

Procesy utleniania - cz. 2

UTLENIANIE OLEFIN

Tlenek etylenu z etylenu (oksiran)

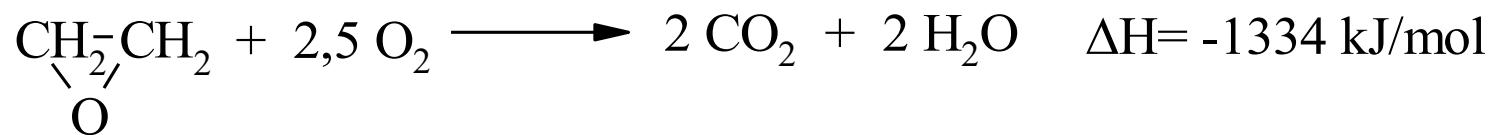
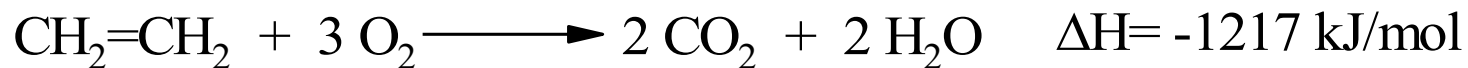
Bezbarwny gaz o przyjemnym aromatycznym zapachu, podobnym do eteru. W temperaturze poniżej 11°C stanowi bezbarwną, klarowną, bardzo ruchliwą ciecz o przyjemnym, eterycznym zapachu i palącym smaku, o lotności większej niż lotność eteru dietylowego. Tlenek etylenu jest substancją wyjątkowo niebezpieczną – wchłaniana jest do organizmu człowieka przez układ oddechowy, przewód pokarmowy i przez skórę.

Tlenek etylenu zaliczany jest do substancji rakotwórczych.

Utlenianie etylenu powietrzem lub tlenem



Reakcje uboczne:



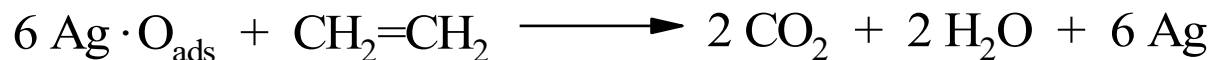
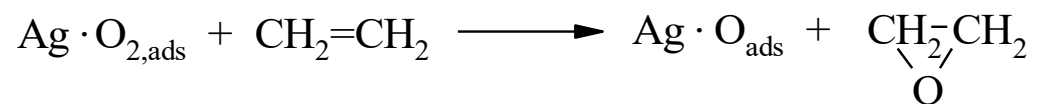
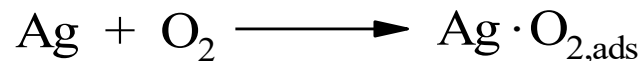
Katalizator

Srebro metaliczne, z dodatkiem promotorów (metale alkaliczne i metale ziem rzadkich, a z anionowych związki chloru (najczęściej 1,2-dichloroetan)).

Aktywną formę katalizatora otrzymuje się przez:

- termiczny rozkład związków srebra, np. soli srebrowych kwasów organicznych (mlekowego, szczawiowego, octowego), węglanu, czy tlenku srebra;
- redukcję soli srebrowych (np. za pomocą wodoru, glikolu etylenowego, wody utlenionej, hydrazyny, hydroksyloaminy, czy formaldehydu).

Mechanizm utleniania do tlenku etylenu:



Maksymalnie możliwa selektywność procesu 6:7 czyli 85,7%.

Utlenianie powietrzem:

- surowiec – etylen 98%
- utlenianie poniżej dolnej granicy wybuchowości, tj. 2,75% etylenu w mieszaninie z powietrzem. Mieszanina etylenu, powietrza i gazu cyrkulującego, zawiera zwykle ok. 5% obj. etylenu, 6-8% obj. tlenu oraz 8-10% obj. dwutlenku węgla. Resztę stanowi azot z powietrza.
- dwa reaktory płaszczowo-rurowe złożone z ponad 10000 rurek o długości od 6 do ponad 10 m,
- temperatura - 220-280°C,
- ciśnienie atmosferyczne lub nieco zwiększone (do 2,5 MPa).
- czas kontaktu substratów z katalizatorem - 1,5-4 s,
- konwersja etylenu ok 40%; selektywność ok. 60-70%

Zalety zastosowania tlenu:

- jeden reaktor zasilany mieszaniną o wysokim stężeniu tlenu (7-8% obj.) i etylenu (20-30% obj.)
- większa selektywność utlenienia etylenu do tlenku etylenu - ok. 70-75%.
- mniejsze zużycie katalizatora (o 30-40% w stosunku do utlenienia powietrzem),
- mniejsza ilość gazu resztkowego (nie ma balastu azotowego), co pozwala zmniejszyć straty unoszonego etylenu,

Główne wady tego procesu to:

- wysoka cena tlenu,
- większe zagrożenie wybuchem,
- konieczność oczyszczania części gazu cyrkulującego od tworzącego się ubocznie CO_2 (konieczność utrzymania stałego stężenia CO_2 w gazie – stosuje się absorpcję CO_2 w płuczkach węglowych).

PRODUKCJA I ZASTOSOWANIE TLENKU ETYLENU

Global production capacity of ethylene oxide 2018 & 2023

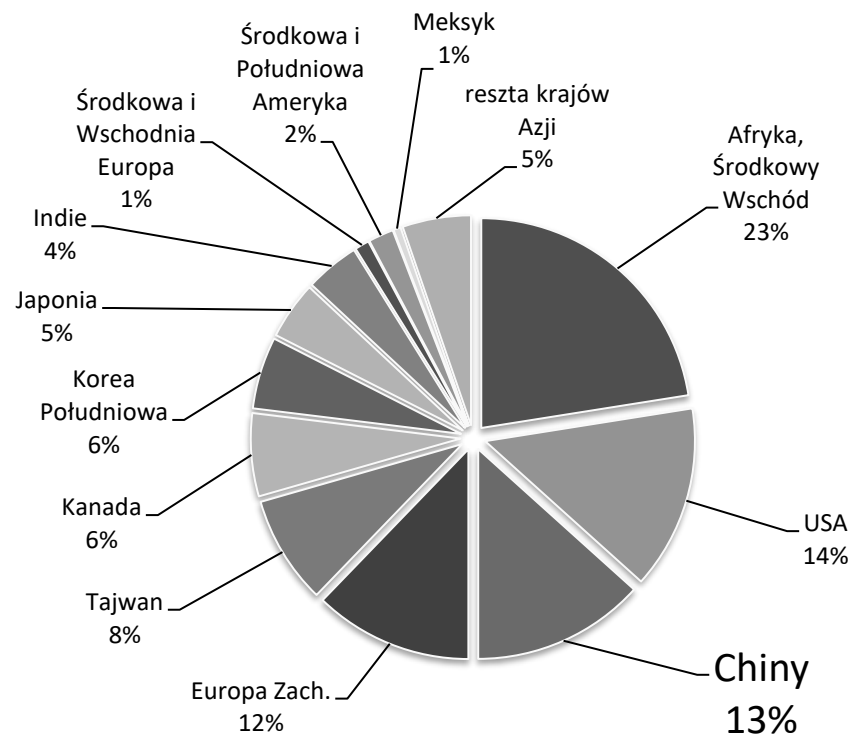
Published by [M. Garside](#), Nov 7, 2019

The production capacity of ethylene oxide (EO) worldwide is expected to expand by ten million metric tons in five years, from some 26 million metric tons in 2018, reaching approximately 36 million metric tons in 2023.

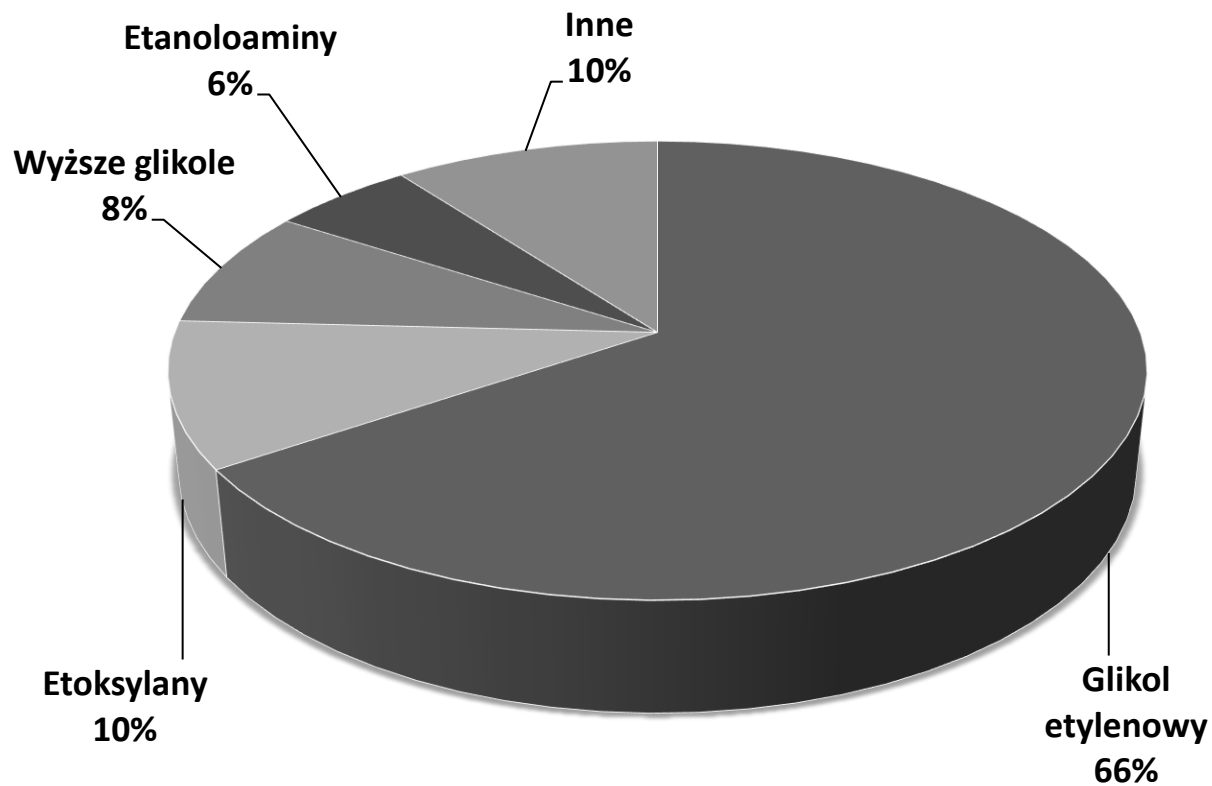
<https://www.statista.com/statistics/1065885/global-ethylene-oxide-production-capacity/>

