



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

# SPECJALISTYCZNE KONSTRUKCJE KRUSZAREK UDAROWYCH

*Jan SIDOR*

*[jsidor@agh.edu.pl](mailto:jsidor@agh.edu.pl)*



Rok zał. 1923



**Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki**

*Katedra Maszyn Górniczych, Przeróbczych i Transportowych*

# Wprowadzenie - 1

## Zalety kruszarek udarowych:

- znacznie większa efektywność – większy stopień rozdrobnienia przy mniejszych gabarytach i masie maszyny,
- produkt kruszenia o bardziej jednorodnym uziarnieniu o ziarnach ostrokrawędzistych i kształcie kubicznym,
- większa skuteczność rozdrabniania selektywnego,
- lepsza podatność ziaren rozdrobnionego produktu do rozdrabniania.

## Wady kruszarek udarowych:

- ❖ większe zużycie elementów roboczych, młotków, bijaków, kołków,
- ❖ większa ilość w produkcie rozdrabniania klasy  $0 \div 2$  mm,
- ❖ obniżenie wytrzymałości większych ziaren,
- ❖ wpływ uziarnienia oraz nierównomiernego dozowania nadawy na uziarnienie produktu kruszenia,
- ❖ wyższy poziom ciśnienia akustycznego,
- ❖ konieczność skuteczniejszego odpylania, spowodowanego większą ilością pyłu – zwłaszcza podczas rozdrabniania materiałów suchych.

# Wprowadzenie - 2

## Zastosowanie kruszarek udarowych:

### **Materiały:**

- ✓ średnio-twarde i miękkich o twardości poniżej 5 w skali Mohsa materiałów o wytrzymałości na ściskanie poniżej 200 MPa,
- ✓ o wilgotności poniżej 10 %,
- ✓ niewielkiej ilości zawartości krzemionki, lub innych materiałów o dużej twardości.

**Wyjątek** - kruszarki odśrodkowe z wałem i wirnikiem pionowym, w których występuje tzw. rozdrabnianie autogeniczne.

# Wprowadzenie - 3

Warunek rozdrobnienia udarowego ziarna materiału to:  $E \geq L$

$E_k$  – energia niezbędna na rozdrobnienie ziarna, J,  $E = 0,5 m v^2$

$L$  – praca kruszenia niezbędna do rozdrobnienia ziarna danego materiału, J.

Pracę  $L$  oblicza się z wyrażenia: 
$$L = K_j \frac{\pi d^3 \rho}{6} L_j^3 \sqrt{\frac{d_k}{d}}$$

$d$  - o średni wymiar (zastępcza średnica) ziarna, m,

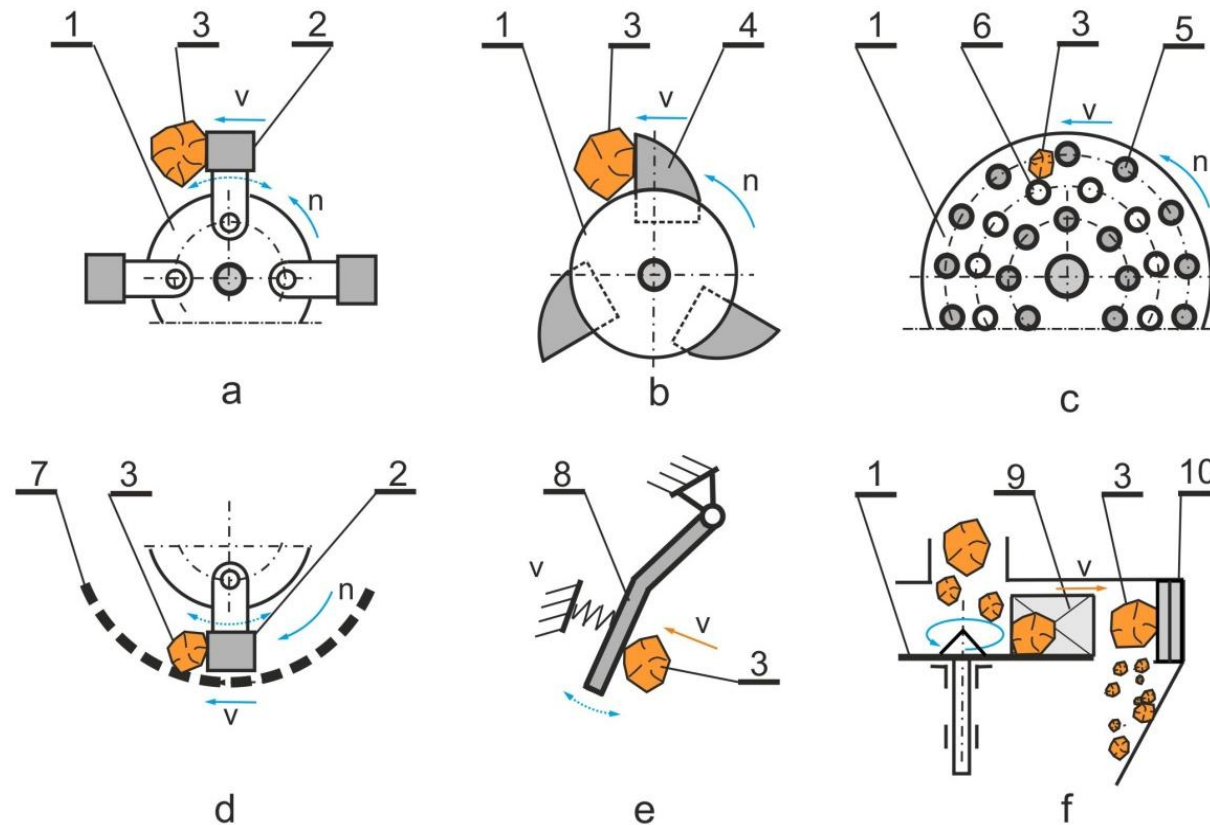
$\rho$  – gęstość materiału ziarna, kg/m<sup>3</sup>,

$L_j$  – jednostkowa praca rozdrabniania materiału (J/kg) ziarna wyznaczona w maszynie wytrzymałościowej dla ziarna - kuli o zastępczej średnicy  $d_k$ ,

$K_j$  – współczynnik uwzględniający użyte jednostki.

