstawiciela szwedzkiej firmy FUMEX w Polsce – i na stronie www.fumex.pl.



www.bart-vent.pl

QuantiMass – przepływomierz masowy materiałów sypkich

Przepływomierz QuantiMass™ PRO do pomiaru przepływu materiałów sypkich wykorzystuje najnowszą technologię mikrofalową oraz umożliwia pomiar pyłów i granulatów do średnicy 20 mm w rurociągach metalowych – zarówno przy transporcie pneumatycznym, jak i grawitacyjnym. System składa się z czujnika montowanego na rurociągu oraz przetwornika montowanego na szynie DIN. Pomiar odbywa się z wykorzystaniem efektu Dopplera z dodatkową analizą zmian widma częstotliwości i amplitudy



sygnału, co umożliwia osiągnięcie bardzo dużej dokładności pomiaru przepływu.

Wybrane cechy urządzenia:

- pomiar masowego przepływu materiałów sypkich;
- ciągły pomiar *online* przepływu masowego bez użycia wag przepływowych;
- najnowsza technologia mikrofalowa zapewniająca wysoką dokładność i powta-

rzalność pomiarów typowo 1..3%;

- kompaktowa budowa, niewielkie wymiary umożliwiające zabudowę w małych rurociągach;
- dostępne wersje wysokotemperaturowe;
- wykonania przeciwwybuchowe ATEX dla pyłów.

Typowe zastosowania:

- monitorowanie zmian przepływu masowego spowodowanego zakłóceniami np. zmianą gęstości;
- pomiar dozowania dodatków dla prawidłowego komponowania mieszanin.

www.nivelco.pl

NIVELCO

Pomiary to nasza specjalność!

POMIARY:

- ▶ Poziomu materiałów sypkich
- ▶ Przepływu materiałów sypkich
- ▶ Emisja pyłu i pył zawieszony
- ▶ Temperatura w silosach zbożowych
- ▶ Aeracja materiałów sypkich

NIVELCO-POLAND Sp. z o.o.
ul. Chorzowska 44B, 44-100 Gliwice
tel.: 32 270 37 01, fax: 32 270 38 32
poland@nivelco.pl www.nivelco.pl



Z NIVELCO ...wiesz ile masz

Odkurzacze IPC dla branży farmaceutycznej

Firma Olpe Sp. z o.o. z Łęborka oferuje idealne do zastosowań ciągłych w zakładach farmaceutycznych przemysłowe odkurzacze IPC.

Oto ich cechy wyróżniające:

- system zwalniania zbiornika w celu łatwego i szybkiego opróżniania;
- łatwość w przenoszeniu dzięki konstrukcji z uchwytem i antypoślizgowymi kółkami;
- ręczna wytrząsarka do łatwego czyszczenia filtrów;



- solidne i wytrzymałe wózki metalowe;
- kontrola podciśnienia zapewniająca stałą górną wydajność filtrowania;
- rama przemysłowa ze stali nierdzewnej AISI 304 – z odłączanym zbiornikiem;
- zawór podciśnieniowy i wskaźnik poziomu filtracji;
- filtr wstępny PCB;
- trwała turbina o doskonałej wydajności;
- filtr w kształcie gwiazdy;
- opcjonalna dostępność z certyfikatem ATEX.

www.olpe.pl

Stanowisko do symulacji drgań

Kontrola jakości różnego rodzaju produktów technicznych często wymaga sprawdzenia ich odporności na działanie wibracji. Odporność na drgania jest szczególnie istotna w podzespołach używanych w przemyśle motoryzacyjnym, maszynowym i układach elektronicznych. Coraz częściej klienci wymagają od producentów przeprowadzenia testów potwierdzających odporność wyrobów na działanie drgań.

Produkowane przez firmę INWET SA stanowiska do symulacji drgań mają na celu spraw-

dzenie odporności produktów na drgania w określonym zakresie częstotliwości, skoku i przyspieszenia. Stanowiska te znalazły zastosowanie m.in. w testowaniu reflektorów samochodowych, autobusowych tablic informacyjnych, twardych dysków, podzespołów hydrauliki siłowej, elektrycznych wózków inwalidzkich i elementów automatyki.

Oto parametry techniczne oferowanych przez INWET urządzeń do symulacji drgań:

- rozmiar płyty drgającej: dostosowany do potrzeb;
- częstotliwość drgań: 10–70 Hz;
- przyspieszenia: 0,5–10 g.

Na zdjęciu stanowisko do badania odporności na działanie wibracji spawanych konstrukcji stalowych.



www.inwet.eu



➤ NOWA DATA ◀

27-29 września, Bydgoszcz

5. Międzynarodowe Targi Kooperacyjne Przemysłu Narzędziowo-Przetwórczego

W PROGRAMIE:

- Konferencja: Przemysł 4.0 w branży narzędziowo-przetwórczej.
- Konferencja: Jak nie Chiny to kto? Skracanie globalnych łańcuchów wartości szansą dla branżowych przedsiębiorstw.
- Giełda Kooperacyjna
- Strefa Usług Przemysłowych
- Strefa Kariery

Bydgoszcz



BYDGOSKI
KLASTER
PRZEMYSŁOWY



Targi
w Krakowie

www.innoform.pl

Targi SAWO wracają w dobrze znanym terminie

Już w dniach 25-27 kwietnia br. zapraszamy do Poznania na Międzynarodowe Targi Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO. Obecna rzeczywistość wymaga od przedsiębiorców, inwestorów i szeroko pojętych ludzi biznesu znajomości zasad bezpieczeństwa pracy, dobrych praktyk funkcjonujących w środowisku i otwartości na wdrażanie zmian chroniących przed zagrożeniami. Zachowanie możliwie jak najbezpieczniejszych miejsc pracy we wszystkich sektorach gospodarki znacząco przyczynia się do wypracowania zaufania i pozytywnych relacji pomiędzy pracownikami i kooperantami, a co za tym idzie – realizacji firmowych przedsięwzięć.

Kwietniowe targi SAWO to największe i najważniejsze wydarzenie w naszym kraju, które służy promocji ochrony życia i zdrowia w śro-



dowisku pracy oraz bezpośrednio przyczynia się do wprowadzania w przedsiębiorstwach zaawansowanych technologii i rozwiązań podnoszących jakość pracy i bezpieczeństwa zatrudnionych osób. Sawo to nie tylko wystawa, to również miejsce wymiany doświadczeń w zakresie bezpieczeństwa pracy, ergonomii, ratownictwa, ochrony przeciwpożarowej i innych pokrewnych zagadnień.

Tematyka targów jest na tyle szeroka, że znaleźć tu można niemal wszystko, co potrzebne jest do pracy w branży BHP, pożarnictwie czy ratownictwie. Pośród ekspozycji SAWO 2022 zobaczymy najnowsze rozwiązania produktowe przygotowane przez wystawców, m.in.:

środki ochrony indywidualnej, odzież ochronna i robocza, materiały do produkcji odzieży ochronnej i roboczej, zabezpieczenia przed upadkiem z wysokości, środki i sprzęt do udzielania pierwszej pomocy, środki higieniczne i wyposażenie sanitarne, produkty i rozwiązania ergonomiczne na stanowiskach pracy, znaki bezpieczeństwa, ochrona przeciwpożarowa czy wyposażenie dla służb ratowniczych.

Targi SAWO 2022 obfitować będą również w wydarzenia, których celem jest podzielenie się wiedzą i zainicjowanie debaty o wyzwaniach ważnych dla branży. Zaplanowano szereg konferencji, pokazów i spotkań z udziałem przedstawicieli m.in. Państwowej Inspekcji Pracy, Centralnego Instytutu Ochrony Pracy – Państwowego Instytutu Badawczego czy Ogólnopolskiego Stowarzyszenia Pracowników Służby BHP.

www.targisawo.pl

II Międzynarodowe Forum Czystości Technicznej & EXPO

Stowarzyszenie Czystości Technicznej zaprasza na II edycję Między-



narodowego Forum Czystości Technicznej & EXPO „Parts4Assembly”, które odbędzie się 19-20 maja br. w Arena Gliwice. Planowane Forum jest wydarzeniem technicznym, specjalistycznym, skierowanym do określonego grona odbiorców. Organizatorzy zapraszają do współpracy ekspertów z branży. Zaplanowano 40 wykładów technicznych oraz organizację przestrzeni wystawienniczej dla firm.

Uczestnicy, wystawcy oraz prelegenci Międzynarodowego Forum Czystości Technicznej & EXPO mają możliwość prezentacji swojej wiedzy oraz najnowszych rozwiązań technicznych podczas forum, spotkania z osobami decyzyjnymi z branży: automotive, lotniczej, elektronicznej, optycznej, spożywczej, farmaceutycznej czy medycznej, uczestnictwa w dyskusji ekspertów na temat czystości technicznej, zdobycia i podzielenia się specjalistyczną wiedzą podczas rozmów z ekspertami oraz skutecznego zbudowania osobistych relacji z partnerami branżowymi.

Patrząc na problem szerzej, wielu producentów z w/w branż zmaga się z problemem spełnienia wysokich wymagań czystości technicznej podczas produkcji. Dlatego na Forum spotkają się osoby zajmujące się na co dzień zapewnieniem czystości technicznej, w tym m.in.: dyrektorzy, menedżerowie, kierownicy, inżynierowie i specjaliści, reprezentujący takie działy, jak: produkcja 40%, jakość 40%, logistyka 10% czy utrzymanie ruchu 10%.

I Międzynarodowe Forum Czystości Technicznej & EXPO, które odbyło się w dniach 15-16 maja 2019 r. w Bielsku-Białej, zgromadziło ponad 50 partnerów oraz ponad 150 osób z branży motoryzacyjnej, lotniczej i elektronicznej. W celu uzyskania informacji o poprzedniej edycji imprezy zapraszamy na stronę: <https://www.youtube.com/watch?v=ybeM--wpbo>.

www.technical-cleanliness-forum.com



OCZYSZCZAMY POWIETRZE OD 1957 r.



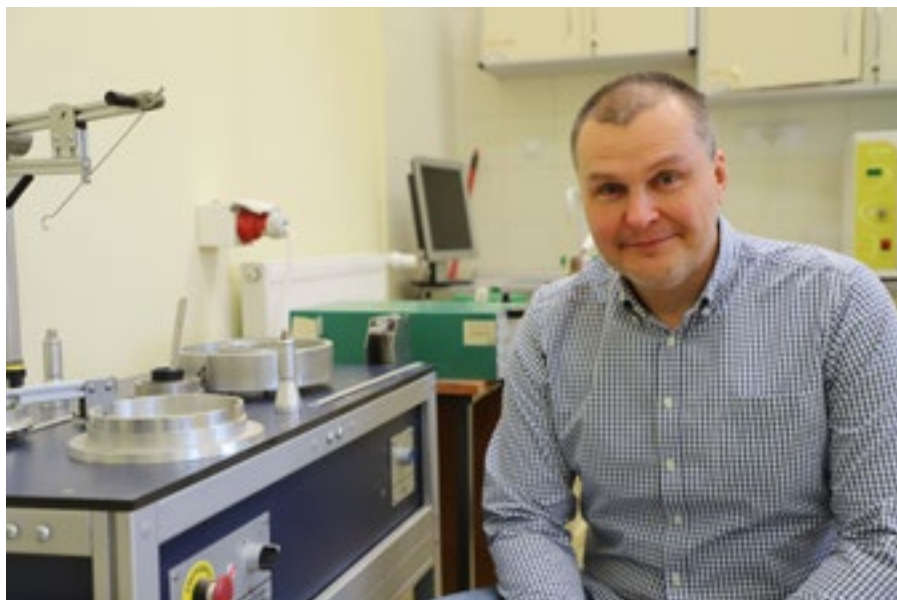
NEU-JKF Sp. z o.o.
Berzyna 81
64-200 Wolsztyn

Tel.: +48 68 347 07 00
Fax: +48 68 384 53 38
e-mail: info@neu-jkf.pl
www.neu-jkf.pl



Doskonalimy techniki pomiarowe materiałów sypkich

Z prof. dr. hab. inż. Mateuszem Stasiakiem, opiekunem Laboratorium Mechaniki Materiałów Sypkich Instytutu Agrofizyki PAN, rozmawia Agnieszka Tyc



MATEUSZ STASIAK:

Cały czas doskonalimy techniki pomiarowe i opracowujemy nowe stanowiska pomiarowe do konkretnych problemów badawczych

Agnieszka Tyc: Laboratorium Mechaniki Materiałów Sypkich Instytutu Agrofizyki PAN, którego Pan jest opiekunem, prowadzi wysoko specjalistyczne badania. Proszę w skrócie opowiedzieć o nich – jakich materiałów oraz parametrów dotyczą? Część prowadzonych przez Państwa Laboratorium badań odnosi się do zbiorników i silosów. Prosimy również o kilka słów na temat zagadnień związanych z magazynowaniem materiałów sypkich, które są przedmiotem Państwa analiz.

Mateusz Stasiak: Od samego początku badania w laboratorium dotyczyły materiałów sypkich pochodzenia rolniczego, takich jak ziarna zbóż, nasiona rzepaku czy roślin strączkowych. Rozwinięcie technik laboratoryjnych i doposażanie laboratorium pozwoliło w niedługim czasie na rozszerzenie zainteresowań o proszki spożywcze i biomasę rozdrobnioną oraz modelowanie numeryczne DEM procesów fizycznych zachodzących w materiałach sypkich podczas operacji technologicznych związanych ze składowaniem, przemieszczaniem i obróbką materiału. Nie ograniczamy się do badań parametrów i charakterystyk mechanicznych materiałów pochodzenia roślinnego.

Prowadzimy także badania materiałów sypkich pochodzenia mineralnego czy też proszków przemysłowych. Określamy wytrzymałość i trwałość peletu. Wykonujemy ekspertyzy dla zleceniodawców z różnych branż. Ich zainteresowanie wynikami naszych badań potwierdza, jak wiele procesów przemysłowych, na każdym etapie, przeprowadzane jest z udziałem materiałów



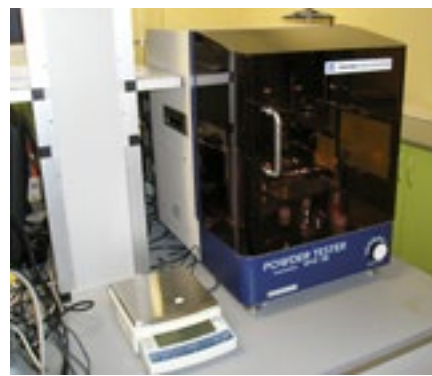
FOT. 1
Roślinne materiały sypkie

rozdrobnionych. Parametry, które wyznaczamy w laboratorium, to głównie podstawowe charakterystyki i parametry materiałów wyznaczane w standardowych aparatach. Wyznaczane parametry charakteryzują wytrzymałość materiału i obciążenia wywołane przez materiał na konstrukcje z nim współpracujące w trakcie transportu i magazynowania. Używane są do projektowania urządzeń o niezbędnej wytrzymałości i niezawodności oraz do optymalizacji procesów.

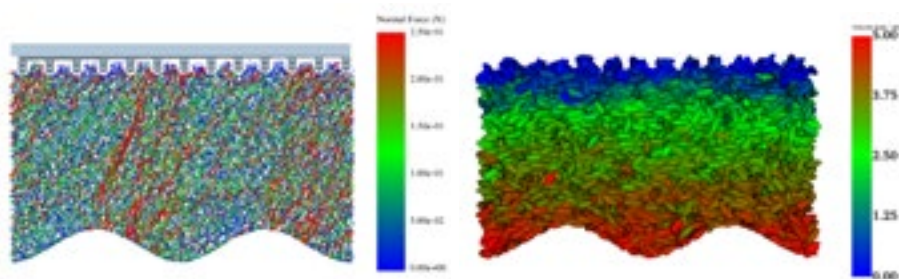
Kluczowymi czynnikami determinującymi zachowanie materiałów sypkich w procesie magazynowania są: obciążenia wywołane wysokością materiału, jego wilgotność, rozkład granulometryczny oraz czas przechowywania – i właśnie tymi zagadnieniami się zajmujemy.

A.T.: Współpracujecie Państwo z pewnością z zakładami przemysłowymi. Z jakich sektorów gospodarki wywodzą się te firmy i na czym polegają Państwa działania w ramach tej współpracy? Czy może Pan przedstawić najciekawsze praktyczne wdrożenia wyników Państwa badań lub projektów.

M.S.: O tak. Jak już wcześniej wspomniałem, wykonujemy analizy materiałów od zleceniodawców zewnętrznych. To często potentaci krajowi i europejscy, a badania niejednokrotnie dotyczą nowych inwestycji czy materiałów. Z reguły są to firmy z branży spożywczej, elektroenergetycznej, wydobywczej i produkcyjnej. W ramach współpracy z otoczeniem gospodarczym wykonujemy ekspertyzy i badania dotyczące analiz właściwości



FOT. 2
Automatyczny tester proszków



RYS. 1, 2, 3

Symulacje numeryczne przepływu ziarna pszenicy po ścianie silosu z blachy falistej

materiałów rozdrobnionych. Czasami prowadzimy badania pomagające rozstrzygnąć przyczyny awarii i sporów pomiędzy wykonawcą i użytkownikiem instalacji. Myślę, że warto tu wspomnieć o wspólnym projekcie prowadzonym z jedną z firm budujących kompletne instalacje elektrociepłownicze, który zaowocował nową metodą pomiaru wytrzymałości biomasy rozdrobnionej pod obciążeniem i systemem oceny przydatności biomasy do składowania.

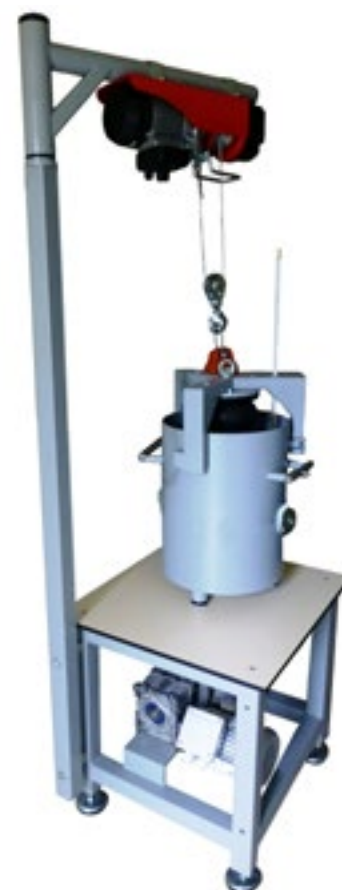
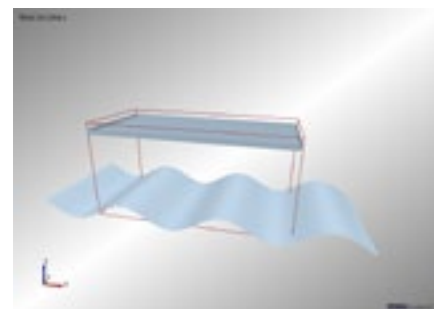
A.T.: Oferując szerokie spektrum badań, z pewnością Państwa Laboratorium wyposażone jest w nowoczesny sprzęt badawczo-pomiarowy. Czy może Pan zapoznać naszych Czytelników z urządzeniami, którymi Państwo dysponujecie i krótko je scharakteryzować?

M.S.: Oprócz dobrze znanych i rozpowszechnionych od dziesięcioleci standardowych aparatów do testów bezpośredniego ścinania czy jednoosiowego i trójosiowego ściskania dysponujemy również aparatem pierścieniowo-obrotowym, służącym do określenia sypkości proszków spożywczych, wytrzymałości materiałów sypkich czy określenia parametrów do projektowania

procesu technologicznego. Dzięki pomiarom w automatycznym testerze proszków możemy oznaczyć ich parametry jakościowe, niezbędne do zaprojektowania przewidywalnego procesu technologicznego. Posiadany przez nas pakiet programowy oparty na metodzie elementów dyskretnych DEM umożliwia modelowanie procesów mechanicznych w układzie trójwymiarowym dla różnych materiałów, pomiar energii i prędkości modelowanych obiektów oraz sił działających na elementy układu. Oprogramowanie to znajduje zastosowanie w modelowaniu procesów technologicznych dla elementów o różnych parametrach materiałowych i geometrycznych w celu podniesienia efektywności urządzeń przemysłowych.

Nie ograniczamy się do realizacji badań przy użyciu standardowych aparatów dostępnych komercyjnie. Cały czas doskonalimy techniki pomiarowe i opracowujemy nowe stanowiska pomiarowe do konkretnych problemów badawczych, jakie nas interesują. Większość z nich jest opatentowana lub jest chroniona wzorem użytkowym.

A.T.: Dziękuję za rozmowę



FOT. 3

Tester łopatkowy do badań biomasy

powder&bulk
MATERIAŁY SYPKIE I MASOWE

Zasypujemy informacjami!

Zapraszamy na naszą stronę: www.powderandbulk.com.pl

Nowoczesne pomiary poziomu z dostępem zdalnym w chmurze

www.pl.endress.com

Globalne megatrendy, jak cyfryzacja, urbanizacja, zmiany demograficzne czy klimatyczne wpływają na nasze życie prywatne, nie omijając również rzeczywistości przemysłowej. Tam, gdzie liczą się szybkość reakcji, bezpieczeństwo procesu, a planowanie produkcji odbywa się przy uwzględnieniu dużej ilości danych, do głosu dochodzą rozwiązania chmurowe. Jakie nowe możliwości wiążą się z wykorzystaniem technologii obliczeniowych w przypadku urządzeń do pomiaru poziomu?



DLACZEGO MIERZY SIĘ POZIOM RÓŻNYCH SUBSTANCJI?

Poziom jest jednym z najczęściej mierzonych parametrów w procesach przemysłowych. Informacje o ilości danego produktu, wykorzystywane do regulacji i sterowania procesem, mogą być podstawą do rozliczeń, a przeliczając poziom na objętość lub masę otrzymujemy niezbędne informacje o ilości surowca czy produktu końcowego, co jest wykorzystywane do zarządzania stanami magazynowymi. W wielu przypadkach pomiar poziomu to podstawa układów kontrolnych w systemach automatyki, a od poprawności działania danego instrumentu zależy bezpieczeństwo zakładu. Od dokładności i powtarzalności pomiaru napełnienia reaktora lub mieszalnika zależy jakość produktu końcowego. Sondy poziomu służą także do zabezpieczenia zbiorników przed przepełnieniem i ochrony pompy przed suchobiegiem. Dlatego tak ważna jest niezawodność urządzenia. Najnowsze technologie umożliwiają spełnienie wymagań przemysłu w zakresie nie tylko poprawnego

odczytu wartości mierzonej, ale oferują również nieznane dotąd możliwości. W przemyśle bardzo popularne stały się pomiary radarowe, które z powodzeniem zastępują do tej pory wykorzystywane sondy hydrostatyczne, ultradźwiękowe czy zawodne rozwiązania mechaniczne.

JAK DZIAŁA RADAR DO POMIARU POZIOMU?

Zasada pomiaru w urządzeniach radarowych opiera się na analizie czasu przelotu wiązki mikrofalowej i określeniu na tej podstawie odległości powierzchni mierzonego medium. Metoda ta pozwala dokonywać pomiaru niezależnie od zmian gęstości, ciśnienia, temperatury czy nierównego usypu dla materiałów sypkich. Radary potrafią poprawnie pracować także w warunkach dużego zapylenia, parowania czy innych niekorzystnych okoliczności. Oprócz zalet wynikających z samej technologii pomiarowej urządzenia te posiadają dodatkowe funkcje, chętnie wykorzystywane w przemyśle.

URZĄDZENIA INTELIGENTNE POTRAFIĄ ZADBAĆ O SIEBIE I O PROCES

Już od jakiegoś czasu można zaobserwować trend, zgodnie z którym urządzenia – oprócz podstawowej informacji pomiarowej – są w stanie przesłać też komunikaty diagnostyczne i inne przydatne informacje. Przykładem takiego rozwiązania jest **Heartbeat**



Technology, dostępna w radarach mikrofalowej produkcji Endress+Hauser. Unikatowy mechanizm autodiagnostyki polega na ciągłej weryfikacji parametrów wewnętrznych urządzenia i porównywaniu ich z fabrycznym wzorcem. Zbyt duże odchylenie od wartości wzorcowej spowoduje negatywny wynik takiej weryfikacji, a sama analiza umożliwia wykrycie niemal każdej usterki, jaka pojawić się może w trakcie pracy urządzenia. Co najważniejsze, funkcjonalność ta zapewnia użytkownikowi ten komfort, że o każdej nieprawidłowości zostanie z wyprzedzeniem poinformowany. Ponadto weryfikacja i diagnostyka **Heartbeat** pozwalają wykryć specyficzne sytuacje, z jakimi możemy mieć do czynienia w procesie, a które mają znaczenie zarówno z punktu jego bezpieczeństwa, jak i ze względu na wymagane parametry jakościowe. Może to być na przykład informacja o powstaniu piany na powierzchni mierzonej cieczy, zawilgoceniu anteny czy zbyt dużym osadzie na niej, a także sytuacje, gdy nastąpi uszkodzenie uszczelnienia czy przerwanie linii sygnałowej.

CYFROWA RZECZYWISTOŚĆ, CZYLI JAK EFEKTYWNIENIE KORZYSTAĆ Z DANYCH PROCESOWYCH

W znakomitej większości przypadków potencjał urządzeń inteligentnych nie jest wykorzystywany w praktyce. Zainstalowany instrument posiada wprawdzie dostępne wszystkie najnowsze funkcjonalności, ale użytkownik nie jest w stanie ich wykorzystać w praktyce w swoim zakładzie. Jak zatem to zrobić?

Z pomocą w wykorzystaniu zdolności cyfrowych urządzeń przychodzi rozwiązanie chmurowe Endress+Hauser, jakim jest usługa Netilion. W odróżnieniu od klasycznych systemów automatyki podłączone do chmury urządzenia wysyłają nie tylko surowe dane pomiarowe, niezbędne do prawidłowego prowadzenia procesu, ale też wspomniane wcześniej dane diagnostyczne. Informacje te wysyłane są niezależnie od przesyłu danych do wewnętrznej sieci zakładowej, a dla każdego urządzenia tworzony jest tzw. cyfrowy bliźniak, czyli bezpieczna kopia zapasowa składników majątku zakładowego. Podłączenie aparatury do świata wirtualnego wraz z udostępnieniem danych za pomocą technologii informacyjnych stwarza użytkownikom nieznane do tej pory możliwości. Kierownik produkcji jest w stanie dowiedzieć się więcej na temat sprawności samego czujnika, jego wewnętrznych obwodów oraz potencjalnych zagrożeń związanych z jego nieprawidłowym funkcjonowaniem. Innymi słowy wiele sytuacji awaryjnych jest możliwych do wykrycia z wyprzedzeniem – zanim nastąpi całkowite odstawienie czujnika i w konsekwencji zatrzymanie procesu czy pracy całej linii produkcyj-



nej. Praca służb związanych z utrzymaniem ruchu nie musi zatem oznaczać usuwania na bieżąco awarii, ale może polegać na wdrożeniu działań predykcyjnych i zapobieganiu awariom zanim one się pojawią. To natomiast przekłada się na wymierne korzyści, ponieważ każdy przestój oznacza realnie utracone pieniądze. Ponadto, mając wgląd w kondycję poszczególnych urządzeń, możemy oszczędzić sporo czasu na szukanie przyczyny poprzez fizyczne łączenie się z odpowiednim aparatem serwisowym. Dzięki najnowszym rozwiązaniom cyfrowym wszelkie niezbędne informacje procesowe i diagnostyczne mogą być dostępne z dowolnego miejsca na Ziemi, o dowolnej porze.

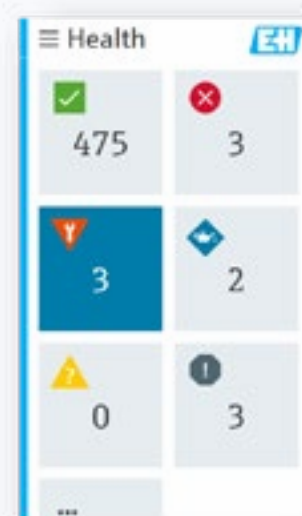
ŁATWIEJSZE NIŻ SIĘ WYDAJE

Aby rozpocząć korzystanie z rozwiązania chmurowego, nie jest potrzebna gruntowna przebudowa obecnego systemu sterowania, ponieważ transmisja danych odbywa się niezależnie. Najprostsza droga do cyfryzacji pomiaru poziomu to wybór radaru Endress+Hauser z komunikacją Bluetooth lub z dodatkowym adapterem z taką komunikacją.

Nie należy się tutaj obawiać o bezpieczeństwo, ponieważ połączenie takie jest szyfrowane i z powodzeniem może być stosowane także w przemyśle. System Netilion, bazujący na rozwiązaniu chmurowym AWS (Amazon Web Services) spełnia najnowsze normy i standardy cyberbezpieczeństwa, jak ISO 27001 – w zakresie bezpieczeństwa informacji, ISO 27017 traktujący o zabezpieczeniu usług w chmurze obliczeniowej czy normę PN-EN 62443-4-1, która precyzuje wymagania cyklu rozwoju, dotyczące tworzenia bezpiecznych produktów wykorzystywanych w systemach sterowania i automatyki przemysłowej.

Odpowiednie urządzenie brzegowe wyposażone w kartę SIM jest w stanie zebrać dane nawet z pięciu radarów. – *Szczególnym przypadkiem jest radar zasilany bateryjnie, który bezpośrednio łączy się z chmurą. Takie rozwiązanie znajduje zastosowanie wszędzie tam, gdzie do tej pory nie było możliwe doprowadzenie zasilania, a tym bardziej nie był możliwy zdalny odczyt danych pomiarowych. Z poziomu chmury użytkownik natomiast może dane odczytać w aplikacji przy*

użyciu swojego telefonu czy tabletu. Opcjonalnie dane te mogą zostać przekazane do systemu użytkownika z wykorzystaniem interfejsu API. Dla każdego punktu pomiarowego możemy ustawić progi alarmowe, po przekroczeniu których użytkownik otrzymuje powiadomienia. Dodatkowo w aplikacji Health istnieje możliwość podglądu kondycji podłączonych urządzeń, a całą aparaturę i jej status widzimy w postaci przejrzystego dashboardu. W aplikacji Value istnieje możliwość podejrzenia bieżącej wartości pomiarowej, a także wartości historycznych, które mogą okazać się pomocne w optymalizacji procesu lub przeprowadzeniu prawidłowości jego przeprowadzenia – wyjaśnia Bartosz Frasz, Product Manager Digital Solutions w Endress+Hauser.



W dobie szybko zmieniających się realiów rynkowych każde przedsiębiorstwo, które korzysta już z możliwości przetwarzania danych w chmurze, zwiększa swoją konkurencyjność i elastyczność, korzystając z jeszcze wydajniejszych metod zarządzania procesami, przy jednoczesnej redukcji potrzeby bezpośredniej obsługi parku maszyn i urządzeń. Z gotowymi zasobami urządzeń inteligentnych w zakładzie rozpoczęcie cyfryzacji jest zatem na wyciągnięcie ręki – czy też lepiej byłoby powiedzieć: za jednym kliknięciem.

Więcej informacji na stronie producenta: <https://eh.digital/3rYFVhO>.

Ciągły pomiar wilgotności w produkcji peletu

Artur Żarski

Biomasa – ten ogólny termin obejmuje głównie niekopalny materiał organiczny i biogeny, który z powodzeniem jest przetwarzany na energię (systemy grzewcze na biomasę). Pod pojęciem biomasy rozróżniamy m.in. trociny, zrębki, pelety drzewne, słomę itp. Rynek biopaliw, a zwłaszcza peletu, rozwija się dynamicznie od kilku lat w całej Unii Europejskiej, za sprawą przyjętej polityki, zwiększającej udział energii ze źródeł odnawialnych. Również w Polsce obserwowany jest dalszy wzrost zapotrzebowania na pelet. Z roku na rok zwiększa się również ilość producentów tego paliwa. Szczególnie w branży peletów drzewnych, systemy pomiaru wilgotności firmy ACO stały się podczas produkcji niezbędne do oznaczania wilgotności w czasie rzeczywistym.



tego, aby w końcowym etapie procesu otrzymać produkt o żądanej jakości.

CYFROWY SYSTEM POMIAROWY DMMS

Jeśli zawartość wilgoci jest zbyt duża, uzyskanie produktu końcowego o żądanych parametrach może wymagać użycia większego ciśnienia w procesie kompresji. To z kolei powoduje niepotrzebny wzrost temperatury, generowanie zwiększonej ilości pary i zatykanie się dyszy. Uzyskany pelet może nie posiadać wymaganych parametrów opałowych i może istnieć ryzyko dekompozycji podczas dalszego składowania. Z kolei zatkanie dysz wymaga ręcznego czyszczenia przez operatora i powoduje uciążliwe przestoje podczas produkcji, generując straty.