Najwięksi producenci tlenku etylenu:

- BASF SE
- China Petroleum & Chemical Corporation (SINOPEC)
- Clariant International Ltd.
- Dow Inc.
- Exxon Mobil Corporation
- Huntsman Corporation
- Nouryon
- Reliance Industries Ltd.
- Royal Dutch Shell PLC



Udział poszczególnych regionów świata w produkcji tlenku etylenu w 2009 r.

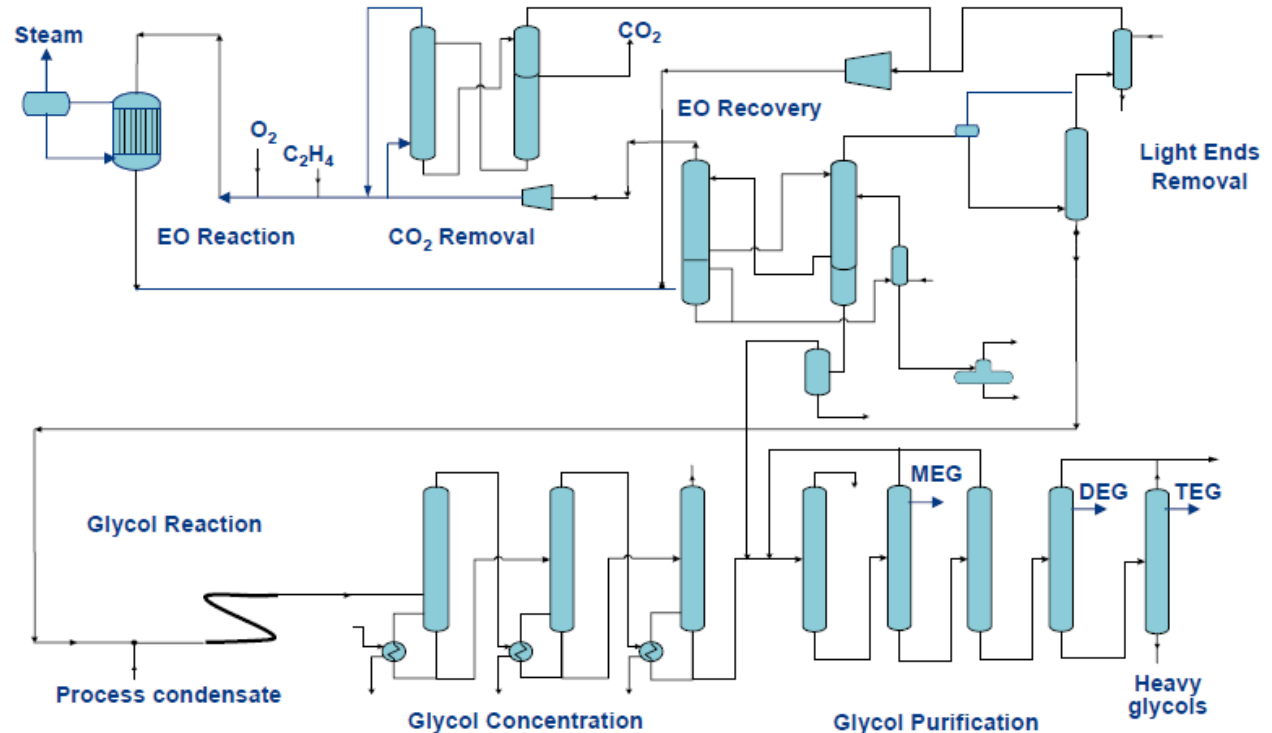


Struktura zużycia tlenku etylenu na świecie w 2010 r.

Dow Technology Licensing - METEOR™ Ethylene Oxide/Glycol Process Technology

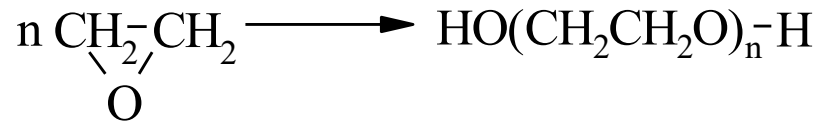
<http://www.dow.com/licensing/offer/meteor.htm>

Shell MASTER Process



MIDLAND, Mich. - July 08, 2016: To date, Dow has licensed METEOR™ Technology for plants around the world with capacities to produce approximately 4.5 million metric tons per year of ethylene oxide equivalents.

<https://corporate.dow.com/en-us/news/press-releases/dow-meteor-technology-selected-for-new-meglobal-meg-production-facility-on-the-us-gulf-coast.html>



gdzie $n \geq 4$.

Zastosowanie poliglikoli:

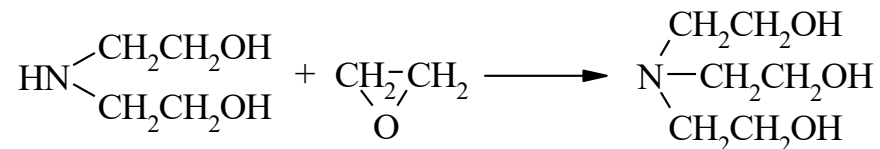
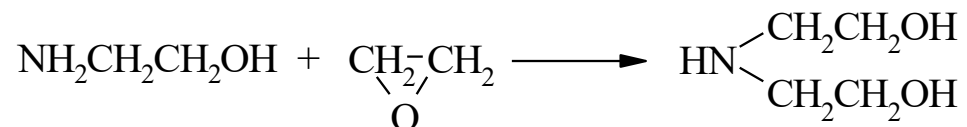
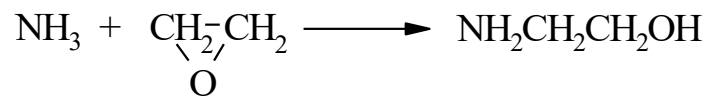
- ❑ w przemyśle farmaceutycznym, m.in. jako podłoże maści, balsamów oraz czopków, a także jako środek pomocniczy przy wyrobie tabletek i drażetek oraz dentystycznych mas klejowych,
- ❑ w przemyśle kosmetycznym i chemii gospodarczej – do wytwarzania środków higieny (m.in. detergentów, mydeł, preparatów myjących o dobrej zdolności usuwania brudu, pienienia i podatnych na biodegradację),
- ❑ w przemyśle metalurgicznym – jako smar, zwłaszcza do części maszyn wykonujących ruchy posuwiste i w celu uniknięcia zabrudzenia detali metalowych smarem mineralnym lub tłuszczem oraz jako składniki past topnikowych do łączenia, płynów hartowniczych lub rdzeni ceramicznych do precyzyjnego odlewania metali,
- ❑ gumowym (jako środek pomocniczy w procesach przetwórstwa kauczuku naturalnego i syntetycznego – w postaci roztworów wodnych lub alkoholowych),
- ❑ papierniczym (jako zmiękczac – w celu nadania wyrobom papierniczym większej giętkości i miękkości),
- ❑ tworzyw sztucznych jako dodatki modyfikujące właściwości użytkowe tworzyw sztucznych: poliamidów, poliestrów, poli(chlorku winylu), kauczuków itp.,
- ❑ farb, lakierów i środków barwiących – jako dyspergatory barwników i pigmentów oraz jako składniki rozpuszczalnych w wodzie farb i atramentów, farb drukarskich i kompozycji barwiących dla tworzyw sztucznych,
- ❑ impregnacji drewna, restauracji starych malowideł oraz konserwowania antycznych przedmiotów drewnianych (np. starych kadłubów statków lub przedmiotów pochodzących z wykopalisk archeologicznych).

Monoalkilowe etery glikoli etylenowych:

$R-(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OH}$, gdzie $R=\text{CH}_3, \text{C}_2\text{H}_5, n\text{-C}_4\text{H}_9, n=1,2,3\dots$

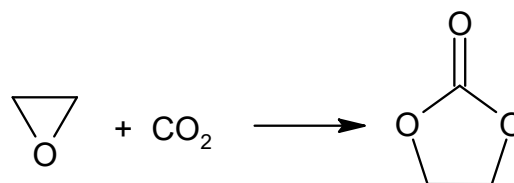
- rozpuszczalniki,
- rozcieńczalniki
- środki uszlachetniające do produkcji farb i lakierów.
- składnikami różnego typu atramentów,
- środki przeciwzamarzające w paliwie lotniczym,
- składniki płynów do systemów hydraulicznych (płyny hamulcowe)
- jako związki pośrednie w syntezach chemicznych.
- do rozpuszczania barwników past drukarskich, skóry i bejcowania drewna. są stosowane w produkcji klejów, spoiw, olejów smarnych, tworzyw sztucznych, past, wosków, gum.
- W produkcji środków myjących (np. do mycia szkła i glazury) i czyszczących (do mycia wanien).