Stąd prędkość w momencie udaru: 
$$v = \sqrt{2g} L_j^3 \sqrt{\frac{d_k}{d}}$$

# Wprowadzenie - 4



Budowa i działanie klasycznych kruszarek udarowych: a – młotkowej, b – bijakowej, c – kołkowej, d – młotkowej z rusztem, e – płyta odbojowa, f - odśrodkowej, 1 – wirnik, 2 – element roboczy - młotek, 3 – ziarno materiału, 4 – bijak (listwa), 5 – kołek wirnika obrotowego, 6 – kołek wirnika nieruchomego, 7 – ruszt, 8 – wahlowa płyta odbojowa, 9 – łopatką wirnika, 10 - wykładzina krusząca, n – prędkość obrotowa wirnika, v – prędkość ziarna lub elementu roboczego

## Kruszarki specjalistyczne - podział

### Według kryterium zastosowania:

- do kruszenia litych ziaren jedno i wielomateriałowych,
- do rozbrylania ziaren zaglomerowanych,
- do jednoczesnego kruszenia i suszenia.

### Według usytuowania wału (wałów) wirnika:

- z wałem poziomym
- z wałem pionowym.

### W zależności od liczby wirników:

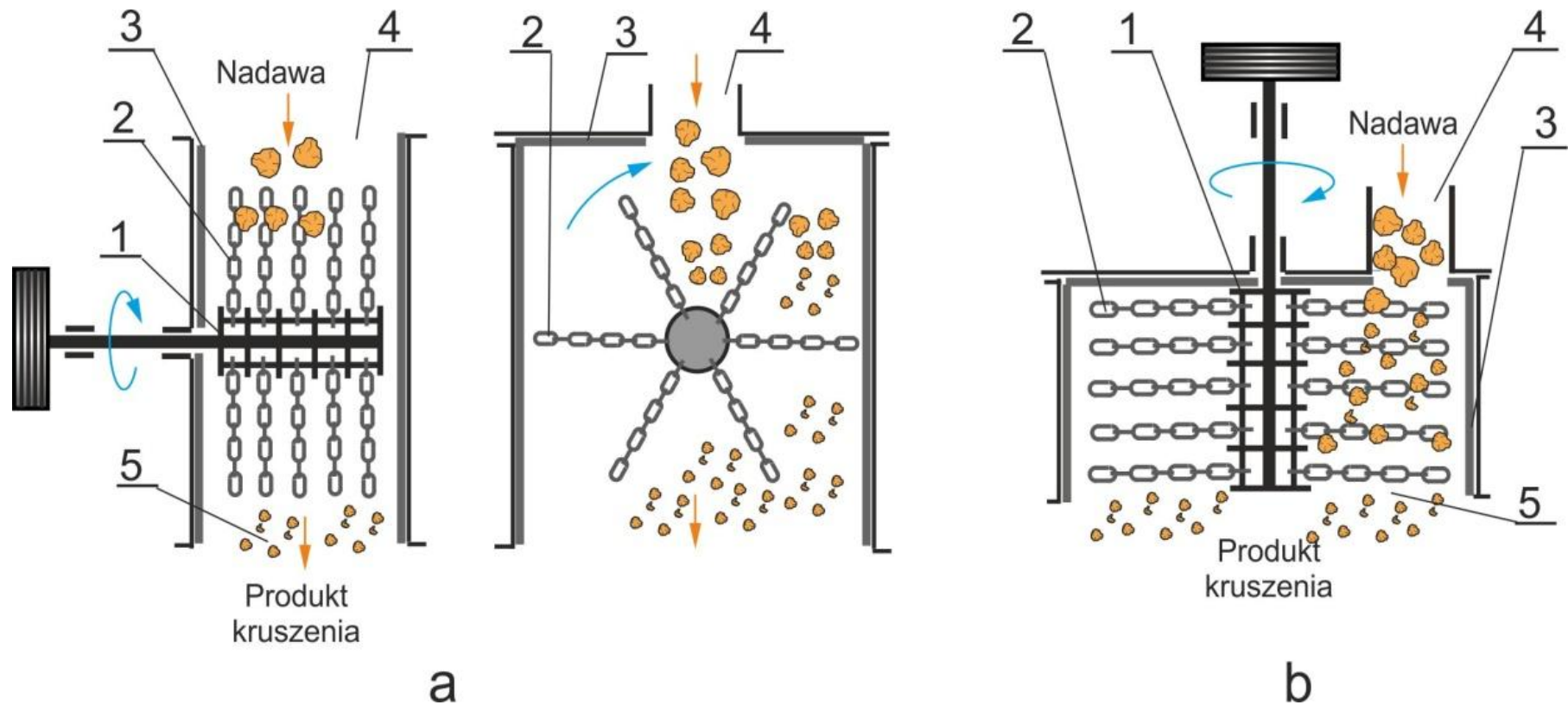
- jednowirnikowe,
- dwu wirnikowe.