Jeśli zawartość wilgoci w surowcu jest za mała, proces kompresji produktu może nie być wystarczający i przy zbyt niskim ciśnieniu

Granulki peletu posiadają dwa bardzo istotne, a przy tym wyróżniające czynniki, tj. atut zarówno ekonomiczny, jak i ekologiczny. Pelet drzewny jest bardzo czystym paliwem, nie zanieczyszcza środowiska naturalnego, a do produkcji wykorzystywane są trociny i zrębki drzewne, tj. surowiec (odpad) praktycznie nie do wykorzystania gdzie indziej. Dzięki stosowanym przez producentów tego paliwa, nowoczesnym rozwiązaniom technologicznym i kontroli, produkcja nie jest uciążliwa dla środowiska naturalnego. Te aspekty nabierają dziś, w dobie rosnącej popularności ekologii oraz ograniczania emisji CO₂ do środowiska, coraz większego znaczenia. Co niemniej ważne, biopaliwo (w tym pelet) jest również konkurencyjne cenowo w stosunku do węgla oraz oleju opałowego.

JAK POWSTAJE PELET?

Wyzwania, jakim sprostać muszą producenci peletów, to zmienne warunki pogodowe, sposób transportowania i składowania materiału (biomasy), a przede wszystkim efektywność procesu suszenia i wytłaczania trocin.

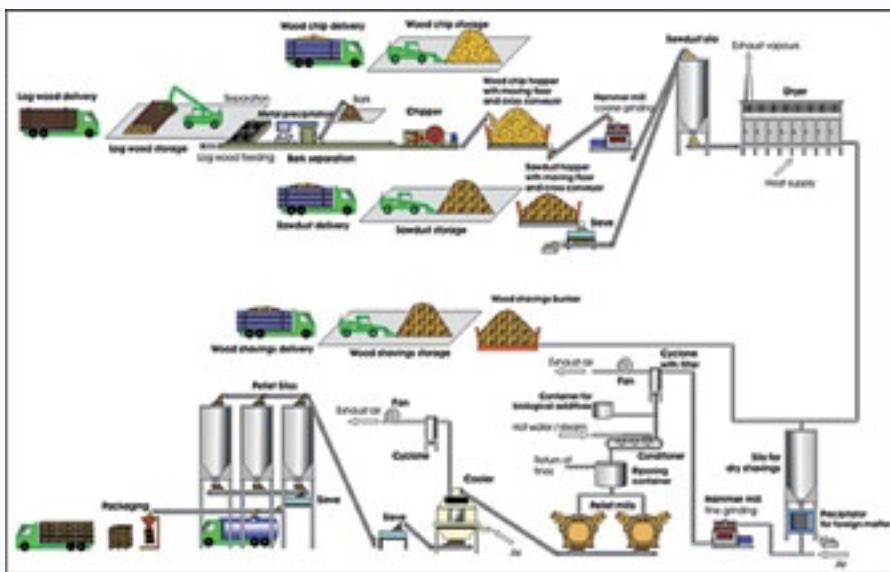
Proces produkcji peletu odbywa się poprzez wtlaczanie suchych trocin lub zrębków drzewnych pod dużym ciśnieniem do dyszy formującej. Aby optymalnie prasować (wytłaczać) pelety, surowiec musi zawierać odpowiednią wilgotność – tę zaś osiąga się poprzez suszenie lub kondycjonowanie

(nawilżanie) surowego produktu. Zawarta w półprodukcie lignina zmiękcza się wraz z powstałym w procesie ciepłem, to zaś przyczynia się do powstania bardziej zwartej struktury.

PO CO MIERZYĆ WILGOTNOŚĆ?

Wysokiej jakości pelet o wysokich parametrach opałowych powinien posiadać jednorodną gęstość oraz wilgotność na poziomie nieprzekraczającym 10 %. Pomiar i kontrola wilgotności surowca do wyrobu peletu są kluczowe do

Wykorzystując system wilgotności DMMS uzyskujemy stały, dokładny i stabilny pomiar wilgotności w czasie rzeczywistym, który może posłużyć do kontroli i optymalizacji parametrów procesu.



RYS. 1

Schemat przedstawiający procesy przetwórstwa biomasy

niu i temperaturze lignina nie zadziała odpowiednio efektywnie jako lepiszcze. Wówczas pelet nie uformuje się odpowiednio.

CZYMI MIERZYĆ WILGOTNOŚĆ?

Tradycyjne metody pomiarowe wilgotności polegają na okresowych pomiarach na wagosuszarce przez operatora. Pomiary te jednak nie dają informacji na temat parametrów całości partii. Dodatkową wadą tego typu metod laboratoryjnych i ręcznych jest czas potrzebny na otrzymanie wyników pomiarowych, co wyklucza szybką reakcję na ewentualne błędne ustawienia parametrów linii i zwiększa możliwość powstania strat.

Tu właśnie wkraczają do akcji czujniki kontaktowe ACO, które mierzą wilgotność w czasie rzeczywistym i umożliwiają szybką i dokładną kontrolę procesu suszenia (lub nawilżania) do optymalnej wartości. Pomiar i kontrola parametrów procesu w czasie rzeczywistym jaki oferują rozwiązania ACO, zapewnia użytkownikom poziom informacji o procesie niemożliwy do uzyskania dzięki innym sposobom. Wykorzystując system wilgotności DMMS uzyskujemy stałą, dokładny i stabilny pomiar wilgotności w czasie rzeczywistym, który może posłużyć do kontroli i optymalizacji parametrów procesu.

Kontaktowy czujnik pojemnościowy DMMS firmy ACO, mierzy i określa w czasie rzeczywistym zawartość wody (wilgotci) w produkcie, na podstawie różnicy stałej dielektrycznej odpowiednio dla produktu i wody.

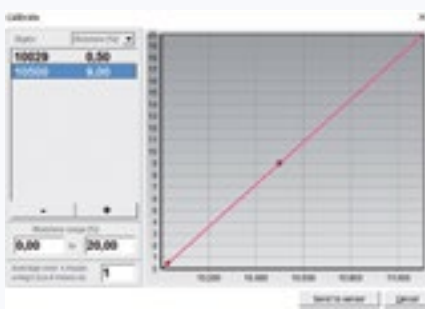
Zalecany miejscem instalacji w procesie jest przenośnik ślimakowy – czujnik umieszczony jest w bocznej ścianie przenośnika, w miejscu, w którym sonda ma stały kontakt z przemieszczającym się materiałem. Aby uniknąć zakłóceń sygnału powodowanych przez ruch samego przenośnika, praktykuje się skrócenie nieco odległości najbliższej łopatki ślimaka do min. 3–4 cm od czujnika. Dobór odpowiedniego miejsca i wspomniana praktyka zalecanego skrócenia spirali jest praktykowana przez liczne zakłady produkcji peletu.

Kluczowym aspektem jest również dokładna kalibracja układu pomiarowego, przeprowadzona po instalacji czujnika w miejscu docelowym i wykonana przy użyciu dedy-



RYS. 2
Kontaktowy czujnik wilgotności trocin we wnętrzu przenośnika ślimakowego

kowanego oprogramowania. Powinna ona uwzględniać siłę docisku i „ugniecenia” materiału dla zapewnienia jego stałej ściśliwości.



RYS. 3
Kalibracja z wykorzystaniem dedykowanego oprogramowania

Przydatne miejsca, które z powodzeniem wykorzystywane są do montażu czujnika wilgotności to:

- przed i za suszarką;
- za silosem na wysuszone trociny;
- na poziomie kondycjonowania (zwilżania);
- bezpośrednio przed prasą;
- pelet za chłodnicą (gotowy produkt przed pakowaniem).

SPRAWDZONE W PRAKTYCE

Dokładność jaką średnio uzyskujemy stosując kontaktowe czujniki wilgotności DMMS w realizacjach dla przetwórstw biomasy i produkcji peletu to $\pm 0,5\%$. Oczywiście duży wpływ na finalny rezultat otrzymywanej dokładności pomiaru ma odpowiedni wybór miejsca usytuowania czujnika w procesie, jak również rzetelnie przeprowadzona kalibracja (z wykorzystaniem wagosuszarki). Otrzymane wyniki charakteryzują się bardzo dużą stabil-



nością i korelacją ze standardowymi, laboratoryjnymi metodami kontrolnymi. Zebrane dane mogą służyć automatyzacji i optymalizacji pracy suszarni, m.in. dozowaniu wody, optymalnemu ustawieniu czasu suszenia czy sterowaniu pracą palników.

W porównaniu z innymi metodami pomiaru wilgotności, czujniki kontaktowe firmy ACO charakteryzują się najlepszym współczynnikiem otrzymywanej dokładności do ceny. Do tej pory zainstalowano wiele takich systemów pomiarowych, które przyniosły i nadal przyniosą użytkownikom wymierne korzyści. Pomiar wilgotności peletu w czasie rzeczywistym zapewnia bowiem zwiększenie efektywności sterowania procesem, pożądaną powtarzalność i jakość produktu, obniżenie kosztów produkcji i zmniejszenie ilości odpadów. To w konsekwencji optymalizuje wydajność produkcji peletu, przy krótkim czasie zwrotu z inwestycji. ■

AUTOR JEST ABSOLWENTEM KIERUNKU OCHRONA ŚRODOWISKA (SPECJALIZACJA FIZYKO-CHEMICZNA) NA UNIWERSYTECIE ŚLĄSKIM. W FIRMIE INTROL PRACUJE OD 2016 ROKU NA STANOWISKU MENEDŻERA PRODUKTU W DZIALE POMIARÓW FIZYKO-CHEMICZNYCH.

TEKST UKAZAŁ SIĘ W PERIODYKU FIRMOWYM SPOŁKI INTROL „POD KONTROLĄ”



RYS. 4
Przykłady pomiaru wilgotności peletu



Badanie wapna budowlanego

Wiktor Kubiński,
Mariusz Niekurzak,
Ewa Kubińska-Jabcoń

W ramach współpracy z Wydawnictwem Naukowym PWN przedstawiamy kolejny fragment książki pt. „Badania towarów przemysłowych”. Poniższy tekst dotyczy oznaczania parametrów wapna budowlanego. W poprzednich wydaniach w 2021 r. opublikowaliśmy części poświęcone badaniu gipsu budowlanego oraz cementu.

FOT: www.kbb.pl



Oznaczanie aktywnych tlenków wapnia i magnezu w wapnie w przeliczeniu na tlenek wapnia zgodnie z normą PN-EN 459-1:2015-06E [N22] polega na rozpuszczeniu wapna w wodzie oraz miareczkowaniu powstałego wodorotlenku wapnia i magnezu mianowanym roztworem kwasu solnego. W celu wykonania badania po odważeniu 1 g wapna i dodaniu do niego 200 cm³ wody, całość przelewa się do kolby stożkowej, przykrywa szkiełkiem zegarowym, po czym gotuje się przez 5–10 min. Po ochłodzeniu i opłukaniu szkiełka dodaje się 2–3 krople fenoloftaleiny, ciągle mieszając, z biurety dodaje się krople roztworu kwasu solnego o stężeniu 1 N aż do zaniku zabarwienia. Miareczkowanie uznaje się za zakończone, jeżeli po upływie 5 min nie pojawi się ponownie różowe zabarwienie.

Procentową zawartość aktywnych tlenków CaO i MgO w przeliczeniu na CaO X oblicza się ze wzoru [N22]

$$X = \frac{V \cdot 0,02804}{m} \cdot 100\% \quad (8,48)$$

gdzie: V – objętość 1-normalnego roztworu HCl zużytego do miareczkowania, cm³; 0,02804 – ilość CaO odpowiadająca ilości 1 cm³ ściśle 1-normalnego roztworu kwasu solnego, g/cm³; m – odważka badanego wapna, g.

Jako wynik końcowy podaje się średnią arytmetyczną dwóch oznaczeń nieróżniących się więcej niż 0,2%.

Zawartość tlenku wapnia X_{Ca} oblicza się ze wzoru [N22]

$$X_{Ca} = \frac{V \cdot K_2 \cdot 10}{m} \cdot 100\% \quad (8,49)$$

gdzie: V – objętość roztworu wersenianu disodowego zużytego do miareczkowania, cm³;

K_2 – miano roztworu wersenianu disodowego wyrażone w gramach tlenku wapnia na 1 cm³ roztworu, g/cm³; m – odważka badanej próbki, g.

Jako wynik końcowy podaje się średnią arytmetyczną z wyników dwóch oznaczeń.

Zawartość tlenku magnezu X_{Mg} należy obliczyć ze wzoru [N22]

$$X_{Mg} = \frac{(V_1 - V) \cdot K_1 \cdot 10 \cdot 100}{m} \% \quad (8,50)$$

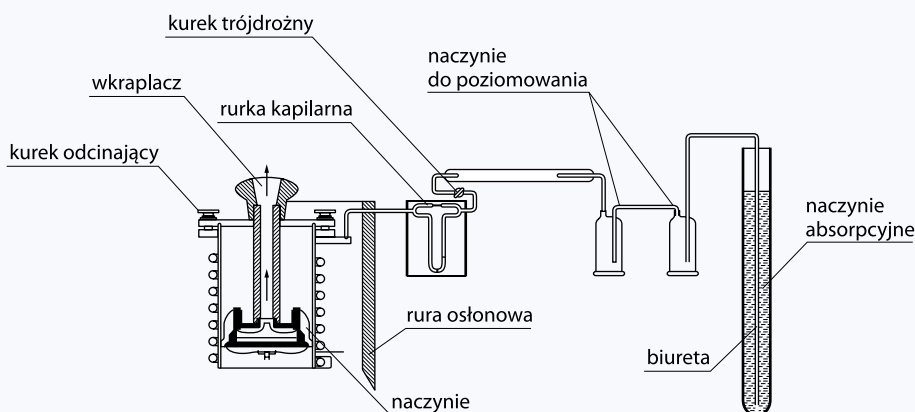
gdzie: V – objętość roztworu wersenianu disodowego zużytego do miareczkowania, cm³;

V_1 – objętość roztworu wersenianu disodowego zużytego do miareczkowania jonów Ca⁺², cm³; K_1 – miano roztworu wersenianu disodowego wyrażone w gramach tlenku magnezu na 1 cm³ roztworu, g/cm³; m – odważka badanej próbki, g.

Jako wynik końcowy podaje się średnią arytmetyczną z wyników dwóch oznaczeń.

Oznaczanie cech chemicznych wapna budowlanego – zawartość CO₂ zgodnie z normą PN-EN 459-2:2010P [N23] polega na uwolnieniu CO₂ zawartego w wapnie budowlanym w postaci węglanów w reakcji z kwasem solnym i oznaczeniu jego zawartości objętościowo. Badanie to wykonuje się za pomocą aparatu Kleina, którego schemat przedstawiono na RYS. 8.22.

Przed wykonaniem badania należy pobrać próbki, które stanowią produkcję z jednego dnia. Liczba i wielkość próbek pierwotnych zależy od wielkości partii oraz od tego, czy wapno jest dostarczone w bryłach, czy w postaci sproszkowanej (wapno mielone, hydrauliczne i hydratyzowane), czy jako ciasto wapienne. Masa próbek pierwotnych wapna w bryłach nie powinna być mniejsza niż 3 kg, a próbek wapna sproszkowanego – nie mniejsza niż 0,5 kg. Próbkę wapna w bryłach są pobierane z silosów lub zbiorników. Próbkę należy pokruszyć, zmieścić i zredukować jej masę w celu uzyskania podpróbki o wymiarach ziaren mniejszych niż 0,3 mm i masie odpowiedniej do planowanych oznaczeń. Próbkę wapna w postaci sproszkowanej pobiera się zgłębnikiem z wagonów, cystern lub silosów. Masę prób-



RYS. 8.22
Aparat Kleina do oznaczania dwutlenku węgla [N23]

ki należy zmniejszyć za pomocą dzielnika próbek lub metodą kwartowania do uzyskania podpróbki o masie nie mniejszej niż 1 kg. Całość uzyskanej podpróbki powinna być rozdrobniona do ziaren o wymiarach mniejszych niż 0,3 mm. Próbkę pierwotne ciasta wapiennego pobiera się zgłębnikiem z każdej partii nie większej niż 50 Mg. Próbkę ogólną ciasta wapiennego zmniejsza się metodą kwartowania, tak aby wielkość próbki laboratoryjnej nie była mniejsza niż 2,5 kg. Podczas pobierania próbki pierwotne powinny być dokładnie zmieszane.

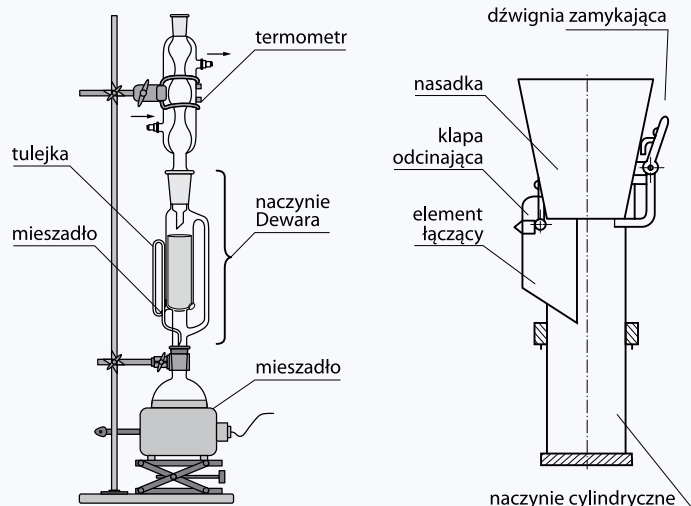
Do wykonania oznaczenia należy zważyć próbkę w kolbie reakcyjnej, dodać na końcu łopatkę szczypce siarczanu miedzi w celu związania ewentualnie tworzącego się siarkowodoru i rozprawać w niewielkiej ilości wody. Kolbę reakcyjną należy podłączyć do aparatu za pomocą korka z dwoma otworami. W otworach korka umieszcza się wkraplacz i rurkę doprowadzającą do biurety pomiarowej. Następnie otwiera się kurki odcinające na wkraplaczu i rurce doprowadzającej. Kurek trójdrożny ustawia w takim położeniu, aby kolba i biureta pomiarowa były ze sobą połączone. Biuretę napełnia się cieczą manometryczną aż do kurka trójdrożnego, podnosząc naczynie do poziomowania.

W tym momencie zamyka się kurek i napełnia wkraplacz rozcieńczonym kwasem solnym (1 + 1). Za pomocą wkraplacza dodaje się rozcieńczony kwas solny do kolby, aż wypełni się ona do połowy. Po kilku minutach reakcji w temperaturze otoczenia mieszaninę ogrzewa się do wrzenia i gotuje jeszcze 3 min. Za pomocą wkraplacza kolbę całkowicie wypełnia się rozcieńczonym kwasem solnym aż do kurka odcinającego, w celu przeprowadzenia pozostającej mieszaniny gazów do biurety. Należy przy tym uważać, aby nie przepłynął rozcieńczony kwas solny. Biuretę zamyka się kurkiem trójdrożnym i po około 5 min ciecz manometryczną w biurecie i butelce do poziomowania ustawia się na tym samym poziomie i odczytuje objętość gazu V_1 . Przez przekręcenie kurka trójdrożnego łączy się biuretę pomiarową z naczyniem absorpcyjnym i połączone naczynie przemywa mieszaniną gazów powietrze/ CO_2 . W tym celu należy podnieść butelkę do poziomowania, tak aby gaz całkowicie przepłynął przez roztwór wodorotlenku potasu w naczyniu absorpcyjnym. Zostaje przy tym zaabsorbowany CO_2 . Proces absorpcji powtarza się 7–8 razy, aż do momentu, gdy w biurecie pomiarowej pozostanie tylko gaz resztkowy. Zamyka się kurek trójdrożny, a ciecz manometryczną w biurecie i naczyniu do poziomowania ustawia się na tym samym poziomie i odczytuje objętość gazu V_2 . Różnica objętości ($V_1 - V_2$) odpowiada zawartości dwutlenku węgla w próbce. Zawartości masy dwutlenku węgla C należy obliczyć jako zawartości CO_2 , w procentach wyrażonych ułamkiem masowym, według równania [N23]

$$C = 0,053 \cdot F_1 \cdot \frac{(V_1 - V_2) \cdot P}{T \cdot m_1} \% \quad (8.51)$$

gdzie: F_1 – współczynnik korygujący; V_1 – objętość gazu przed absorpcją, cm^3 ; V_2 – objętość gazu po absorpcji, cm^3 ; P – skorygowane wskazanie barometru ó 100, Pa; m_1 – masa próbki, g.

Oznaczanie czasu i temperatury gaszenia wapna palonego zgodnie z normą [N23] polega na zmierzeniu czasu, w którym mieszanina wapna z wodą osiągnie maksymalną temperaturę. Przed badaniem należy odważyć 200 g wapna palonego, przesiać przez sito o oczkach 1 mm, z czego odważyć 80 g. Do naczynia Dewara, przedstawionego schematycznie na RYS. 8.23, wlać 250 cm^3 wody destylowanej o temp. 20°C. Po umocowaniu termometru uruchamia się mieszadło elektryczne. Termometr powinien być zanurzony w wodzie. W momencie wsypywania próbki wapna do naczynia należy uruchomić stoper i co 1 min odczytywać temperaturę. Pomiar należy przerwać, gdy temperatura zacznie opadać.



RYS. 8.23

Aparat do oznaczania temperatury i czasu gaszenia wapna [N23]

RYS. 8.24

Aparat do oznaczania gęstości nasypowej [N23]

Czas gaszenia należy obliczyć w minutach od chwili zetknięcia wapna z wodą do chwili uzyskania maksymalnej temperatury. Należy wykonać co najmniej dwa oznaczenia.

Jako wynik badania podaje się pierwszy odczyt najwyższej temperatury. Różnica między wynikami nie może przekraczać 1,5 min dla czasu gaszenia i 2°C dla temperatury gaszenia.

Czasy gaszenia wapna:

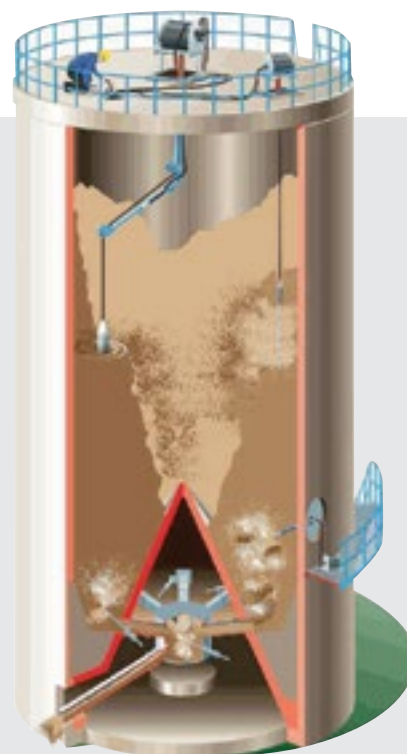
- wapno szybko gaszące się – 15 min,
- wapno umiarkowanie gaszące się – 15–30 min,
- wapno wolno gaszące się – ponad 30 min.



ENDECO

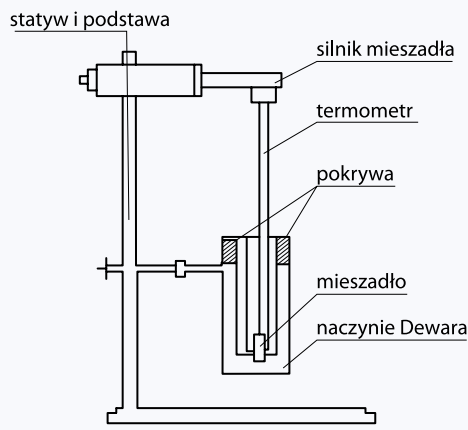
SYSTEM CARDOX

Bezpieczna, szybka i efektywna metoda udrażniania zbiorników: cementu, klinkieru, gipsu, piasku, żwiru, miału węglowego, zboża itp., jak i instalacji technologicznych do magazynowania masowych materiałów sypkich.



Szczegółowych informacji udziela
wyłączny dystrybutor systemu Cardox w Polsce:

Endeco Sp. z o.o.
al. Korfantego 76, 40-160 Katowice
tel./faks: 32 251 73 22, 32 251 70 28
biuro@endeco.pl
www.endeco.pl



RYS. 8.25
Aparat do badania reaktywności [N23]

Oznaczenie gęstości nasypowej wapna zgodnie z normą [N23] polega na wykorzystaniu aparatu pomiarowego umożliwiającego nasypywanie wapna do naczynia pomiarowego. Jest to parametr wapna istotny dla wielu operacji technologicznych wymagających dozowania wapna w sposób objętościowy. Gęstość nasypowa umożliwia także wstępne porównania różnych partii wapna, w których istotnym elementem oceny jakości są: uziarnienie, stopień spieczenia materiału (wapno palone), powierzchnia właściwa (wapno hydratyzowane). Aparat do oznaczania gęstości nasypowej przedstawiono schematycznie na RYS. 8.24.

W celu wykonania oznaczenia należy uruchomić w aparacie pomiarowym dźwignię powodującą otwarcie kłapy odcinającej i umożliwić zsypanie wapna znajdującego się w nasadce aparatu do naczynia pomiarowego. Pobraną próbkę wapna należy przesiać przez sito o oczku kwadratowym 2 mm. Ewentualną pozostałość na sicie rozkruszyć i dołączyć ją do pozostałego materiału. Następnie wapno wsypać do nasadki aparatu w takiej ilości, aby ponad krawędzią nasadki utworzył się stożek o nachyleniu odpowiadającym kątowi naturalnego zsypania. Teraz należy otworzyć kłapę odcinającą i pozwolić na wypełnienie się naczynia pomiarowego. Po odczekaniu 2 min trzeba zdjąć opróżnioną nasadkę, nadmiar proszku wystającego ponad górną krawędź naczynia pomiarowego zgarnąć linijką i oznaczyć masę wapna zawartego w pojemniku pomiarowym. Oznaczenie należy wykonać trzykrotnie, każdorazowo używając świeżego wapna. Jeżeli wyniki różnią się między sobą więcej niż 10 g, badanie należy powtórzyć. Za gęstość nasypową należy przyjąć średnią wartość gęstości wyznaczonej z trzech wartości pomiarowych, najmniej różniących się między sobą. Oznaczona gęstość nasypowa wapna powinna być podana w kg/dm^3 .

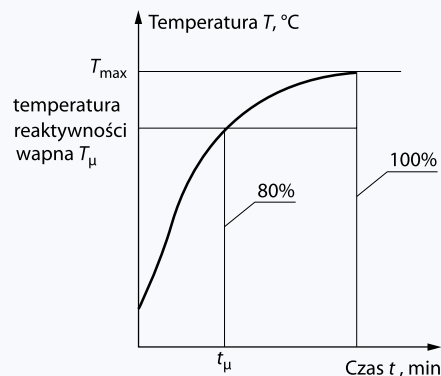
Oznaczenie reaktywności kamienia wapiennego zgodnie z normą [N23] polega na badaniu szybkości rozpuszczania prób-

ki kamienia wapiennego w rozcieńczonym kwasie solnym. Po odważeniu próbki 100 g kamienia wapiennego o ziarnie 20–25 mm należy umieścić ją w kolbie stożkowej, dodać 500 cm^3 roztworu kwasu solnego i lekko mieszać przez cały czas trwania oznaczania. Mieszanie trzeba przerywać jedynie na 2 minuty przed każdym pobieraniem roztworu. Licząc czas od chwili dodania roztworu kwasu solnego do próbki, trzeba w odstępach czasu: 2, 5, 10, 20, 30 i 50 min pobierać pipetą próbki po 10 cm^3 . Pobrane próbki następnie należy przenieść do kolby stożkowej i miareczkować roztworem wodorotlenku sodu wobec oranżu metylowego do zmiany barwy na żółtą. Po oznaczeniu należy sporządzić wykres zależności objętości roztworu wodorotlenku sodu od czasu pobierania próbek cieczy.

Reaktywność kamienia wapiennego należy określić w sekundach na podstawie wykresu, odczytując czas odpowiadający objętości równej 5 cm^3 wodorotlenku sodu. Za wynik końcowy należy przyjąć średnią arytmetyczną z wyników dwóch oznaczeń, w których różnica nie przekracza 60 s.

Oznaczenie reaktywności wapna niegaszonego zgodnie z normą [N23] polega na wykonaniu pomiaru przyrostu temperatury podczas gaszenia wapna za pomocą aparatu pomiarowego, którego schemat przedstawiono na RYS. 8.25. Reaktywność jest wskaźnikiem określającym postęp hydratacji wapna palonego oraz kinetykę wydzielania się ciepła w tym procesie. Jej znajomość jest podstawowym parametrem w ocenie przydatności wapna w wielu technologiach, np. w produkcji betonów komórkowych.

W celu przeprowadzenia oznaczenia do naczynia Dewara należy wlać 600 g wody destylowanej lub dejonizowanej o temp. $T_0 = 20^\circ\text{C}$, zanurzyć w nim termometr i uruchomić mieszadło z prędkością 300 obr/min, kontrolując temperaturę. Następnie przez odpowiednią rynienkę należy wprowadzić do naczynia Dewara jednorazowo odważoną ilość 150 g wapna, rozpoczynając równocześnie ciągły pomiar czasu i temperatury, co umożliwia wyznaczenie najwyższej temperatury reagentów i wykreślenie tzw. krzywej gaszenia wapna – wykres zależności $T = f(t)$. W sytuacji braku rejestratora temperatury gaszenia mierzy się ją po upływie 30 s, po 1 min, a następnie co 1 min, aż do 10 min, a potem co 2 min. W przypadku wapna o bardzo dużej reaktywności należy zwiększyć częstotliwość pomiarów w początkowym okresie. Za miarę reaktywności wapna przyjmuje się czas, po upływie którego przereagowało 80% wapna wprowadzonego do środowiska reakcji. Zmierzone wartości temperatury należy przedstawić graficznie jako funkcję czasu gaszenia. Gaszenie wapna należy uznać za zakończo-



RYS. 8.26
Przykładowa krzywa mokrego gaszenia [N23]

ne, gdy zostanie osiągnięta temperatura T_m . Temperaturę reaktywności wapna T_u oblicza się ze wzoru [N23]

$$T_u = 0,8T_m + 0,2T_0, \quad ^\circ\text{C} \quad (8.52)$$

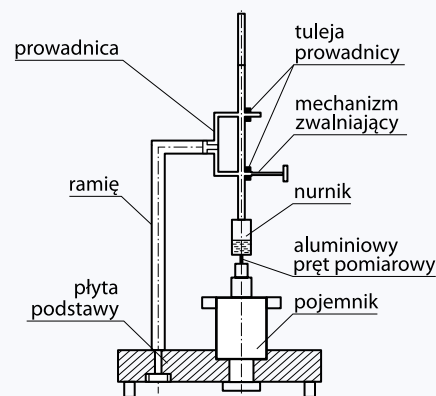
gdzie: T_m – skorygowana najwyższa temperatura zarejestrowana podczas gaszenia wapna, $^\circ\text{C}$; T_0 – początkowa temperatura reagentów, $^\circ\text{C}$.

Znając temperaturę T_u należy wyznaczyć czas t_u , reaktywność wapna, odpowiadającą okresowi, w którym z wodą przereagowało 80% wapna. Przykład krzywej rejestrowanej podczas pomiaru reaktywności z wodą przedstawiono na RYS. 8.26.

Alternatywną procedurą oceny reaktywności wapna jest odczytanie z wykresu $T = f(t)$ czasu, po upływie którego reagująca z wodą próbka wapna osiągnie określoną temperaturę, np. 60°C . Wynikiem będzie czas t_{60} wyrażony w minutach.

Oznaczenie składu masy zaprawy nor-mowej i zapotrzebowania na wodę do oznaczania wielkości rozplýwu i głębokości wnikania zgodnie z [1] polega na wyznaczeniu rozplýwu zaprawy wapiennej, która tworzy początkowo stożek ścięty, a po odpowiednich wstrząsach, rozlewa się na płaskiej płycie metalowej w postaci płaskiego placka.

Średnica powstałego placka stanowi miarę rozplýwu zaprawy. Skład zapraw wapiennych przygotowuje się w sposób objętościowy, dlatego trzeba wykonać szereg badań pozwalających ocenić jakość zapraw



RYS. 8.27
Przyrząd z nurnikiem do pomiaru głębokości wnikania [1]

przygotowanych na podstawie takich właśnie receptur. Badania porównawcze wykonuje się na zaprawach wapienno-piaskowych o stosunku objętościowym wapna do piasku 1:3. Piasek normowy ma gęstość nasypową $1,45 \text{ kg/dm}^3$. Z jednego woreczka piasku wykonuje się trzy belecзки zawierające $0,93 \text{ dm}^3$ piasku, co stanowi 3 części objętościowe wyjściowej próbki zaprawy wapienno-piaskowej. Woreczek piasku jest więc podstawową jednostką miary, do której odnosi się ilość wapna do przygotowania zaprawy. Zaprawę wapienną należy wymieszać z wodą i wyznaczyć średnicę rozplywu za pomocą typowego stolika do badań rozplywu dla zapraw. Jeżeli średnica rozplywu jest inna niż 183 mm, należy zmienić ilość wody dodanej do zaprawy i ponownie przeprowadzić oznaczenie. W tym celu stożkową formę ustawia na środku czystej i suchej płyty stolika do badania rozplywu i wypełnia ją dwiema warstwami świeżej zaprawy. Formę, z nałożoną odpowiednią nasadką, należy mocno przytrzymać, dociskając do płyty stolika, tak aby jej krawędź pokrywała się z kołem wygrawowanym na płycie. Nałożoną warstwę zaprawy rozprowadza się w formie dziesięcioma lekkimi uderzeniami ubijaka, aż do całkowitego wypełnienia formy. Następnie usuwa się nasadkę i odcina nadmiar zaprawy. Stolik należy oczyścić i usunąć wodę znajdującą się w pobliżu formy. Po upływie 10–15 s formę powoli podnosi się pionowo do góry i uruchamia mechanizm, który poprzez odpowiednią krzywkę spowoduje 15 wstrząsów płyty z częstotliwością jeden wstrząs na sekundę. Zaprawa utworzy płaski placek. Rozplyw stanowi średnią arytmetyczną prostokątnych pomiarów średnic placeka. Za wynik pomiaru przyjmuje się wartość średnią z dwóch oznaczeń rozplywu danej próbki.