Etanoloaminy



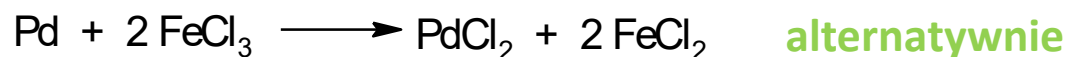
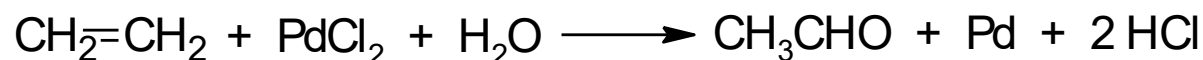
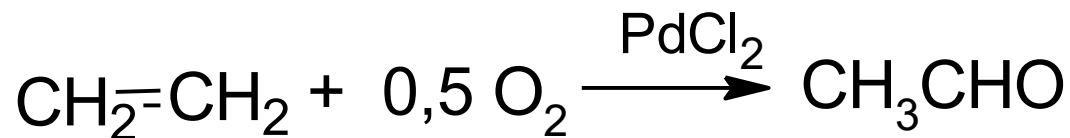
- w piankach do golenia, płynach do kąpieli oraz w detergentach.
- w wiertnictwie naftowym środki powierzchniowo-czynne na bazie mono- i dietanoloaminy służą zarówno jako emulgatory, jak i deemulgatory (do rozbijania emulsji naftowych),
- w przemyśle włókienniczym i skórzanym – jako środki impregnujące,
- w przemyśle cementowym – jako środki pomocnicze (etanoloamina i jej sole przyczyniają się do skrócenia procesu mielenia klinkieru)
- jako komponenty cieczy chłodząco-smarujących.
- jako środki absorpcyjne w procesie oczyszczania gazu ziemnego z H₂S i CO₂.

Synteza węglanu etylenu (proces katalityczny)

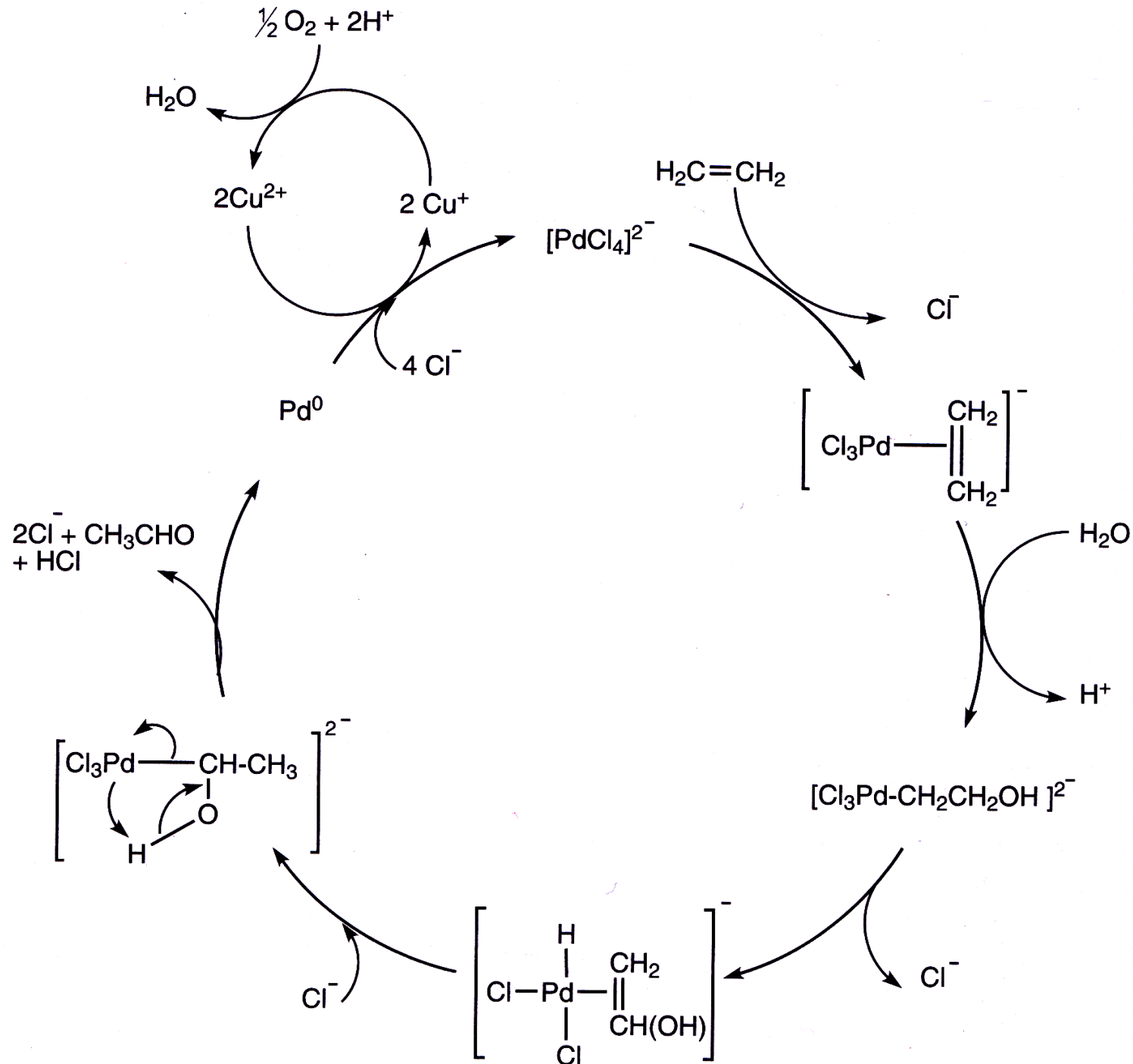


ALDEHYD OCTOWY Z ETYLENU

(proces Wackera; WACKER-CHEMIE od 1960 r.)



Mechanism:



Proces jednostopniowy:

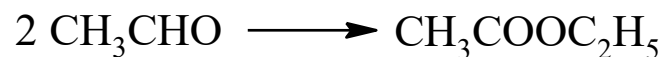
- czynnik utleniający – tlen,
- utlenianie etylenu i regenerację katalizatora prowadzi się w jednym reaktorze**
- ciśnienie - 0,3-0,7 MPa,
- temperatura wrzenia roztworu katalizatora (ok. 120°C),
- wydajność - 95%.

Proces dwustopniowy:

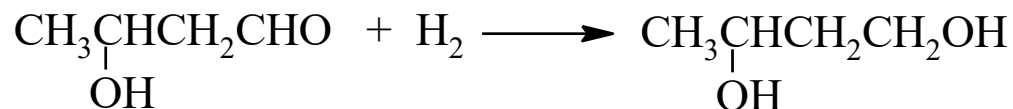
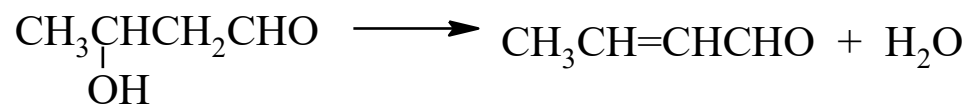
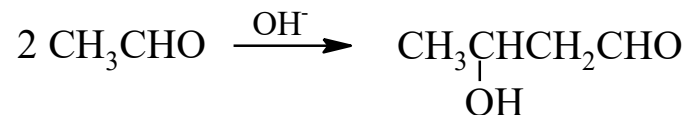
- czynnik utleniający – powietrze,
- oddzielne utlenianie etylenu i regeneracja katalizatora**
- ciśnienie - 1,2-1,4 MPa,
- temperatura – 100-120°C,
- wydajność wynosi 95%

Zastosowanie aldehydu octowego

- ❑ Utlenianie – kwas octowy, **bezwodnik octowy**,
- ❑ Uwodornienie – alkohol etylowy,
- ❑ Katalityczna dimeryzacja – **octan etylu**



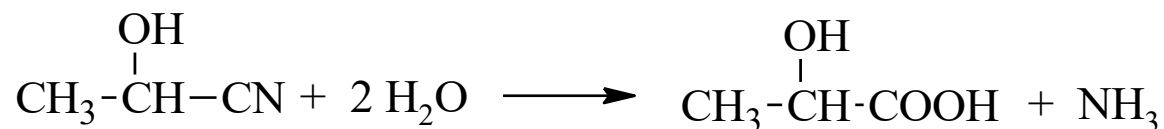
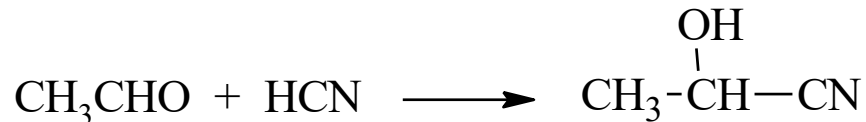
- ❑ Aldolizacja – aldol – aldehyd krotonowy – aldehyd masłowy- 2-etyloheksanol
n-butanol