# Podział głównej grupy specjalistycznych kruszarek z niestandardowymi elementami roboczymi

**Według kryterium budowy elementów roboczych kruszarki dzieli się na:**

- *łańcuchowe,*
- *młotkowo-łańcuchowe,*
- *z elementami roboczymi w kształcie płaskowników,*
- *prętowe,*
- *odśrodkowe ze swobodnymi elementami w kształcie podków,*
- *z elementami o innych kształtach.*

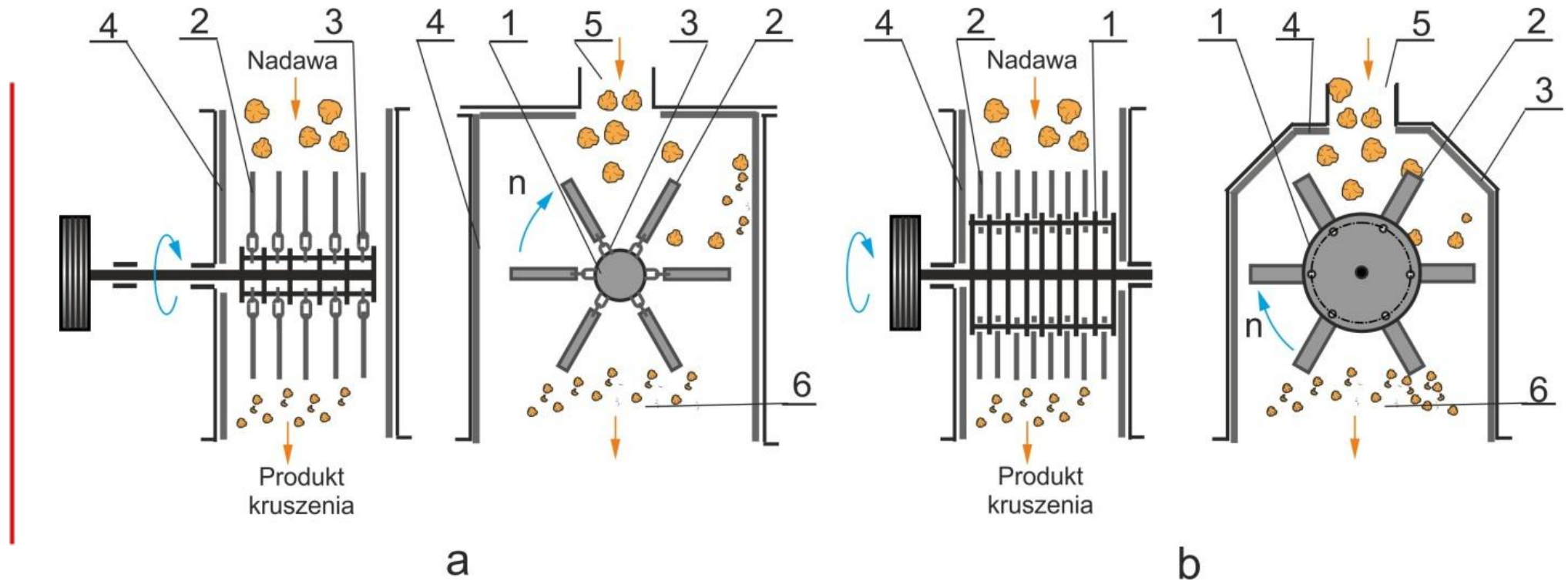
# Kruszarki łańcuchowe



**Budowa i działanie jednowirnikowych kruszarek łańcuchowych:**  
 a – z wirnikiem poziomym, b – z wirnikiem pionowym, 1 – wirnik,  
 2 – łańcuch, 3 – wykładzina, 4 – wlot nadawy, 5 – wylot produktu  
 kruszenia