Zapotrzebowanie wody do pomiaru wielkości rozplywu odpowiada ilości wody wyrażonej w gramach, koniecznej do uzyskania zaprawy o średnicy rozplywu 183 mm, przygotowanej z jednego woreczka piasku normowego i wapna zmieszanych ze sobą w stosunku objętościowym 3:1. Pomiar głębokości wnikania powinien być przeprowadzony na tej samej zaprawie, która posłużyła do określenia zapotrzebowania wody.

Oznaczenie wykonuje się za pomocą przyrządu pokazanego na RYS. 8.27.

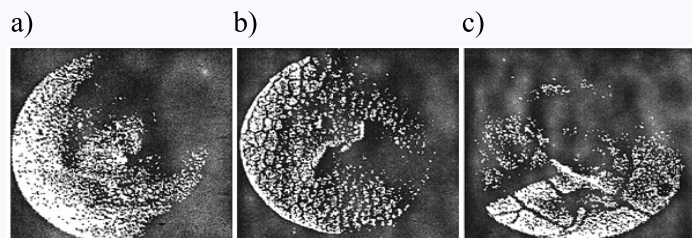
W celu wykonania pomiaru należy pojemnik przyrządu pomiarowego wypełnić zaprawą wapienną dokładnie po upływie 2 min od chwili zakończenia mieszania zaprawy.

Napełnianie pojemnika powinno być przeprowadzone w dwóch warstwach, a każdą warstwę należy rozprowadzić w pojemniku za pomocą 10 uderzeń ubijaka.

Nadmiar zaprawy należy odciąć za pomocą linijki stalowej, a następnie wyrównać powierzchnię zaprawy wypełniającej pojemnik.

Oznaczenie stałej objętości wapna budowlanego zgodnie z [1] polega na uzyskaniu informacji o zmianach objętościowych, jakim ulegną kształtki wykonane z badanego spoiwa, jeżeli poddane zostaną intensywnemu działaniu pary wodnej. Ze względu na znaczne różnice właściwości chemicznych i fizycznych poszczególnych rodzajów wapna nie można oznaczać stałości ich objętości jedną uniwersalną metodą, dlatego stosuje się aż pięć różnych metod, wykorzystując każdą z nich do określonych rodzajów wapna. Stałą objętość standardowego hydratyzowanego wapna wapieniowego można oznaczać dwiema metodami – metodą wzorcową polegającą na określeniu zmian średnicy krążka odpowiednio uformowanego z badanego wapna i poddanego intensywnemu działaniu pary wodnej lub metodą alternatywną wykorzystując w tym celu pierścienie Le Chateliera.

Oznaczanie stałości objętości wapna wysokowapieniowego i wszystkich rodzajów wapna hydraulicznego polega na uprzednim odważeniu 25 g wapna budowlanego przeznaczone-



RYS. 8.28

Widok pr bek badawczych [1]: a) pr bka odpowiednia, b) pr bka z rysami skurczowymi (odpowiednia), c) pr bka z pęknięciami pęcznienia (nieodpowiednia)

go do badania, dodaniu odpowiedniej ilości wody zapewniającej trwałość próbki po rozformowaniu i ostrożnym wymieszaniu. Następnie mieszaninę w stanie możliwie jednorodnym przenosi się do specjalnej formy, którą należy umieścić pod prasą z tłokiem maszyny pomiarowej i sprasować siłą do 2 kN, utrzymując nacisk przez 5 s, po czym rozformować. Zmierzyć dwie średnice, np. na skrzyżowaniu średnic. Obliczyć D_i jako średnią z tych dwóch pomiarów. Następnie próbkę umieścić w komorze parowej i utrzymywać przez 90 min w atmosferze pary wytwarzanej przez gotującą się wodę.

Próbkę wyjąć powoli, ochłodzić do temperatury niższej niż 40°C i obliczyć D_e jako średnią z dwóch pomiarów średnic po naparowaniu. Wynik stanowi różnica $D_e - D_i$.

Oznaczanie stałości objętości hydratyzowanego wapna wapieniowego i ciasta wapiennego, zawierającego ziarna większe niż 0,2 mm stosuje się do określania zmiany objętości całej badanej próbki materiału oraz do określania możliwości wystąpienia odprysków i spękań powstałych w wyniku hydratacji pojedynczych, dużych ziaren niehydratyzowanego i silnie spieczonego tlenku wapnia, stanowiącego zazwyczaj najgrubszą frakcję ziarnową badanego materiału. Silnie spieczony tlenek wapnia





WAKRO
CENTRUM BADAWCZO-ROZWOJOWE

INŻYNIERIA MATERIAŁÓW SYPKICH
www.wakro.com.pl

- **osuszkarki bębnowe**
- **instalacje transportu pneumatycznego**
- **przenośniki mechaniczne**
- **silosy magazynowe**
- **systemy dozowania**
- **stacje big-bag**
- **mieszarki**
- **młyny kulowe**
- **piece tunelowe i obrotowe**
- **kruszkarki**
- **kompaktory**
- **kalandry**
- **filtry i instalacje odpylania**
- **aparaty chemiczne**
- **układy sterowania**
- **przemysłowe konstrukcje stalowe**

**INNOWACJA
JAKOŚĆ
PRECYZJA**

Laboratorium Materiałów Sypkich i Procesów Spawalniczych

(tzw. wapno przepalone) hydratyzuje bardzo wolno, przechodząc w wodorotlenek wapnia w czasie, gdy pozostała część zaprawy utraciła już cechy materiału plastycznego. Konsekwencją są duże naprężenia zaznaczające się w pobliżu ziaren hydratyzującego CaO, które mogą doprowadzić do spękań zaprawy i odprysków. W celu wykonania oznaczenia próbkę wapna o masie 250 g miesza się z wodą w temp. 25°C. Po dokładnym wymieszaniu ciasto wapienne należy zabezpieczyć przed utratą wody i pozostawić na 120 min, po czym mieszać w sposób ciągły, aż do uzyskania gęstej plastycznej i makroskopowo jednorodnej masy. Ciasto wapienne należy rozsmarować na płycie szklanej o wymiarach 500×750 mm, a na jego powierzchnię równomiernie nanieść 35 g gipsu modelarskiego, wykazującego początek wiązania w czasie 4–15 min i szybko wymieszać za pomocą szpachelek. Tak przygotowanym materiałem należy wypełnić trzy mosiężne formy pierścieniowe o wewnętrznej średnicy 100 mm, wysokości 5 mm i wewnętrznej zbieżności 5°, ułożone na kwadratowych płytkach szklanych o boku około 120 mm. Po wyrównaniu i wygładzeniu powierzchni zaprawy, pierścień pozostawia się na 1 godz. na stole laboratoryjnym, a następnie przetrzymuje je w suszarce w temp. 40°C nie krócej niż 12 godz. Jeżeli któryś z krążków wykazuje rysy skurczowe, należy go odrzucić i przygotować nowy krążek. Trzy krążki bez rys skurczowych należy umieścić w łaźni parowej z gotującą się wodą na 180 min, zabezpieczając je przed skraplającą się wodą.

Następnie krążki wyjąć z łaźni parowej i sprawdzić, czy na ich powierzchni obecne są zarysowania, odpryski i skazy punktowe.

Oznaczanie stałości objętości wapna palonego, ciasta wapiennego, wapna dolomitowego i wapna dolomitowego hydratyzowanego. W tej metodzie wapno palone ocenia się na podstawie wyglądu placków o średnicy 50–70 mm i maksymalnej grubości ok. 10 mm. W plackach, w których znajduje się wapno silnie spieczone, występują rysy i spękania. W celu wykonania oznaczenia 200 g próbkę wapna palonego lub wapna dolomitowego należy powoli gasić wodą o temp. 20°C do uzyskania zaczynu o konsystencji pasty, który powinien być tak długo rozgniatany, jak wymagane jest to w instrukcjach roboczych producenta badanego wapna. Następnie próbkę należy podzielić na dwie części i uformować dwa placki o średnicy 50–70 mm i grubości 10 mm w części środkowej. Po upływie 5 min placki należy przenieść na suche płytki adsorbujące o wymiarach 100×100×25 mm, po czym przenieść je do suszarki i suszyć w temp. 105°C przez 4 godz. Do

badania ciasta wapiennego placki sporządza się bezpośrednio z dostępnego ciasta. Do badania wapna dolomitowego hydratyzowanego należy mieszać około 100 g proszku wapiennego z wodą o temp. 20°C, aby wytworzyć pastę, z której można uformować dwa placki o średnicy 50–70 mm i grubości 10 mm na środku, każdy na suchej płytce filtracyjnej. Wapno należy uważać za odpowiednie, jeżeli placki w następstwie wymienionych wyżej zabiegów są trwałe i nie wykazują pęknięć spowodowanych pęcznieniem. Rysy skurczowe są dla tej oceny bez znaczenia i w analizie pęknięć placków należy je pominąć, co przedstawiono na RYS. 8.28.

Oznaczenie zatrzymywania wody w świeżej zaprawie wapiennej zgodnie z normą [N23] polega na określeniu procentowej zawartości wody, która pozostaje w zaprawie po krótkotrwałym odsysaniu jej przez bibułę filtracyjną. Informacje uzyskane w ten sposób służą do oceny zachowania zaprawy wapiennej pozostającej w kontakcie z materiałami o dużych zdolnościach adsorpcyjnych. W celu wykonania oznaczenia należy zważyć suchą płytkę filtracyjną wraz z jedną z dwóch płytek z tworzywa sztucznego, oznaczając wynik ważenia jako m_4 . Następnie na płytce filtracyjnej należy położyć tkaninę niewłóknistą i ustawić na niej pierścień z tworzywa sztucznego w taki sposób, aby otwór o mniejszej średnicy znalazł się na dole. Całość należy zważyć i wynik oznaczyć jako m_5 . Badania rozpoczyna się 15 s po zakończeniu mieszania zaprawy normowej, którą należy umieścić i rozprowadzić możliwie szybko w pierścieniu z tworzywa sztucznego ustawionego na płytce wykonanej również z tworzywa sztucznego, natychmiast wyrównać jej powierzchnię i ponownie zważyć całość i wynik oznaczyć jako m_6 . Próbkę przykryć drugą płytką z tworzywa sztucznego i pozostawić ją bez przemieszczenia przez 5 min. Następnie należy odwrócić urządzenie do góry dnem oraz usunąć i zważyć dolną płytkę z tworzywa sztucznego z płytką filtracyjną – wynik oznaczyć jako m_7 . Jeżeli ilość wody zaadsorbowanej przez płytkę filtracyjną W_3 równa różnicy mas m_7 i m_4 przekracza 10 g, próbę należy powtórzyć, zwiększając liczbę płytek filtracyjnych (n), tak aby $W_3/n \leq 10$ g. Udział wody w zaprawie W_1 należy obliczyć ze wzoru [N23]

$$W_1 = \frac{m_8}{m_8 + m_9} \% \quad (8.53)$$

gdzie: m_8 – całkowita masa wody w świeżej zaprawie, g; m_9 – masa suchej zaprawy, g.

Zawartość wody w zaprawie w pierścieniu z tworzywa sztucznego W_2 należy obliczyć ze wzoru [N23]

$$W_2 = m_{10} \cdot W_1, g \quad (8.54)$$

$$m_{10} = m_6 - m_5, g \quad (8.55)$$

gdzie: m_{10} – masa zaprawy w pierścieniu z tworzywa sztucznego, g; m_5 – masa płytki z tworzywa sztucznego, płytki filtracyjnej, tkaniny niewłóknistej i pierścienia z tworzywa sztucznego, g; m_6 – masa płytki z tworzywa sztucznego, płytki filtracyjnej, tkaniny niewłóknistej i pierścienia z tworzywa sztucznego napełnionego zaprawą, g.

Masę wody zaabsorbowanej przez płytkę filtracyjną W_3 należy obliczyć ze wzoru [N23]

$$W_3 = m_7 - m_4, g \quad (8.56)$$

gdzie: m_7 – masa suchej płytki filtracyjnej i płytki z tworzywa sztucznego, g; m_4 – masa nasiąkniętej płytki filtracyjnej i płytki z tworzywa sztucznego, g.

Względną stratę wody w zaprawie W_4 należy obliczyć ze wzoru [N23]

$$W_4 = \frac{W_3}{W_2} \cdot 100, \% \quad (8.57)$$

Zatrzymanie wody WRV należy obliczyć ze wzoru [N23]

$$WRV = 100 - W_4 \quad (8.58)$$

Wynikiem oznaczenia są uzyskane wartości WRV oraz średnia wartość WRV .

Oznaczenie zawartości powietrza w świeżej zaprawie wapiennej zgodnie z [1] polega na określeniu warunków roboczych, w których zaprawa może być użyta, umożliwia również prognozowanie jej mrozoodporności, a także stanowi doskonały miernik efektywności działania różnego typu domieszek chemicznych wprowadzanych zazwyczaj do zapraw. Oznaczanie powinno być wykonane metodą ciśnieniową, z wykorzystaniem aparatu o pojemności roboczej 1 dm³. Podstawowym elementem roboczym aparatu do oznaczania zawartości powietrza w świeżej zaprawie wapiennej jest komora ciśnieniowa zapewniająca uzyskanie niezbędnego ciśnienia. Otwarcie zaworu przepływowego powoduje wyrównanie ciśnienia między komorą ciśnieniową a pojemnikiem wypełnionym świeżą zaprawą. Spadek ciśnienia jest miarą zawartości powietrza w świeżej zaprawie.

Przeprowadzenie odpowiedniej kalibracji umożliwia określenie zawartości powietrza w analizowanym materiale. Badanie należy rozpocząć najwcześniej po upływie 5 min od chwili zakończenia mieszania. W celu wykonania badania należy naczynie pomiarowe napełnić do połowy zaprawą i zagęścić ją przez podniesienie naczynia na wysokość 30 mm, a następnie swobodnie opuszcze-

nie na twarde i sztywne podłoże. Czynność tę należy powtórzyć dziesięciokrotnie, obracając każdorazowo naczynie. Następnie do naczynia wprowadza się pozostałą część zaprawy i zagęszcza ją w podobny sposób.

Nadmiar zaprawy usuwa się szpachelką, nakłada cylinder miarowy z lejkiem przyłączeniowym do komory ciśnieniowej i szczelnie łączy, po czym naczynie dopełnia się wodą, aż całe powietrze ponad próbką zostanie wyparte. Następnie zamyka się zawory, wtłacza powietrze i doprowadza ciśnienie w górnej części aparatury dokładnie do wartości początkowej na skali manometru. Po tym należy wyrównać ciśnienie w komorze ciśnieniowej i naczyniu oraz odczytać wskazania manometru. Wskazania manometru przelicza się na zawartość powietrza w zaprawie, np. za pomocą krzywej kalibracyjnej. Zawartość powietrza podaje się w procentach jako średnią z dwóch oznaczeń z dokładnością do 0,5%.

Oznaczanie zawartość wapna czynnego zgodnie z normą [N23] polega na określeniu w wapnie palonym lub hydratyzowanym łącznej zawartości niezwiązanych tlenków i wodorotlenków wapnia oraz magnezu – przeliczonych na równoważną im ilość CaO.

Tlenki i wodorotlenki wapnia i magnezu rozpuszcza się w roztworze sacharozy i miareczkuje kwasem solnym w obecności fenoloftaleiny jako wskaźnika. W przypadku zbrylania się wapna przy zalewaniu wodą należy go zwilżyć niewielką ilością metanolu.

W celu wykonania oznaczenia odważoną na wadze analitycznej próbkę wapna o masie około 1 g przenosi się ilościowo do kolby stożkowej, do której wlewa się około 50 cm³ wody wolnej od CO₂. Próbkę doprowadza się do stanu zawiesiny, a następnie dodaje 10 g sacharozy i przez ok. 15 min intensywnie miesza mieszadłem magnetycznym. Roztwór oddziela się od osadu przez przesączenie przez dwa gęste sączki, przemywając kolbę sześciokrotnie porcjami zimnej wody po około 25 cm³. Przesącz lub jego odpowiednią część miareczkuje się 1-molowym kwasem solnym do zaniku różowej barwy fenoloftaleiny użytej jako wskaźnik. Zawartość wapna czynnego Ka należy obliczyć ze wzoru [N23]

$$K_a = \frac{2,804 \cdot V}{m}, \% \text{ (m/m)} \quad (8.59)$$

gdzie: V – objętość 1-molowego HCl zużytego do miareczkowania próbki, cm³; m – masa analizowanej próbki wapna, g.

Oznaczanie wilgoci w wapnie budowlanym zgodnie z normą [N23] polega na zważeniu przed suszeniem i po wysuszeniu 10 g próbki umieszczonej w naczynku wagowym.

Próbkę suszy się do stałej masy w temp. 105–110°C. Zawartość wilgoci X oblicza się ze wzoru [N23]

$$X = \frac{(m - m_1)}{m} \cdot 100\% \quad (8.60)$$

gdzie: m – odważka badanej próbki, g; m₁ – odważka próbki po wysuszeniu, g.

Jako wynik końcowy podaje się średnią arytmetyczną z wyników dwóch oznaczeń, które nie różnią się między sobą więcej niż 0,2% wartości bezwzględnej.

Oznaczenie wydajności wapna zgodnie z normą [1] polega na hydratacji 10 kg wapna palonego. To niezawodny wskaźnik jakości wapna, który pozwala na dokonanie obliczeń umożliwiających właściwy dobór ilości wapna przy zmianie sposobu jego dozowania z wagowego na objętościowy.

Oznaczenie przeprowadza się w pojemniku o określonej objętości. W tym celu do pojemnika należy wlać 320 cm³ wody o temp. 20°C, a następnie wsypać 200 g rozkruszonego wapna niegaszonego. Mieszanie lekko miesza się, aż do rozpoczęcia gaszenia, następnie jednorazowo wprowadza dodatkową, wymaganą ilość wody, zgodnie z właściwościami gaszonego wapna. Uzyskane ciasto wapienne miesza się przez krótki czas, a następnie zamyka pojemnik z pokrywą. Po upływie 24 godz. zdejmuję się pokrywę i mierzy wysokość ciasta wapiennego.

Jako wynik oznaczenia przyjmuje się wartość średnią czterech pomiarów. Każde 2 mm wysokości ciasta wapiennego, powstałego w pojemniku, odpowiada wydajności 1 dm³/10 kg wapna niegaszonego. ■

W TEKŚCIE ZOSTAŁA ZACHOWANA ORYGINALNA NUMERACJA
ILUSTRACJI I ODNOŚNIKÓW DO LITERATURY

NORMY:

- [N1] PN-EN 196-2:2013-11E *Metody badania cementu. Część 2: analiza chemiczna cementu.*
- [N2] PN-EN 196-7:2009P *Metody badania cementu. Część 7: Metody pobierania i przygotowania próbek cementu.*
- [N3] PN-EN 196-6:2011P *Metody badania cementu. Część 6: Oznaczanie stopnia zmielenia.*
- [N4] PN-EN 196-8:2010E *Metody badania cementu. Część 8: Ciepło hydratacji. Metoda rozpuszczania.*
- [N5] PN-EN 196-3:2016-12E *Metody badania cementu. Część 3: Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości.*
- [N6] PN-EN 413-2:2006P *Cement murarski – Część 2: Metody badania (archiwalna).*
- [N7] PN-EN 196-5:2011E *Metody badania cementu. Część 5: Badanie puculanowości cementów puculanowych.*
- [N8] PN-B-04309:1973P *Cement. Metody badań. Oznaczanie stopnia białości.*
- [N9] PN-EN 196-10:2016-07E *Metody badania cementu. Część 10: Oznaczanie w cementzie zawartości chromu (VI) rozpuszczalnego w wodzie.*
- [N10] PN-EN 196-1:2016-07E *Metody badania cementu. Część 1: Oznaczanie wytrzymałości.*
- [N11] PN-EN 197-1:2012P *Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku.*
- [N12] PN-EN 678:1998P *Oznaczanie gęstości w stanie suchym autoklawizowanego betonu komórkowego.*
- [N13] PN-EN 15304:2010P *Oznaczanie odporności na zamrażanie-rozmrażanie autoklawizowanego betonu komórkowego.*

LITERATURA

- [1] Gawlicki M., pod red. Jana Małolepszego *Materiały budowlane: podstawy technologii i metody badań*, wyd. Redakcja Uczelnianych Wydawnictw Naukowo-Dydaktycznych AGH, Krak. w 2004.

PROORGANIKA

JACOB

OFERUJEMY:

- ELEMENTY SYSTEMU RUROWEGO JACOB
- ZŁĄCZKI RUROWE EURAC
- DOZOWNIKI GERICK
- ZAWORY ZACISKOWE HO-MATIC
- PODAJNIKI CELKOWE ROTAVAL
- ŁUKI O DUŻYM PROMIENIU DO TRANSPORTU PNEUMATYCZNEGO



PROORGANIKA Sp. z o.o.

ul. Rogatkowa 34A, 04-773 Warszawa

tel.: +48 22 12 34 435, fax: +48 22 12 34 437

proorganika@proorganika.com.pl

www.proorganika.com.pl

Napędy wykorzystywane w branży materiałów sypkich

dr inż. Marcin Bieńkowski

Napędy stosowane w maszynach wykorzystywanych w branży materiałów sypkich to w większości wypadków standardowe systemy napędowe, które – w zależności od potrzeb – dostosowuje się do charakterystyki ruchu maszyn napędzanych za ich pomocą. Najczęściej stosuje się tu silniki elektryczne, hydrauliczne, napędy pneumatyczne, a w specyficznych zastosowaniach także silniki spalinowe.

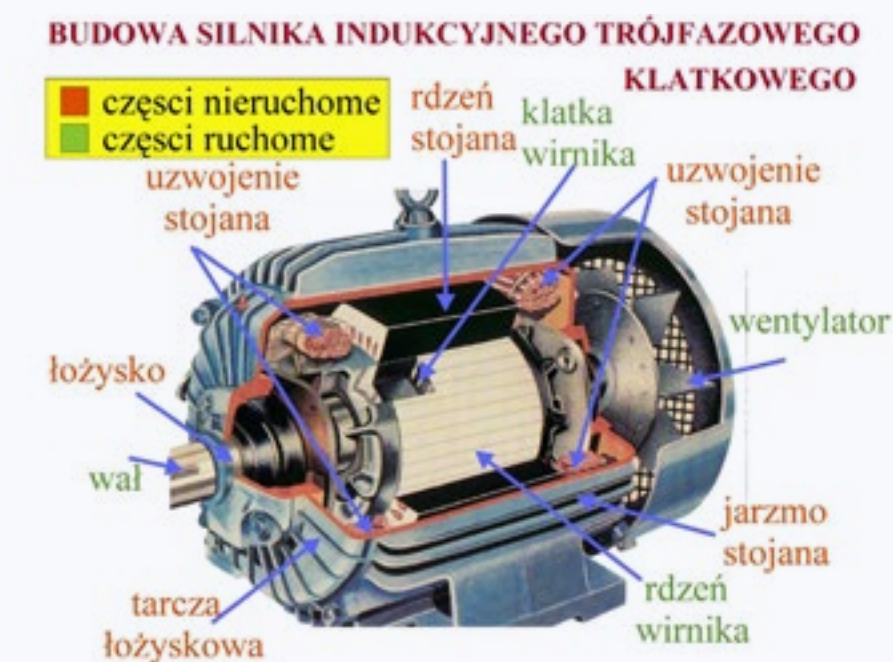
Jeśli chodzi o systemy napędowe stosowane w branży materiałów sypkich, mamy tu do czynienia przede wszystkim z napędzaniem maszyn wydobywczych (np. koparki, zwalówki), przetwórczych (w tym młyny, przesiewacze i kruszarki) oraz transportowych, do których zaliczają się wszelkiego rodzaju przenośniki taśmowe, kubłkowe czy pneumatyczne. Maszyny te mogą być napędzane różnego rodzaju systemami napędowymi.

Napędy pneumatyczne, ze względu na swoją charakterystykę, stosuje się głównie do napędzania systemów transportu pneumatycznego, wykorzystywanych w przenoszeniu materiałów sypkich. Z kolei napędy elektryczne znajdują zastosowanie w przenośnikach taśmowych, kubłkowych, a także różnego rodzaju maszynach wydobywczo-obróbczych, w tym w przesiewaczach, młynach czy urządzeniach wibracyjnych. Oprócz tego napędy elektryczne (zamiennie z silnikami spalinowymi) wykorzystywane są w maszynach niezbędnych z punktu widzenia danej technologii czy używanych bezpośrednio do wydobycia urobku (np. koparko-ładowarkach, zwalówkach czy kombajnach ściarnych). Elektrycznie napędzane są też maszyny wykorzystywane w przemyśle cementowym, zapewniają one m.in. ruch obrotowy w potężnych obrotowych piecach cementowych, wykorzystywanych do produkcji klinkieru.

Warto w tym miejscu kilka słów poświęcić napędowi hydraulicznemu, które coraz częściej wykorzystuje się w różnego rodzaju przenośnikach i maszynach wydobywczo-obróbczych. Tego rodzaju napędy umożliwiają bowiem rozruch przenośnika czy innej maszyny od początku z pełnym momentem obrotowym i utrzymanie go przez dowolnie długi czas. Oznacza to, że przenośnik można uruchomić pod pełnym obciążeniem.

SILNIKI ELEKTRYCZNE

Współczesne silniki elektryczne charakteryzują się prostą konfiguracją i łatwą obsługą. Konstruktorzy kładą nacisk na zwiększenie ich sprawności oraz poprawę parametrów pracy, a także na ich automatyczną adaptację do zmiennych warunków obciążalności. Coraz



RYS. 1
Silnik asynchroniczny - budowa

bardziej istotna jest również proekologiczna budowa silnika i niewielkie zużycie energii. Silniki elektryczne systematycznie ulegają też miniaturyzacji. Niemniej jednak w ślad za zmniejszeniem się gabarytów silników nie idzie spadek mocy, ale zwiększanie ich obciążalności.

Jeśli chodzi o silniki elektryczne, to do napędzania maszyn stosowanych w branży materiałów sypkich i masowych wykorzystuje się najczęściej silniki i napędy niskiego napięcia o mocach rzędu od kilku do kilkudziesięciu kilowatów (kW). Mocniejsze silniki o mocy kilkuset kW używa się wyłącznie w przenośnikach taśmowych i systemach wibracyjnych o dużej wydajności, które pozwalają przenosić co najmniej kilkadziesiąt ton urobku na godzinę, a także w taśmociągach o kilkusetmetrowej i większej długości, czy też dużych maszynach wydobywczych. Z kolei małe silniki o mocy pojedynczych kW stosuje się niemal wyłącznie do napędu urządzeń sterujących procesem technologicznym.

Standardowo coraz częściej wykorzystuje się nowoczesne silniki z systemami odzysku energii, co wymuszają zaostrzające się przepisy dotyczące zużycia oraz zagospodarowania energii elektrycznej i konieczność zmniej-

szenia tzw. śladu węglowego. Podobnie jak i w innych branżach, tak i w Polsce obecnie najczęściej wykorzystuje się silniki asynchroniczne, które bez problemu można znaleźć we wszelkiego rodzaju układach napędowych, gdzie niewymagana jest wysoka precyzja sterowania ruchem silnika.

Współczesne silniki elektryczne używane w branży materiałów sypkich i masowych charakteryzują się bardzo prostą konfiguracją i wyjątkowo łatwą obsługą, co jest niezbędne w wypadku większości maszyn pracujących w trudnych, zewnętrznych warunkach, gdzie występuje duże zapylenie i w sposób istotny oddziałują na nie warunki atmosferyczne.



FOT. 1
Przekładnia stożkowo-walcowa Lenze

Silniki asynchroniczne mają dobre właściwości ruchowe, a ich charakterystyki można kształtować poprzez zmianę warunków zasilania oraz zmianę impedancji uzwojeń, co realizowane jest poprzez przyłączanie odpowiednich, zewnętrznych elementów impedancyjnych. Elektroniczne, półprzewodnikowe systemy sterowania pozwalają na łagodny rozruch i hamowanie silników [1]. Łatwo też regulować moc i prędkość obrotową takiego typu silnika. Silniki asynchroniczne ze względu na sposób zasilania podzielić można na jedno-, dwu- i trójfazowe, przy czym w branży materiałów sypkich najpopularniejsze są oczywiście te ostatnie.

Niestety silniki asynchroniczne mają też swoje wady. Najważniejszą z nich jest ta, że tego typu silnik wymaga dostarczenia mocy biernej indukcyjnej, co wpływa na zwiększenie strat mocy w energetycznych liniach przesyłowych oraz zauważalne spadki napięcia, widoczne zwłaszcza podczas rozruchu [1], co jest szczególnie istotne, gdy np. na taśmociągu znajduje się urobek.

SERWONAPĘDY

Trudno wyobrazić sobie współczesne, zautomatyzowane systemy napędowe maszyn i urządzeń bez możliwości wykorzystywania w nich tzw. serwonapędów. Najogólniej rzecz biorąc serwonapęd to układ służący do

pozycjonowania osi według założonych parametrów ruchu, takich jak np. prędkość, przyspieszenie czy pozycja. Ruch osi wykonywany jest za pomocą silnika elektrycznego, a ruch obrotowy zamieniany jest na ruch liniowy, wykorzystując np. śrubę pociągową, co dodatkowo zwiększa możliwości zastosowania serwonapędu i jest chętnie wykorzystywane w maszynach stosowanych w branży materiałów sypkich. Ważną cechą serwonapędów jest także możliwość takiej ich regulacji, aby utrzymywały odpowiednią pozycję, prędkość czy moment, niezależnie od zaistniałych zakłóceń.

W wypadku serwonapędów należy przede wszystkim zwrócić uwagę na zakres dynamiki napędu i dokładność realizacji ruchu. Coraz bardziej istotne są też takie parametry, jak sprawność silnika, która bezpośrednio przekłada się na zużycie prądu. Nowoczesne systemy serwonapędowe charakteryzują się możliwością adaptacji do zmiennych warunków obciążalności, co może mieć szczególne znaczenie w systemach, w których urobek lub nosiwo są dostarczane nierównomiernie.

NAPĘDY BEZPRZEKŁADNIOWE I NIE TYLKO

W systemach transportu urobku w kopalniach głębinowych i odkrywkowych coraz częściej wykorzystuje się bezprzekładniowe napędy do

przenośników taśmowych dużej mocy. Tego typu rozwiązania eliminują kłopotliwe w obsłudze przekładnie mechaniczne, co podnosi niezawodność i obniża koszty eksploatacji urządzenia. W wypadku przenośników dużej mocy, tego typu napęd wykorzystuje silnik synchroniczny, który podłączony jest do odpowiednio przystosowanego wału napędowego.

Innym rozwiązaniem stosowanym w tego typu systemach transportowych są przekładnie walcowo-stożkowe. Największą zaletą tych przekładni jest to, że dzięki wysokiej odporności na skreślanie i niskim luzom skrotnym umożliwiają one wyjątkowo dokładne i powtarzalne pozycjonowanie. W połączeniu z silnikami trójfazowymi i serwonapędami tworzą wyjątkowo kompaktowe jednostki pozwalające z dużą mocą napędzać praktycznie dowolną maszynę czy taśmociąg. Tego typu przekładnie stosuje się m.in. w przenośnikach kubełkowych.

NAPĘDY HYDRAULICZNE

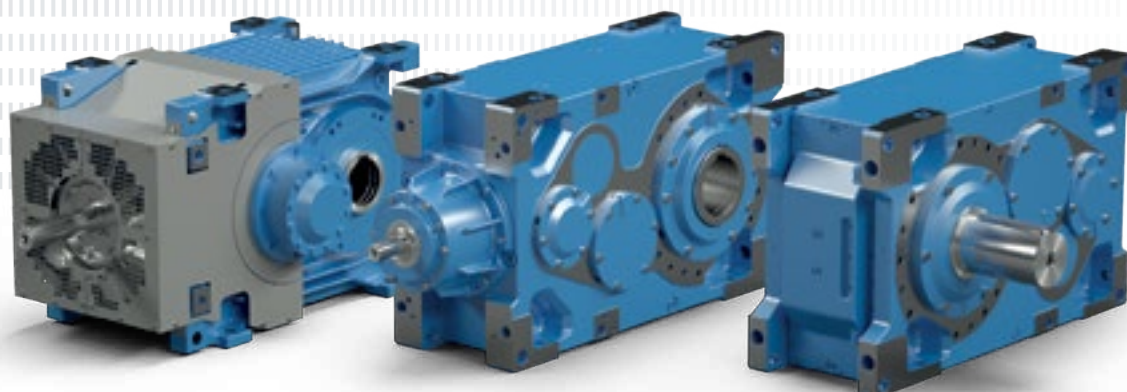
Jak wiadomo, w napędach przenośników taśmowych występuje wysoki rozruchowy moment obrotowy i częste skoki obciążenia. To dlatego w takich systemach bardzo dobrze sprawdzają się i chętnie wykorzystywane są napędy hydrauliczne zamiast tradycyjnych napędów elektrycznych.