- ❑ Kondensacja z HCHO → pentaerytryt,

☐ Chlorowanie (Cl₂) – chloral,

☐ Addycja HCN – nityl kwasu mlekowego – kwas mlekowy

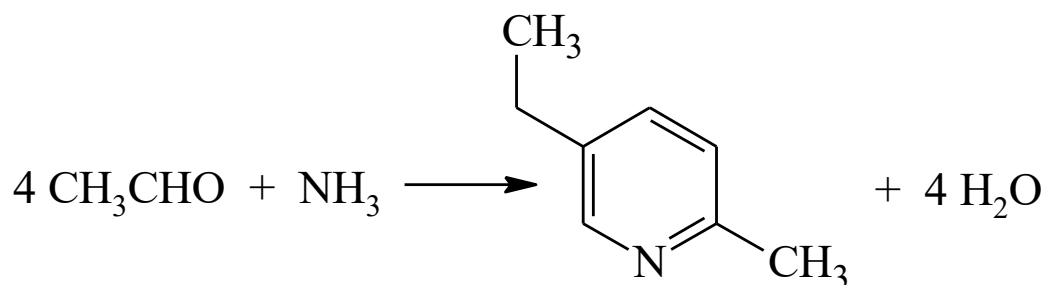


Kwas mlekowy stosuje się:

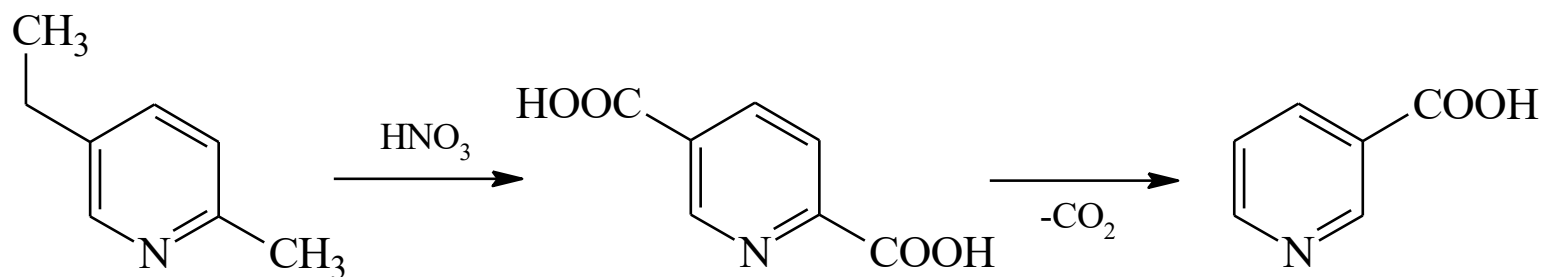
- w farbiarstwie jako składnik bejcy
- w garbarstwie do odwapniania skór
- w przemyśle spożywczym (czynnik konserwujący, składnik napojów)
- farmaceutycznym (do produkcji mleczanu wapniowego)
- w medycynie jako antyseptyk

☐ Oligomeryzacja – paraaldehyd, metaaldehyd (tetramer – paliwo stałe turystyczne)

□ + NH₃ – 2-metylo-5-etylopirydyna,



- 30-40% woda amoniakalna,
- octan amonowy jako katalizator,
- temperatura 220-280°C,
- ciśnienie 10-20 MPa.
- selektywność 70%.

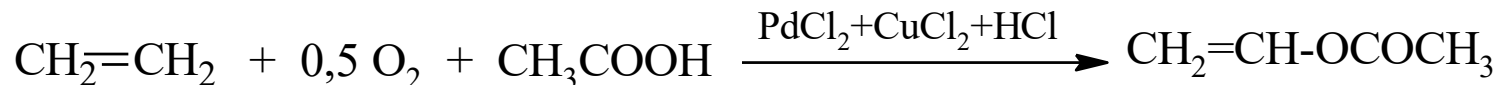


Kwas nikotynowy używa się:

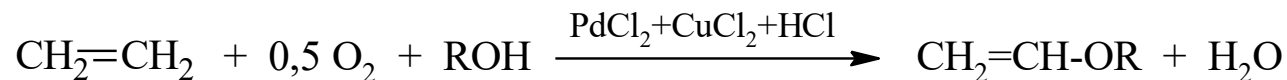
- w farmacji m.in. do produkcji witaminy PP i witaminy B-complex,
- jako dodatek do artykułów spożywczych i pasz

MODYFIKACJE METODY WACKERA

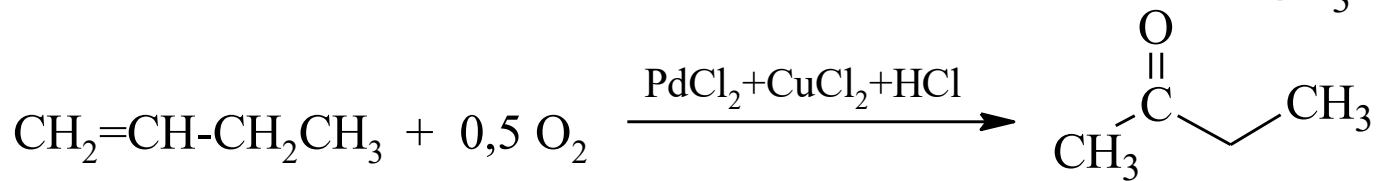
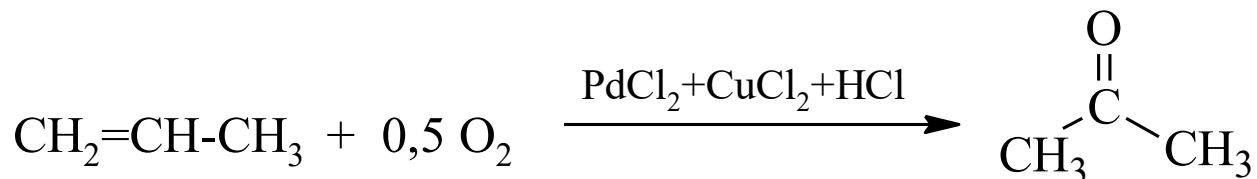
Octan winylu z acetylenu



Etery winylowe



Ketony



zdolność reakcyjna olefin:

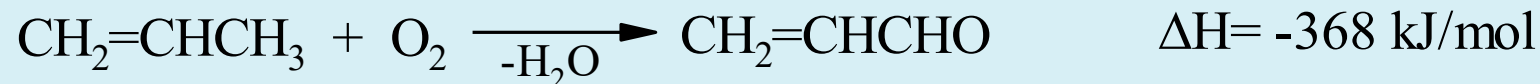


1,0

0,33

0,25

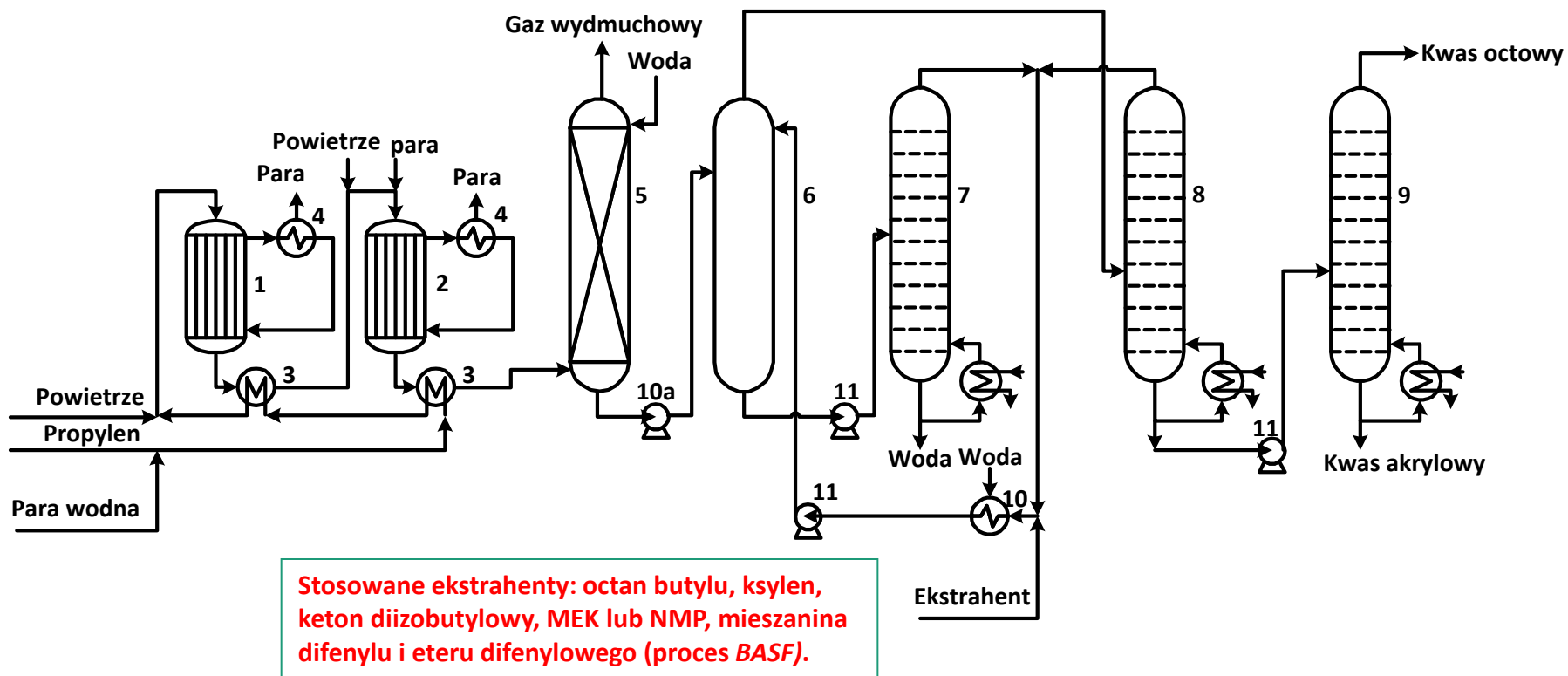
Dwustopniowe utlenianie propylenu (m.in. Sohio, Nippon Shokubai, Japan Catalytic Company i Mitsubishi Petrochemical)