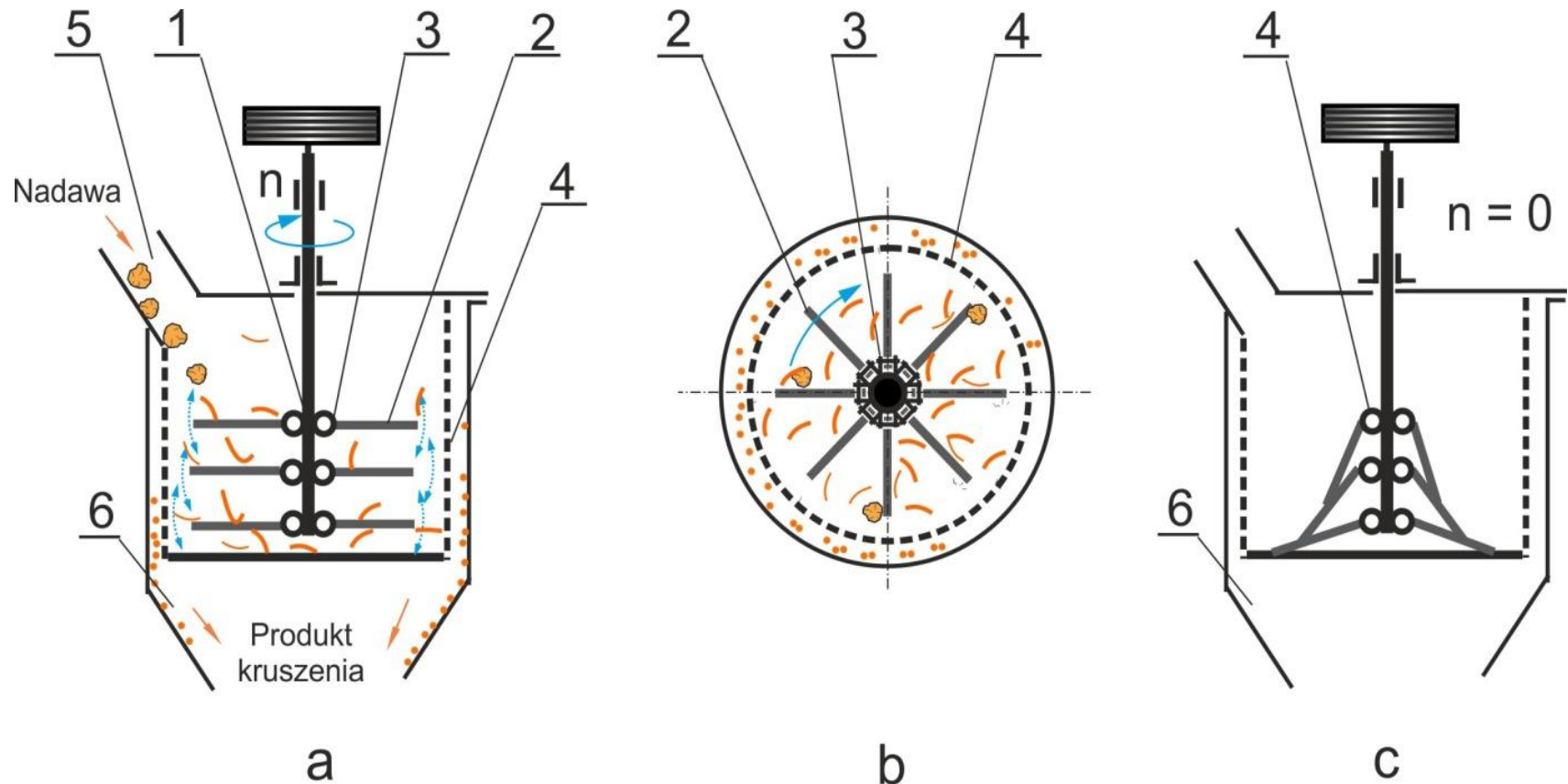


# Kruszarki młotkowo-łańcuchowe



**Budowa i działanie jednowirnikowych kruszarek młotkowo-łańcuchowych:** a – młotkowo-łańcuchowej z wirnikiem poziomym, d – młotkowej z dużą liczbą młotków w kształcie płaskowników, 1 – wirnik, 2 – młotek - płaskownik, 3 – łańcuch, 4 – wykładzina, 5 – wlot nadawy, 6 - wylot produktu kruszenia