MÓJ NAPĘD JEST PRODUKCJI NORD!

MAXXDRIVE® – Wydajne napędy do ciężkich zastosowań

- ▶ Różnorodność opcji dostosowanych do indywidualnych potrzeb aplikacji
- ▶ Wysokie wyjściowe momenty obrotowe i moce napędowe
- ▶ Kompleksowe opcje konfiguracji i montażu pozwalają na standardowe, jak również niestandardowe rozwiązania napędowe



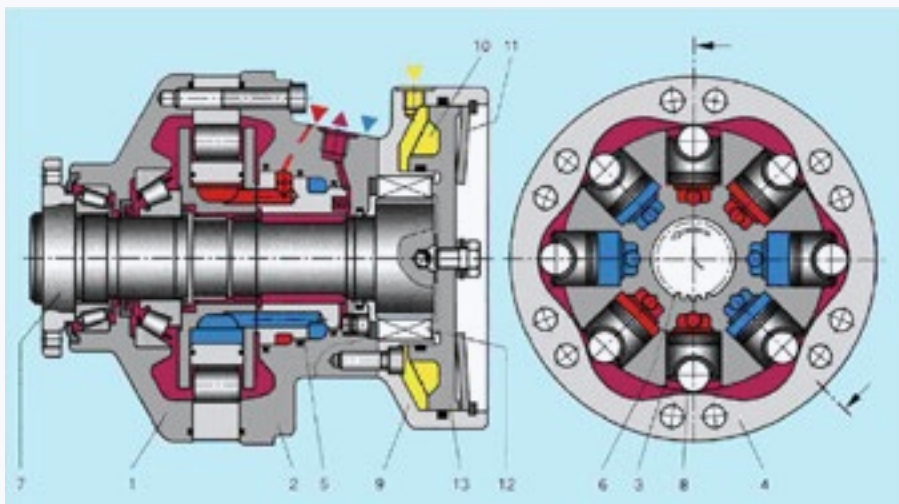
Jedną z głównych zalet systemów napędów hydraulicznych jest możliwość łatwego sterowania momentem obrotowym – wystarczy doprowadzać ciecz hydrauliczną pod odpowiednim ciśnieniem. Co ważne, napęd hydrauliczny pozwala też na rozruch przenośnika taśmowego czy kubełkowego z pełnym momentem obrotowym, a następnie na utrzymanie tego momentu przez dowolnie długi czas. W praktyce oznacza to, że przenośnik można od razu uruchomić pod pełnym obciążeniem, co jest istotne wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z częstymi zatrzymaniami i nosiwo pozostaje na taśmie.

Silnik hydrauliczny ma też niewielkie wymiary, nie wymaga stosowania elementów osiujących i – co ważne – jest montowany osobno w stosunku do pozostałych części napędu. Istotne jest też to, że silnik hydrauliczny udostępnia dużą moc przy niewielkich wymiarach własnych, bez zastosowania jakichkolwiek przekładni, sprzęgieł, dodatkowych fundamentów i elementów osiujących. Można też bez ograniczeń uruchamiać i zatrzymywać przenośnik taśmowy wyposażony w napęd hydrauliczny, a taśma przenośnika może poruszać się z dowolną dozwoloną prędkością.

MOTION CONTROL, CZYLI STEROWNIKI RUCHU

Sterowniki ruchu, określane też angielskim terminem *motion control*, wykorzystuje się zarówno w systemach pneumatycznych, hydraulicznych, jak i elektrycznych. Najszerze zastosowanie sterowniki znajdują w kontroli położenia ruchomych elementów napędzanych silnikami elektrycznymi, co wynika z faktu, że systemy elektryczne są po prostu najbardziej rozpowszechnione i bardzo łatwo jest je pozycjonować.

Do sterowania różnego rodzaju silnikami elektrycznymi wykorzystuje się obecnie, odchodzące powoli do lamusa, sterowniki



RYS. 2

Schemat silnika wolnoobrotowego, wysokomomentowego, promieniowego: 1 – korpus, 3 – tłok, 4 – pierścień z biegnią, 5 – tuleja sterująca, 6 – połączenie wielowypustowe, 7 – wałek odbiorczy, 8 – rolka, 9 – korpus hamulca, 10 – komora hamulca, 11 – sprężyna talerzowa, 12 – płytki hamulcowe, 13 – tłok hamulca

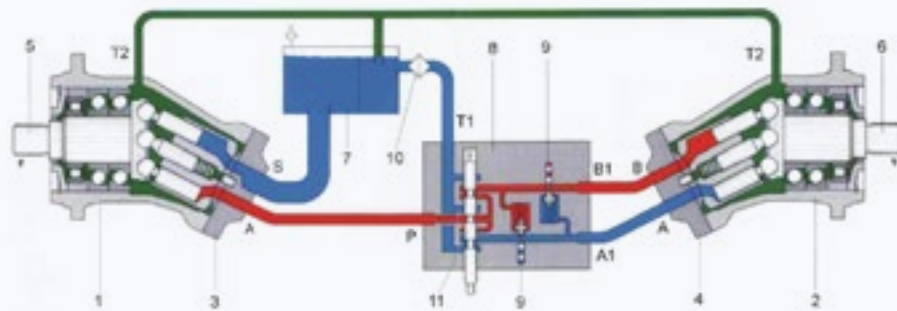
analogowe lub coraz bardziej popularne sterowniki cyfrowe. Oferują one łatwą kontrolę procesu, a także umożliwiają bezpośrednie zadawanie i zmianę parametrów pracy układu napędowego. Istotna jest tu również łatwość zapamiętania nawet kilkuset położeń. Nie bez znaczenia jest tu łatwa komunikacja z systemami automatyki przemysłowej i firmową siecią IT. Obecnie obowiązującym standardem w systemach sterowania jest przemysłowy Ethernet z zaimplementowanymi na jego bazie protokołami transmisji, takimi jak: Modbus TCP czy Profinet, co właśnie pozwala na stworzenie jednego, spójnego systemu automatyki w zakładzie. Najpopularniejsze cyfrowe systemy sterowania napędami to oczywiście mikroprocesorowe sterowniki PLC.

ATEX, CZYLI COŚ DLA BRANŻY MATERIAŁÓW SYPKICH

Oczywiście techniki napędowe wykorzystywane w branży materiałów sypkich, ze względu na swoją specyfikę związaną z możliwością powstawania dużej ilości

pyłów, muszą niejednokrotnie spełniać wymogi dyrektywy unijnej ATEX 2014/34/UE. W dokumencie tym wyróżnia się dwie grupy urządzeń, które mogą być używane do pracy w atmosferze wybuchowej.

Pierwsza z nich to wszystkie urządzenia, które można wykorzystać w górnictwie, a więc tam, gdzie występują zagrożenia wybuchem metanu lub pyłu węglowego. W skład drugiej grupy wchodzi sprzęt, który może być używany w atmosferach wybuchowych, ale już poza górnictwem. Mogą to być różnego rodzaju cementownie, silosy, przemysł zbożowy, a nawet spożywczy. Oczywiście, najważniejszym kryterium dla systemów napędowych używanych tam, gdzie występuje zapylenie i tworzy się atmosfera wybuchowa, jest to, aby ich konstrukcja była iskrobezpieczna. W obwodach tych urządzeń nie mogą zatem występować zjawiska, które mogłyby doprowadzić bezpośrednio do zapłonu mieszaniny wybuchowej. W praktyce iskrobezpieczność realizuje się przez odpowiedni dobór podzespołów elektrycznych i elektronicznych montowanych w sterownikach i zespołach napędowych. Istotna jest też szczelna, iskrobezpieczna obudowa sterownika i samego napędu. W wielu wypadkach oba urządzenia sprzedawane są jako zespół napędowy, co zmniejsza liczbę dostępnych z zewnątrz kontaktów i zacisków. Oczywiście obowiązkowo wykorzystuje się tutaj zaciski i połączenia beziskrowe.



RYS. 3

Schemat konstrukcyjny układu z silnikiem obrotowym (przekładni hydrostatycznej): 1 – pompa, 2 – silnik hydrauliczny, 3 – płyta przyłączeniowa pompy, 4 – płyta przyłączeniowa silnika, 5 – wałek napędowy pompy, 6 – wałek odbiorczy silnika, 7 – zbiornik, 8 – blok elementów sterujących, 9 – zawory maksymalne, 10 – filtr sphywowym, 11 – rozdzielacz, A-P – przewód tłoczny pompy, B1-B – przewód tłoczny silnika, A-A1 – przewód sphywowy silnika, T1 – przewód sphywowy układu, T2 – przewody odprowadzenia przecieków, S – przewód ssawny pompy

LITERATURA

[1] Goźlińska E., *Maszyny Elektryczne*, WSIP Warszawa 2009

[2] Jedrzykiewicz Z., Pluta J., Stojek J., *Napędy i sterowanie Hydrauliczne*, AGH Kraków 2004

Przekładnia przemysłowa MAXXDRIVE® XT dedykowana branży kruszyw

Nowa seria MAXXDRIVE® XT od NORD DRIVE-SYSTEMS uzupełnia portfolio firmy o przekładnie przemysłowe do zastosowań z wysokimi wartościami granicznymi mocy cieplnej, jak przenośniki taśmowe materiałów sypkich i mineralnych.

Seria przekładni przemysłowych MAXXDRIVE od dziesięciu lat stanowi część portfolio produktów NORD i była w tym czasie stale rozwijana. Najnowsza generacja uzupełnia serię o dwustopniową przekładnię kątową, która jest szczególnie odpowiednia dla systemów przenośników taśmowych i może być łatwo dopasowana do indywidualnych wymagań. Zakres mocy i prędkości został specjalnie zaprojektowany dla zastosowań, w których wymagany jest niski zakres prędkości w połączeniu z wysoką mocą - np. w przemyśle materiałów sypkich i minerałów. W branżach tych wymagane są solidne rozwiązania odporne na zanieczyszczenia i niezawodne podczas działania w surowych warunkach operacyjnych. Z tego powodu konieczna jest także specjalna koncepcja uszczelnień, wymagająca minimalnej konserwacji.



Wyjściowy moment obrotowy dla serii MAXXDRIVE® XT zawiera się w przedziale pomiędzy 15 a 75 kNm przy przełożeniach od 6,3 do 22,4. Przekładnie są dostępne w siedmiu zakresach mocy od 50 do 1500 kW. W przeciwieństwie do wcześniejszych konstrukcji seria jest standardowo wyposażona w mocno uźebrowany korpus UNICASE ze zintegrowanym wentylatorem osiowym. Ze względu na zwiększoną powierzchnię korpusu oraz zastosowane osłony wentylatora, przepływ powietrza chłodzącego jest zoptymalizowany i osiągnięto bardzo wysoki potencjał termiczny - w wielu przypadkach

dotaddkowe chłodzenie nie jest wymagane. Duże łożyska walcowe oraz ich rozmieszczenie w stosunku do środka korpusu zwiększają obciążalność i wydłużają okres eksploatacji komponentów.

NORD oferuje również innowacyjne koncepcje konserwacji predykcijnej. Wykorzystując falowniki, sieciowe zespoły napędowe NORD przesyłają swoje dane dotyczące stanu do zabezpieczonej Chmury. Dzięki temu zmiany stanu można wykryć na wczesnym etapie i zaplanować konserwację.

www.nord.com



Leuze

Safety at Leuze

Świetlna kurtyna bezpieczeństwa Ekonomiczne projektowanie maszyn

Nasze optoelektroniczne kurtyny bezpieczeństwa ELC 100 skupiają się na najważniejszych aspektach zabezpieczania stref pracy i eksploatacji maszyn.

Solidne urządzenia bezpieczeństwa, przystosowane do aplikacji o zasięgu roboczym do 6 m, wspierają ekonomiczne projektowanie maszyn.

Wyjątkowo łatwa integracja i instalacja to czysty zysk dla użytkowników!

www.leuze.com

Pomiar granulacji na sitach elektronicznych

Dorota Kamińska,
Dariusz Siemiaszko,
Monika Kwiatkowska

Jednym z istotnych badań w laboratoriach przemysłowych i pracowniach badań właściwości fizycznych różnych materiałów sypkich i granulatów jest analiza sitowa. Klasyczne badanie na sitach mechanicznych jest czasochłonne, wiążące się z powstawaniem znacznego zapylenia w pracowni, a przy dużej liczbie pomiarów wymaga od laborantów dużej siły i sprawności fizycznej. Znacznie szybszym i łatwiejszym rozwiązaniem do otrzymania rozkładów granulometrycznych materiałów są sita elektroniczne – czyli pomiar przy użyciu analizatorów wielkości cząstek.



FOT. 1
Analizator mini 3D

Przykładem takich przyrządów są optyczne urządzenia pomiarowe, które przy pomocy opatentowanej metody ELSIEVE mogą symulować pomiary według analiz sitowych lub areometrycznych dokładniej niż za pomocą klasycznych manualnych metod i do tego wielokrotnie szybciej. Dlaczego jest to możliwe? Dlatego, że przyrządy te mierzą w sposób automatyczny, rejestrują i obliczają wyniki bez udziału człowieka, a pomiarowi i rejestracji podlega każda z mierzonych cząstek. Z laboratorium wyniki pomiarów mogą być przez Internet lub firmową sieć wysłane wszędzie w postaci dokumentu elektronicznego. Wyniki z użytych przyrządów można sumować komputerowo dla uzyskania krzywej rozkładu uziarnienia od 0,5 μm do nawet 100 mm.

Zapis każdej zmierzonej cząstki ma oczywistą zaletę – wykonany pomiar można w każdym momencie przeliczyć na inny zestaw sit. Jeśli więc chcemy sprawdzić, jaki rozkład będzie miał

dany proszek na innym zestawie sit, wystarczy go wczytać. Oszczędność czasu i kosztów jest oczywista. Dodatkowo każdy pojedynczy analizator może, zgodnie z programem komputerowym, współpracować z klasycznymi metodami pomiaru wg sit mechanicznych, uzupełniając wyniki z tych sit i „rozciągając” zakres pomiarowy tam, gdzie nie można mierzyć sitami.

METODA POMIARU

Wszystkie urządzenia pomiarowe firmy Kamika (mini, mini 3D i AWK 3D) wykorzystują metodę pomiaru w świetle przechodzącym. Więcej informacji jest na stronie https://kamika.pl/Zasady_pomiaru_wielkosci_czastek. Zastosowanie tej metody umożliwiło zaprojektowanie przyrządów pomiarowych mierzących każdą cząstkę, od najdrobniejszych



FOT. 2
Analizator AWK 3D

rzędu ułamka mikrometru do setek milimetrów. Na fotografiach FOT. 1 i FOT. 2 przedstawiono widok dwóch podstawowych przyrządów wykorzystywanych do analizy sitowej: mini3D oraz AWK 3D. W tabeli porównano podstawowe parametry tych przyrządów.

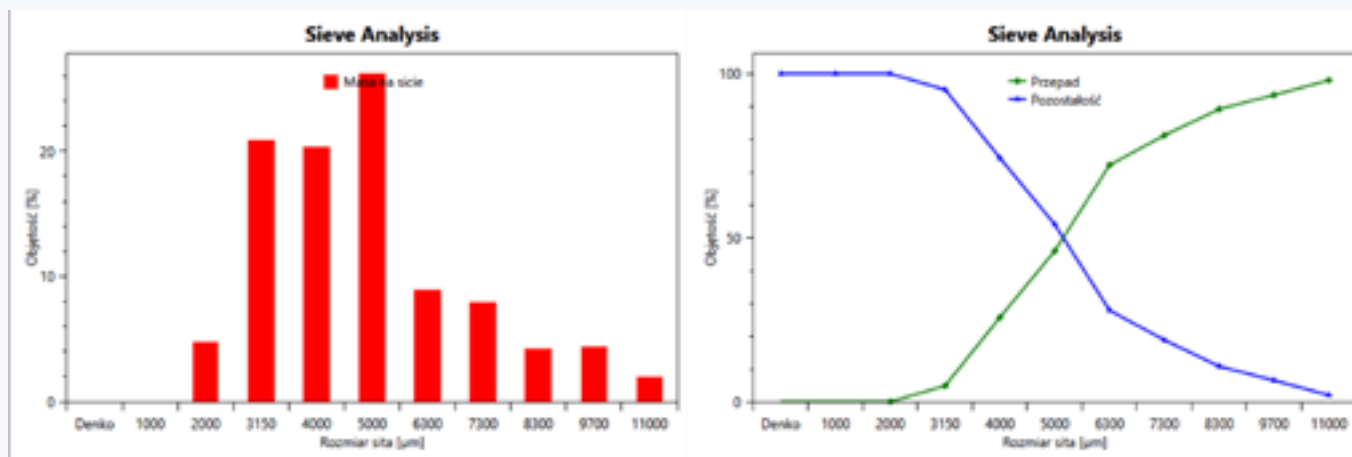
WSZYSTKIE DANE W JEDNYM MIEJSCU

Prezentacja wyników w nowym oprogramowaniu *eSieve software* firmy KAMIKA Instruments pozawala w jasny i szybki sposób zaprezentować pomiary. Jak wiadomo wyniki sitowe można przedstawić na trzy różne sposoby:

- klasyczny histogram;
- przepad;
- pozostałość.

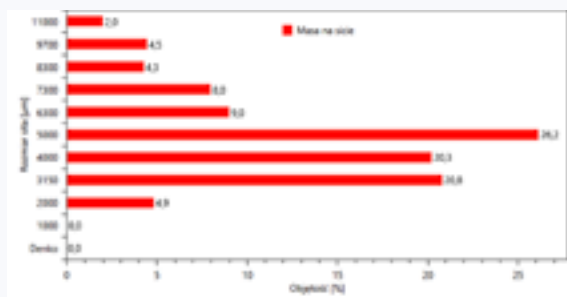
Wybór sposobu prezentacji zależy oczywiście od tego, jakie informacje chcemy na wykresie przekazać lub jaki sposób był wykorzystywany do tej pory w firmie. Klasyczny histogram prezentuje jaki procent masy/objętości zatrzymał się na danym sicie. Jeśli wyniki wyświetlimy na wykresie pokazującym przepad, to będziemy mogli odczytać jaki procent cząstek jest mniejszy niż dane sito. Natomiast w przypadku wykresu typu pozostałość, możemy porównać jaki procent cząstek jest większy niż wymiar sita.

W przypadku klasycznej analizy sitowej przejście z jednego typu wykresu na drugi wymaga ręcznego przeliczenia. W dodatku istnieje możliwość popełnienia błędu rachunkowego.



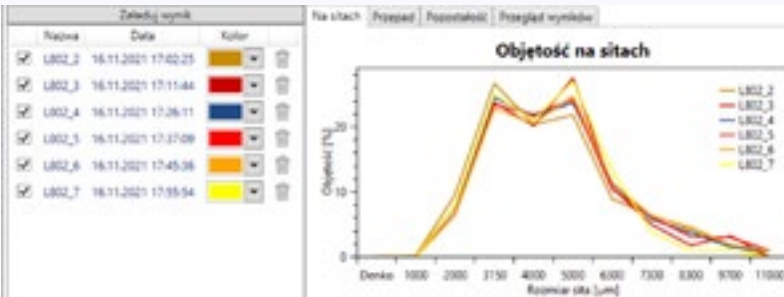
RYS. 3

Sposoby przedstawiania wyników analizy sitowej: histogram (a), przepad (b-zielony), pozostałość (b-niebieski)



RYS. 4

Analiza sitowa z sitami na osi pionowej



RYS. 6

Porównanie wyników sitowych

Takiego niebezpieczeństwa nie ma w programie *eSieve software*. Wszystkie przeliczenia wykonywane są automatycznie, a uzyskane wyniki mogą być wyświetlane na osobnych wykresach lub na tym samym wykresie. Co więcej, na każdym wykresie możemy nanieść wartości referencyjne, jeśli takimi dysponujemy lub wprowadzić przedział oczekiwanej wartości minimalnej i maksymalnej. Zaznaczenie takiego zakresu umożliwia natychmiastową kontrolę, czy mierzony materiał mieści się w dopuszczalnym zakresie, czy też nie. Ciekawą funkcjonalnością programu *eSieve software* jest możliwość wyświetlania wyników analizy sitowej na osi pionowej (RYS 4). W takim przypadku prezentowane słupki układają się w naturalnej, „grawitacyjnej” kolejności. Wyniki sita o największych oczkach znajdują się na samej górze, a kolejne, o mniejszych oczkach, poniżej. Prezentuje to wyniki sitowe zgodnie z naturalną kolejnością sit mechanicznych.

Oprócz przedstawionych wykresów wyniki są również prezentowane w formie tabel (RYS 5). Można zatem porównać uzyskane wartości liczbowe bezpośrednio lub skopiować do arkusza kalkulacyjnego w celu dalszych obliczeń.

PORÓWNANIE TO PODSTAWA

Innym bardzo dużym udogodnieniem jest mechanizm umożliwiający porównanie otrzymanych wyników. Po wykonaniu pomiaru (lub wczytaniu wyników uzyskanych wcześniej) możliwe jest jego porównanie do innych pomiarów. Wystarczy wczytać zapisane dane i na wykresie pojawią się wszystkie wyniki (RYS 6). Oczywiście mamy możliwość dostosowania widoku do własnych preferencji, np. przez zmianę koloru itd. Analizę danych ułatwia możliwość ukrycia, jednym kliknięciem poszczególnych wykresów lub całkowite ich usunięcie z analizy. Użytkownik nie musi się też martwić czy wczytany został ten sam zestaw sit lub czy pomiary były wykonywane korzystając z tego samego

Rozmiar sita [µm]	Liczba cząstek	Min. [%]	Rel. [%]	Objętość [%]	Maks. [%]
6300	0	0,0	0,0	0,0	1,0
5000	8	0,0	1,1	1,0	4,8
4000	272	8,2	14,8	18,0	22,8
3150	2952	54,4	76,1	79,0	89,3
2500	585	5,2	8,9	8,0	12,8
1250	2	0,0	0,0	0,0	2,3
630	0	0,0	0,0	0,0	0,0

RYS 5

Tabelaryczne wyniki analizy sitowej

	mini3D	AWK 3D
Zakres pomiarowy	0,5–3500 µm	0,2–31,5 mm
Pomiar wykonywany w powietrzu.	•	•
Pomiar w zawieszinach	•	
Pełna symulacja analizy zgodnie z sitami mechanicznymi według metody ELSIEVE (zgodna z patentem Kamika PAT.205738)	•	•
Pomiar trzech wymiarów cząstek	•	•
Możliwość pomiaru powierzchni właściwej	•	
Możliwość pomiaru materiałów zawilgoconych	•	
Możliwość pomiaru granulatów i piasków	•	•
Możliwość pomiaru zgodnie z pomiarami suwmiarką Schultza i sitami prętowymi		•
Pomiar każdej cząstki w próbce	•	•
Możliwość przeprowadzenia analizy wymiarowej i sitowej dla dowolnie wybranych przedziałów i sit	•	•
Automatyczna rejestracja i archiwizacja wyników	•	•
Optymalizacja pomiarów wielkości cząstek w funkcji zmian dowolnego parametru	•	•
Możliwość dostosowania oprogramowania do potrzeb użytkownika	•	•
Możliwość podłączenia do sieci komputerowej	•	•
Pomiar cementu	•	
Pomiar proszków metali	•	
Pomiar ceramiki	•	
Pomiar wapna, także zawilgoconego	•	
Pomiar gipsu, także zawilgoconego	•	
Pomiar mączek	•	
Pomiar popiołu	•	
Pomiar granulatów	•	•
Pomiar cukru	•	•
Pomiar ziaren zbóż		•
Pomiar nawozów sztucznych		•
Pomiar żwirów		•
Pomiar kruszyw		•
Pomiar węgla		•

zakresu pomiarowego. Wszystko przelicza się automatycznie.

PODSUMOWANIE

Dzięki opatentowanej metodzie ELSIEVE analizatory firmy KAMIKA Instruments pozwalają zastąpić pomiary na tradycyjnych sitach, eliminując wszelkie uciążliwości tej metody. Dodatkowo ma ona następujące zalety:

- pomiar jest w 100% zgodny z analizą sitową, co zostało również potwierdzone pomiarami mikroskopowymi;
- pomiary są szybkie i precyzyjne, także dla drobnych kilkumikronowych cząstek, a wyniki widoczne są natychmiast po zakończonym pomiarze;

- automatyzacja pomiarów odciąża personel laboratorium;
- raz wykonany pomiar można przeliczyć na dowolny zestaw sit według wymagań klienta lub przełożonych, bez konieczności kolejnych pomiarów;
- możliwość przejęcia charakterystyki dotychczasowych sit zapewnia pełną kompatybilność z dotychczasowymi badaniami;
- nic nie trzeba ważyć, więc szybkość i wygoda jest nieporównywalna z analizą sitową.

Zachęcamy do kontaktu z ekspertami firmy KAMIKA Instruments, jeśli zastąpienie tradycyjnej analizy sitowej pomiarami na miarę XXI wieku wsparłoby Państwa proces produkcyjny czy badawczy.

Robotyzacja procesów produkcyjnych

Wojciech Kaczmarek
Jarosław Panasiuk

W artykule prezentujemy analizę procesów zrobotyzowanego sortowania, pakowania i paletyzacji.

Sprawny przepływ produktów na liniach produkcyjnych ma ogromne znaczenie dla każdego zakładu produkcyjnego. Zważywszy na krótki cykl życia produktów, wydajność końcówki linii produkcyjnej decyduje o możliwościach produkcyjnych całego zakładu. Tak więc stanowisko do paletyzacji powinno być tak skonfigurowane, aby umożliwiała ciągły przepływ produktów przy jednoczesnej minimalizacji „martwego” czasu. Przekłada się to na weryfikację możliwości firmy w zakresie dostosowania do potrzeb kontrahentów (towar poprawnie ułożony nie jest narażony na uszkodzenie w transporcie i jest łatwiejszy do dalszej obróbki – depaletyzacji) oraz zachowanie bezpieczeństwa pracowników, gdyż źle ułożony towar może stanowić dla nich zagrożenie.

Sortowanie, pakowanie i paletyzacja (depaletyzacja) są procesami, które mocno obciążają pracowników, zwłaszcza że muszą być wykonywane cyklicznie z dużą prędkością. Podczas procesów niezrobotyzowanych prace są wykonywane:

- ręcznie, co generuje wysokie koszty, duże obciążenie pracowników, zmienną wydajność oraz duże straty przy pakowaniu wynikające m.in. z braku skupienia ludzi podczas wielogodzinnej pracy;
- z wykorzystaniem specjalistycznych paletyzatorów/depaletyzatorów, które w znacznej mierze ograniczają elastyczność produkcji.

Po robotyzacji procesów niedoskonałości wynikające z obsługi ręcznej lub z wykorzystaniem urządzeń specjalistycznych zostają wyeliminowane. Wśród efektów dobrej robotyzacji procesów sortowania, pakowania i paletyzacji należy wymienić:

- większą wydajność linii produkcyjnej przy zachowaniu dużej powtarzalności procesu (możliwość pracy tryzmiarowej);
- zmniejszenie kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa;
- zapewnienie ciągłości procesu;
- wzrost bezpieczeństwa pracowników;
- eliminację błędów wywoływanych czynnikiem ludzkim;
- możliwość szybkiego dostosowania do zmiany produkowanego asortymentu;
- zapewnienie terminowości oraz wysokiej jakości dostarczanych produktów;
- relatywnie małą przestrzeń zajmowaną przez stanowisko;



RYS. 1

Stanowisko do sortowania, pakowania i paletyzacji produktów w środowisku RobotStudio firmy ABB

- możliwość pracy w trudnych warunkach (np. w niskiej temperaturze);
- dobry wizerunek firmy.

Zastąpienie specjalistycznych urządzeń i ludzi robotami ma szczególne znaczenie zwłaszcza w kontekście konkurencji, która wymusza ciągłe zmiany kształtu i właściwości produktów oraz opakowań. Widoczne jest to np. w przemyśle spożywczym, gdzie produkcja jest bardzo wymagająca i obecnie często zautomatyzowana.

W związku z różnorodnością asortymentu procesów produkcyjnych, szybkością wytwarzania produktów, ich liczbą i gabarytami konieczny jest wybór robotów przemysłowych do konkretnego zastosowania. Wśród podstawowych czynników, jakie należy wziąć pod uwagę podczas projektowania zrobotyzowanego stanowiska do sortowania, pakowania i paletyzacji, są: udźwigi i zasięgi robotów w poszczególnych stacjach (sortowania, pakowania i paletyzacji), liczba cykli produkcyjnych, powtarzalność i środowisko pracy, stopień ochrony urządzeń. Dwa pierwsze czynniki są bezpośrednio związane z przenoszonymi produktami. Ich masa jednostkowa i masa chwytaka łącznie wskazuje na wymagany udźwig robota (często stosuje się 20-proc. zapas masy), natomiast ich gabaryty, wymagania związane z umieszczeniem produktów na transporterach oraz odpowiednia liczba produktów na palecie decydują o wysokości stosu, a tym samym o wymaganych zasięgach robotów. Z sortowaniem, pakowaniem i paletyzacją jest

związana również powtarzalność robota – np. duża powtarzalność robota paletyzującego zapewnia równiejsze ułożenie produktów, a tym samym większą stabilność stosu. Duża liczba cykli pracy zapewnia płynny przepływ produktów i wysoką wydajność. Ciągłe rosnące wymagania zwiększenia produkcji są dla inżynierów dużym wyzwaniem. Analizując rzeczywiste czasy cykli pracy dla danego stanowiska, należy wziąć pod uwagę momenty bezwładności (obciążenia dynamiczne) występujące podczas transportu danego produktu. Jest to niezbędne ze względu na zapewnienie bezpiecznego i pewnego chwytu, zwłaszcza podczas przyspieszania (po uchwyceniu) i zwalniania (przed upuszczeniem) transportowanych dóbr. Zwykle powoduje to konieczność rozbudowy chwytaka o dodatkowe mechanizmy (zabezpieczające chwyt), zwiększające tym samym jego masę oraz utrudniające podejście do chwytanego produktu.

PROJEKTOWANIE ZROBOTYZOWANEGO STANOWISKA DO SORTOWANIA, PAKOWANIA I PALETYZACJI PRODUKTÓW

Do projektowania zrobotyzowanych stacji sortowania, pakowania i paletyzacji można wykorzystać nowoczesne środowisko programistyczne (np.: Visual Component, RobotStudio, Roboguide), ponieważ pozwala ono na przeprowadzenie analiz w trybie offline (RYS. 1).

Z powodu dużego zapotrzebowania na robotyzację tych procesów, producenci

robotów oferują specjalistyczne pakiety, które wspierają tworzenie aplikacji w trybie offline:

- Picking PowerPac – pakiet tworzenia aplikacji sortowania i pakowania w trybie offline w środowisku RobotStudio firmy ABB;
- Palletizing PowerPac – pakiet tworzenia aplikacji paletyzacji w trybie offline w środowisku RobotStudio firmy ABB.

Sama metodyka projektowania stanowi nie odbiega zbytnio od ogólnych zasad projektowania zrobotyzowanych stanowisk, w których występuje problem manipulowania obiektami.

W pierwszym etapie projektowania należy zidentyfikować problemy i przeanalizować wymagania odbiorcy stanowiska. Sprowadzają się one najczęściej do:

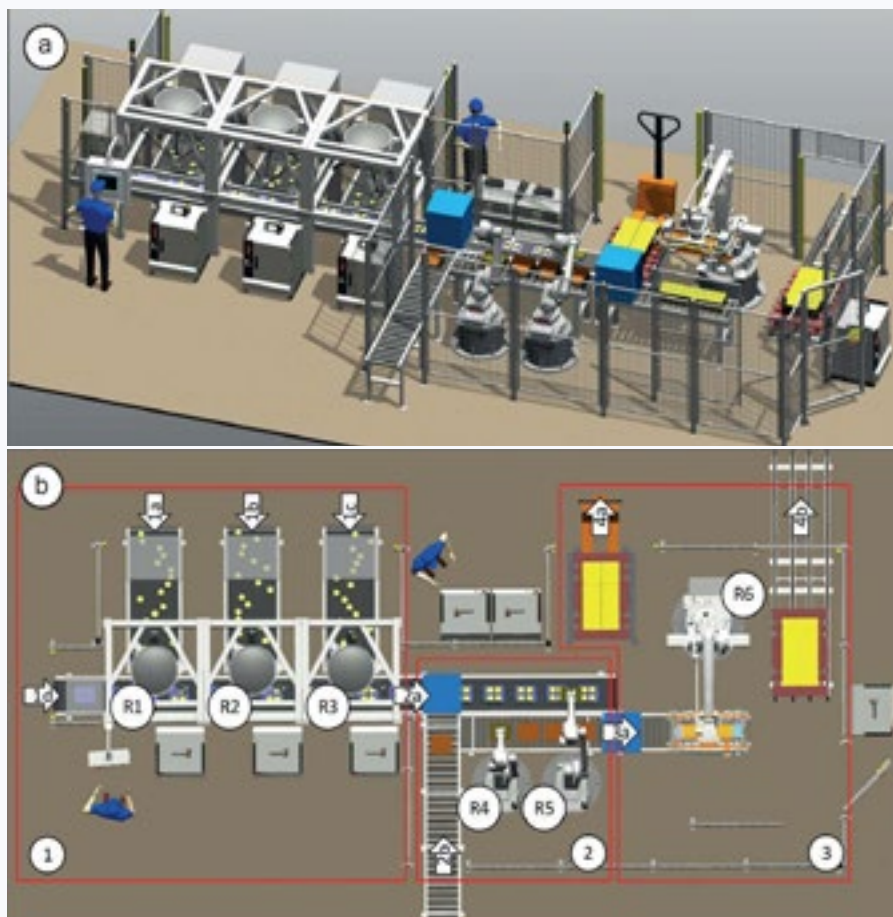
- zapewnienia bezpieczeństwa pracownikom;
- zapewnienia odpowiedniej wydajności całego systemu;
- obsługi wybranych asortymentów produktów;
- określenia sposobu dosyłania produktów i odbioru gotowych palet;
- określenia sposobu sortowania, pakowania i paletyzacji;
- zapewnienia realizacji wymaganych wzorów sortowania, pakowania i paletyzacji;
- określenia stopnia automatyzacji całego procesu.