Warunki procesu:

- reaktory płaszczowo-rurowe ze stałym złożem katalizatora ($\text{Bi}_2\text{O}_3 \cdot \text{MoO}_3$ modyfikowane odmienne dla każdego etapu),
- temperatura - 330-370°C (I etap) oraz 260-300°C (II etap),
- ciśnienie - 0,1-0,2 MPa,
- czas kontaktu – 0,5-2 s.
- konwersja propylenu i akroleiny ponad 95%,
- selektywność do kwasu akrylowego 85-90% w przeliczeniu na propylen

Schemat instalacji produkującej kwas akrylowy z propylenu



1 – reaktor utleniania propylenu do akroleiny, 2 – reaktor utleniania akroleiny do kwasu akrylowego, 3 – wymienniki ciepła, 4 – układ: kocioł parowy-zbiornik pary i kondensatu, 5 – skruber, 6 – kolumna ekstrakcyjna, 7 – kolumna regeneracji ekstrahentu, 8, 9 – kolumny rektyfikacyjne, 10 – chłodnica, 11 – pompy

W jednej z najnowszych instalacji firmy *Nippon Shokubai* do dwustopniowego utlenienia propylenu do kwasu akrylowego zastosowano pojedynczy reaktor, który został wyposażony w dwie różne warstwy katalityczne.

On September 29, 2012, an explosion occurred at the Nippon Shokubai Co., Ltd. Himeji Plant located in Himeji, Hyogo Prefecture, Japan. The explosion and subsequent fire in an acrylic acid intermediate tank killed one person and injured 36.
https://www.shokubai.co.jp/en/news/file.cgi?file=file1_0071.pdf

NGAPORE (ICIS)--BASF-YPC on Wednesday inaugurated its new 160,000 tonnes/year acrylic acid and 60,000 tonnes/year superabsorbent polymers (SAP) plants in [Nanjing, China](#). "The new plants will further strengthen the C3 (propylene) value chain and serve the growing downstream demand," it said in a statement. The company is also planning to begin production at its new butyl acrylate plant at the same site in [Nanjing](#) later this year. At the BASF-YPC Verbund site in Nanjing, SAP, butyl acrylate and...[more »](#)
http://article.wn.com/view/2014/04/09/Chinas_BASFYPC_inaugurates_new_acrylic_acid_SAP_plants/



Acrylic acid plant in Kuantan, Malaysia

BASF PETRONAS Chemicals is a 60:40 joint venture between BASF in Ludwigshafen, Germany, and Malaysia's national petroleum corporation Petroliam Nasional Berhad (PETRONAS).



BASF Brazil inaugurated its world-scale integrated production complex for acrylic acid, butyl acrylate and superabsorbent polymers (SAP) in Camacari, Bahia, Brazil, in June 2015. It is the company's first acrylic acid and SAP production complex in South America. It has the capacity to produce 160,000 t of acrylic acid a year.

<http://www.chemicals-technology.com/projects/basfs-acrylic-acid-complex-camacari/>

The global acrylic acid capacity is likely to increase from 8.70 million tonnes per annum (mtpa) in 2019 to 10.35 mtpa in 2024. Among the regions, Asia leads the capacity additions and the region's acrylic acid capacity is expected to increase from 5.44 mtpa in 2019 to 7.00 mtpa in 2024 at an average annual growth rate (AAGR) of 5.1% says GlobalData, a leading data and analytics company.

<https://www.globaldata.com/asia-lead-global-acrylic-acid-capacity-additions-2024-says-globaldata/>

Top five vendors in the global acrylic acid and its derivatives market

- **Arkema**
- **BASF**
- **Evonik Industries**
- **Mitsubishi Chemical Holdings**
- **Nippon Shokubai**

Kwas akrylowy

```
graph TD; A[Kwas akrylowy] --> B[Estry akrylowe]; A --> C[Polimeryzacja]; B --> D[Poliakrylany i kopolimery]; B --> E[Żywice i emulsje]; C --> F[Kwas poliakrylowy]; C --> G[Polimery supersorpcyjne]; D --> H[Farby lateksowe, powłoki ochronne, kleje, środki pomocnicze dla przemysłu włókienniczego, papierniczego i skórzanego, żywice konstrukcyjne, ... środki polerujące]; F --> I[Proszki do prania, uzdatnianie wody, detergenty, pieluszki, ...];
```

Estry akrylowe

Poliakrylany i kopolimery

Żywice i emulsje

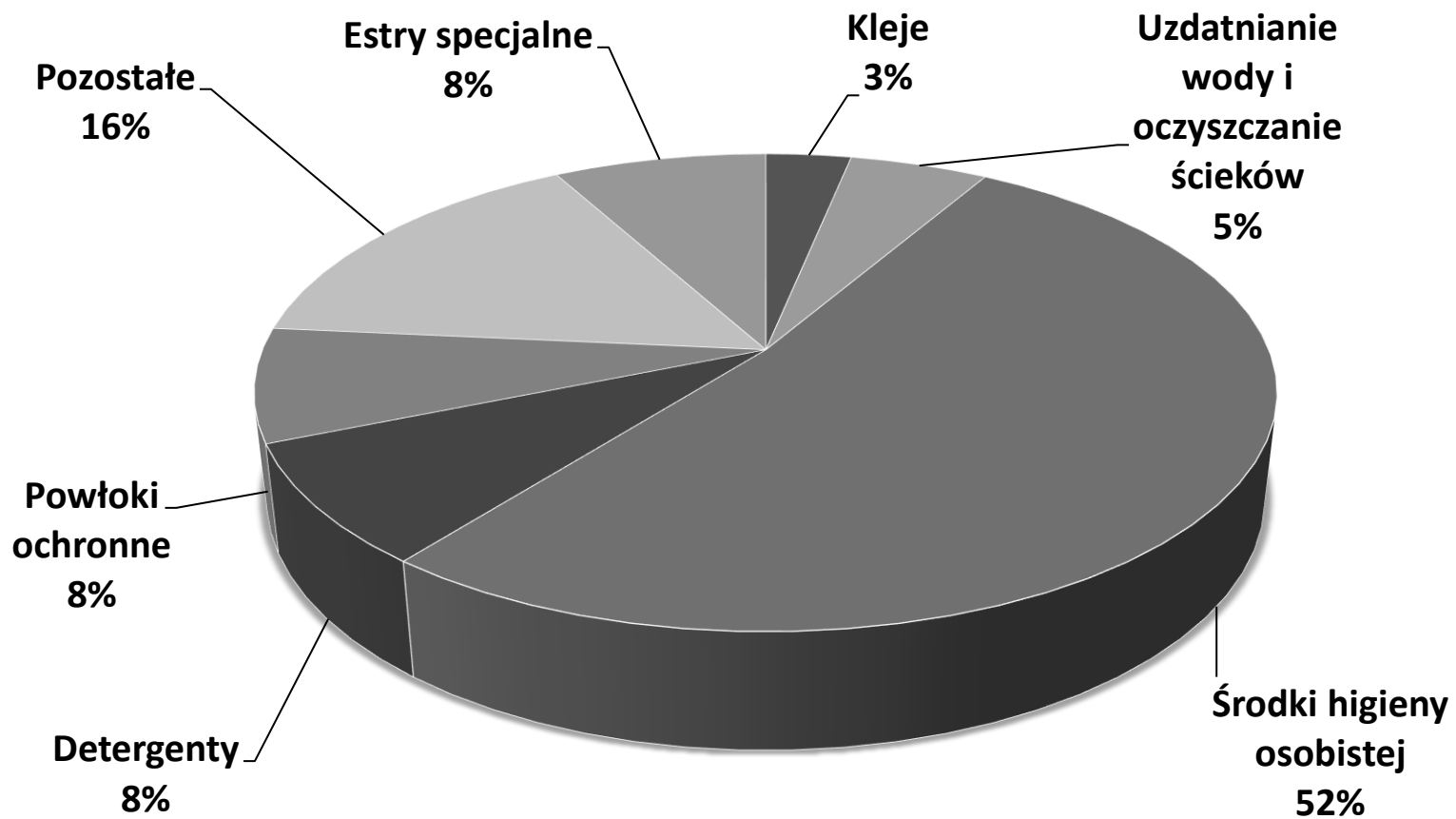
Farby lateksowe, powłoki ochronne, kleje, środki pomocnicze dla przemysłu włókienniczego, papierniczego i skórzanego, żywice konstrukcyjne, ... środki polerujące