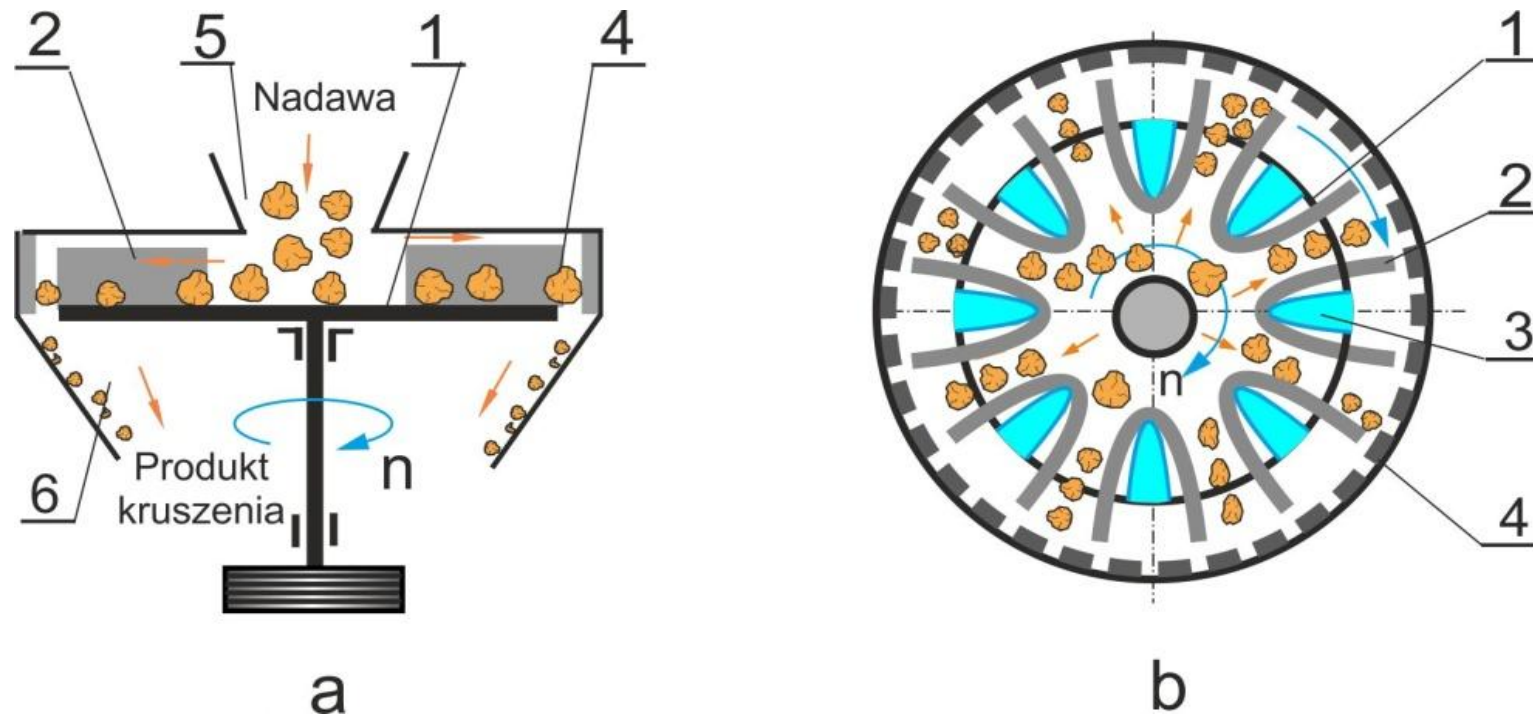
# Kruszarka udarowa prętowa



## Budowa i działanie kruszarki udarowej - prętowej:

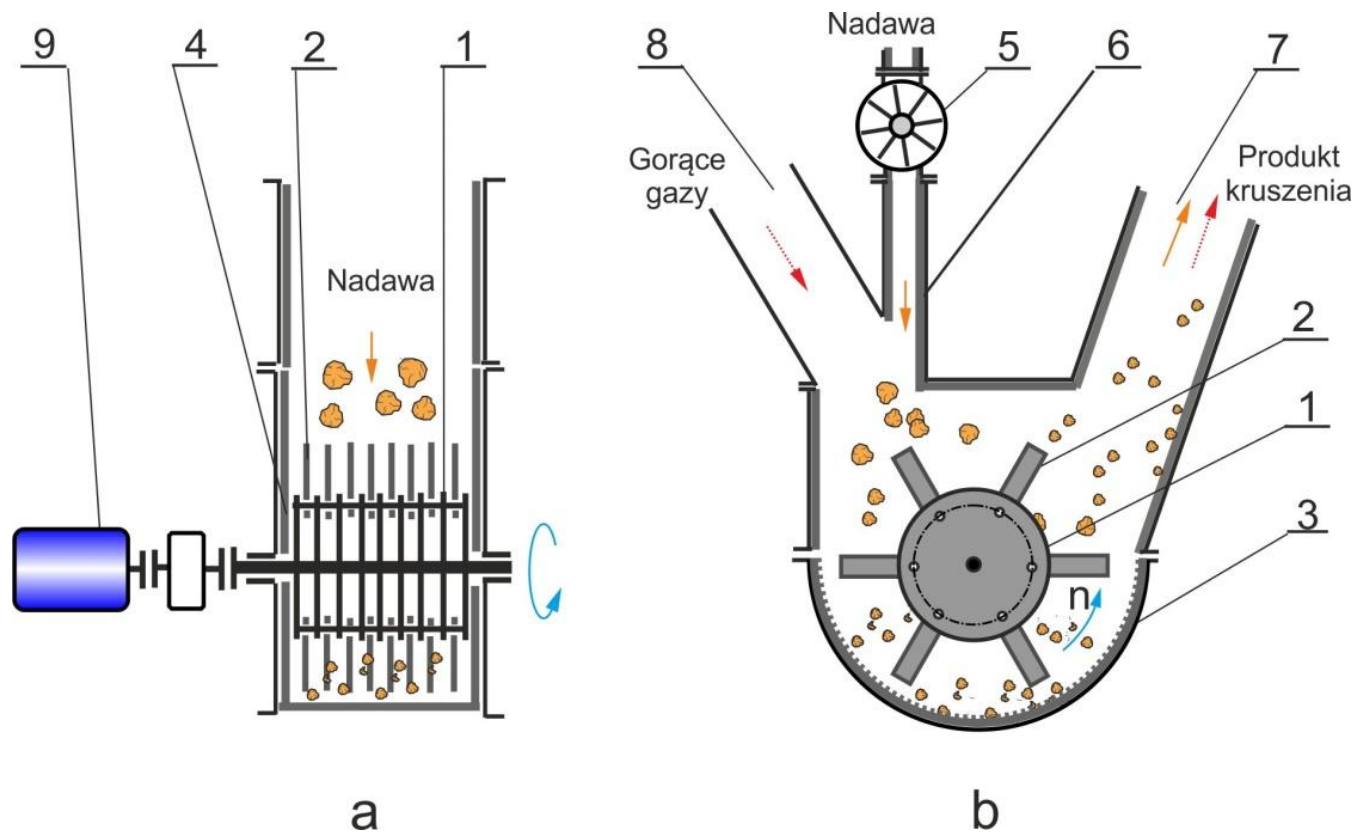
a, b – podczas pracy, c – podczas spoczynku, 1 – wirnik, 2 – pręt, 3 – połączenie sworzniowe, 4 – ruszt, 5 – wlot nadawy, 6 – wylot produktu kruszenia

# Kruszarka udarowa z elementami roboczymi w kształcie podków



**Budowa i działanie kruszarki:** a - kruszarka w widoku z boku, b – widok strefy kruszenia od góry, 1 – wirnik, 2 – swobodna podkowa, 3 – wspornik podkownicy, 4 – wykładzina strefy kruszenia, 5 – wlot nadawy, 6 – wylot produktu kruszenia, n – prędkość obrotowa

# Kruszarko-suszarka



**Budowa i działanie kruszarko-suszarki:** a - kruszarka z napędem w widoku z boku, b – widok strefy kruszenia, 1 – wirnik, 2 – młotek, 3 – wykładzina dolna strefy kruszenia, 4 – wykładzina boczna, 5 – śluza obrotowa, 6 – kanał wlotu nadawy, 7 – kanał odbioru produktu kruszenia, 8 – kanał wlotu gazów suszących, 9 – napęd, n – prędkość obrotowa

# Kruszarki łańcuchowe



Kruszarka łańcuchowa dwuwirnikowa firmy Stedman Machine Company

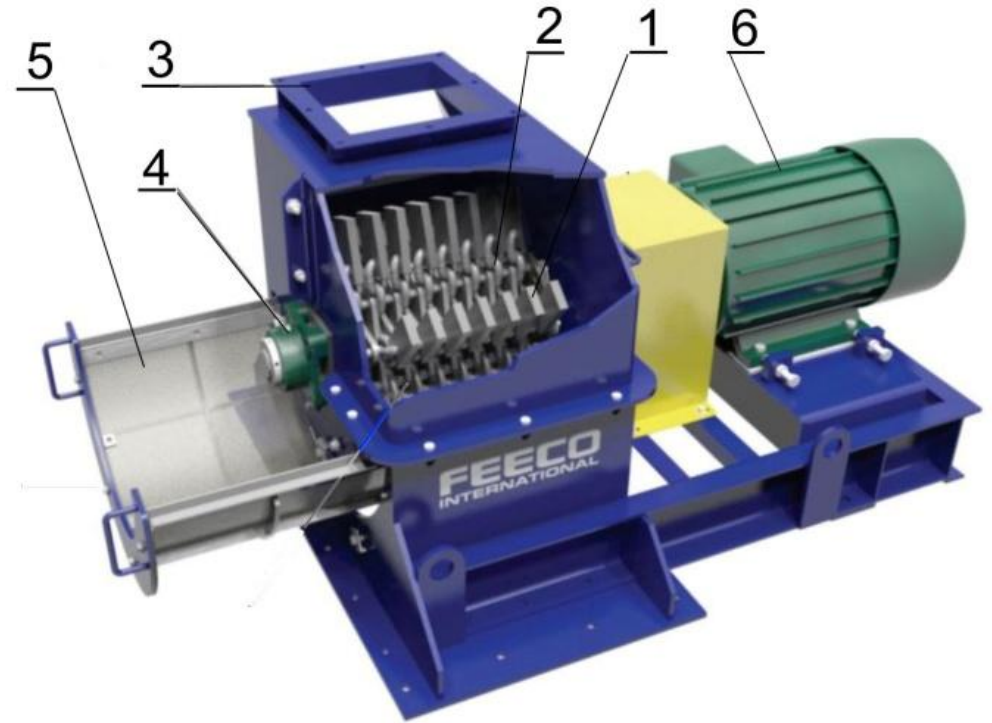


Kruszarka łańcuchowa jedno wirnikowa z wirnikiem poziomym firmy J&H Design and Application Engineers