Następnie należy opracować plan zawierający szczegółowe zadania związane z sortowaniem, pakowaniem i paletyzacją produktów oraz określić pożądane efekty całego procesu. Każde z tych zadań ma swoją specyfikację, która zostanie przedstawiona w następnej części artykułu. Ogólnie, zrobotyzowane stanowiska tego typu zawierają kilka systemów dotyczących produktów: pobierania, kontrolowania, przenoszenia, sortowania, odkładania, pakowania i składowania.

BUDOWA STANOWISKA SORTOWANIA, PAKOWANIA I PALETYZACJI

Analizując przepływ produktów, łatwo można zauważyć, że stanowisko przedstawione na RYS. 2 można podzielić na trzy stacje. Z uwagi na charakter procesu konfiguracja poszczególnych stacji jest związana w szczególności z liczbą i typem robotów:

- stacja sortowania (1 na RYS. 2B) – ze względu na konieczność obsłużenia dużej liczby pojedynczych produktów w ograniczonym czasie w stacji tej wykorzystuje się kilka robotów (często czteroosiowych, np. typu SCARA lub delta – R1, R2, R3 na RYS. 2B) o małym udźwigu i małej przestrzeni roboczej; roboty na tym etapie realizują zadania z wykorzystaniem systemów wizyjnych i śledzeniem transportów, ponieważ produkty są dostarczane często w sposób nieuporządkowany;



RYS. 2

Stanowisko w środowisku RobotStudio firmy ABB:

1 – stacja sortowania produktów i umieszczania ich na tackach; 2 – stacja pakowania tacek z produktami do kartonów; 3 – stacja paletyzacji; 1a, 1b, 1c – źródło produktów w stacji sortowania; 1d – źródło tacek w stacji sortowania; 2a – wyjście stacji sortowania będące źródłem stacji pakowania; 2b – źródło kartonów stacji pakowania; 3a – wyjście stacji pakowania będące źródłem stacji paletyzowania; 4a, 4b – wyjście stacji paletyzacji

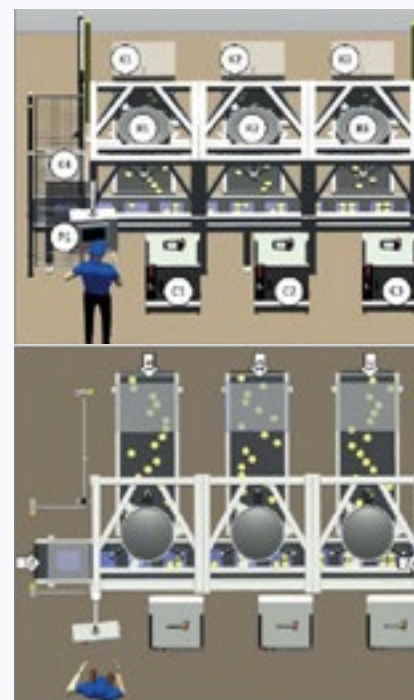
- stacja pakowania – przepływ produktów, zarówno komponentów wejściowych (produkty i opakowania), jak i wyjściowych, jest zwykle realizowany w sposób uporządkowany; roboty stosowane w stacji, w porównaniu z robotami w stacji sortowania, mają większy udźwig i większą przestrzeń roboczą; najczęściej stosowane są uniwersalne roboty sześcioośowe (R4, R5 na RYS. 2B);
- stacja paletyzacji – liczba robotów jest mniejsza, często jest to jeden robot (R6 na RYS. 2B); roboty często są jednostkami czteroosiowymi o dużym zasięgu oraz udźwigu; w wielu rozwiązaniach obsługują one więcej niż jedną linię dosyłającą i odbierającą produkty (2, 3 na RYS. 2B).

ZROBOTYZOWANE SORTOWANIE PRODUKTÓW

SORTOWANIE PRODUKTÓW

– DOBÓR ROBOTA I JEGO WYPOSAŻENIA

Firmy produkujące roboty przemysłowe mają w swojej ofercie dedykowane procesowi sortowania roboty cztero- i sześcioośowe. W większości przypadków roboty czteroosiowe wydają się wystarczające. Trzy główne osie robota pozwalają na dowolne przemieszczanie ładunku w przestrzeni



RYS. 3

Stacja sortowania w środowisku RobotStudio firmy ABB: R1, R2, R3 – roboty IRB 360; C1, C2, C3 – kontrolery IRC5 z FlexPendantami; K1, K2, K3, K4 – tunele świetlne z kamerami; P1 – pulpit operatora; 1a, 1b, 1c – linie dosyłające produkty; 1d – transportery dosyłające tacki; 2a – transporter wyjściowy

kartezjańskiej – wzdłuż osi X, Y, Z, oś czwarta pozwala na zmianę orientacji ładunku wokół osi pionowej Z – jest to uzasadnione, gdy produkty nie są uporządkowane na transporcie. Analizując proces, łatwo zauważyć, że roboty przeznaczone do sortowania ogólnie charakteryzują się m.in.:

- małym zakresem udźwigu, ok. 0,5–8 kg;
- małą przestrzenią roboczą, najczęściej dostosowaną do szerokości transportera;
- dużymi prędkościami, do 10 m/s;
- dużą powtarzalnością, ok. 0,03–0,2 mm;
- standardowo stopniem ochrony IP67.

Roboty w procesie sortowania wykonują operacje typu *pick and place*, przenosząc produkty z jednego miejsca do drugiego. W nowoczesnych, w pełni zautomatyzowanych stacjach sortowania do zadań robota należą:

- przenoszenie nieuporządkowanych produktów z jednego transportera na inny zgodnie z algorytmem sortowania:
 - układanie warstw parzystych i nieparzystych w tzw. kontenerach (np. na tackach, blistrach, w kartonach),
 - odpowiednie zorientowanie produktów (jeśli wymagane);
- wykrywanie i śledzenie położenia produktów, czasami również kontenerów, na przenośnikach;
- praca „w locie”, bez zatrzymywania przenośników podczas wykonywania operacji pobierania, przenoszenia i odkładania produktów;
- chwytanie produktów pojedynczo lub po kilka jednocześnie;
- odkładanie produktów do kontenerów.

Roboty pracujące na liniach sortujących są zwykle wyposażone w proste chwytaki pneumatyczne (jeśli to możliwe – przyssawkowe), a głównym wymogiem jest maksymalnie krótki czas uchwycenia i upuszczenia produktu.

SORTOWANIE PRODUKTÓW

– KONFIGURACJA STACJI

Stanowisko zrobotyzowanego sortowania może składać się z kilku systemów dotyczących produktu, m.in.: pobierania,

kontrolowania, przenoszenia, sortowania i układania (1 na RYS. 6.2B). Z uwagi na charakter procesu, stacja sortowania ma następujące cechy (RYS. 3):

- duża wydajność dostosowana do potrzeb odbiorcy;
- bardzo szybkie roboty, często pracujące kaskadowo;
- kilka linii dosyłających produkty oraz co najmniej jedna linia dosyłająca kontenery (tacki, blistry, kartony);
- śledzenie taśmy produkcyjnej, gdzie zadania robotów są wykonywane „w locie” (bez zatrzymywania przenośników);
- nieuporządkowane produkty na liniach wejściowych;
- na wyjściu stacji otrzymuje się produkt gotowy do pakowania lub paletyzacji.

Przy doborze robotów do stacji sortującej należy zwrócić uwagę na dobór opcji systemowych robota, które mogą wesprzeć proces programowania i obsługi stacji.

Zainteresowanie procesami sortowania jest na tyle duże, że producenci robotów proponują moduły wspierające tworzenie takich stacji w trybie offline (np. firma ABB oferuje pakiet Picking PowerPac dla środowiska RobotStudio) oraz moduły wspierające szybką konfigurację procesu sortowania/pakowania (np. Pick-Master 3 firmy ABB – RYS. 4).

ZROBOTYZOWANE PAKOWANIE PRODUKTÓW

PAKOWANIE PRODUKTÓW

– DOBÓR ROBOTA I JEGO WYPOSAŻENIA

Pakowanie produktów jest często połączone z ich sortowaniem (zwłaszcza, jeśli produkty mają duże gabaryty lub masę), dlatego etap sortowania może nie być wyodrębniony z procesu. W przedstawionym na RYS. 2 przykładzie założono (tak jest zazwyczaj), że zarówno transportery wejściowe, jak i wyjściowe przemieszczają detale w sposób uporządkowany, a sam proces może być realizowany bez/z zatrzymaniem taśmy produkcyjnej.

Na etapie pakowania (ponieważ w większości przypadków celem jest przeniesienie produktu z jednego miejsca do drugiego)

stosuje się uniwersalne roboty sześćo- i czteroosiowe. Roboty sześćoosiowe są stosowane ze względu na ich większą elastyczność i większą przestrzeń roboczą (podczas realizacji procesu pakowania czasami konieczne jest wykonywanie dodatkowych operacji manipulacyjnych).

Dodanie odrębnej stacji pakowania do stanowiska zwiększa wydajność i płynność realizacji procesu. Roboty przeznaczone do pakowania charakteryzują się m.in.:

- małym zakresem udźwigu, ok. 1–30 kg;
- przestrzenią roboczą zwykle odpowiadającą przestrzeni roboczej człowieka;
- dużą prędkością – do 10 m/s;
- wysoką powtarzalnością, ok. 0,03–0,2 mm;
- standardowo stopniem ochrony IP67.

Roboty w procesie pakowania wykonują operacje typu *pick and place*, przenosząc produkty z jednego miejsca do drugiego. W nowoczesnych, w pełni zautomatyzowanych stacjach pakowania do zadań robota należy zaliczyć:

- przenoszenie uporządkowanych produktów z jednego transportera na inny, zgodnie z algorytmem pracy:
 - układanie warstw parzystych i nieparzystych w tzw. kontenerach,
 - odpowiednie zorientowanie produktów;
- chwytanie produktów pojedynczo lub po kilka jednocześnie;
- odkładanie produktów do kontenerów.

Roboty pakujące są zwykle wyposażone w bardziej złożone, w porównaniu z sortującymi, chwytaki pneumatyczne (jeśli to możliwe – przyssawkowe).

PAKOWANIE PRODUKTÓW

– KONFIGURACJA STACJI

Stanowisko zrobotyzowanego pakowania może się składać z kilku systemów dotyczących produktu, m.in.: pobierania, kontrolowania, przenoszenia, sortowania i układania (RYS. 2). Stacja pakowania ma następujące cechy (RYS. 5):

- duża wydajność dostosowana do potrzeb odbiorcy,
- szybkie roboty, często pracujące kaskadowo,
- jedna linia dosyłająca produkty i jedna linia dosyłająca kartony,
- uporządkowane produkty na linii wejściowej,
- na wyjściu stacji otrzymuje się produkt gotowy do paletyzacji.

ZROBOTYZOWANA PALETYZACJA PRODUKTÓW

PALETYZACJA PRODUKTÓW

– DOBÓR ROBOTA I JEGO WYPOSAŻENIA

Firmy produkujące roboty przemysłowe oferują – przeznaczone do procesu paletyzacji – roboty cztero- i pięcioosiowe. W większości



RYS. 4

Elementy systemu PickMaster3 firmy ABB:

1. kontroler IRC5, 2. komputer z programem PickMaster3, 3. karty do obsługi kamer, 4. kamery [ŹRÓDŁO: ABB]

przypadków roboty czteroosiowe są wystarczające (trzy główne osie robota pozwalają na dowolne przemieszczanie ładunku w przestrzeni kartezjańskiej – wzdłuż osi X, Y, Z), czwarta oś pozwala na zmianę orientacji ładunku wokół pionowej osi Z). Czasami jednak, zwłaszcza przy paletyzacji ładunków o nieregularnych kształtach (np. worki), są stosowane roboty pięcioosiowe, które dodatkowo umożliwiają przechylenie ładunku, a tym samym pozwalają na ułożenie bardziej uporządkowanego, wyższego stosu. Analizując oferowane produkty, łatwo zauważyć, że roboty przeznaczone do paletyzacji ogólnie charakteryzują się m.in.:

- relatywnie małą masą manipulatora w stosunku do udźwigu, ok. 800–2300 kg;
- dużym zakresem udźwigu, ok. 80–500 kg;
- dużym zasięgiem, ok. 2,5–3 m;
- krótkimi cyklami pracy, ok. 1500–2000 cykli/h (test 400/2000/400 mm);
- wysoką powtarzalnością, ok. 0,03–0,2 mm;
- standardowo stopniem ochrony IP67.

PALETYZACJA PRODUKTÓW

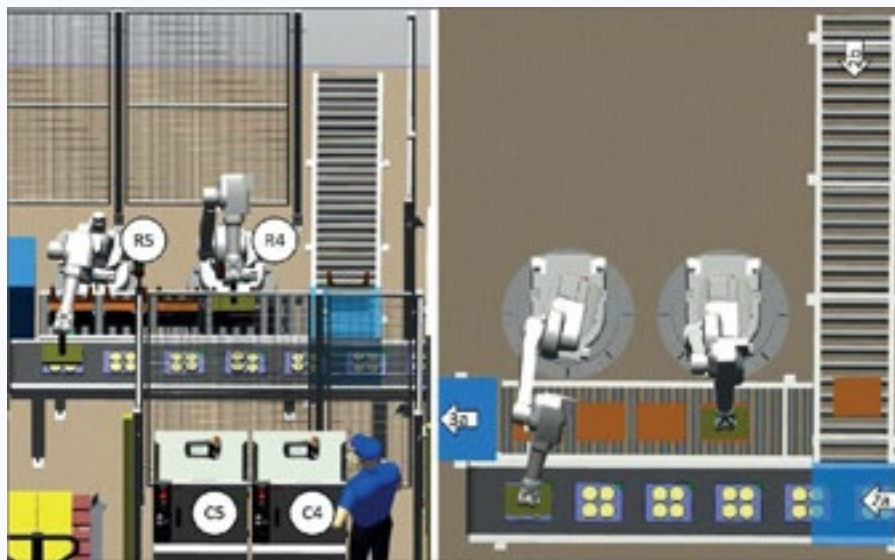
– KONFIGURACJA STACJI

Paletyzacja produktów może stanowić wąskie gardło w fabryce, ponieważ wszystkie wytwarzane w niej produkty muszą przejść przez stanowisko paletyzacji, zanim zostaną dostarczone do klienta. Stanowisko do paletyzacji często musi obsłużyć szeroką gamę produktów, które są kierowane do magazynów lub innych miejsc składowania. Produktami (z punktu widzenia paletyzacji) są najczęściej różnego typu kartony, ciasno i stabilnie układane na paletach.

Aplikacje do paletyzacji produktów ograniczają się w dużej mierze do pobierania obiektów charakteryzujących się dużymi gabarytami z określonej (stałej) pozycji i ustawienia ich w ciasny stos w innej (stałej) pozycji. Najważniejszym parametrem paletyzacji jest czas pracy robota, w którym musi on ułożyć stos wymaganej wysokości (zajmując przy tym jak najmniejszą przestrzeń).

Konfiguracja stanowiska do paletyzacji może przyjmować różne formy – od podstawowej, w której robot zastępuje człowieka jedynie przy przenoszeniu produktu z linii na paletę, do całkowicie zautomatyzowanej, w której zabezpieczona folią paleta jest gotowa do transportu (RYS. 6), dlatego też wyposażenie robota jest różne. Na nowoczesnych, w pełni zautomatyzowanych stanowiskach do zadań robota należy:

- przenoszenie produktów z linii na paletę zgodnie z algorytmem paletyzacji:
 - przenoszenie po jednym produkcie lub po kilka produktów jednocześnie,
 - układanie warstw parzystych i nieparzystych (najczęściej przy wykorzystaniu



RYS. 5

Stacja pakowania w środowisku RobotStudio firmy ABB:

R4, R5 – roboty IRB1600; C4, C5 – kontrolery IRC5 z FlexPendantami;

2a, 2b – transportery dosyłające produkty; 3a – transporter wyjściowy



RYS. 6

Stacja paletyzacji w środowisku RobotStudio firmy ABB:

R6 – robot IRB 460; C6 – kontroler IRC5 z FlexPendantem; O1, O2 – stanowiska palet;

3a – transporter dosyłający produkty; 4a – kierunek obsługi palety; 4b – transporter wyjściowy

obrotu produktów o 90° lub tworzeniu odbicia lustrzanego warstwy),

– maksymalne wykorzystanie powierzchni palety,

– odpowiednie zorientowanie produktów do celów logistycznych (widoczne logo, kody kreskowe itp.);

- układanie przekładek między warstwami (opcjonalnie, w celu zabezpieczenia poszczególnych warstw);
- sprawdzanie wysokości stosu palet w magazynie (opcjonalnie, przy pobieraniu palet z magazynu palet);
- przenoszenie palet z magazynu na stanowisko (opcjonalnie, w przypadku braku systemu dosyłania palet w sposób ręczny, podajnikiem lub za pomocą AGV – *Automated Guided Vehicles*);
- rozpoznawanie kodów kreskowych (opcjonalnie, np. w przypadku paletyzacji różnych produktów).

Uniwersalność manipulatorów robotów przemysłowych pozwala na wyposażanie

ich w rozbudowane, wielofunkcyjne chwytaki, pozwalające na wykonywanie kilku różnych operacji (m.in. przenoszenie produktów, przekładek, palet). W przypadku realizacji wymienionych wyżej zadań opcjonalnych podczas procesu paletyzacji konieczne jest wyposażenie robotów w dodatkowe oprzyrządowanie. Przykładem jest wyposażenie robota w czujnik umożliwiający wykonanie pomiaru wysokości stosu palet (np. w chwytaku) dla aplikacji wymagającej przenoszenia palet z magazynu do stacji. Wówczas robot automatycznie będzie wykonywał pomiar wysokości stosu palet (np. zawsze po podstawieniu nowego stosu palet) oraz śledził wysokość stosu podczas realizacji procesu.

Specjaliści z zakresu automatyki przemysłowej do zalet zautomatyzowanej paletyzacji zaliczają:

- automatyczną pracę 24 h na dobę,
- zwiększenie bezpieczeństwa,
- dużą powtarzalność i stałe tempo pracy,





RYS. 7

Elementy systemu PickMaster5 firmy ABB:

1. kontroler IRC5, 2. komputer z programem PickMaster5 [źródło: ABB]

- wysoką wydajność i niezawodność,
- optymalizację kosztów produkcji,
- relatywnie małą przestrzeń zajmowaną przez stanowiska do paletyzacji.

Według przeprowadzonych ankiet (źródło: Control Engineering, sierpień 2013) użytkownicy nie są w pełni zgodni z dostawcami w kwestii wykorzystania robotów przemysłowych w aplikacjach do paletyzacji w świetle wszystkich zastosowań (prym wiodą: spawanie i zgrzewanie). Użytkownicy wskazują, że użycie robotów do paletyzacji jest na poziomie 12% (dostawcy, że na poziomie 75%). Niemniej jednak aplikacji tych z każdym rokiem przybywa. Zainteresowanie jest na tyle duże, że producenci robotów proponują dziś moduły wspierające tworzenie takich stacji w trybie offline (np. ABB pakiet *Palletizing PowerPac* dla środowiska RobotStudio) oraz moduły wspierające szybką konfigurację procesu paletyzacji (np. *PickMaster 5* firmy ABB – RYS. 7).

PALETYZACJA PRODUKTÓW – SZABLONY PALETYZACJI

Przystępując do wyboru szablonu układania produktów na palecie, należy wziąć pod

uwagę wiele czynników, m.in.:

- dopuszczalny nacisk wywierany przez paletyzowane opakowania względem siebie (zapobieganie zgnieceniu dolnych warstw przez górne);
- nośność jednostki ładunkowej;
- środek ciężkości palety;
- gabaryty palety – towar po utworzeniu stosu nie może wystawać poza obrys palety;
- maksymalną wysokość palety z towarem (zazwyczaj 1800 mm);
- maksymalne wykorzystanie powierzchni palety.

Najczęściej stosowanymi szablonami paletyzacji są:

- na zakładkę,
- z wykorzystaniem przekładek,
- w formie studni.

Najpopularniejszym szablonem jest paletyzowanie na zakładkę, w której używa się dwóch różnych warstw: parzystej i nieparzystej. Warstwy te są układane naprzemiennie, w celu zwiększenia stabilności ładunku podczas transportu. Krawędzie paletyzowanych kartonów nie pokrywają się ze sobą w sąsiadujących warstwach, co zapobiega uszkodzeniu towaru. Metoda ta

nie powinna być stosowana do produktów wymagających cyrkulacji powietrza między opakowaniami (np. w odniesieniu do produktów spożywczych o krótkim okresie przydatności).

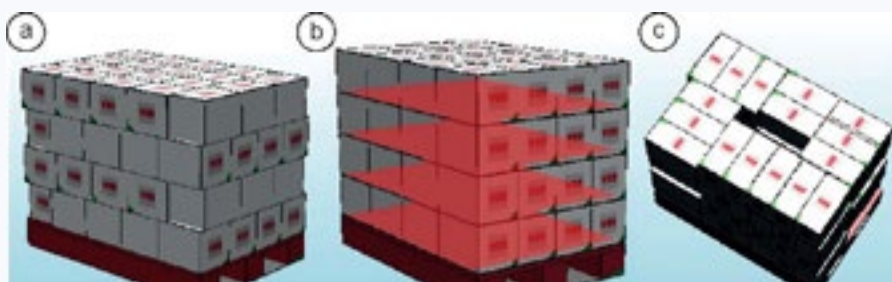
Kolejnym typem jest paletyzacja z przekładkami. Stosuje się ją w odniesieniu do produktów o małej wytrzymałości lub w przypadku problemów z uzyskaniem stabilnego stosu (i całej palety). Zastosowanie przekładek między poszczególnymi warstwami wzmacnia i stabilizuje stos oraz zapobiega odkształcaniu się opakowań.

Należy jednak zwrócić uwagę na to, że proces staje się bardziej złożony z powodu konieczności:

- rozbudowy stanowiska o przestrzeń dla palety z przekładkami (zwiększenie gabarytów stanowiska);
- modyfikacji programu paletyzacji ze względu na konieczność dostarczania palety z przekładkami do stanowiska oraz odbierania pustej palety po przekładkach ze stanowiska;
- wydłużenia cyklu pracy stanowiska z uwagi na dodatkowe zadania robota (obsługa palety z przekładkami);
- zwiększenie funkcjonalności chwytaka (konieczna jego rozbudowa o możliwość chwytania przekładek).

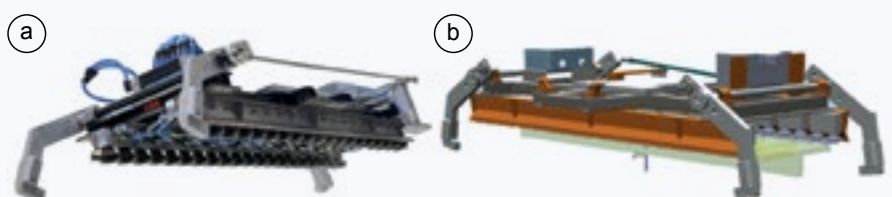
Ostatnim sposobem paletyzacji jest tzw. studnia, który to sposób jest stosowany w transporcie produktów wymagających swobodnego dostępu powietrza (zwłaszcza podczas transportu i magazynowania).

Często, z uwagi na oczekiwania odbiorców, stosuje się metodę mieszaną polegającą na paletyzacji wielu rodzajów produktów na jednej palecie. Dzięki temu odbiorca otrzymuje dokładnie tyle towarów, ile aktualnie potrzebuje. Polega to na przeplataniu warstw z różnymi produktami, o różnych gabarytach, do czego potrzebne są przekładki tekturowe, owijarki, a nawet pasy ściągające. W instalowanych aplikacjach ważna jest wydajność całego stanowiska, którą można zwiększyć, stosując chwytaki wielosekcyjne z dodatkową funkcjonalnością. Wówczas robot pobiera z podajnika kilka gotowych produktów, po czym odkłada je na stosie palety. Przykładem jest chwytak *FlexGripper-Vacuum* firmy ABB przedstawiony na RYS. 9. Chwytak ten składa się z kilku sekcji, dzięki czemu pobiera i odkłada produkty w różnych konfiguracjach. ■



RYS. 8

Typy paletyzacji: a) na zakładkę, b) z przekładkami, c) studnia



RYS. 9

Chwytak podciśnieniowy *FlexGripper-Vacuum* firmy ABB o udźwigu 40 kg:a) rzeczywisty chwytak, b) model CAD w programie RobotStudio [źródło: <http://www.ABB.com>, dostęp: 01.02.2015]

POWYŻSZY TEKST PUBLIKUJEMY DZIĘKI UPRZEJMOŚCI
WYDAWNICTWA NAUKOWEGO PWN.
JEST TO FRAGMENT KSIĄŻKI „ROBOTYZACJA
PROCESÓW PRODUKCYJNYCH”

Maszyzny do separacji

dr inż. Marcin Bieńkowski

Separacja materiałów sypkich to istotny proces przygotowania półproduktu lub gotowego wyrobu. Ma on na celu wydzielanie zbędnych lub szkodliwych domieszek z surowców sypkich, w tym z materiałów budowlanych, kruszyw czy produktów rolnych, takich jak np. zboża. Najczęściej do separacji wykorzystuje się separatory sitowe, ale to nie jedyne tego typu urządzenia.

Pod względem technologicznym proces separacji materiałów może być zarówno procesem głównym, jak i pomocniczym. W pierwszym wypadku separacja jest jednocześnie sortowaniem, w drugim mamy zaś do czynienia z klasyfikacją materiału, czyli jego rozdzielaniem, segregacją na frakcje. Do separacji stosuje się urządzenia lub maszyny wykorzystujące określoną cechę fizykochemiczną separowanych materiałów lub frakcji, bądź też właściwości fizyczne mieszaniny. Są to np.: właściwości aerodynamiczne, cechy geometryczne, charakterystyki masowe, tarcie, właściwości powierzchniowe, sprężystość i inne cechy wytrzymałościowe, właściwości elektryczne, właściwości optyczne i właściwości hydrodynamiczne.

SEPARACJA OPTYCZNA

Przegląd technologii do separacji zaczniemy od separatorów optycznych. Właściwości optyczne wykorzystywane podczas separacji to zdolność absorpcyjna ciał, co przekłada się również na ich kolor. Zdolność absorpcyjna ciała jest wielkością fizyczną, charakteryzującą stopień pochłaniania promieniowania elektromagnetycznego przez to ciało. Określa ją stosunek strumienia energii promieniowania pochłoniętego przez dane ciało do strumienia padającego na nie. Jej wartość zależy od częstotliwości promieniowania, a więc barwy światła. Ciała – ze względu na ich właściwości optyczne – dzielimy na: doskonale czarne, szare, barwne, doskonale białe, zwierciadlane, przeźroczyste i nieprzeźroczyste. Właściwości te wykorzystuje się w separacji produktów i surowców. Czyszczenie i sortowanie optyczne są procesami rozdzielania produktów na frakcje przy użyciu fotodetektorów lub kamer. We współczesnych maszynach do separacji i czyszczenia znajdują zastosowanie systemy, w których do odróżniania koloru obiektów stosuje się fale elektromagnetyczne. W wypadku najprostszej konstrukcji maszyn używane jest światło widzialne, odbite od badanego obiektu przy użyciu fotodetektora (np. fotorezystora), po czym następuje zakwalifikowanie go na „zaakceptowany” lub „odrzucony”. Podstawą takiego podziału jest natężenie strumienia odbitego światła [1].

W separatorach optycznych rodzaj materiału jest rozpoznawany na podstawie zmiany właściwości promieniowania, które się od niego odbiło. W związku z tym typowe tego typu urządzenie składa się z jego źródła i odbiornika

(najczęściej kamery CMOS/CCD). Jego niezbędnym komponentem jest także system oddzielający dany rodzaj materiału od pozostałych, np. wydmuchiwarka zasilana sprężonym powietrzem, którego strumień zdmuchuje lżejsze frakcje do oddzielnych pojemników.



FOT. 1
Sortery optyczne tworzyw sztucznych
[ZŹRÓDŁO: WW Ekochem]

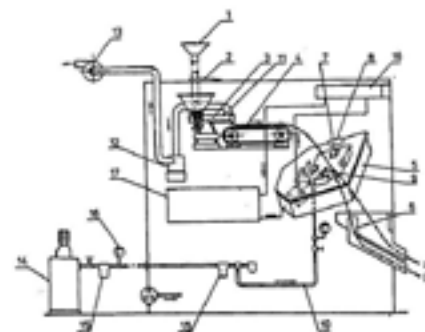
Do tej grupy zalicza się kilka typów separatorów, które różnią się rodzajem promieniowania wykorzystywanego do rozpoznawania poszczególnych materiałów. Najpopularniejsze są detektory bliskiej podczerwieni – separatory podczerwieni są zwykle stosowane do rozdzielania tworzyw sztucznych lub niektórych surowców mineralnych. Bardzo często używa się również detektorów światła widzialnego. Mniej popularne są natomiast te wykorzystujące promieniowanie rentgenowskie – znajdziemy je przede wszystkim w kopalniach surowców skalnych.

We współcześnie produkowanych maszynach do sortowania nasion wykorzystuje się trzy rozwiązania bazujące na: kolorowych lub monochromatycznych kamerach CMOS/CCD, kamerach podczerwieni lub ultrafioletu i analizatorach kształtu. Wysokoczułe kamery o wysokiej rozdzielczości dokonują bieżącej analizy koloru sortowanego materiału. Kamery te cechują się dużą szybkością skanowania oraz możliwością zastosowania filtrów optycznych. Na podstawie danych impulsu przekazanego przez kamery wyrzutnik dokonuje separacji materiału na produkty spełniające wymagania jakościowe oraz na produkty niespełniające ich.

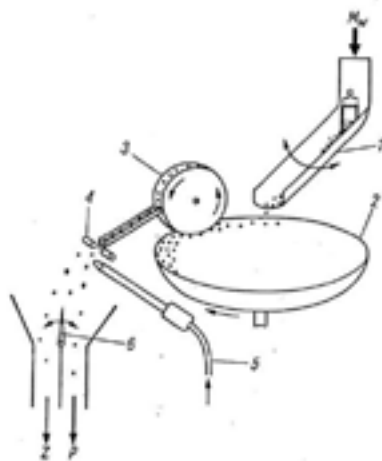
Separatory optyczne do materiałów sypkich stosuje się wszędzie tam, gdzie najważniejsza jest jakość i czystość materiału. Skuteczność oczyszczania tych urządzeń sięga nawet do 99,99%, a więc dzięki najwyższej możliwej dokładności sortowania

straty materiału ograniczone są do minimum. Zakres osiągniętych przez nie wydajności wynosi od 500 kg/h do 16 t/h, w zależności od rodzaju materiału wejściowego i stopnia jego zanieczyszczenia. Zaawansowana technologia układów przetwarzania danych decydujących o szybkości i precyzji tego typu sortowania pozwala na jeszcze szybszą pracę sorterów. Kamery CCD najnowszej generacji pozwalają osiągnąć najwyższy możliwy poziom rozpoznawania elementów [2].