Polimeryzacja

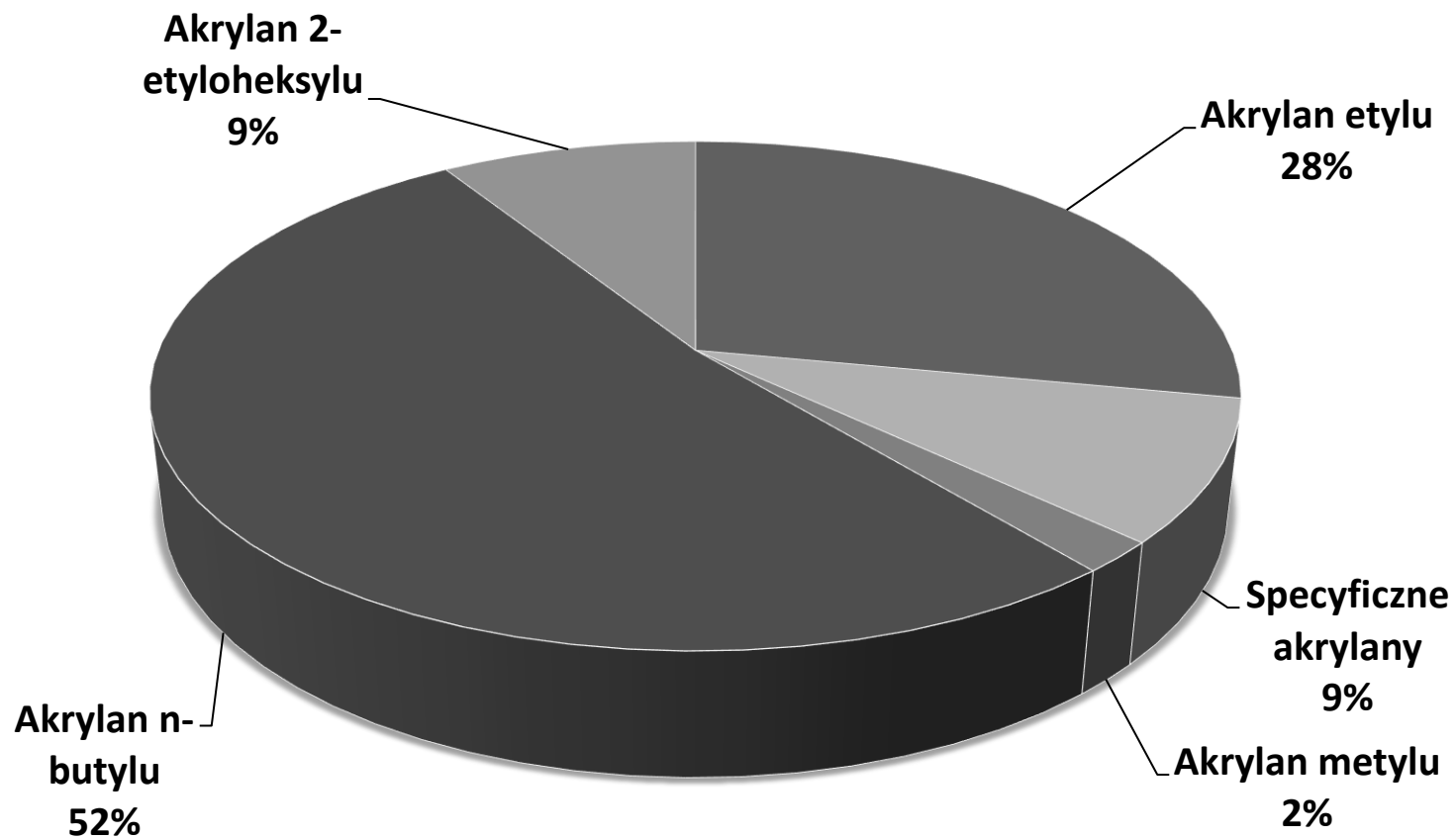
Kwas poliakrylowy

Polimery supersorpcyjne

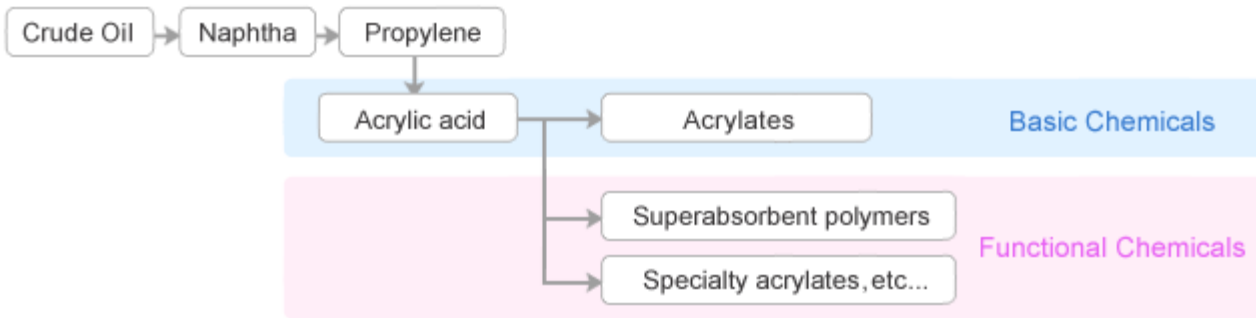
Proszki do prania, uzdatnianie wody, detergenty, pieluszki, ...



Kierunki wykorzystania lodowatego kwasu akrylowego.



Udziały poszczególnych estrów w światowej produkcji akrylanów.



Printing ink
(Acrylates)



Paints (Acrylates)



Golf balls
(Specialty acrylates)



Car paints
(Specialty acrylates,
Specialty methacrylates)



Adhesives and
tackifiers
(Acrylates)



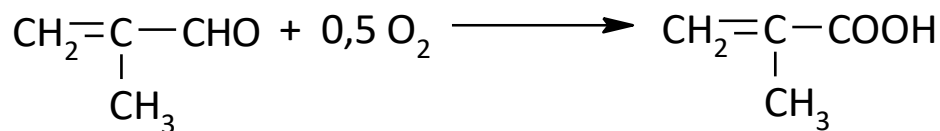
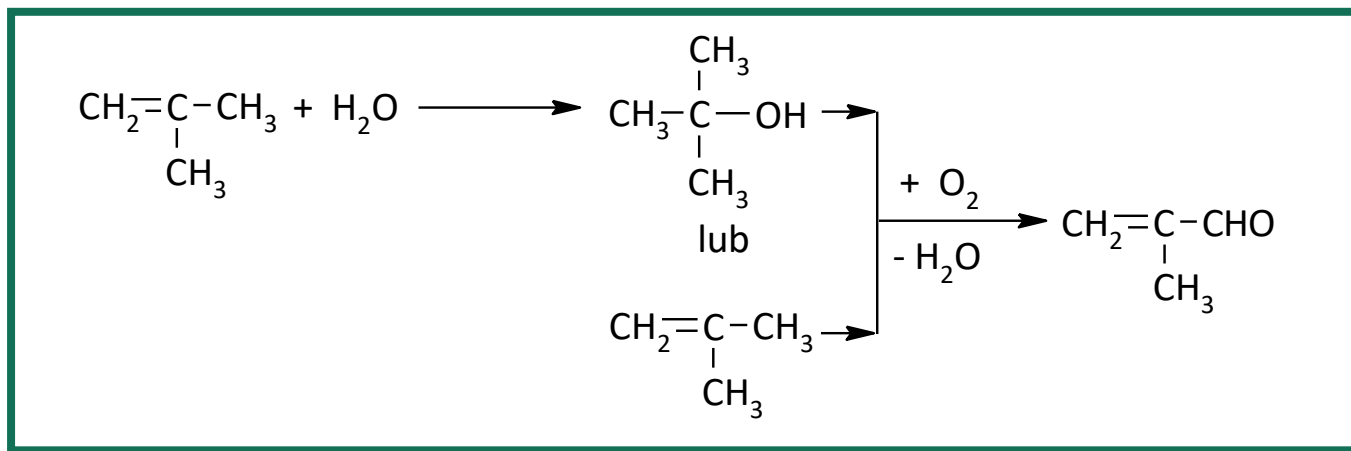
Diapers
(Sodium acrylate
copolymer, cross-
linked)



Water retaining
agent for
horticulture (Sodium
acrylate copolymer,
cross-linked)

Salt-tolerant water-
absorbing polymers:
- water blocking agent
for civil works,
- Humidity sealing
agent for power cable
(Polyacrylate,
modified cross-linked)

Utlenienie izobutyleny i alkoholu tert-butylowego



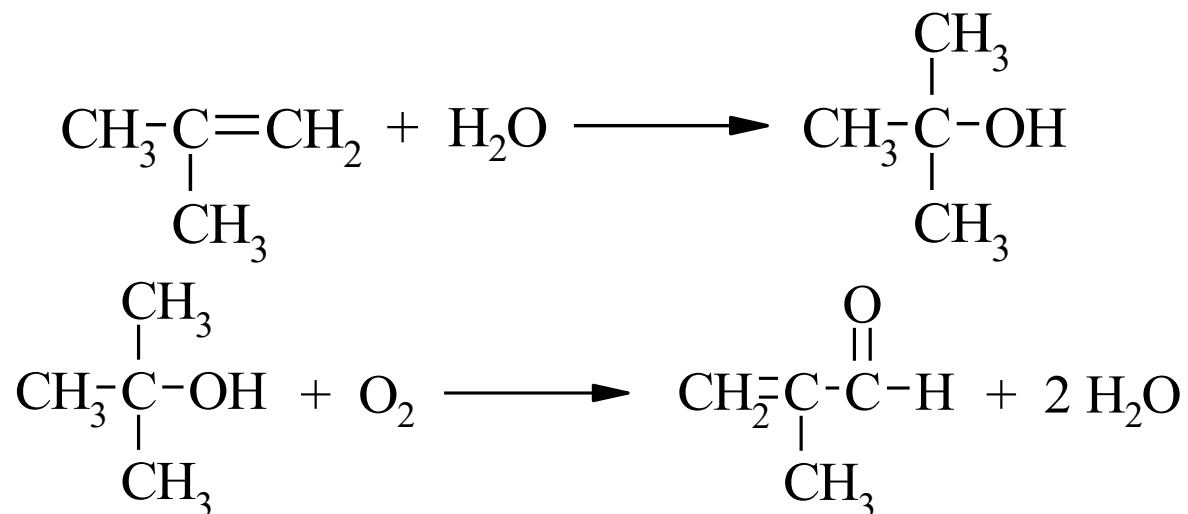
Procesy utleniania izobutyleny i alkoholu *tert*-butylowego są rozpowszechnione w Japonii, gdzie zapotrzebowanie na MTBE i alkohol *tert*-butylowy do paliw jest mniejsze, niż w innych częsciach swiata.