# Kruszarki łańcuchowe i łańcuchowo-młotkowe



Kruszarka łańcuchowa jedno wirnikowa z wirnikiem pionowym firmy Allance Fertilizer Machinery z pojedynczym wlotem nadawy



Kruszarka łańcuchowo-młotkowa firmy Feeco International: 1 – młotek, 2 – łańcuch, 3 – wlot nadawy, 4 – łożysko wirnika, 5 – ruszt, 6 - silnik

# Podstawowe parametry kruszarek łańcuchowych

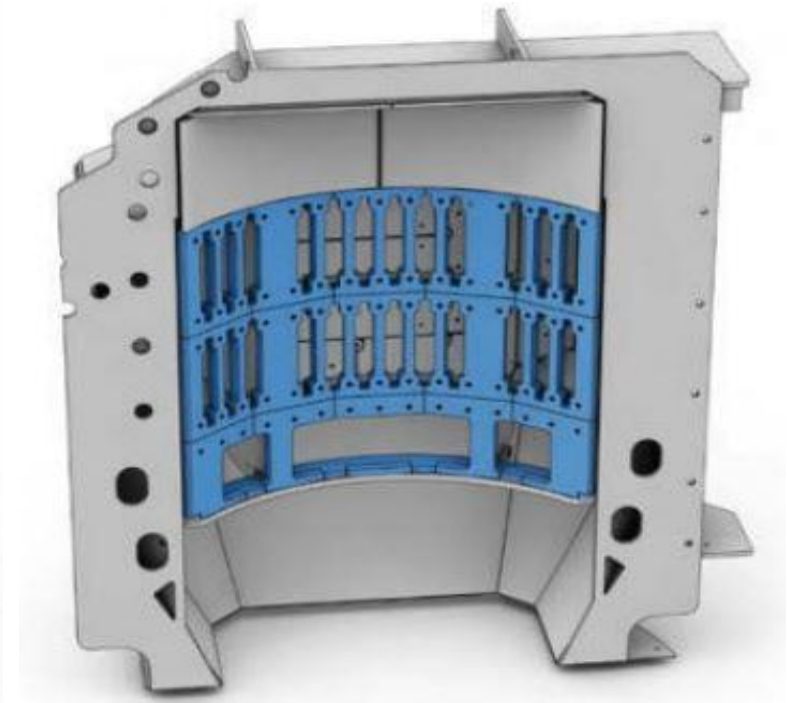
## Kruszarki firmy Allance Fertilizer Machinery

Typ	Uziarnienie nadawy, mm	Uziarnienie produktu, mm	Moc, kW	Wydajność, Mg/h
ALCLP500	poniżej 60 mm	poniżej 0,7 mm	11	1÷3
ALCLP600	poniżej 60 mm	poniżej 0,7 mm	15	1÷5
ALCLP800	poniżej 60 mm	poniżej 0,7 mm	22	2÷8

# Kruszarki z prętowymi elementami roboczymi



Kruszarka prętowa typu RS z wirnikiem pionowym firmy BHS-Sonthofen



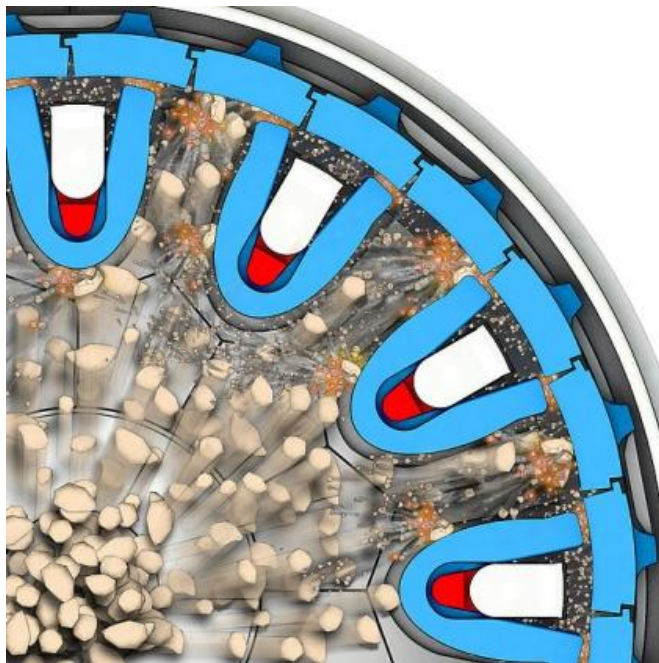
Ruszt kruszarki typu RS firmy BHS-Sonthofen



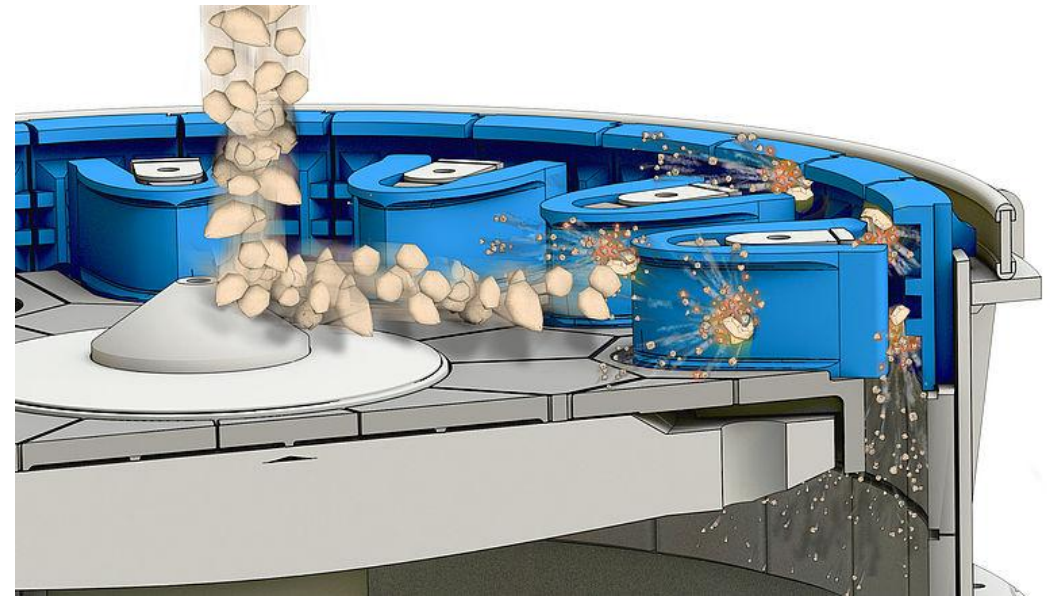
## Podstawowe parametry kruszarek RS firmy BHS-Sonthofen