W typowym systemie optycznym materiał z kosza zasypowego poprzez dozownik wibracyjny podawany jest na podajnik taśmowy, który równomiernym strumieniem kieruje go do komory sortującej. Następnie materiał podawany jest grawitacyjnie na przenośnik taśmowy, który ustala bieg cząstek w dalszej części separatora. W komorze sortującej każde z ziaren materiału sypkiego jest „oglądane” przez fotokomórki lub kamery, a uzyskany obraz przetwarzany w układzie obliczeniowym. Wynikiem analizy jest decyzja o odrzuceniu określonych cząstek. Poniżej komory sortującej znajduje się układ odrzucania, który składa się np. z systemu dysz ze sprężonym powietrzem lub łopatek mechanicznych. Pierwszy przeznaczony jest do materiałów o rozmiarze do 100 mm, a drugi do tych o rozmiarze powyżej 100 mm. Po separacji materiał odrzucony wpada do osobnego wylotu, pod którym umieszczony jest taśmociąg. Podobny taśmociąg umieszczony jest obok, do frakcji czystej. Innym rozwiązaniem jest wykorzystywany w separacji zboża i polimerów elektrostatyczny układ odrzucania. Tutaj po wystąpieniu różnicy kolorów wszystkie elementy ciemniejsze od wzorca otrzymują dodatni ładunek elektryczny z igły elektryzującej. Następnie strumień materiału przepływa pomiędzy dwoma naładowanymi płytami



RYS. 1
Schemat separatora fotopneumatycznego [3]



RYS. 2
Schemat działania separatora fotopneumatycznego [3]

odchylającymi (elektrodami). W polu elektrycznym następuje odchylenie toru naelektryzowanych dodatnio ziaren, a te bez ładunku spadają swobodnie pionowo. Stworzenie wydajnej linii sortowniczej może wymagać zastosowania kilku separatorów optycznych. Pracują one w pełni automatycznie, jednak każdy może wykonywać nieco inne działania. Urządzenia te pozwalają oddzielać nadawę na podstawie:

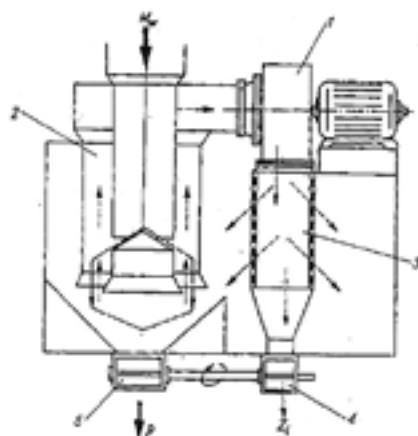
- cech materiałowych;
- koloru;
- kształtu;
- rozmiaru;
- innych właściwości optycznych, np. przezroczystości.

SEPARATORY POWIETRZNE

Separator powietrzne (pneumatyczne) zaliczane są do kategorii urządzeń, w których poszczególne frakcje odpadków są od siebie rozdzielane dzięki różnicom gęstości materiałów, z których zostały wykonane. Separator powietrzne w pierwszej linii służą do separowania mineralnych lub metalowych cząstek i grubszych części ze strumienia materiału. Urządzenia te działają, wykorzystując zasady grawitacji. Wstępnie przesiany materiał trafia



FOT. 2
Separator pneumatyczny [ZRÓDŁO: Protechnika]

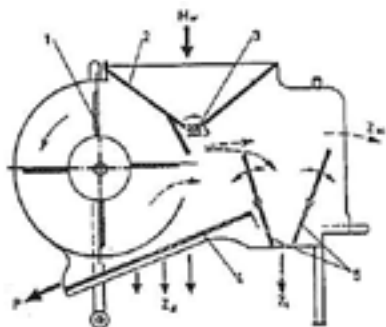


RYS. 3
Separator z kanałem cylindrycznym i zamkniętym obiegiem powietrza [3]

na taśmę podajnika, następnie przenoszony jest wprost na regulowany strumień powietrza, który unosi lekkie materiały w żądanym kierunku. Separator pneumatyczne podzielić można na separatory:

- z otwartym obiegiem powietrza;
- z zamkniętym obiegiem powietrza.

W wypadku otwartego obiegu powietrza nadawca dostarczana jest do kanału roboczego, przez który przepływa strumień powietrza. Powietrze porywa wszystkie zanieczyszczenia lżejsze od materiału podstawowego i przenosi je do osadnika, gdzie są oddzielane od powietrza. Z kolei w wypadku separatora z zamkniętym obiegiem powietrza powietrze z zanieczyszczeniami oczyszczane jest w osadniku, przechodzi następnie przez filtr i kierowane jest ponownie w stronę komory roboczej. Warto tu zwrócić uwagę, że separator pneumatyczne mogą mieć kanały robocze ustawione pionowo lub ukośnie. Te ostatnie często wykorzystywane są w przemyśle zbożowym, gdzie nazywa się je młynkami. Składają się one z kosza zasypowego, zasuw regulującej ilość podawanej masy, wałka wygarniającego, mającego za zadanie wyrównanie masy zsypującej się z kosza zasypowego, wentylatora wytwarzającego strumień powietrza oraz dwóch nastawnych przegród, których położenie dostosowane jest do gatunku i wymiarów czyszczonych nasion. Przegródy służą do rozdzielania



RYS. 4
Schemat separatora z ukośnym kanałem pneumatycznym tzw. młynka [3]

zanieczyszczeń na lekkie i bardzo lekkie oraz nasion na właściwe (nasiona celne) i pośląd. Ziarno wygarniane wałkiem spływa równomierną strugą w dół i dostaje się w strefę działania strumienia powietrza. Strumień powietrza wytworzony przez wentylator posiada parametry dostosowane do składu i gatunku czyszczonej masy. Mieszanina poddana działaniu strumienia powietrza jest rozdzielana na frakcje, których tory są w różnym stopniu odchylane. Prędkość strumienia powietrza (m/s) oraz położenie przegród są tak dobrane, że materiał podstawowy (ziarno celne) spada przed przegrodą pierwszą (od strony wentylatora). Z kolei ziarna połamane i nie w pełni rozwinięte (pośląd) spadają w komorę pomiędzy przegrodą pierwszą i drugą, a zanieczyszczenia lekkie (plewy) wyrzucane są poza przegrodę drugą. Prędkość strumienia powietrza przy czyszczeniu zbóż osiąga najczęściej wartości w przedziale od 7 do 10 m/s⁻¹ [3].

SEPARATORY MAGNETYCZNE

Separator magnetyczne przeznaczone są do automatycznego oddzielania materiałów ferromagnetycznych (stal) od materiałów sypkich transportowanych na przenośnikach taśmowych lub podajnikach wibracyjnych.



FOT. 3
Separator bębnowy [ZRÓDŁO: MagnePol]

Separator magnetyczne zabezpieczają maszyny technologiczne przed uszkodzeniem spowodowanym przez niepożądany kawałek metalu, jak również odzyskują cenny złom żelazny z surowców odpadowych.

Wyróżnia się dwa typy tych urządzeń. Są to separator magnetyczne/elektromagnetyczne, które przyciągają ferromagnetyki, oddzielając je w ten sposób od strumienia nieposortowanych śmieci, i separator metali nieżelaznych. Pierwsze dzieli się na dwie grupy: z ręcznym czyszczeniem i samoczyszczące się. Urządzenia pierwszego typu muszą być okresowo czyszczone z cząstek metalowych gromadzących się na magnesie. Z separatorów takich korzysta się zwykle, kiedy



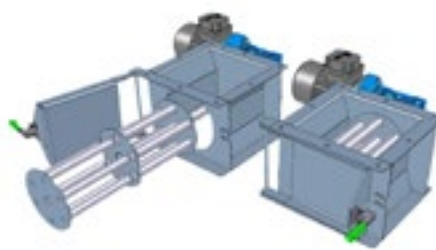
FOT. 4
Separator magnetyczny [ZRÓDŁO: ProTechnika]

spodziewana ilość metali do oddzielenia jest niewielka. Są one konstruowane i instalowane tak, żeby dostęp do nich nie był utrudniony. W separatorach samoczyszczących się natomiast stosowane są rozwiązania konstrukcyjne zapewniające automatyczne usuwanie gromadzących się na magnesie kawałków metali. Przykładem tutaj są taśmy, które okresowo je z magnesu zbierają [4].

Separatory metali nieżelaznych, inaczej wiroprowadowe, służą z kolei do wychwytywania metali nieferromagnetycznych, takich jak aluminium czy miedź. Ich głównym komponentem jest przeważnie bęben z szybko obracającym się zestawem magnesów stałych, które wytwarzają zmienne pola magnetyczne o wysokiej częstotliwości. Te zaś wywołują silne prądy wirowe w cząstkach metali nieżelaznych, które generują własne pola magnetyczne przeciwdziałające polu zewnętrznemu, przez co metale te są odpychane [4].

Separatory magnetyczne podzielić można także na rotacyjne, bębnowe i bębny magnetyczne. Magnetyczne separatory rotacyjne służą do filtracji zanieczyszczeń stalowych z przesypywanego materiału. Ten typ separatora składa się z prętów magnetycznych zamocowanych na obrotowej osi. Podczas procesu filtracji magnetycznej pręty płynnie obracają się w separatorze z odpowiednio dostosowaną prędkością. Ogranicza to ryzyko zatykania się separatora, a także (w przypadku filtracji materiałów o wysokiej twardości) zmniejsza tempo zużycia się osłon prętów magnetycznych, które nie są zasypywane materiałem nieustannie z jednej strony. Takie rozwiązanie idealnie sprawdza się w filtracji materiałów mających skłonności do tworzenia sklepień i zatorów [5].

Magnetyczne separatory bębnowe z kolei wykorzystuje się do automatycznego oddzielania stalowych elementów z materiałów sypkich drobno- i średnioziarnistych. Sprawdzają się one jako bardzo wydajne urządzenia zabezpieczające maszyny technologiczne przed uszkodzeniami spowodowanymi przez stalowe zanieczyszczenia. Wewnątrz



FOT. 5
Magnetyczny separator rotacyjny [ZRÓDŁO: MagnePol]

separatora znajduje się obracający się z dostosowaną prędkością bęben magnetyczny z pręgami zabierakowymi, wyłapujący i odrzucający w odpowiednim momencie cząsteczki stalowe. Bęben napędzany jest silnikiem elektrycznym, umożliwiając pracę ciągłą separatora, bez zbędnych przestojów na czyszczenie. Separatory bębnowe nie tylko stosowane są do oczyszczania rozmaitych materiałów z elementów i drobin stalowych, ale również sprawdzają się w branży recyklingu, do odzyskiwania stali z surowców odpadowych. Spotkać je można na liniach odzysku drutów z granulatu gumowego w procesie recyklingu opon, przy czyszczeniu peletu – zarówno przy jego produkcji, jak i w elektrowniach oraz przy wychwytywaniu metali z materiałów obrabianych w młynach czy kruszarkach.

Bębny magnetyczne – nazywane inaczej rolkami magnetycznymi albo wałami magnetycznymi – stosowane są do automatycznego oczyszczania z zanieczyszczeń ferromagnetycznych materiałów sypkich (np. granulatu czy peletu) poruszających się po taśmociągu. Przystosowane są one do pracy w ruchu ciągłym. Najczęściej montuje się je na krańcach taśmociągów bądź przenośników taśmowych, gdzie służą do wychwytywania niepożądanych żelaznych zanieczyszczeń (np. śrubki, opiłki, druty, elementy maszyn itp.). Osłona wału magnetycznego obraca się wraz z taśmą, natomiast czynna powierzchnia magnetyczna pozostaje statyczna. Stalowe odpady pozostają przytrzymane przez pole magnetyczne i „odpadają” od taśmy po przetransportowaniu ich na bezpieczną odległość. Wały magnetyczne przystosowane są do pracy w ruchu ciągłym. Konstruowane są one, zależnie od zastosowania i potrzeb, w oparciu o magnesy neodymowe lub ferrytowe. Bębny magnetyczne sprawdzają się przy filtracji każdego materiału transportowanego na taśmociągu [5].

INNE ROZWIĄZANIA

Na końcu warto wspomnieć o kilku nieco rzadziej stosowanych rodzajach separatorów. Pierwszym z nich są separatory elektrostatyczne. Wykorzystuje się w nich właściwości elektryczne, takie jak przewodnictwo,



FOT. 6
Wały magnetyczne – zasada działania [ZRÓDŁO: MagnePol]

przenikalność dielektryczna, zdolność do polaryzacji i przyjmowania lub oddawania ładunków elektrycznych. W praktyce wykorzystuje się tu trzy sposoby elektryzowania cząstek [3]:

- elektryzowanie w wyniku tarcia zewnętrznego i wewnętrznego;
- elektryzowanie poprzez zetknięcie cząstek z elektrodą;
- elektryzowanie w polu elektrycznym wyładowań ulotowych.

Cząstki naelektryzowane dodatnio lub ujemnie można rozdzielić poprzez wprowadzenie ich między elektrody i odchylenie z toru swobodnego spadku (przyciąganie i odpychanie). Innym sposobem rozdziału jest wykorzystanie różnicy przewodnictwa pomiędzy różnymi materiałami. Izolatory (materiały mniej przewodzące) pozostaną wówczas na uziemionej rolce lub bębnie. Przewodniki z kolei (materiały o dobrej przewodności), tracąc swój ładunek, są wyrzucane poza rolkę do odpowiedniego sortownika. Separatory elektrostatyczne bardzo często służą do separacji tworzyw sztucznych pochodzących z recyklingu, ze względu na rodzaje materiałów: ABS/PS/PP/PA, PP/HDPE, ABS/PS, PET/PVC, PC/PMMA, POM/ABS, PA/ABS, PP/ABS, ABS/PS, PA/PBT. W większości wypadków, jednocześnie można sortować do czterech rodzajów przemiału recyklingowanego tworzywa sztucznego.

Ciekawym rozwiązaniem są separatory tarcie. W tego typu urządzeniach jako cechę rozdzielczą wykorzystuje się rodzaj tarcia i związany z nim współczynnik tarcia zewnętrznego oraz kształt ziaren materiału sypkiego i jego teksturę, co bezpośrednio rzutuje na charakter ruchu nadawy. Spośród tego typu maszyn najczęściej spotkać można płótniarki, żmijki, stoły kaskadowe i rozdzielacze obrotowe. ■

LITERATURA

- [1] Przysupa W., Makarewicz P., Nowak J., *Nowe metody czyszczenia i sortowania nasion*, Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 5/2014.
- [2] Materiały firmy WW Ekochem.
- [3] Marks N., *Maszyny do czyszczenia i sortowania plodów rolnych*, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie 2012.
- [4] Jaworowska M., *Automatyka w recyklingu*, AutomatykaB2B.pl.
- [5] Materiały firmy MagnePol.

Separatory cząstek stalowych

www.magnepol.pl

Do sortowania materiałów zawierających elementy stalowe najlepiej sprawdza się filtracja magnetyczna. Jest ona zazwyczaj wysoce skuteczna, a utrzymanie jej wydajności nie wymaga wysokich nakładów pracy.



FOT. 1, 2
Magnetyczne separatory bębnowe

FOT. 3, 4
Magnetyczne separatory szufladowe

Separatory magnetyczne konstruowane są w oparciu o magnesy neodymowe i ferrytowe, zależnie od potrzeb. Ponieważ filtracja wtrąceń stalowych jest konieczna w bardzo wielu gałęziach przemysłu i przetwórstwa (od recyklingu, przez produkcję płynów czy smarów, po branżę spożywczą), potrzeby te mogą być bardzo urozmaicone. Obecnie na polskim rynku istnieje szeroka oferta dostępnych rozwiązań i typów separatorów magnetycznych, poniżej omówimy dwa z nich.

MAGNETYCZNE SEPARATORY BĘBNOWE

Służą one do automatycznego oddzielania stalowych elementów z materiałów sypkich drobno- i średnioziarnistych. Wewnątrz separatora znajduje się obracający się z dostosowaną do odpowiedniej wydajności prędkością bęben magnetyczny z programi zabierakowymi, rozdzielający filtrowany

materiał na dwie frakcje: czysty surowiec oraz frakcje zawierające żelazo.

Takie rozwiązanie stosowane jest bardzo często do oczyszczania rozmaitych materiałów produkcyjnych z elementów i drobin stalowych, ale również znakomicie sprawdza się w branży recyklingu do odzyskiwania stali z surowców odpadowych.

Ruch bębna separatora napędzany jest silnikiem elektrycznym, umożliwiając ciągłą pracę urządzenia, bez zbędnych przestojów na czyszczenie. Samo źródło pola magnetycznego nie wymaga zasilania.

MAGNETYCZNE SEPARATORY SZUFLADOWE

Spełniają one funkcję sita, oddzielającego wszelkie zanieczyszczenia stalowe od filtrowanego materiału, przytrzymując je na aktywnych magnetycznie częściach.

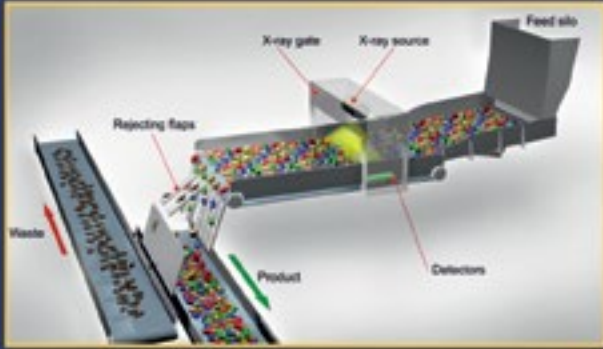
W zależności od zapotrzebowania urządzenia te mogą mieć od jednego do nawet czterech

poziomów aktywnych magnetycznie prętów. Poziomy, jak i same pręty, w modelach oferowanych przez firmę Magnepol mogą być wyciągane w celu czyszczenia – ręcznie albo automatycznie. Pręty magnetyczne składają się z odpowiednio dobranych magnesów neodymowych o indukcji magnetycznej przekraczającej 14000 Gs, zabezpieczonych w cienkościennych rurach osłonowych. Dodatkowo, zależnie od potrzeb i filtrowanego materiału, w separatorach można zastosować również rozdzielacze. Zapewniają one równomierne rozprowadzanie filtrowanego materiału po całej powierzchni sita magnetycznego, aby uzyskać jak najlepszy stopień filtracji i uniknąć powstawania zatorów.

Firma Magnepol produkuje również separatory przeznaczone dla przemysłu spożywczego, w których kwasoodporne osłony magnesów poddawane są starannej obróbce wykańczającej, w celu uzyskania powierzchni aseptycznej, spełniającej normy HACCP. ■

Zaawansowane technologie przeróbki surowców mineralnych

Technologie automatycznego sortowania



Zaawansowane technologie sortowania przy użyciu różnych czujników:

- kolor
- rozmiar
- tekstura
- przezroczystość
- gęstość
- przewodność termiczna
- współczynnik pochłaniania promieni X oraz światła w zakresie podczerwieni

Przykłady zastosowań do wzbogacania lub prekoncentracji:

- rudy żelaza
- rudy chromu
- rudy miedzi
- rudy złota
- apatytu
- grafitu
- diamentów
- węgla kamiennego
- innych materiałów podczas recyklingu

Technologia proszkowa – mielenie i klasyfikacja



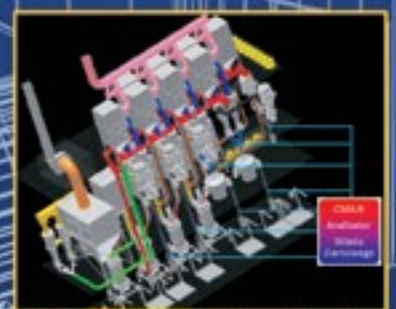
Bardzo drobne mielenie w młynach strumieniowych i klasyfikatorach aerodynamicznych. Kompletnie systemy produkcyjne

- Regulowane uziarnienie produktu: $d_{97}=1,8-300 \mu m$
- Wydajność: 0,3-100 t/h
- Szeroki zakres uziarnienia uzyskany w tym samym urządzeniu
- Bardzo wysoka sprawność klasyfikacji
- Niskie straty w przepływach powietrza lub gazu
- Bardzo mała ścieralność elementów młyna lub klasyfikatora
- Mała awaryjność i zredukowany czas napraw
- Możliwość ciągłego pomiaru składu ziarnowego „on-line”

Wielokanałowa kontrola procesów technologicznych

Ciągły wielokanałowy pomiar składu ziarnowego metodą „on-line”

- pełna kontrola produkowanego materiału
- możliwość natychmiastowego wykrycia odchyłek od specyfikacji produktu
- możliwość natychmiastowej korekty parametrów procesu w celu utrzymania jakości produktu
- możliwość zapisywania parametrów składu ziarnowego i eksportowania danych do użytkownika



Separator elektromagnetyczny taśmowy typu SNK

Separator elektromagnetyczny taśmowy typu SNK jest przeznaczony do automatycznego oddzielania metali żelaznych od materiałów sypkich transportowanych na przenośnikach taśmowych lub podajnikach wibracyjnych. Zabezpiecza on maszyny technologiczne przed uszkodzeniem spowodowanym przez niepożądany kawałek metalu, jak również odzyskuje cenny złom żelazny z surowców odpadowych.

Przykładowe aplikacje z udziałem separatora elektromagnetycznego taśmowego:

- separacja złomu żelaznego z węgla, granitu, wapienia, bazaltu i innych surowców kopalnych w celu ochrony maszyn kruszących i przesiewaczy;
- odzysk odpadów metalowych w instalacjach sortowania odpadów komunalnych i przemysłowych;



- usuwanie zanieczyszczeń żelaznych na poszczególnych etapach produkcji cementu i mączek wapiennych;
- separacja żeliwa i staliwa z mas formierskich w odlewniach;
- oczyszczanie zrębków, wiórów i innych rozdrobnionych surowców drzewnych;
- oczyszczanie stłuczki szklanej, gumy, tworzyw sztucznych i innych surowców pochodzących z recyklingu;
- oczyszczanie paliw alternatywnych RDF;
- odzysk metali na instalacjach waloryzacji żużli ze spalarni odpadów,
- ochrona krawędzi do buraków cukrowych i innych produktów rolnych.

Zalety separatora elektromagnetycznego taśmowego Magnetix:

- indywidualny projekt i wykonanie urządzenia,
- moc elektromagnesu od 3 do 35kW dostosowana do warunków pracy i wielkości separowanych metali, których masa może przekraczać nawet 40 kg (np. separacja ciężkiego złomu kopalnianego),
- duży zasięg i natężenie pola magnetycznego;
- praca ciągła S1-100%;
- wysoka klasa izolacji uzwojenia elektromagnesu wykonanego z anodowanej taśmy aluminiowej;
- optymalne dostosowanie do szerokości i prędkości taśmy przenośnika;



- solidna konstrukcja zapewniająca długą żywotność;
- osprzęt renomowanych europejskich producentów.

Producent oferuje następujące warianty wykonania separatora elektromagnetycznego taśmowego:

- separator elektromagnetyczny w wykonaniu przeciwybuchowym zgodnie z wymaganiami dyrektywy ATEX, separator certyfikowany przez jednostkę notyfikowaną do pracy w strefach zagrożenia wybuchem;
- separator elektromagnetyczny wykonany ze stali kwasoodpornej lub ze specjalnym malowaniem, przystosowany do pracy w agresywnym środowisku (porty morskie, huty aluminium, instalacje w tropikach);
- separator elektromagnetyczny z chłodzeniem olejowym, przystosowany do pracy w wysokich temperaturach.

www.magnetix.com.pl

Separator metali SWP-SBM



Separator metali typu SWP-SBM przeznaczony jest do kompleksowej separacji metali żelaznych i nieżelaznych z rozdrobnionych surowców poddawanych recyklingowi.

Proces separacji metali ze strumienia surowca odbywa się w ramach jednego urządzenia. Zintegrowany podajnik wibracyjny umożliwia zasyp separatora różnego typu przenośnikami, takimi jak: przenośniki taśmowe, zgrzeblowe, ślimakowe oraz zsypy grawitacyjne.

Separator posiada budowę modułową, składającą się z podajnika wibracyjnego,

obrotowej rolki magnetycznej (separacja metali żelaznych – ferromagnetycznych) oraz separatora wiroprowadowego (separacja metali nieżelaznych). Dodatkowy moduł umożliwia także separację stali nierdzewnej.

Przykładowe aplikacje z udziałem separatora SWP-SBM:

- separacja metali w procesach recyklingu tworzyw sztucznych, takich jak: PVC, PP, PET, itp.;
- kompleksowy odzysk metali w procesach recyklingu urządzeń AGD (separacja stali Fe, aluminium, miedzi, mosiądzu oraz stali nierdzewnej z przemiatu dużego i małego AGD);
- separacja metali w instalacjach recyklingu szkła, w tym instalacje oczyszczania stłuczki i zestawu szklarskiego w hutach szkła;
- oczyszczanie zrębków, wiórów oraz przemiatu odpadów drzewnych (instalacje recyklingu odpadów gabarytowych i mebli);
- oczyszczanie paliw alternatywnych RDF;
- odzysk metali w procesach waloryzacji żużli w spalarniach odpadów;
- sortowanie surowców w procesach recyklingu samochodów.



Zalety separatora Magnetix:

- separator zaprojektowany i wykonany do typu przetwarzanego surowca;
- szerokość robocza urządzenia od 500 mm do 2000 mm, dostosowana do wydajności;
- wysoka skuteczność odzysku metali dzięki innowacyjnym rozwiązaniom;
- urządzenie przystosowane do pracy ciągłej;
- solidna konstrukcja zapewniająca długą żywotność;
- osprzęt renomowanych europejskich producentów;
- polski produkt z pełną obsługą gwarancyjną i pogwarancyjną.

www.magnetix.com.pl

magnetix

www.magnetix.com.pl

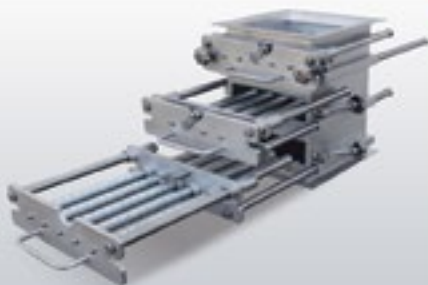
SEPARATORY I WYKRYWACZE METALI DLA INSTALACJI PRZEMYSŁOWYCH



separatory metali nieżelaznych



taśmowe separatory magnetyczne



sita magnetyczne



bębny magnetyczne



bramkowe wykrywacze metali



przesypowe wykrywacze metali



Cierpice, ulica Poznańska 9
87-103 Toruń



+48 56 653 94 40



poczta@magnetix.com.pl

Separator automatyczny do pracy ciągłej

System automatycznego rusztu magnetycznego należy do najnowszych rozwiązań technologicznych, który przy pomocy specjalnego oprogramowania ma możliwość pracy ciągłej. Idealnie nadaje się do usuwania drobnych cząstek żelaza lub, ferromagnetycznych spośród przepływającego materiału, takiego jak cukier, zboża, herbata itp.

Automatyczne czyszczenie umożliwia ciągłą pracę separatora, bez konieczności prze-



rwania strumienia materiału w celu oczyszczania rusztu. Ruszt w zadany przez operatora czasie wykonuje ruchy, zrzucając



zanieczyszczenia do leja wsypowego – prawego lub lewego.

www.magnetic-separators.pl

Przepływowy separator magnetyczny do cystern

Ten cysternowy przepływowy separator magnetyczny służy do separowania metalowych zanieczyszczeń z suchych proszkowych materiałów w przemyśle spożywczym, chemicznym lub surowcowym, które są podczas rozładunku transportowane z cysterny za pomocą sprężonego powietrza.

Separator składa się z dwóch całkowicie zdejmowanych części: komponentu magne-

tycznego i korpusu separatora. Komponent z tubusami magnetycznymi należy wyjąć z korpusu separatora magnetycznego i za pomocą uchwytu wyciągnąć magnesy do górnej pozycji. W ten sposób dojdzie do rozmagnesowania nierdzewnych tubusów i metalowe przedmioty odpadną.

Urządzenie jest wyprodukowane ze stali nierdzewnej 1.4301 i ma powierzchnię wykończoną piaskowaniem. Na życzenie może być wyprodukowany separator w wykonaniu polerowanym.

Wybrane cechy separatora:

- bardzo łatwa manipulacja i czyszczenie;
- spełnia normy dotyczące stosowania w przemyśle spożywczym;
- jest wyprodukowany ze stali nierdzewnej

Ciężar całkowity urządzenia wynosi 14 kg. Wystarczy jeden pracownik do montażu i demontażu urządzenia. Separator posiada silikonową uszczelkę (spełniającą wymagania norm spożywczych). Tubusy, w których są umieszczone magnesy, są przyspawane do

zdejmowanego komponentu. Separator składa się z 4 tubusów magnetycznych o średnicy 30 mm. Komponent z tubusami magnetycznymi jest podłączony do korpusu separatora z pomocą zamka bagietowego, z uszczelką i zabezpieczony nakrętkami motylowymi.

Separator magnetyczny posiada bardzo silne magnesy neodymowe NdFeB z indukcją magnetyczną 10.400 G, które są w stanie wychwytywać nawet bardzo drobne cząstki magnetyczne.

Usuwanie wychwytywanych metalowych zanieczyszczeń jest bardzo łatwe. Najpierw należy poluzować nakrętki motylkowe i zamek bagietowy. Następnie należy wyciągnąć komponent z korpusu separatora i zwolnić bezpiecznik, a na końcu wyciągnąć magnesy z tubusów magnetycznych. Po wyczyszczeniu tubusów można magnesy wsunąć z powrotem do komponentu.

www.magsy.pl



Magnetyczny separator metali nieżelaznych ECS

Separator metali nieżelaznych ECS działa na zasadzie tzw. prądów wirowych. Skąd też jego przyjęte oznaczenie „eddy current separator”. Bardzo szybko obracające się bieguny magnetyczne wytwarzają zmienne i stosunkowo krótkie pole magnetyczne, które przez ograniczony czas zmagetyzuje każdą cząstkę przewodzącą znajdującą się w jego zasięgu. Biegunowość magnetyczna tak zmagetyzowanych cząstek jest jednakowa jako biegunowość pola magnetycznego wytwarzanego przez wirnik separatora. Dlatego zmagetyzowane materiały są odpychane i automatycznie wyrzucane z przenośnika taśmowego.

Konstrukcja separatora metali nieżelaznych
Ten separator składa się aż z trzech głównych modułów:

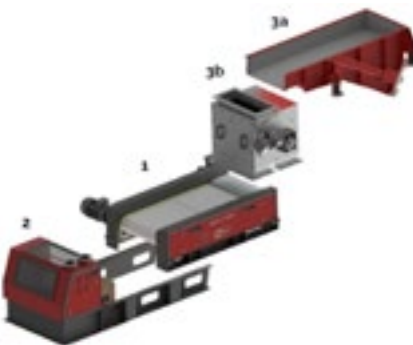
- Moduł z wirnikiem magnetycznym (1)
- Standardowo dostarczany modułem jest ten środkowy (1), który ma w napędzanym



cyldrze przenośnika taśmowego ułożony wirnik magnetyczny z niezwykle silnymi magnesami neodymowymi. Osłona wirnika, w którym się znajduje cylinder indukcyjny, został wyprodukowany ze specjalnego niemagnetycznego materiału z zawartością włókna szklanego. Opcjonalne akcesoria obejmują: wstępny moduł podajnikowy (3a/3b) i końcowy moduł sortujący (2).

- Moduł podajnikowy (3a/3b)

Wstępny moduł podajnikowy zapewnia częściowo wstępne oczyszczanie materiału oraz jego poprawne i równomierne rozłożenie na przenośniku transportowym separatora, co jest zasadniczym warunkiem do optymalnego stopnia separacji zwłaszcza u średnich



i drobnych frakcji materiałowych. Moduł wstępny często bywa wyposażony np. w bęben magnetyczny (3b), cylinder magnetyczny lub płytę magnetyczną nad przenośnikiem do wychwytywania cząstek ferromagnetycznych lub podajnik wibracyjny (3a).

- Moduł sortujący (2)

Końcowy moduł sortujący zapewnia komfortowy podział wysortowanych frakcji materiałowych.

www.sollau.pl

Separatory nadtaśmowe

Separatory nadtaśmowe stosuje się przeważnie do oczyszczania produktów sypkich transportowanych przenośnikami taśmowymi z taśmą gumową. Wyróżnia się dwa sposoby ich montażu, tj. poprzecznie do kierunku ruchu taśmy oraz wzdłużnie na przesypie przenośnika taśmowego. W zależności od ilości transportowanego produktu, a także innych czynników wymienionych powyżej, wyróżnić możemy dwa podstawowe podziały separatorów nadtaśmowych.

Pierwszy typ separatorów nadtaśmowych to separatory elektromagnetyczne serii SEN. Zaletą separatorów elektromagnetycznych jest wysoka głębokość pola elektromagnetycznego. W praktyce oznacza to możliwość większego oddalenia separatora od taśmy transportera z produktem, niż ma to miejsce przy zastosowaniu nadtaśmowych separatorów magnetycznych serii SMN.

Elementem składowym separatora elektromagnetycznego jest szafa zasilająco-sterująca montowana lokalnie lub w innym miejscu wskazanym przez klienta. Z uwagi na właściwości fizyczne elektromagnesów, nie zaleca się pracy w trybie ciągłym. Jeśli występuje taka konieczność, separator elektromagnetyczny serii SEN instaluje się razem z detektorem metalu (np. serii Secus-D), który po wykryciu metalu ma na celu wzbudzenie separatora do jego maksymalnej mocy.

Zakres stosowalności nadtaśmowych separatorów magnetycznych serii SMN jest bardzo podobny do separatorów serii SEN. Posiadają one jednak tę zaletę, że emitują pole magnetyczne w sposób stały i mogą pracować w pracy ciągłej, bez konieczności stosowania detektora metalu. Dodatkowo ich jedynym zapotrze-



bowaniem pod kątem poboru mocy elektrycznej jest napęd taśmy samoczyszczącej. Istnieje również linia separatorów serii SMN z napędem hydraulicznym, co pozwala stosować je w aplikacjach z utrudnionym dostępem do źródeł prądu elektrycznego.