Pierwsze instalacje produkujące metakrylan metylu w procesach bezpośredniego utleniania izobutyleny lub alkoholu *tert*-butylowego uruchomiono na początku lat 1980-tych.

Etap utlenienia izobutyleny

- ❑ Katalizator - tlenki molibdenu i bizmutu + dodatki tlenków Co, Ni, Te, V, Sb, Fe, P i in.
- ❑ temperatura 350-450°C,
- ❑ ciśnienie zbliżone do atmosferycznego,
- ❑ rozcieńczenie mieszaniny reakcyjnej parą wodną.
- ❑ selektywność metakroleiny 70-90% przy 90-98% konwersji izobutyleny.
- ❑ Metakroleinę wydziela się z gazów poreakcyjnych, otrzymywanych po pierwszym stopniu utlenienia (*Mitsubishi Rayon* lub **strumień z pierwszego stopnia kieruje się bezpośrednio do drugiego reaktora utlenienia (*Japan Methacrylic Monomer*).**

Utlenianie izobutenu poprzez alkohol tert-butyłowy

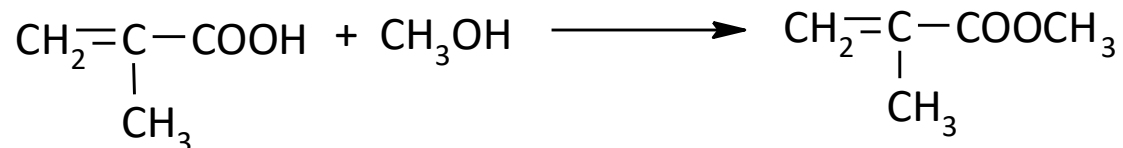


Warunki utleniania:

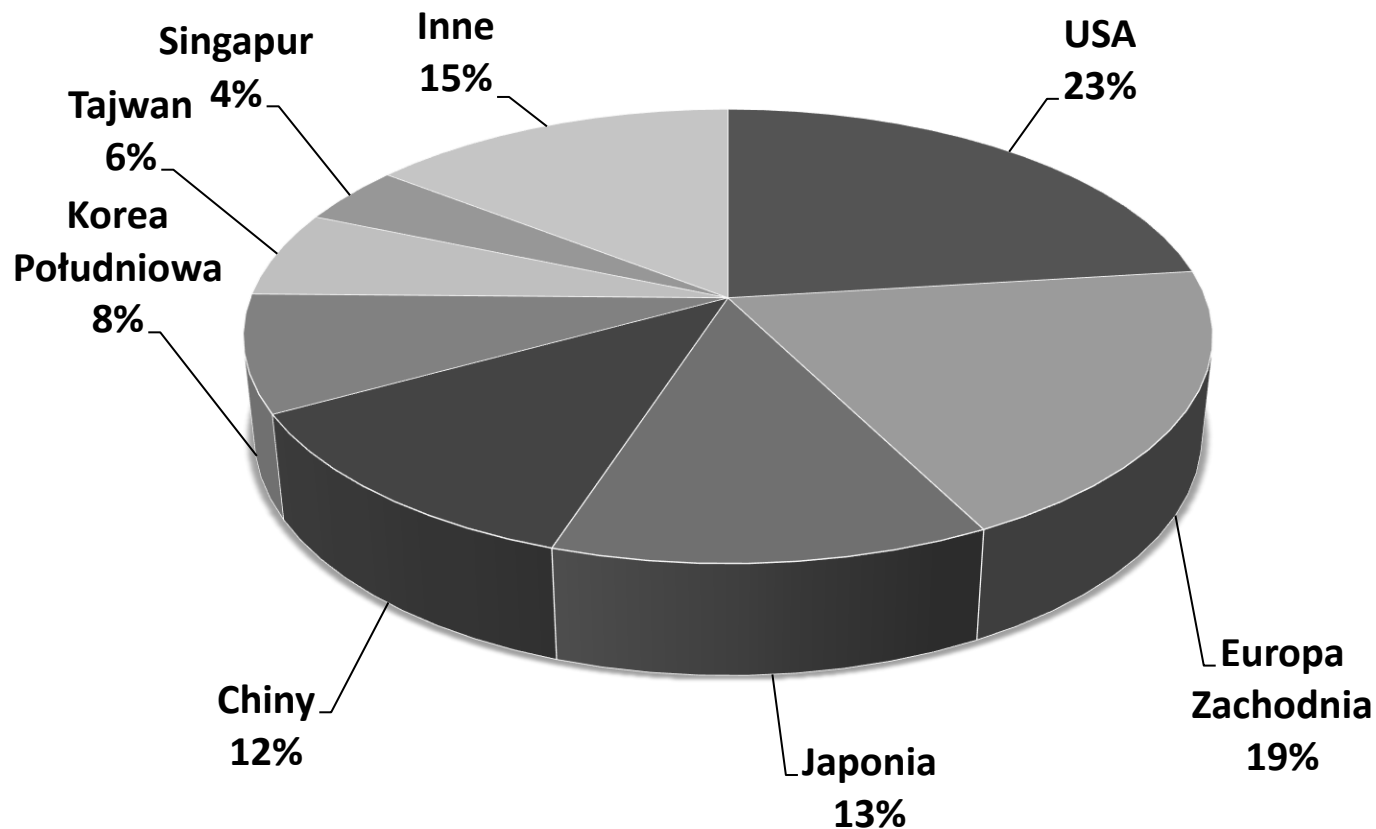
- faza gazowa,
- katalizator heterogeniczny, zawierającego tlenki Mo/Fe/Ni,
- temperatura - 420°C,
- ciśnienie - 0,1-0,3 MPa.
- konwersja alkoholu tert-butyłowego - 94%,
- selektywność do metakroleiny - 94%.

Etap drugi - utlenienie metakroleiny

- Katalizator - heteropolikwas fosfomolibdenowy z dodatkiem tlenków Te i Sb, jonów NH_4^+ , metali alkalicznych i metali ziem alkalicznych.
- Utlenianie w fazie gazowej,
- temperatura 250-350°C,
- ciśnienie bliskie atmosferycznemu.
- Przy 89% konwersji metakroleiny selektywność do kwasu metakrylowego powyżej 96%.
- Gazy poreakcyjne z drugiego reaktora zawierające kwas metakrylowy i nieprzereagowaną metakroleinę kondensuje się, aby oddzielić kwas w postaci wodnego roztworu.
- Metakroleinę zawraca się do drugiego etapu utlenienia.
- Po ekstrakcji kwasu metakrylowego rozpuszczalnikiem organicznym prowadzi się jego estryfikację do metakrylanu metylu wobec kwasu siarkowego lub silnie kwasowych żywic jonowymiennych.



Światowe zdolności produkcyjne kwasu metakrylowego i jego najważniejszej pochodnej, metakrylanu metylu pod koniec pierwszej dekady XXI wieku wynosiły około 3 mln ton.



Geografia konsumpcji metakrylanu metylu na świecie w 2008 r.

Kwas metakrylowy i metakrylan metylu – zastosowanie

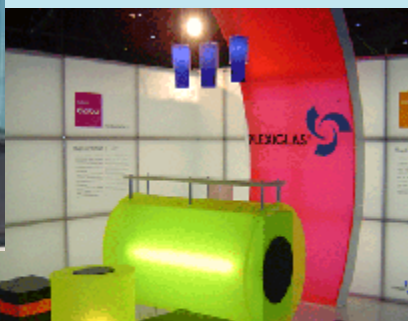
Kwas metakrylowy:

- głównie do produkcji estrów na drodze bezpośredniej estryfikacji.
- do produkcji polimerów karboksylowanych oraz jako dodatek do polimerów emulsyjnych w ilości 1-3% (m/m), mających zastosowanie przy produkcji klejów, farb, papieru i środków pomocniczych dla przemysłu włókienniczego.
- do produkcji żywic winyloestrowych.

Wśród licznej grupy polimerów pochodnych kwasu metakrylowego największe znaczenie ma poli(metakrylan metylu) (PMMA).