Typ	Średnica komory roboczej, mm	Wysokość komory roboczej, mm	Wymiary wlotu, mm	Moc silnika, kW
RS 1515	1500	1500	700x535	110÷200
RS 2018	2000	1800	600x1200 900x1200 1200x1200	110÷400
RS 3218	3200	1800	1500x1500	110÷400

# Kruszarki z kształtowymi elementami roboczymi - 1



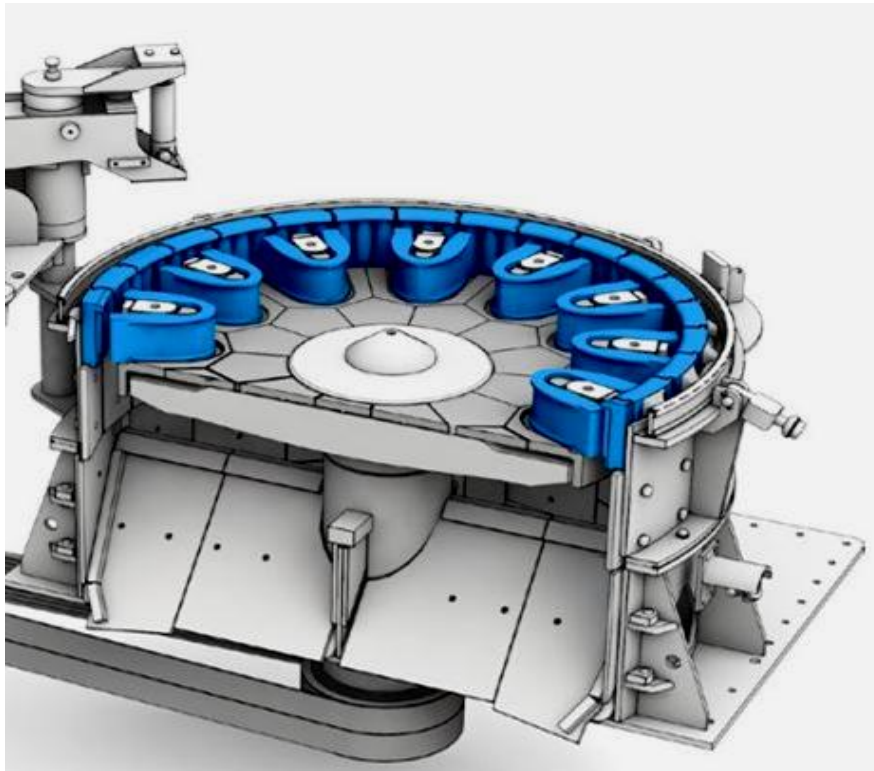
a



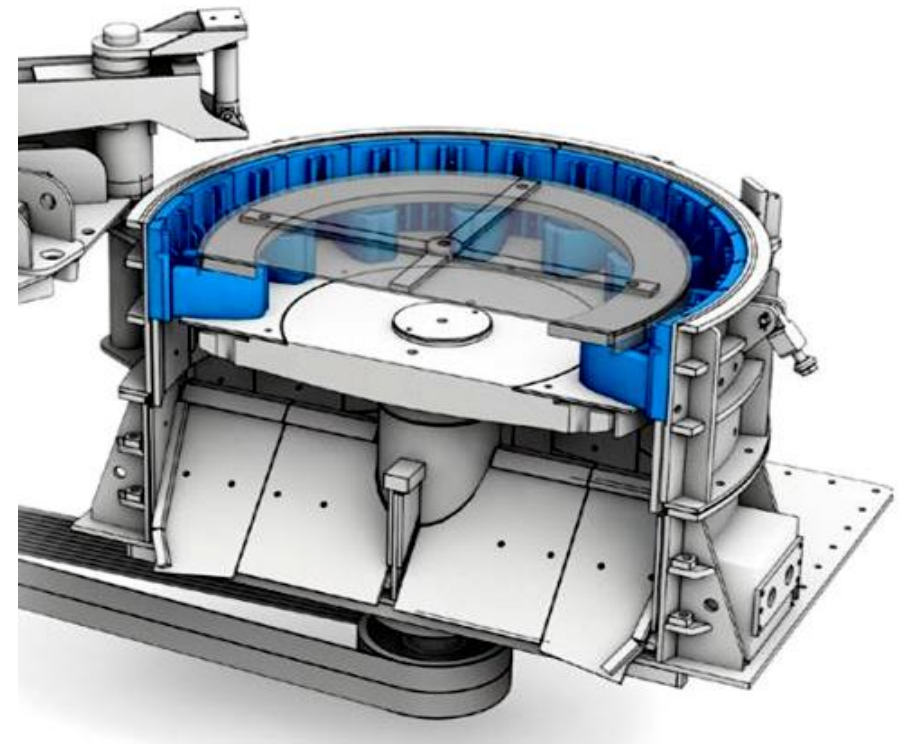
b

**Mechanizm procesu rozdrabniania w kruszarkach RPMV i RPMX firmy BHS-Sonthofen: a – strefa rozdrabniania od góry, b - widok strefy rozdrabniania z boku**