Najbardziej popularnymi aplikacjami z wykorzystaniem separatorów SEN i SMN są:

- ciągi nawęglania (elektrownie, elektrociepłownie);
- transport kruszywa (przemysł wydobywczy, cementownie), transport rud (kopalnie rud), transport odpadów (wysypiska, sortownie śmieci, recykling), transport drewna i biomasy (tartaki, przemysł papierniczy, elektrownie, elektrociepłownie).

www.eljot.com.pl

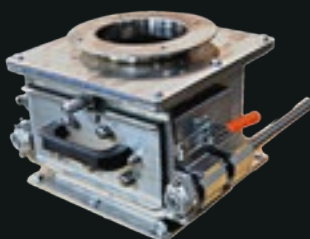
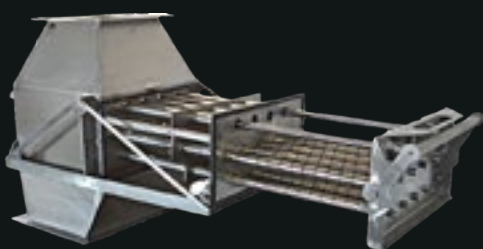


MAGNEPOL



PRODUCENT SEPARATORÓW MAGNETYCZNYCH

- separatory nadtaśmowe
- pułapki magnetyczne
- bębny i wały magnetyczne
- pręty i ruszty magnetyczne
- filtry magnetyczne
- magnesy stałe
- specjalistyczne narzędzia magnetyczne



Magnepol Sp. z o. o.

01-375 Warszawa · Powstańców Śląskich 103/1
tel: **508 609 873** · e-mail: biuro@magnepol.pl

www.magnepol.pl

Transport pneumatyczny przy użyciu podajników komorowych



Transport pneumatyczny jest idealnym rozwiązaniem w wypadku konieczności przetransportowania dość znacznych ilości materiału na dużą odległość, ponieważ

wykorzystywanie do tego celu przenośników mechanicznych związane byłoby z ogromnymi kosztami zabudowy i nie zawsze byłoby to fizycznie możliwe.

Firma WAKRO Sp. z o.o. opracowała własny system wysokociśnieniowego transportu pneumatycznego, który realizowany jest za pomocą urządzenia nazwanego podajnikiem komorowym (z dolnym opróżnianiem), pracującym w systemie ciągłym i szarżowym. Transport materiałów w tym systemie odbywa się poprzez dwufazowy proces przepływu cząstek fazy stałej i powietrza w przewodzie zamkniętym. W systemie tym kilka podajników komorowych może współpracować razem, co daje możliwość kilkukrotnego zwiększenia wydajności.

W ofercie WAKRO można znaleźć również rozwiązania do transportu średniociśnieniowego z użyciem dozownika celkowego i iniektora.

Instalacje WAKRO są wykonywane „pod klucz” – począwszy od doradztwa technicznego (doboru urządzenia wg wymagań klienta), projektowania, wykonawstwa w zakresie mechanicznym i elektrycznym, poprzez

wykonanie układu sterowania oraz montaż i uruchomienie, a na przeszkoleniu obsługi z zakresu działania instalacji skończywszy.



TYP	PF – 1200
Najwyższe dopuszczalne ciśnienie (PS)	6 bar (g)
Ciśnienie próby (PT)	8,6 bar (g)
Najwyższa dopuszczalna temperatura (TS)	+50°C
Najniższa dopuszczalna temperatura	-20°C
Medium	powietrze + pył
Pojemność geometryczna	1200 l
Maksymalna ładowność	1080 kg

www.wakro.com.pl

Grawitacyjny podajnik do herbatników



Warstwowe układanie herbatników przed pakowaniem jest metodą powszechnie stosowaną dla mniejszej skali lub przy produktach wyższej jakości. Tradycyjne systemy układania grawitacyjnego mogą, ze względu na ograniczenia konstrukcyjne, nie sprawdzić

się przy pewnych kształtach ciastek. Nowoczesny, w pełni regulowany system grawitacyjnego podawania nie tylko pozwoli na delikatne obchodzenie się z herbatnikami, lecz także ułatwi przestawianie produkcji, czyli umożliwi zastosowanie jako jednego rozwiązania podajnikowego do układania warstwowego całej gamy produktów.

Podajnik grawitacyjny PGL firmy FourPack to w pełni regulowane rozwiązanie, układające w warstwy do umieszczenia przed pakowaniem herbatników. Zastosowane w podajniku PGL prowadnice ze stali nierdzewnej 304 są w pełni regulowane i umożliwiają dostosowanie pracy do kształtu danego produktu.

Przy zmianie produkcji wykorzystywany jest precyzyjny mechanizm regulacyjny, pozwalający ustawić urządzenie do grubości obsługiwanych ciastek. Każda prowadnica napędza zasobnik w sposób grawitacyjny. Przenośnik podający pobiera herbatniki po jednym. Liczba kolejnych zasobników określa końcową wielkość stosu, czyli liczbę jednorazowo pakowanych herbatników. Niewielka wysokość zrzutu oznacza, że podajnik PGL nadaje się nawet dla pakowanych warstwowo herbatników najwyższej jakości i o najbardziej delikatnej budowie.

www.vekamaf.pl

Obrotowe rurowe zawory rozdzielcze (RTSV)

Obrotowy rurowy zawór rozdzielczy firmy GEA pozwala na skierowanie proszku do nawet sześciu różnych lokalizacji z jednego źródła. Używany jest w pneumatycznym transporcie proszków w celu odwrócenia przepływu produktu z jednego źródła do wielu punktów docelowych. Możliwe jest również łączenie przepływu z kilku linii do jednej linii. Obrotowe rurowe zawory rozdzielcze wieloportowe często zastępują serie zaworów dwudrogowych, tym samym upraszczając system i redukując przestrzeń zajęta przez sprzęt.

Obrotowy rurowy zawór rozdzielczy firmy GEA oferuje nowy poziom innowacyjności



i projektowania w ramach zintegrowanego komponentu systemu transportu proszków. Udoskonalona struktura zapewnia większą wytrzymałość i trwałość, co umożliwia regu-

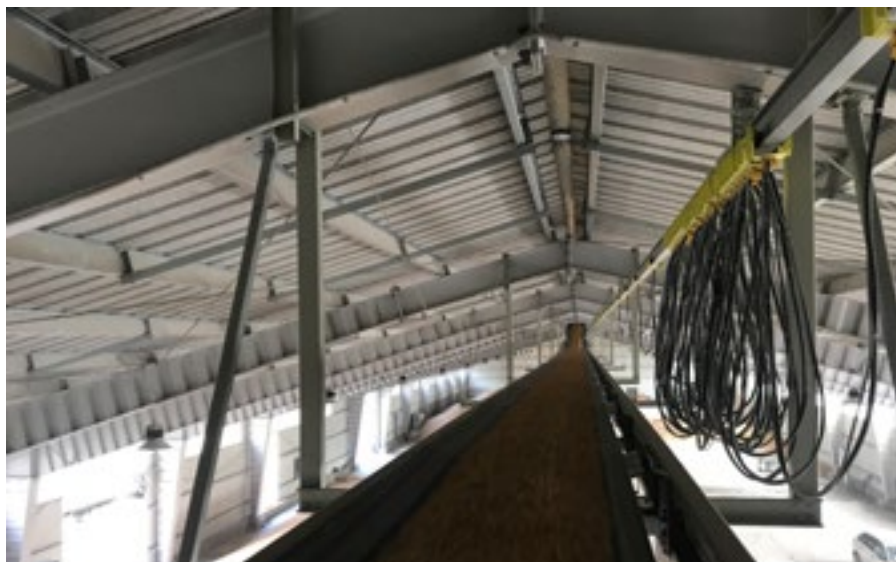
larną i niezawodną pracę podczas zmiany punktów docelowych przepływu proszku. Obrotowy rurowy zawór rozdzielczy posiada konstrukcję modułową i jest dostępny w wersji z liczbą portów od 2 do 6 i z konfiguracją rur od 75 do 150 mm (3 do 6"). Każdy z modeli można ręcznie rozebrać i wyczyścić.

Dwudrogowy zawór RTSV odwraca lub łączy przepływy pneumatycznie transportowanych proszków i peletu w fazie rzadkiej i gęstej w systemach ciśnienia i podciśnienia. Solidne orurowanie zapewnia wyższe wartości ciśnienia i temperatury i jest mniej podatne na zużycie niż konstrukcje z elastycznymi węzłami.

www.gea.com

Projektowanie i montaż linii transportu surowców sypkich w wykonaniu firmy Serafin

Sieć transportująca surowce sypkie to skomplikowany układ wielu elementów, takich jak: różnego rodzaju przenośniki, elewatory i wreszcie systemy rur transportu grawitacyjnego. Tarcie, gęstość, twardość, porowatość czy plastyczność – to tylko kilka z wielu cech surowca sypkiego, które sprawiają, iż budowa linii transportu wymaga wykorzystania wytrzymałych materiałów o wysokiej jakości. W transporcie grawitacyjnym, poza odpowiednio zaprojektowaną instalacją rurową, szczególnie ważne są tworzywa, z jakich zostały wykonane rury spadowe. Dlatego tak ważne są podzespoły, z których powstają linie.



Rozwój infrastruktury przemysłu zbożowo-nasiennego w Polsce był efektem zarówno strategii wzrostu gospodarczego, jak i przyjętej polityki. Przez wiele lat była to często zaniedbywana gałąź przemysłu z przestarzałą technologią. Sytuacja ta zmieniła się dopiero pod koniec lat 90-tych.

Obecnie modernizacje czy też budowy nowych zakładów oparte są o technologie i produkty przygotowane specjalnie pod dane wymagania klienta.

Mówiąc chociażby o transporcie, firma Serafin stawia na system rur i kształtek NORO zaprojektowanych zarówno do transportu grawitacyjnego, jak i pneumatycznego. Asortyment NORO obejmuje standardową gamę rozdzielaczy, zasuw, kształtek i rur o średnicach od 80 do 600 mm. System rur NORO może być łączony z podobnymi rurami posiadającymi końcówki zawinięte w rolkę lub wywinięte na płasko. Używając szybkozłączy



zaciskowych, można błyskawicznie łączyć różne elementy systemu, uzyskując trwałe i sztywne połączenie bez użycia narzędzi. Wszystkie komponenty systemu wykonuje się według jednej matrycy, dzięki czemu wszystkie elementy doskonale do siebie pasują.

Przy doborze rur trzeba uwzględnić stopień ścieralności, jaki powoduje transportowany materiał. Wszędzie tam, gdzie strumień transportowanego produktu zmienia kierunek, gdzie niejednokrotnie ostre lub tnące cząsteczki materiału uderzają z dużą prędkością w ściany rur, może nastąpić przywieranie lub zatłuszczenie i ścieranie. Dlatego wewnętrzna powierzchnia rur NORO pokrywana jest wysoce odporną na ścieranie odmianą poliuretanu. Tworzywo to posiada wszelkie niezbędne atesty, jest łatwe w instalacji i obróbce oraz wydłuża żywotność elementów transportu 15–20 krotnie.

Budując kompletną linię transportu ziarna, warto pamiętać o możliwych zagrożeniach wynikających ze specyfiki takiej instalacji. Rozwiązaniem m.in. są przenośniki oraz śluzy celkowe przystosowane do wymagań objętych dyrektywą europejską ATEX 114, czyli takich, które spełniają wymagania produktów przeznaczonych do stosowania w miejscach zagrożonych wybuchem oraz stanowiących odciecie lokalne bądź bezpieczne urządzenie do stosowania w strefach zagrożonych

wybuchem. Serafin stosuje szereg urządzeń transportowych, takich jak: przenośniki taśmowe, łańcuchowe, ślimakowe oraz podnośniki kubelkowe różnych typów. Wszystkie mogą być również dedykowane do transportu zboża, lub innych surowców sypkich w strefach ATEX.

Również stosowane dozowniki celkowe spełniają wymagania dyrektywy 2014/34/UE, posiadają specjalną konstrukcję pozwalającą na transport materiału bez dekompresji zbiorników. Stanowi to zaporę dla przenikania skutków eksplozji w instalacji ciągu transportowego. System wymiennych noży doszczelniających wirniki dozowników pozwala na użytkowanie urządzeń przez dłuższy okres eksploatacyjny niż konkurencyjne rozwiązania.

Firma Serafin PUH posiada również w swojej ofercie nietypowe urządzenia transportu mechanicznego takie, jak: przenośniki łopatkowe czy przenośniki talarkowe. Wszystkie wykonane są z blach o grubości poszycia pozwalającego na wykorzystywanie ich nie tylko w rolnictwie, ale także w zakładach przetwórstwa spożywczego. Rozmaitość wszelkich konfiguracji pozwala na dobre dopasowanie się do potrzeb klienta.



Firma Serafin od ponad 15 lat zajmuje się sprzedażą produktów dla przemysłu zbożowego i nasiennego oraz projektowaniem i montażem linii transportu i oczyszczania ziarna. Serafin zdobył zaufanie takich marek, jak Grupa Żywiec SA, Kompania Piwowarska Chemirol, Top Farms, Grana, i wielu innych. ■

WWW.SERAFIN-MASZYNY.COM

Ekonomiczny sposób magazynowania

Artykuł opisuje optymalizację kosztów i obsługi procesu technologicznego w branży automotive, dzięki zmianie sposobu magazynowania medium.

Piotr Daszkowski

Inwestycje w obrębie przemysłowych linii technologicznych i wdrażanie nowych rozwiązań ma na celu zapewnienie najwyższej jakości wytwarzanych produktów. Często bodźcem do zmian warunkujących rozwój przedsiębiorstwa i utrzymanie na rynku jest optymalizacja procesów pod kątem finansowym, co determinuje sytuacja na rynku. Inwestycje przemysłowe często wiążą się z dużym wydatkiem, ale świadoma decyzja i dobór odpowiednich rozwiązań w perspektywie czasu przynosi wymierne korzyści i pozwala na postęp przedsiębiorstwa. Koszty w obrębie linii technologicznej mogą być zredukowane m.in. dzięki zmianie sposobu magazynowania i transferu medium w ciągu produkcyjnym. Cały proces zmian pokażemy na przykładzie jednego z klientów reprezentujących branżę automotive.

Co może być motorem do zmian w obrębie linii technologicznej?

W przemyśle automotive jednym z wydziałów jest lakiernia katalforetyczna, w której zachodzi proces powlekania powłok antykorozyjnych. Katalforeza pozwala na otrzymanie optymalnej grubości warstwy lakierniczej, co przekłada się na wysoką jakość i dłuższą żywotność malowanego elementu.

W jednym z przedsiębiorstw produkcyjnych w takiej lakierni realizowano malowanie stelaży siedzeń samochodowych. W tym celu stosowano wodorocieńczone powłoki (mieszankę żywic syntetycznych, rozpuszczalników oraz wody).

Dotychczas medium było dostarczane i przechowywane na terenie zakładu w pojemnikach IBC. Uwaga osób odpowiedzialnych za utrzymanie wydziału skupiała się na rzetelnej analizie sytuacji i kalkulacji kosztów związanych ze wspomnianym sposobem magazynowania.

Okazało się, że wiąże się on ze stosunkowo częstymi oraz kosztownymi zakupami i dostawami surowca, dodatkową obsługą personelu, jak również potencjalnymi zagrożeniami pod kątem BHP. Warto także wspomnieć o możliwości występowania przerw w procesie. W przypadku instalacji magazynowania medium będącej częścią procesu technologicznego jego dostawy powinny być tak zaplanowane, by na bieżąco pokrywać zapotrzebowanie. To bywa jednak zależne np. od sytuacji na rynku surowców i może generować pewne trudności.



Motorem do zmian stały się: optymalizacja kosztów oraz usprawnienie procesu poprzez jego zautomatyzowanie. Wśród głównych celów znalazły się:

- oszczędności pod kątem zakupu i dostaw medium;
- niższe koszty obsługi dystrybucji i procesu magazynowania oraz przesyłu;
- zwiększenie poziomu bezpieczeństwa i ograniczenie ryzyka wypadków.

„Czy to nam się opłaca”, czyli w jaki sposób przedsiębiorstwo podchodzi do dużych inwestycji?

Warto podkreślić, że zmiany pod kątem magazynowania substancji żrących i ich przesyłu w określone miejsca zakładu wiążą się z dużymi kosztami i nie zawsze są one opłacalne. Aby się o tym przekonać, działy inwestycyjne i techniczne analizują obecną sytuację, plany rozwoju produkcji i ewentualnego zwiększenia zapotrzebowania na medium oraz oceniają przebieg procesu pod kątem kosztów i bezpieczeństwa, związanych m.in. z jego obsługą.

W kolejnym etapie, we współpracy z biurem projektowym lub producentem rozwiązań, przedstawiają swoje cele i weryfikują koncepcję, która określa wstępne założenia, przewidywany harmonogram prac i szacunkowe koszty. Dzięki niej inwestor jest w stanie osadzić inwestycję w odpowiednim budżecie (np. remontowym lub inwestycyjnym), ocenić jej opłacalność w perspektywie czasu, a tym samym potwierdzić jej słuszność i świadomie

podjąć decyzję o realizacji. Coraz częściej zdarza się, że w ramach prowadzonych analiz klienci korzystają z dostępnych na rynku szkoleń i materiałów, po czym kontaktują się z biurem projektowym lub producentem, gdy są już wyedukowani co do możliwych rozwiązań. Taka świadomość w wielu sytuacjach niesamowicie usprawnia przebieg rozmów i wpływa na zrozumienie obu stron.

Podsumowując, w podobnych przypadkach najlepszą ścieżką jest:

- wewnętrzna analiza procesu technologicznego oraz ilości wykorzystywanych substancji, a także związanych z nim kosztów pod kątem dostaw medium i obsługi;
- ocena aktualnego sposobu realizacji procesu pod kątem planów strategicznych przedsiębiorstwa;
- opracowanie i weryfikacja koncepcji przy współpracy z biurem projektowym lub dostawcą systemów pod kątem możliwych rozwiązań technicznych, możliwego czasu realizacji oraz kosztów rozważanych wariantów;
- gruntowne spojrzenie na korzyści, ich ocena pod kątem opłacalności inwestycji i decyzja o wdrożeniu zmian.

Pomimo, że analiza koncepcji, która poja-



wia się na każdym szczeblu funkcjonowania przedsiębiorstwa może być czasochłonna, to pokazanie, czy i na ile efektywna jest realizacja danego zamierzenia dostarcza właścicielowi informacji niezbędnych do podjęcia kluczowych decyzji i pozwala ograniczyć ryzyko niepowodzenia projektu. Analiza możliwych udoskonalień w obrębie produkcji musi mieć swoje uzasadnienie dla każdej z komórek przedsiębiorstwa, m.in.:

- dla działu BHP: zwiększenie bezpieczeństwa poprzez eliminację paletopojemników na rzecz jednego dużego zbiornika

Analiza
obecnego
sytuacji



Ocena
planów
rozwoju



Opracowanie
koncepcji
inwestycji



Ocena
opłacalności
i decyzja

**FINANSE**

Optymalizacja zakupu i dostaw surowca
= oszczędności finansowe i personalne

**CZAS**

Większy bufor medium = optymalizacja
czasu obsługi, brak ryzyka przestoju

**BEZPIECZEŃSTWO**

Automatyzacja = niezawodność
procesu, zmniejszenie ryzyka
wypadków, elastyczność produkcji

oraz zautomatyzowanej obsługi (zmniejszenie ilości ryzyk, zagrożeń podczas magazynowania mediów niebezpiecznych = mniej wypadków);

- **dla szefa produkcji i UR:** usprawnienie przebiegu procesu, zmniejszenie potrzeby zaangażowania personelu do obsługi, co pozwoli na wykonywanie w tym samym czasie innych zadań, wpłynie na brak przerw w procesie i niezawodność produkcji;
- **dla działu finansowego:** oszczędności na skutek zmniejszenia kosztów stałej obsługi (inwestycja w automatykę daje obniżenie kosztów osobowych) i zakupu medium.

Malowanie kataforetyczne a optymalizacja kosztów i usprawnienie procesu

Klient z branży automotive, który jest bohaterem tej historii, podszedł do zadania bardzo odpowiedzialnie. Już od początku firmie zależało na tym, by znaleźć do współpracy partnera, który zajmie się tematem kompleksowo – od koncepcji, po odbiór instalacji. Takie podejście pozwoliło na ograniczenie ryzyka związanego z niedoszacowaniem inwestycji i wskazanie prawidłowych rozwiązań pod względem technicznym.

Optymalizacja kosztów i automatyzacja procesu były możliwe dzięki:

- decyzji o zmianie częstych dostaw medium w pojemnikach IBC na rzadszy dowóz większych ilości w cysternie;
- budowie kompletnych instalacji napełniania zbiornika magazynowego żywicy oraz instalacji przesyłu żywicy do zbiornika technologicznego (buforowego).

Przygotowana koncepcja wyznaczyła kierunek projektowania, które było kolejnym etapem prac. Przy takim podejściu inwestor finalnie zyskał:

- pewność co do możliwych rozwiązań technicznych, także weryfikację pod kątem prawnym (tj. czy potrzebne są uzgodnienia z UDT oraz TDT);
- rysunki techniczne zbiorników, które pozwoliły na umiejscowienie ich w przestrzeni, która jest z reguły ograniczona;
- BOM (zestawienie materiałowe);
- schemat instalacji technologicznej / zbiornikowej (P&ID);
- kosztorys;
- szacowany czas realizacji z określeniem poszczególnych etapów prac.

Od rozładunku po dozowanie medium – nowe instalacje na wydziale lakierni kataforetycznej

Zaprojektowana instalacja dla czynnika roboczego z domieszką żywicy została wykonana z rur PEHD PE100. Jej przeznaczeniem jest przesył medium od miejsca wpięcia węża tankowania z cysterny do zbiornika magazynowego oraz do zbiornika technologicznego. Każda z instalacji została podzielona na dwa niezależne odcinki: ssawny dla pompy rozładunkowej i tłoczny dla pompy rozładunkowej do zbiornika magazynowego/technologicznego.

Elementy nowej instalacji magazynowania i transferu medium stanowią:

- zbiornik magazynowy jednopłaszczowy z PE100 o pojemności czynnej 31,00 m³ oraz zbiornik technologiczny jednopłaszczowy z PE100 o pojemności czynnej 1,0 m³ wraz z wyposażeniem (czujniki poziomu i przepełnienia, poziomowskazy);
- szafa AKiP tankowania zbiornika magazynowego (montaż zewnętrzny) oraz szafa AKiP napełniania zbiornika technologicznego (montaż przy zbiorniku magazynowym);
- stanowisko rozładunku autocysterny (na zewnątrz budynku);
- pompa rozładunkowa do tankowania zbiornika magazynowego wraz z instalacją zasilania;
- pompa transferowa do napełniania zbiornika technologicznego wraz z instalacją.

Analiza korzyści inwestycji w zbiorniki i instalacje

Oszczędności, bezpieczeństwo, niezawodność – to główne korzyści jakie zyskał



inwestor i cele, do jakich dąży wiele świadomych przedsiębiorstw. W tym konkretnym przypadku można szacować, że inwestycja w nowe instalacje i zbiorniki zwróci się w przeciągu 3 lat. Co więcej, na wdrożenie takich samych zmian na wydziale lakierni zdecydował się kolejny oddział producenta z branży automotive. To doskonale potwierdzenie na to, że proponowane rozwiązanie zrealizowało wyzwania klienta, a Amargo – jako producent oraz dostawca zbiorników i instalacji – stało na wysokości zadania kompleksowo wykonując prace projektowe, produkcyjne, montażowe i uruchomienie.



Podsumujmy na koniec korzyści, jakie przyniosła inwestycja. Finalnie przedsiębiorstwo zyskało:

- zbiorniki magazynowy i technologiczny dostosowane do ilości i właściwości fizykochemicznych medium – po ich zainstalowaniu dowóz żywicy odbywa się w cysternie, co przekłada się na redukcję ilości mniejszych zamówień. Zakup większych ilości medium jednocześnie pozwala na optymalizację dostaw surowca, z kolei magazynowanie substancji w jednym większym zbiorniku zmniejsza potrzebę dodatkowej obsługi personelu (manewrowanie IBC itp.), co ogranicza ryzyko wypadków;
- instalacje rozładunku i dozowania medium wraz z automatyzacją, która wpływa na niezawodność i bezpieczeństwo układu (elementy monitorowania i kontroli poziomu dla zbiorników) oraz w perspektywie czasu daje obniżenie kosztów osobowych. Dodatkowo wpływa na komfort pracy i umożliwia wykorzystanie kompetencji personelu w innych obszarach.

Opisywane w artykule kwestie tak naprawdę dotyczą większości przedsiębiorstw, nie tylko branży automotive. Każde z nich łączy dbałość o bezpieczną produkcję, optymalizacja kosztów w różnych obszarach czy realizacja planów rozwojowych.

WWW.AMARGO.PL

Zalety zastosowania złączek rurowych Eurac w wymianie elementów instalacji transportu pneumatycznego

Andrzej Żelazo

Rurociągi do transportu pneumatycznego produktów sypkich składają się głównie z rur, łuków i elementów, którymi można je łączyć. Elementami łączącymi poszczególne części rurociągu są złączki Eurac.



Instalacje transportu pneumatycznego wymagają czasem czyszczenia (mycia) lub wymiany poszczególnych elementów. Czyszczenie jest procesem technologicznym i odbywa się co jakiś zaplanowany czas, natomiast wymiana elementów związana jest z ich zużywaniem się. Czasem (np. w wypadku awarii) może dojść do zapchania się rurociągu. W każdym z tych przypadków rurociąg (lub jego fragment) należy rozłożyć na poszczególne elementy.

W zależności od ciśnienia w rurociągu, stosuje się złączki z mocniejszymi lub delikatniejszymi śrubami (inne są do rurociągów ciśnieniowych, inne do instalacji podciśnieniowych). Złączki Eurac mogą być wykonane ze stali węglowej ocynkowanej lub stali nierdzewnej (AISI 430, AISI 304L). Złączki te wytwarzane są w kilku typach: „L”, „M”, „HL” oraz „H”. Złączki typu „L” oraz „M” produkowane są do średnicy 114,3 mm, typu „HL” – do średnicy 168,3 mm, a typu „H” – do średnicy 219,1 mm. Złączki typu „L” mają długość 100 mm, typu „M” – 150 mm, a złączki typu „HL” i „H” wytwarzane są standardowo o długości 150 mm, ale mogą też być produkowane o długości 200 mm (typ „H” i „HL”) lub 250 i 300 mm (typ „H”).

Budowę złączki prześledźmy na podstawie złączki typu „H” o długości $L = 200$ mm (na zdjęciu).

Złączka składa się z:

- płaszcza zewnętrznego (obudowy), zakończonych wzmocnionymi belkami do mocowania śrub;
- płaszcza wewnętrznego (zakrywającego przerwę w płaszczu zewnętrznym związaną z odstępem między belkami do mocowania śrub). Płaszcz wewnętrzny może być pełny (na całym obwodzie złączki) – np. w złączkach typu „H” – lub zredukowany (na ok. $\frac{1}{4}$ obwodu złączki) w pozostałych typach złączek;
- uszczelnienia o grubości $g = 3$ mm, które może być wykonane z NBR (białe), SBR lub vitonu (czarne), silikonu (niebieskie lub czerwone);
- dodatkowych nitów na uszczelnieniu (lub paska stalowego), służących do wyrównania ładunków elektrostatycznych pomiędzy łączonymi rurami;
- śrub mocujących wraz z podkładkami i nakrętkami (w złączkach o długości 200 mm są to cztery śruby).

Montaż złączki zaczynamy od poluzowania śrub. Potem nasuwamy złączkę na jeden

koniec rury (najlepiej zaznaczyć sobie na rurze, na jaką głębokość chcemy ją nasunąć). Następnie wsuwamy drugą rurę (najlepiej aż do zetknięcia się rur) oraz dokręcamy śruby (wielkość momentu dokręcającego zależy od wielkości śrub, czyli od typu złączki). Należy zwrócić uwagę, że złączką taką nie da się załatać przetarcia rurociągu. To nie jest „zestaw naprawczy”. Po prostu złączki nie da się nałożyć na ciągłą rurę (muszą być widoczne końce rur, aby ją nasunąć). Ponadto należy pilnować, żeby pasek ze stali nierdzewnej odprowadzający ładunki elektrostatyczne nie spadł (w przypadku nitów nie ma takiego problemu) oraz żeby dobrze dotykał obu rur.

Zalety złączek Eurac:

- szeroki asortyment;
 - wysoka szczelność;
 - różnorodność wykonania wkładów;
 - szybka dostawa (duży magazyn w Warszawie).
- Zastosowanie:
- instalacje transportu pneumatycznego (nadciśnieniowe i podciśnieniowe);
 - instalacje odpylania;
 - instalacje centralnego odkurzania. ■

WWW.PROORGANIKA.COM.PL
AUTOR JEST PRZESESEM ZARZĄDU FIRMY
PROORGANIKA SP. Z O.O. W WARSZAWIE

Surowce do produkcji wyrobów ceramicznych

dr inż. Marcin
Bieńkowski

Materiały ceramiczne to jeden z podstawowych surowców niezbędnych w wielu gałęziach przemysłu, mający wszechstronne zastosowanie – począwszy od budownictwa, poprzez hutnictwo, produkcję maszyn i urządzeń, na medycynie, przemyśle kosmicznym i elektronice skończywszy. Ceramika to też jedna z najstarszych znanych człowiekowi grup materiałów wykorzystywanych od tysięcy lat.



RYS. 1

Linia do produkcji kafli [ŹRÓDŁO: Sacmi]

Pod pojęciem tradycyjnej ceramiki rozumie się grupę materiałów, które otrzymywane są w wyniku wypalenia odpowiednio uformowanej gliny, a sama nazwa ceramiki wywodzi się od greckiego słowa κέραμος (czyt. keramos), oznaczającego właśnie glinę. Obecnie ceramika obejmuje wszystkie tworzywa nieorganiczno-niemetaliczne, przy otrzymywaniu których istotnym procesem technologicznym jest obróbka cieplna w temperaturze powyżej kilkuset stopni Celsjusza. Do ich produkcji wykorzystuje się różnego rodzaju surowce glino-krzemianowe. Co ciekawe, w materiałach ceramicznych dominują pierwszorzędowe kowalencyjne oraz jonowe wiązania atomowe, które tworzą sieć przestrzenną. Dzięki temu materiały ceramiczne charakteryzują się bardzo wysoką temperaturą topnienia, dużą sztywnością i twardością, a co za tym idzie – kruchością oraz odpornością na agresywne pod względem chemicznym środowiska [1,2].

Przykładowo, wyroby ceramiczne stosowane w budownictwie gwarantują mocną konstrukcję, co przekłada się na to, że ściany, stropy i inne elementy budowlane posiadają zdolność przeniesienia wszystkich obciążeń i oddziaływań, jakie mogą występować w czasie użytkowania. Wytrzymałość na ściskanie większości wyrobów ceramicznych jest bardzo wysoka i wynosi od 15 do 30 MPa, a w przypadku wyrobów klinkierowych od 35 do 60 MPa. Wyroby ceramiczne z czasem zwiększają swoją wytrzymałość mechaniczną na ściskanie, co jest charakterystyczne wyłącznie dla tego rodzaju produktów. Z kolei wchłanianie wody przez wyroby ceramiczne

nieklinkierowe wynosi od 8 do 15%. Dla porównania, absorpcja wody w wyrobach typu gazowo-krzemianowych sięga nawet 25%. Oznacza to, że ceramika posiada zdolność do odparowywania nadmiaru wody przenikającej do niej z wnętrza pomieszczeń użytkowych lub z innych źródeł. Zmniejsza się zatem ryzyko zawilgocenia wskutek kondensacji pary wodnej wewnątrz murów, a mury zawilgocone szybko się osuszają. Tylko wyroby ceramiczne akumulują ciepło w budynku. Przewodność cieplna pustaków ceramicznych λ wynosi od 0,17 do 0,28 W/mK. A to z kolei oznacza, że zimą budynek będzie oddawał bardzo mało ciepła na zewnątrz, a latem będzie utrzymywał optymalną temperaturę wewnątrz. Dom wykonany z pustaków ceramicznych może być zatem nawet dwa razy cieplejszy od wykonanego z innych materiałów [3].

RYNEK MATERIAŁÓW DO PRODUKCJI CERAMIKI

Zgodnie z definicją surowce ceramiczne dzielą się na:

- surowce przemysłu ceramicznego, które służą do produkcji wyrobów wypalanych i spiekanych z glin lub mas plastycznych, a jako składniki zawierają gliny lub kaolin. Najszlachetniejszymi produktami przemysłu ceramicznego są: porcelana, porcelit, fajans np. glina, kaolin, kaolinit, kwarc;
- surowce przemysłu materiałów ogniotrwałych, które służą do produkcji materiałów ogniotrwałych odznaczających się wysoką ogniotrwałością. Stosowane są one do budowy pieców hutniczych, kok-

sowniczych, cementowych, ceramicznych, do obudowywania urządzeń kotłowych (np. magnezyt, enstatyt, chromit, cyrkon, sylimanit);

- surowce przemysłu szklarskiego i emalierskiego, które służą do produkcji emalii i szkła (najważniejszą cechą tych surowców jest ich skład chemiczny i stopień czystości) np. kwarc, soda rodzima, skałki kalcyty, apatytu, azbestu;
- surowce przemysłu materiałów ściernych, służące do produkcji sypkich i kształtowanych materiałów ściernych dla przemysłu metalowego, drzewnego, skórzanego, szklarskiego (np. chalcedon, diament, fluoryt, granaty, korund, skałki potasowe);
- surowce przemysłu budowlanych materiałów wiążących, służące do produkcji wapna, cementu, gipsu (podstawowych materiałów budowlanych i konstrukcyjnych) np. skały wapienne, iły, gipsy, magnezyt.

Niestety ceny materiałów budowlanych, w tym wyrobów ceramicznych, poszły ostro w górę. Związane jest to z rosnącymi cenami energii, drogimi paliwami i inflacją, która jest najwyższa od 21 lat. Do tego dochodzi kryzys związany z wojną na Ukrainie. W styczniu 2022 r., w porównaniu ze styczniem 2021 r. ceny materiałów budowlanych wzrosły średnio o 28%, w tym wyroby ceramiczne o 16%, a cement i wapno o ok. 6%. Ekspertci mówią także o prawdopodobnym wyhamowaniu inwestycji budowlanych z powodu wysokich stóp procentowych i inflacji. Ceny energii są ogromnym problemem dla producentów cementu, stali czy szkła.



Nazwa wyrobu	Wyroby o czerepie*		spieczonym (nieporowatym)	
	porowatym		jasny	barwny
Ceramika budowlana		barwny		
		Cegły, pustaki, itp.		Klinkier budowlany, klinkier drogowy, dachówki, rynny itp.
Wyroby kaflarskie i garn-carskie		Kafle, donice, garnki itp.		
Wyroby fajansowe	Płytki, fajans stołowy i sanitarny			
Wyroby kamionkowe				Terakota, rury, kamionka kwasoodporna itp.
Wyroby porcelanowe i porcelitowe			Porcelana i porcelit – zarówno techniczny, jak i stołowy, porcelana artystyczna, porcelana elektrotechniczna (np. izolatory wysokiego napięcia), porcelana laboratoryjna	

TAB. 1

Podział wyrobów ceramiki tradycyjnej [4]; * wypalona skorupa ceramiczna, która stanowi właściwą ściankę przedmiotu.

KLASYFIKACJA I RODZAJE CERAMIKI

Najczęściej stosowanym podziałem ceramiki jest podział na trzy podstawowe grupy: ceramikę tradycyjną, techniczną i inżynierską. Ta ostatnia to wszelkiego rodzaju nowoczesne wyroby inżynierii materiałowej, stosowanej np. w konstrukcji maszyn i urządzeń, a także wykorzystywane do produkcji narzędzi czy używane w przemyśle elektronicznym, elektrotechnicznym, motoryzacyjnym, a nawet lotniczym. Mogą być to np. tlenki aluminium, węgliki krzemu, dwutlenek cyrkonu, krzemozotek węgla itp. Z kolei pierwsza grupa, czyli ceramika tradycyjna (nazywaną też ceramiką klasyczną) obejmuje zarówno ceramikę budowlaną (w tym architektoniczną i sanitarną), jak i ceramikę artystyczną czy ceramikę stołową, a więc m.in. wszelkiego rodzaju naczynia i talerze.

Do drugiej grupy ceramiki, a więc ceramiki technicznej, zalicza się wszelkie elementy wykonane z ceramiki, które wykorzystuje się w technice, przemyśle, budownictwie czy medycynie. Ceramikę tę podzielić można dodatkowo na dwie podgrupy – ceramikę funkcjonalną i ceramikę konstrukcyjną. Ceramika funkcjonalna obejmuje materiały ceramiczne, które wyróżniają się specjalnymi właściwościami dielektrycznymi, magnetycznymi, optycznymi, chemicznymi lub innymi korzystnymi cechami, które predysponują ją do zastosowań budowlano-elektryczno-przemysłowych. Pod pojęciem ceramiki konstrukcyjnej rozumie się materiały, które w jakiegokolwiek postaci przenoszą obciążenia mechaniczne. Innymi słowy podlegają rozciąganiu, ścisaniu czy zginaniu [2].

Innym, często stosowanym podziałem ceramiki, to podział ze względu na charakter obróbki cieplnej. Rozróżnia się tu ceramikę właściwą, obejmującą wyroby wypalane, szkła, szkliska czyli wyroby topione, a także materiały wiążące. Chodzi tu m.in. o wapno, gips oraz cement, w których nie występują operacje technologiczne związane z formowaniem wyrobu. Istotnym podziałem jest też podział ceramiki wypalanej ze względu na jej fizyczne cechy. Rozróżnia się tu przede wszystkim wyroby porowate i nieporowate.

Pierwszą grupę, czyli wyroby porowate, stanowią barwione lub występujące w naturalnych kolorach produkty, takie jak cegły, materiały ogniotrwałe czy wyroby garncarskie. Do drugiej zalicza się zaś wszystkie wyroby, które są białe po wypaleniu. Materiały białe po wypaleniu dzieli się dodatkowo na materiały przezroczyste i nieprzezroczyste. Jako przykład tego typu wyrobów wymienić można przede wszystkim fajans, porcelanę, porcelit oraz ceramikę specjalną. Produkty z tej grupy zaliczane są również do kategorii ceramiki szlachetnej.

SUROWCE DO WYROBU CERAMIKI

Wyroby ceramiki właściwej uzyskuje się wypalając lub spiekając surowce ilaste (tzw. surowce plastyczne) lub masę plastyczną, która zawiera surowiec ilasty, a który jest w tym wypadku materiałem spajającym. Do surowców plastycznych zalicza się: gliny, kaoliny, bentonity i łupki. Są to skały złożone z różnego rodzaju minerałów krzemianowych (przeważnie uwodnione glinokrzemiany $Al_2O_3 \cdot mSiO_2 \cdot nH_2O$), a ich główną cechą jest wspomniana przed chwilą plastyczność. Pod pojęciem plastyczności rozumie się zdolność do tworzenia, po wymieszaniu z wodą, masy, którą można łatwo formować i która zachowuje po wypaleniu lub wysuszeniu nadany jej kształt (np. naczynia).

Dla przykładu, rodzaj surowca ilastego stosowanego do produkcji cegły budowlanej, dachówki, pustaków, sączków melioracyjnych i innych wyrobów tego działu ceramiki decyduje o jakości uzyskanych wyrobów. Do ich wytwarzania używa się rozmaitych skał ilastych (glin, ilów, łupków ilastych, lessów ilastych itp.). Duże znaczenie ma przedział między temperaturą wypalania a mięknięcia, który nie może być mniejszy niż $50^\circ C$. Cenniejsze są zwłaszcza surowce średnio plastyczne, wymagające wprowadzenia nie więcej niż 25% dodatków schudzających (piasek, stłuczka ceglarska, glina palona itp.). Szkodliwe są domieszki (np. grudki wapienia, marglu lub gipsu), które ulegają dysocjacji termicznej w trakcie wypalania. To powoduje zniekształcenie wyrobu. Niebezpieczna jest także obecność piryty, który łatwo ulega utlenieniu

przechodząc w fazę siarczanową. Obecność tych domieszek jest przyczyną pojawiających się na murach białych lub barwnych plam (tzw. wykwyty), utworzonych z rozpuszczalnych w wodzie siarczanów alkaliów i ziem alkalicznych. Prowadzi to często do uszkodzenia, a nawet zniszczenia budowli [4].

Drugą grupą materiałów wykorzystywanych przy produkcji ceramiki funkcjonalnej są surowce nieelastyczne, czyli wspomniane już wyżej surowce schudzające. Surowce te mają na celu zmniejszenie skurczliwości podczas suszenia i wypalania. Są to przede wszystkim surowce krzemionkowe, takie jak kwarc, kwarcyty i piaski kwarcowe, a także surowce o wysokiej zawartości tlenu glinu. Dobrym przykładem jest tu korund albo uwodnione tlenki glinu bądź związki zaliczane do grupy glino-krzemianów, takie jak silimanit czy mulit [5].

Trzecim niezbędnym elementem do produkcji ceramiki technicznej są surowce nieelastyczne, spełniające funkcję topników. Ich zadaniem jest obniżenie temperatury spiekania i topnienia. Zazwyczaj są to skalenie (np. skażeń potasowy: $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$, skażeń sodowy: $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$ czy anortyt $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot SiO_2$). Mogą to też być surowce wapienne i magnezowe, takie jak węglan wapienny, magnezyt czy dolomit. Oczywiście trzeba pamiętać, że na proces produkcyjny wpływa również zawartość zanieczyszczeń w postaci związków żelaza, wapnia, magnezu potasu czy sodu. Zbyt duża zawartość tych składników nie tylko zmieni barwę wyrobu, ale również negatywnie wpłynie na wytrzymałość mechaniczną czy niekontrolowane zmniejszenie temperatury spiekania, przez co następuje pogorszenie ogniotrwałości gotowego wyrobu [5].

W tym miejscu warto zatrzymać się na chwilę na surowcach do produkcji ceramiki ogniotrwałej. Krzemionkowe wyroby ogniotrwałe zawierają nie mniej niż 93% SiO_2 . Produkują się je z kwarcytów lub innych skał krzemionkowych. Rozdrobniony surowiec jest wiązany mlekiem wapiennym. Do niektórych gatunków tych wyrobów wprowadzany jest dodatek związków żelaza w postaci zgorzeliny powalcowniczej, pyłu wielkopiecowego lub żużli zasobnych w Fe. Związki



FOT. 1

Nowoczesna linia do wypalania ceramiki stołowej [ZŹRÓDŁO: Sacmi]

żelaza i wapnia pełnią rolę mineralizatorów przyspieszających powstawanie pożądanego trydymitu. Ilość wapna gaszonego wprowadzanego do masy wynosi 1,5–2,5%, zaś innych mineralizatorów 1,0–1,5%.

W celu poprawienia cech wytrzymałościowych masy może być dodany ług posiarzynowy lub melasa w ilości 0,1–0,5%. Masę o dobranym składzie mineralnym i ziarnowym oraz o odpowiedniej wilgotności formuje się ręcznie (kształtki o formach skomplikowanych) lub maszynowo (cegły i inne proste elementy). Przed wypaleniem wyroby suszy się w suszarniach komorowych lub tunelowych. Jedną z najtrudniejszych czynności przy produkcji tych wyrobów jest wypalanie, podczas którego musi nastąpić związanie wyrobu i uzyskanie odpowiedniej wytrzymałości – jednocześnie zachodzą przemiany polimorficzne kwarcu, które powinny doprowadzić do otrzymania możliwie dużej ilości trydymitu (trydymityzacja). Temperatura wypalania dochodzi do 1470°C. Podczas jej osiągania następują znaczne zmiany wymiarów i objętości wyrobów. W zależności od składu chemicznego i własności fizycznych wyroby krzemionkowe dzieli się na gatunki, które odpowiadają szczególnym wymaganiom poszczególnych odbiorców [4].

PROCES PRODUKCYJNY

Niezależnie od rodzaju ceramiki, materiałem wyjściowym jest proszek z pewną ilością ciekłego spoiwa, który po wymieszaniu formuje się, suszy i wypala w wysokiej temperaturze. Podstawową różnicą pomiędzy poszczególnymi procesami prowadzącymi do powstania różnych wyrobów ceramicznych jest materiał wyjściowy oraz temperatura spiekania. W trakcie procesu spiekania zachodzą procesy dyfuzji, które prowadzą do powstania ostatecznej wewnętrznej struktury krystaliczno-atomowej, charakterystycznej dla danego materiału ceramicznego.

Proces technologiczny produkcji wyrobów ceramicznych obejmuje cztery główne etapy:

- przygotowanie surowców;
- przygotowanie masy ceramicznej;
- formowanie produktu z masy ceramicznej;
- suszenie i spiekanie (wypalanie).

Przygotowanie surowców obejmuje zarówno ich magazynowanie, jak i rozdrabnianie. Warto podkreślić, że w wypadku produkcji ceramiki zorganizowanie logistyki surowców w reżimie just-in-time nie jest możliwe, ponieważ żaden dostawca nie jest w stanie zagwarantować ciągłości dostaw, co wynika ze specyfiki ich wydobycia i dostępności złóż. Magazynowanie surowców jest też niezbędne, aby zapewnić czas potrzebny do sprawdzenia właściwości surowców przed ich użyciem do produkcji, a analiza laboratoryjna nie jest procesem realizowanym od ręki.

Z kolei rozdrabnianie surowców ma na celu zapewnienie możliwości dobrego wymieszania składników masy. Szybkość reakcji przebiegających w czasie wypalania pomiędzy poszczególnymi składnikami masy jest w dużym stopniu zależna od ich uziarnienia,

a stopień rozdrobnienia ma duży wpływ na przebieg procesu wypalania i właściwości gotowych wyrobów. Duże znaczenie ma też kształt ziaren, który zależy od rodzaju urządzeń mechanicznych użytych do rozdrabniania.

W praktyce produkcyjnej wyróżnia się rozdrabnianie surowców twardych (są to zwykle surowce schudzające) i rozdrabnianie surowców miękkich (surowce plastyczne, surowce ilaste). Rozdrabnianie twardych surowców schudzających składa się zwykle z dwóch etapów, a mianowicie kruszenia i mielenia. Twardy surowiec kruszony jest najpierw wstępnie za pomocą kruszarki szczękowej, gdzie wskutek zginięcia brył między szczękami, z których jedna jest ruchoma, a druga nieruchoma, otrzymuje się rozdrobniony materiał, którego wielkość ziarna zależy od wymiaru szczeliny wylotowej kruszarki szczękowej. Następnie pokruszony materiał poddawany jest procesowi mielenia. Do mielenia surowców twardych używany jest cały szereg urządzeń, jak kruszarki stożkowe, kruszarki walcowe, kołognioty sitowe, nazywane też gniotownikami lub kruszarkami kołowymi czy młyny kulowe [6].

Rozdrobnienie surowców plastycznych (np. gliny) wymaga wstępnego ich wysuszenia, co spowodowane jest znaczną ilością wilgoci w wydobytym ze złoża materiale. Surowiec rozdrabnia się wstępnie za pomocą strugarek do gliny, która rozdrabnia go na bryłki o możliwie dużej powierzchni, a tym samym są one łatwe do wysuszenia w suszarni obrotowej. W suszarni ta glina suszona jest współprądowo, gdzie kierunek przemieszczania suszonego materiału i gorącego powietrza jest identyczny, co sprawia, że gorące powietrze styka się wyłącznie z wilgotną gliną, co z kolei uniemożliwia przegrzanie gliny i utratę jej plastyczności. Następnie surowiec mielony jest za pomocą kruszarki palcowej (dezyntegratora), gdzie



FOT. 3

Piec do wypalania cegieł [ZŹRÓDŁO: ObiektywnieŚląskie FOT.: Krzysztof Popioł]

proces mielenia następuje wskutek uderzeń o szybko obracające się przeciwbieżne pręty lub w drobnoziarnistym młynie kulowym.

W przypadku przygotowywania masy na wyroby ceramiczne metodą moką, mielenie surowców realizowane jest za pomocą młynów kulowych bębnowych pracujących na mokro w sposób okresowy, gdzie czas mielenia dochodzi do kilkunastu godzin. Co ważne, do wnętrza młyna doprowadza się wodę w takiej ilości, aby mielony surowiec był całkowicie w niej zanurzony, tworząc zawieszinę. Po rozdrobnieniu surowce są podawane albo dalszej obróbce, albo przesiewane i magazynowane w odpowiednich zbiornikach.



FOT. 3

Linia do formowania cegieł QTF12 [ŹRÓDŁO: Kaidong Machine]

PRZYGOTOWYWANIE MASY

Kolejnym procesem jest przygotowanie masy, gdzie istotnym etapem jest odmierzenie lub odważenie surowców w odpowiednich proporcjach. Typowe masy na wyroby ceramiczne przygotowywane są z dodatkiem wody. W zależności od zawartości wody i stosunku składnika plastycznego do schudzającego wyróżnia się następujące rodzaje mas [6]:

- plastyczne 15–20% wody;
- półplastyczne 9–14% wody;
- sypkie 3–8% wody;
- olejne (gęstwy) 3–40% wody.

W zależności od sposobu formowania wyrobu ceramicznego, mieszanie surowców i wyrobienie masy ceramicznej odbywa się w urządzeniach, takich jak mieszadła, gniotowniki (kruszarki kołowe) oraz bełtacze, będące tak naprawdę metalowymi zbiornikami z mieszadłem śmigłowym, nazywanym często mieszalnikiem. Zazwyczaj składniki masy znajdujące się w stanie suchym po odmierzeniu mieszane są na sucho, a następnie odpowiednio się je nawilża w mieszalniku będącym rodzajem koryta z łopatkami mającymi za zadanie wymieszać masę i przesuwając ją w kierunku wylotu. Z mieszadła masa podawana jest do prasy ślimakowej, gdzie podlega

ostatecznemu wyrobieniu i zagęszczeniu i trafia do formowania [6].

Jeżeli wymaga tego proces technologiczny, kolejnym etapem przygotowania masy ceramicznej jest jej odwodnienie i odpowietrzenie. Odbywa się to w specjalnych prasach filtracyjnych i próżniowych. Prasa filtracyjna składa się z uźebrowanego stelaża, układu siłownika z agregatem hydraulicznym, płyt i tkanin filtracyjnych. Masa ceramiczna w postaci zawiesziny jest wtłaczana do prasy filtracyjnej pod ciśnieniem od 5 do 15 atmosfer, gdzie w wyniku wymuszonego przepływu cieczy na tkaninach filtracyjnych następuje osadzanie się części stałych masy ceramicznej w postaci tzw. placków,

które przerabiane są następnie na prasie ślimakowej, gdzie otrzymuje się już masę plastyczną, nadającą się do formowania.

FORMOWANIE

Formowanie jest procesem mającym na celu nadanie wyrobom określonego kształtu. Proces formowania wiąże się z rodzajem przygotowanej masy. Rozróżnia się tutaj formowanie z mas plastycznych (15–25% wody), formowanie z mas lejnych (10–14% wody) oraz formowanie z mas sypkich (3–9% wody). Formowanie cegieł lub prostych bloków budowlanych odbywa się przez cięcie pasma materiału ceramicznego wychodzącego bezpośrednio z prasy ślimakowej za pomocą tzw. ucinacza, zgodnie z założonymi wymiarami. Szerokość pasma odpowiada długości cegły. Aby otrzymać kąty proste w formowanych ceglach, prędkość przesuwu przecinającego drutu musi być równa prędkości przesuwu pasma. Przekrój pasma wychodzącego z prasy ślimakowej może być zróżnicowany, w zależności od kształtu tzw. ustnika. Metodę tę określa się jako formowanie z masy plastycznej przez wyciskanie. W ten sposób można produkować różne wyroby ceglarskie, zarówno pełne, jak i drażone, jak też niektóre wyroby ceramiki

specjalnej – rurki pirometryczne, kształtki kondensatorowe, izolatory itp. [6].

Drugą metodą formowania jest dotłaczanie, które realizowane jest na tzw. dotłaczarce. Pasma wychodzące z prasy ślimakowej tną się na bloczki o przekroju poprzecznym nieco mniejszym, a wysokości nieco większej w stosunku do wymiarów wyrobu, który ma być formowany. Właściwe sformowanie następuje przez dotłoczenie w prasach mechanicznych lub hydraulicznych. Wyroby formuje się w formach stalowych, a nacisk w czasie formowania jest niewielki, rzędu kilkudziesięciu kilogramów na centymetr formowanej powierzchni. Skomplikowane kształty formuje się ręcznie w formach stalowych lub drewnianych, obitych blachą stalową.

Wyroby garncarskie, porcelanowe, fajansowe i kamionkowe oraz izolatory elektryczne formuje się z masy plastycznej najczęściej przez toczenie – formowanie przeprowadza się w formach gipsowych za pomocą toczków mechanicznych i odpowiednich wzorników, nadających odpowiedni kształt naczyniu. W wypadku izolatorów pasmo masy ceramicznej o okrągłym przekroju pochodzące z prasy ślimakowej wstępnie się podusza i odpowietrza. Następnie, wykorzystując dość znaczną wytrzymałość mechaniczną masy plastycznej w stanie wysuszonym, wytacza się izolatory na tokarkach poziomych lub pionowych za pomocą odpowiednio ukształtowanych noży i wzorników [6].

Formowanie z mas lejnych stosuje się przy produkcji wyrobów porcelanowych, fajansowych i kamionkowych. Sposób ten polega na napełnianiu masą lejną formy gipsowej. Porowaty gips pochłania wodę na powierzchni styku formy z masą ceramiczną, tzw. gęstwą, powodując powstawanie przy ściankach formy warstwy zagęszczonej masy. Grubość warstwy zagęszczonej jest proporcjonalna do czasu przebywania masy lejnej w formie. Po osiągnięciu wymaganej grubości ścianek nadmiar masy wylewa się z formy. Następnie, w miarę dalszego pochłaniania wody przez gips, formowany wyrób kurczy się i odstaje od formy, co umożliwia jego wyjęcie [6].

Formowanie z mas sypkich, nazywanych też półsuchymi lub suchymi, wykorzystuje się w wypadku wyrobów ogniotrwałych, ceramiki szlachetnej i specjalnej. Najczęściej formuje się z mas sypkich wyroby nie zawierające składnika plastycznego albo tylko niewielką jego ilość. W porównaniu do formowania z mas plastycznych konieczne są tutaj znacznie większe naciski w czasie formowania, wynoszące kilkaset, a nawet kilka tysięcy kilogramów na centymetr formowanej powierzchni. Wykorzystuje się do tego celu formy metalowe oraz pras hydrauliczne lub najcięższe typy pras mechanicznych.

SUSZENIE I WYPALANIE

Bezpośrednio po sformowaniu wyroby z masy plastycznej i lejnej są miękkie, natomiast z masy sypkiej często charakteryzują się dużą kruchością. Po uformowaniu gotowych wyrobów należy je zatem wysuszyć. Suszenie to proces mający na celu odprowadzenie wody zarobowej oraz utrwalenie kształtu nadanego wyrobom w czasie formowania. Przykładowo, cegły bezpośrednio po uformowaniu zawierają zbyt dużo wilgoci i przed wypaleniem poddawane są suszeniu. W naszym klimacie suszenie naturalne trwa zbyt długo (ponad 20 dni) i dlatego też operację tę prowadzi się w suszarniach sztucznych, wykorzystujących ciepło spalin uchodzących z pieców ceglarskich. Procesu suszenia nie prowadzi się do końca. Wyroby ceglarskie i szamotowe, formowane z mas plastycznych, suszy się do 5–7% zawartości wody, a cienkościenne wyroby porcelanowe lub fajansowe do 1–2% zawartości wody. Następnie wyroby poddaje się wypalaniu w wysokich temperaturach. Wypalanie ma na celu nadanie wyrobom odpowiednich właściwości użytkowych oraz ostateczne utrwalenie ich kształtu i zależne jest nie tylko od rodzaju wyrobu, ale również użytej masy ceramicznej do jego formowania [6].

W wypadku cegieł do wypalania używa się pieców o pracy okresowej lub ciągłej. Pierwsze z nich (miesze, piece komorowe) znajdują zastosowanie w małych zakładach. Większe znaczenie w przemyśle mają piece kręgowe i tunelowe o pracy ciągłej. Wypalanie cegły następuje w temperaturze 900–1100°C. Dobra cegła budowlana powinna odznaczać się prawidłowym kształtem, barwą ceglastą, dźwięcznym odgłosem przy uderzeniu, odpowiednią porowatością oraz wytrzymałością na ściskanie i odpornością na działanie czynników atmosferycznych, zwłaszcza mrozu.

Z kolei wypalania sanitarnych wyrobów fajansowych dokonuje się jedno- lub dwukrotnie. Przy jednorazowym wypalaniu stosuje się temperaturę 1240–1280°C, a przy dwukrotnym (wypalanie biskwitowe) prowadzi się je w ok. 1280°C, szklivne zaś w ok. 1100°C. Do wypalania wyrobów porcelanowych stosowane są piece opalone węglem, gazem generatorowym lub gazem ziemnym. Doskonałe

wyniki uzyskuje się w piecach elektrycznych. Ich zakres temperatury wynosi 900–1400°C.

Wyroby cienkościenne (np. porcelana stołowa, artystyczna itp.) są wypalane co najmniej dwukrotnie; po raz pierwszy w 900–1000°C na biskwit. Wypalanie to ma na celu uzyskanie półfabrykatu bardziej wytrzymałego, który można szklivć i mechanicznie wykańczać bez obawy uszkodzenia. Po raz drugi wypala się wyrób w temperaturze 1380–1460°C. To drugie wypalanie zmierza do spieczenia czerepu i jego mulityzacji oraz stopienia masy szklivnej, która topi się w niższej temperaturze aniżeli masa ceramiczna, z której wykonano wyrób. Wyroby grubościenne na ogół są wypalane jednorazowo. Wyroby porcelanowe nie mogą być wypalane bez ochrony przed zanieczyszczeniem, w kontakcie ze spalinami. Z tego też powodu są wypalane w osłonach ceramicznych, tzw. kapslach. Są one wykonane z kaolinitowych iłów ogniotrwałych (kapsle szamotowe), elektrokorundu lub karborundu [6]. ■

LITERATURA

- [1] Lutze-Birk A., Gąsiorek S., Widaj J., Senderacka I.; *Dielektryki ceramiczne i ich zastosowanie*; WNT, Warszawa 1967
- [2] Kaczorowski M., Krzyńska A.; *Konstrukcyjne materiały metalowe, ceramiczne i kompozytowe*; Politechnika Warszawska 2008
- [3] Amborska E.; *Tradycyjna ceramika budowlana we współczesnym wydaniu*, Fachowiec Lubelski, fachowiec.ihz.pl
- [4] Bolewski A., Budkiewicz M., Wyszomirski P.; *Surowce ceramiczne*; Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1991
- [5] Wyszomirski P., Galos K.; *Surowce mineralne i chemiczne przemysłu ceramicznego*; AGH Kraków 2007
- [6] Kielski A.; *Ogólna Technologia Ceramiki*, AGH; Kraków 1969

XXII Konferencja KRUSZYWA MINERALNE SUROWCE - RYNEK - TECHNOLOGIE - JAKOŚĆ

Kudowa Zdrój, 27–29.04.2022

ORGANIZATORZY KONFERENCJI: Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Górnictwa we Wrocławiu
Politechnika Wrocławska – Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii

TEMATYKA KONFERENCJI:

- Prognozy funkcjonowania rynku surowców skalnych i baza zasobowa
- Eksploatacja złóż i przeróbka – technologie i innowacyjność
- Jakość kruszyw i kamienia budowlanego
- Bezpieczeństwo pracy, środowiska i społeczności lokalnej
- Aktualne zagadnienia formalno-prawne górnictwa kruszyw



JUŻ W KWIETNIU KOLEJNY NUMER

powder&bulk
MATERIAŁY SYPKIE I MASOWE

GŁÓWNY TEMAT WYDANIA 3/2022:

- SITA, PRZESIEWACZE,
- MŁYNY I ROZDRABNIACZE,
- KRUSZARKI,
- GRANULATORY

PONADTO W NUMERZE:

- Sprzęt i pojazdy specjalistyczne
- Rozwiązania w przemyśle cementowo-wapienniczym – maszyny i urządzenia dla branży, transport
- Badania kruszyw
- Urządzenia i rozwiązania dla branży kruszyw
- Oleje, smary, płyny technologiczne do maszyn drogowo-budowlanych



31.03.2022 – zgłaszanie reklam

08.04.2022 – nadsyłanie gotowych materiałów reklamowych

20.04.2022 – ukazanie się numeru

SKORZYSTAJ Z REKLAMY W INTERNECIE!

powder&bulk
MATERIAŁY SYPKIE I MASOWE

**Szeroka oferta
banerów
i newsletterów!**



KONTAKT:

redakcja@powderandbulk.com.pl

tel. 32 262 76 22, 510 485 880

NR	ZAMKNIĘCIE /UKAZANIE SIĘ	TEMATY STAŁE	DODATKI TEMATYCZNE	TEMATY GŁÓWNE
1	25.01.2022 / 01.02.2022	TECHNIKA I TECHNOLOGIA: • maszyny i urządzenia do wytwarzania i przerobu materiałów sypkich (kruszywa, kopaliny, wapno, cement, żwiry, piaski, sypkie produkty rolno-spożywcze, chemiczne, farmaceutyczne, tworzywa sztuczne itp.) • mielenie, rozdrabnianie, granulowanie • suszenie • automatyka • napędy, sterowanie • aparatura kontrolno-pomiarowa	• Filtracja, odpylanie, odkurzanie • Środki ochrony indywidualnej, ATEX • BHP i ppoż. • Bezpieczeństwo sanitarne	• Przemysł rolno-spożywczy (maszyny, urządzenia, rozwiązania dla branży) • Recykling i utylizacja • Gospodarka odpadami • Finansowanie inwestycji i maszyn dla branży (kredyty, leasing itp.)
2	04.03.2022 / 11.03.2022		• Automatyka i pomiary: – aparatura kontrolna – aparatura pomiarowa – czujniki • Hydraulika i pneumatyka • Napędy • Sterowanie • Separatory	• Transport pneumatyczny • Opakowania i sprzęt opakowaniowy dla branży • Sprzęt i badania laboratoryjne • Przemysł chemiczny i farmaceutyczny • Ceramika i metalurgia proszków • Recykling, utylizacja, separacja (urządzenia i rozwiązania) • Bezpieczeństwo sanitarne w zakładach produkcyjnych
3	06.04.2022 / 13.04.2022	TRANSPORT, LOGISTYKA I MAGAZYNOWANIE: • silosy, magazyny, terminale • urządzenia i technologie transportowe • ważenie, dozowanie, pakowanie	• Sita, przesiewacze, • Rozdrabnianie, • Kruszenie, • Granulowanie	• Sprzęt i pojazdy specjalistyczne • Rozwiązania w przemyśle cementowo-wapienniczym – maszyny i urządzenia dla branży, transport • Badania kruszyw • Urządzenia i rozwiązania dla branży kruszyw • Oleje, smary, płyny technologiczne do maszyn drogowo-budowlanych
4	17.05.2022 / 24.05.2022	GOSPODARKA: raporty branżowe wywiady i rozmowy z przedstawicielami instytucji branżowych statystyki, analizy imprezy i wydarzenia branżowe (targi, wystawy, seminaria, kongresy)	• Młyny i procesy mielenia • Urządzenia i systemy ważące i systemy ważąco-dozujące	• Przetwórstwo i recykling tworzyw sztucznych • Produkty z tworzyw sztucznych • Kompozyty i materiały kompozytowe - nowości w branży • Innowacyjne technologie dla branży materiałów sypkich • Technologie informatyczne dla branży materiałów sypkich
5	21.06.2022 / 28.06.2022	BEZPIECZEŃSTWO PRACY: ochrona dróg oddechowych (maski, półmaski) ochrona pracowników (odzież ochronna) zabezpieczenia przeciw-wybuchowe ATEX filtracja, wentylacja, odpylanie	• Zabezpieczenia przeciwybuchowe ATEX • Urządzenia pracujące w strefach ATEX • Utrzymanie ruchu w branży materiałów sypkich • Szkolenia specjalistów	• Surowce energetyczne i nowoczesne technologie w branży • Górnictwo podziemne i odkrywkowe (rozwiązania, technologie, maszyny) • Części zamienne do maszyn i urządzeń w branży materiałów sypkich • ATEX - przepisy, rozporządzenia, regulacje prawne, certyfikaty • Smary i płyny hydrauliczne do maszyn i urządzeń w branży materiałów sypkich • Biomasa - produkcja, zastosowanie
6	30.08.2022 / 06.09.2022	UTRZYMANIE RUCHU: oleje, smary, chłodziwa i płyny hydrauliczne do maszyn i urządzeń dla branży materiałów sypkich części zamienne oznakowanie maszyn i urządzeń	• Logistyka i magazynowanie materiałów sypkich (silosy, magazyny, big bagi, opakowania specjalne)	• Rozwiązania dla sypkich produktów spożywczych i rolniczych – suszenie (suszarnie) – pakowanie (urządzenia pakujące i opakowania, big bagi itp.) – ważenie i dozowanie • Pasze, nawozy, granulaty • Rozwiązania dla przemysłu spożywczego • Recykling odpadów • Zagospodarowanie odpadów i ups (technologie i urządzenia)
wydanie specjalne	10.10.2022 / 17.10.2022	OCHRONA ŚRODOWISKA: recykling i utylizacja odpadów (maszyny, urządzenia, technologie) produkcja i wykorzystanie biomasy zagospodarowanie ubocznych produktów spalania	Katalog produktów i usług dla branży materiałów sypkich	
7	01.12.2022 / 08.12.2022	INFORMATYZACJA: oprogramowanie i systemy informatyczne w branży materiałów sypkich	• Transport materiałów sypkich (urządzenia, linie, instalacje)	• Podsumowanie roku w branży materiałów sypkich - realizacje i osiągnięcia firm z branży • Maszyny i urządzenia przerobcze dla budownictwa i branży kruszyw • Elementy, części zamienne oraz serwisowanie przenośników (m.in. taśmowych) • Pojazdy i sprzęt specjalistyczny - maszyny budowlane

**Dołącz do największego
wydarzenia branży w Polsce!**

Targi Kielce
exhibition & congress centre **30th** LAT YEARS



wiedza | kontakty | relacje | udany biznes



**nowa
infrastruktura**

DROGI | KOLEJE | HYDROTECHNIKA | ENERGIA

**targi budownictwa
infrastrukturalnego**

nowainfrastruktura.pl

10-12 maja 2022



Patronat
honorowy



Partnerzy
targów



Prezydent
Miasta Kielce



Marszałek Województwa
Świętokrzyskiego