## Kruszarki z kształtowymi elementami roboczymi - 2



Kruszarka RPMV firmy BHS-Sonthofen do rozdrabniania złomu metalowego



Kruszarka RPMX firmy BHS-Sonthofen do rozdrabniania surowców mineralnych

# Kruszarki z kształtowymi elementami roboczymi - 3

Parametry kruszarek RPMX i RPMX firmy BHS-Sonthofen

Typ	Wymiary wirnika $\Phi \times L$ , mm	Liczba podków, sztuk	Prędkość obwodowa, m/s	Mc silnika, kW
RPMV 0813	850 x 135	6	65 m/s	75
RPMV 1113	1 150 x 135	8	70 m/s	132
RPMV1513	1 500x 135	12	70 m/s	200
RPMX 1116	1 150 x 160	8	90 m/s	315
RPMX 1516	1 500x 160	12	90 m/s	315

# Kruszarki z kształtowymi elementami roboczymi - 4



Kruszarka RPMV  
firmy BHS-Sonthofen



Układ kruszernia z kruszarką  
RPMX firmy BHS-Sonthofen

# Kruszarko-suszarki FLSmidth - budowa

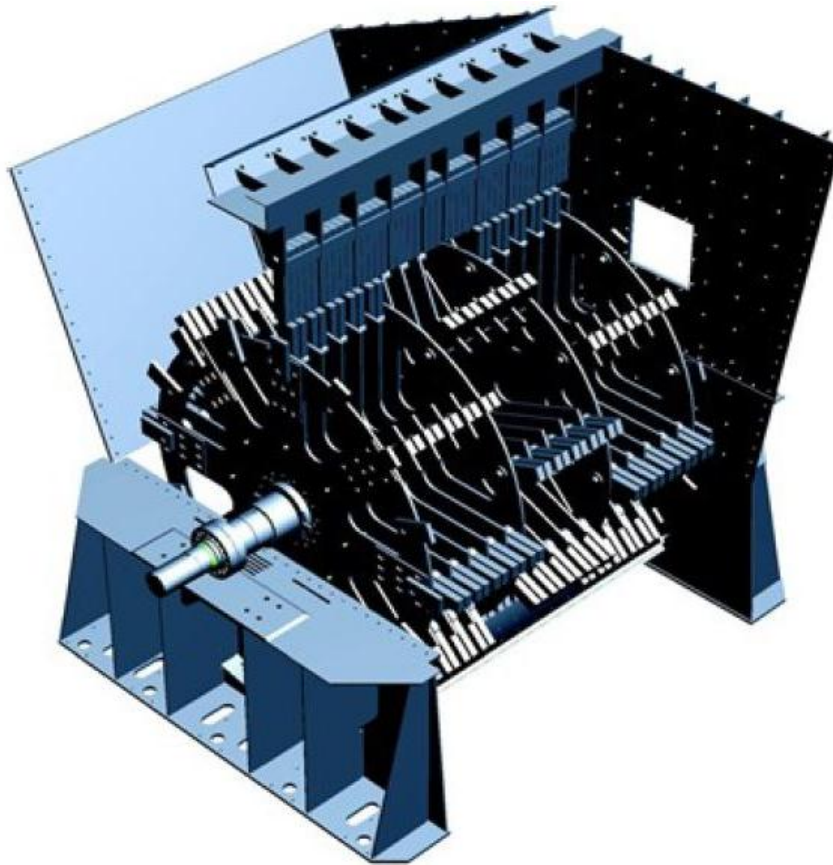


Kruszarko-suszarka młotkowa firmy FLSmidth: 1 - wlot nadawy, 2 - śluza obrotowa, 3 – kanał wlotu gorących gazów, 4 - komora mieszania, 5 – kolektor z dyszami, 6 - wirnik, 7 - kanał odbioru produktu rozdrabniania, 8 – zawiesina gazowa produktu rozdrabniania, 9 - napęd

## Kruszarko-suszarki firmy FLSmith - parametry

Typ – wymiary wirnika, cm	Wlotu nadawy, mm	Wylotu produktu, mm	Moc, kW	Wydajność, Mg/h dla wilgotności	
				26 %	14 %
250x175	9000	8100	1080	40	60
250x225	9300	8100	1080	50	75
355x200	11600	10100	1570	60	95
355x250	11700	10100	1570	75	125
355x300	11800	10100	1570	85	145
450x275	13000	11700	2200	110	175
450x330	13100	11700	2200	125	200
450x400	13200	11700	2200	130	240
450x450	13300	11700	2200	150	260

## Kruszarko-suszarka firmy MJM sp. z o.o.



Kruszarka ta pod nazwą suszarko-kruszarka oferowana jest do rozdrabniania kredy, kamienia wapiennego i innych surowców do produkcji klinkieru cementowego, w szczególności surowców miękkich i średniotwardych małoabrazyjnych o wilgotności przekraczającej 14 %.

Wirnik kruszarki firmy MJM sp. z o.o.



# Podsumowanie

1. W ostatnich latach wzrosło zapotrzebowanie na kruszarki do rozdrabniania materiałów, których rozdrabnianie w klasycznych kruszarkach jest nieekonomiczne lub niemożliwe technicznie.
2. Najszerze zastosowanie znalazły kruszarki z elementami roboczymi – łańcuchami, w rozdrabnianiu surowców mineralnych, materiałów syntetycznych, w szczególności nawozów sztucznych.
3. Kruszarki z elementami roboczymi w kształcie prętów zastosowano w recyklingu i utylizacji ZSEE, AGD, odpadów wielomateriałowych, w tym komunalnych.
4. Dobre parametry technologiczne mają kruszarki z elementami roboczymi w kształcie swobodnych podków zastosowane w recyklingu odpadów wielomateriałowych, odpadów przemysłowych, drobnego kruszenia surowców mineralnych i materiałów syntetycznych oraz do grubego mielenia średniotwardych surowców mineralnych.
5. Kruzarko-suszarki umożliwiają uproszczenie budowy linii technologicznej kruszenia surowców o dużej wilgotności.