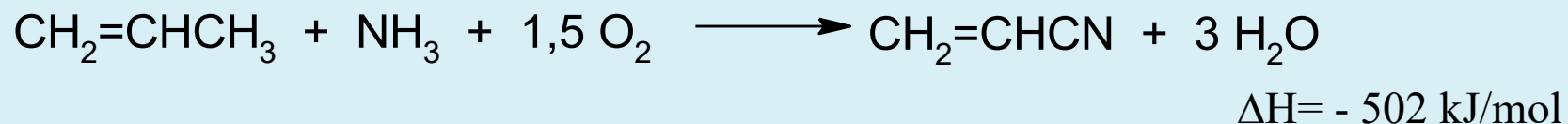
Największymi producentami metakrylanu metylu jest firma *ICI* i *Röhm and Haas*. PMMA w świecie znany jest pod nazwą *Plexiglas*, *Perspex* i *Lucite*.

Poli(metakrylan metylu)

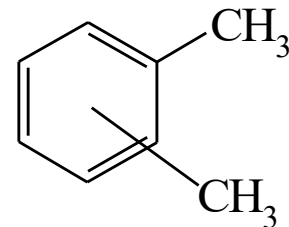
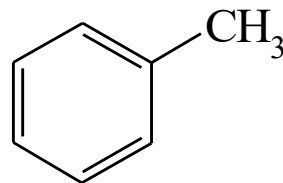
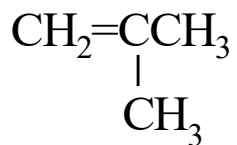


Amonoutlenianie propylenu

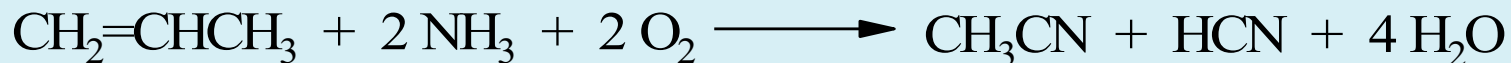
opracowane przez *Distillers* w Wielkiej Brytanii w 1959 r. i *Standard Oil of Ohio (Sohio)* w USA w 1960 r.; pierwsza instalacja przemysłowa w 1960 r. przez Sohio



Typy związków ulegających (amono)utlenieniu:



reakcja uboczna:

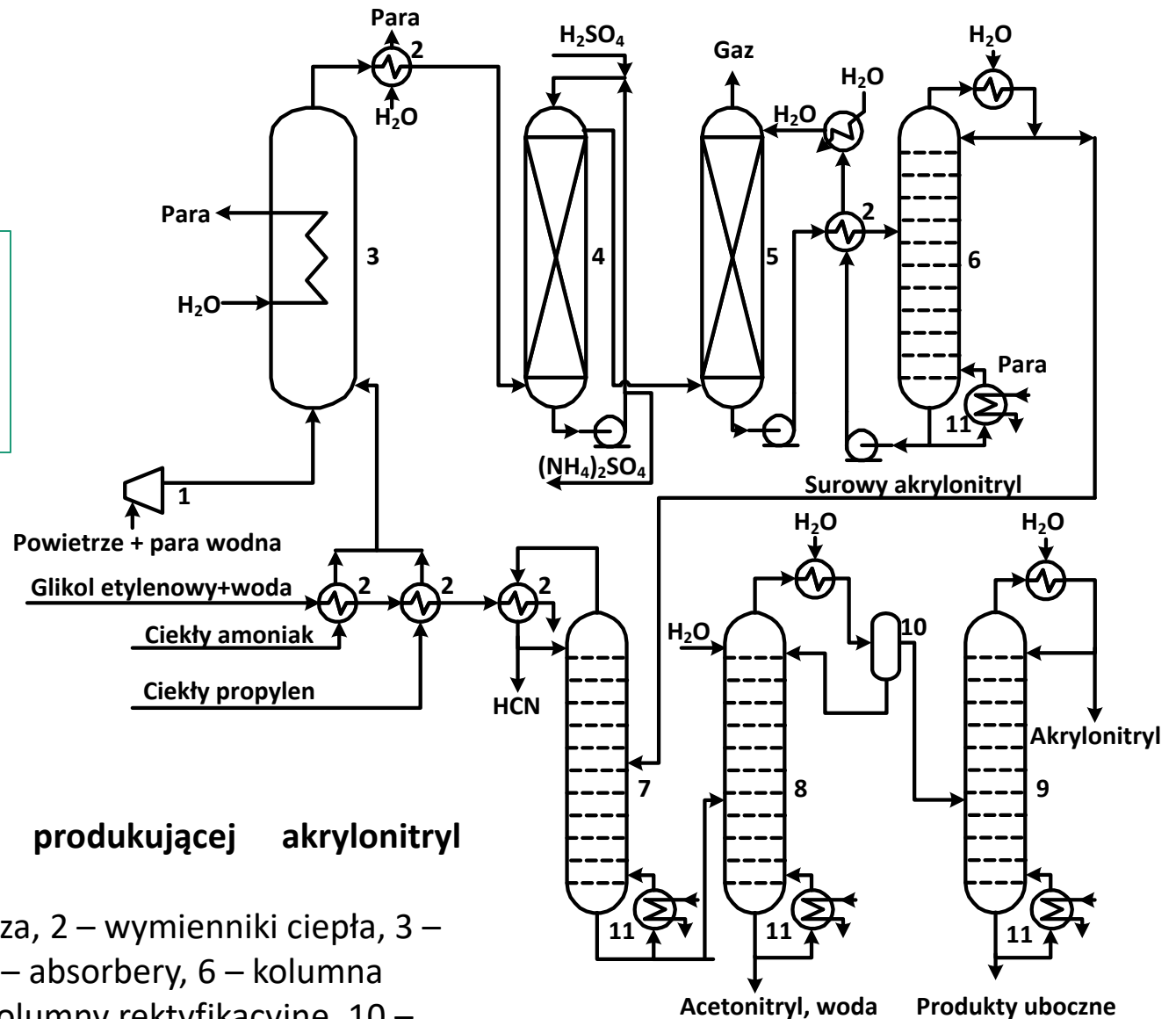


Metoda Sohio (ok. 90% światowej produkcji)

- ❑ reaktor fluidalny
- ❑ katalizator dwufunkcyjny - kompozycje tlenków bizmutu i molibdenu z dodatkiem innych tlenków (P, Fe, Ni, Co).
- ❑ stechiometryczne ilości propylenu i amoniaku z niewielkim nadmiarem powietrza ($C_3H_6:NH_3:O_2=1:(0,9\div 1,0):(1,8\div 12,4)$);
- ❑ Substraty - ciekły amoniak i propylen;
- ❑ temperatura 420-500°C, ciśnienie 0,2-0,3 MPa;
- ❑ czas przebywania reagentów w warstwie fluidalnej ok. 6-10 s;
- ❑ ciepło wydzielane w procesie (ok. 700 kJ/mol);
- ❑ selektywność akrylonitrylu 80-85% (w przeliczeniu na propylen);
- ❑ produkty uboczne: HCN, CH_3CN , niewielkie ilości HCHO i CH_3CHO (tworzące się wskutek utleniającej destrukcji propylenu), a także CO_2 .

Surowy akrylonitryl:

- 70-75% akrylonitrylu,
- 12-15% HCN,
- ok. 3% akroleiny,
- 1-3% CH_3CN
- ok. 6% H_2O



Schemat instalacji produkującej akrylonitryl metodą *Sohio*;

1 – sprężarka powietrza, 2 – wymienniki ciepła, 3 – reaktor fluidalny, 4, 5 – absorbery, 6 – kolumna odpędowa, 7, 8, 9 – kolumny rektyfikacyjne, 10 – kondensator, 11 – podgrzewacze parowe

PETKİM GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

P.K. 12 35801

Aliğa / İzmir

TÜRKİYE

90.000 TPY



INEOS Green Lake plant, in Calhoun County, Texas, started up in 1981 and today produces 450,000 tonnes of acrylonitrile per year.

In 2015 the capacity increased to 545 kt per year.

Inne procesy amonoutleniania propylenu

proces Montedison

- ❑ amonoutlenianie propylenu w reaktorze fluidalnym w 420-460°C w obecności katalizatora składającego się z tlenków Te, Ce i Mo na SiO₂.
- ❑ wydajność akrylonitrylu ok. 66% (w przeliczeniu na propylen); modyfikacja tej metody przez UOP doprowadziła do poprawy wydajności akrylonitrylu do ponad 80% przy stopniu konwersji propylenu ok. 95%. Ponadto zmniejszono używaną ilość NH₃, przez co w procesie powstaje mniej (NH₄)₂SO₄.

proces Snam-Progetti/Anic

- ❑ proces prowadzony jest przy pomocy katalizatora w złożu stałym opartym na tlenkach Mo/V lub Bi
- ❑ temperatura 440-470°C
- ❑ ciśnienie 0,2 MPa.

proces BP (Distillers)-Ugine

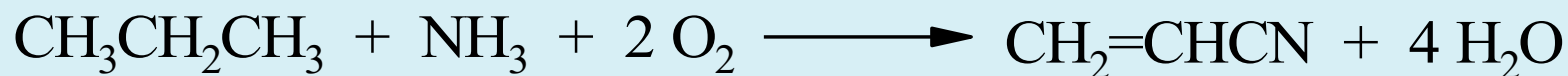


- ❑ utlenianie do akroleiny wobec katalizatora Se/CuO,
- ❑ reakcja z amoniakiem i powietrzem w temperaturze 300-550°C, wobec stałego złoża MoO₃ jako katalizatora.
- ❑ selektywność akrylonitrylu w przeliczeniu na akroleinę wynosi ok. 90%.

Możliwości otrzymywania akrylonitrylu

Amonoutlenianie propanu

BP, Asahi Chemicals i *Mitsubishi Chemicals*



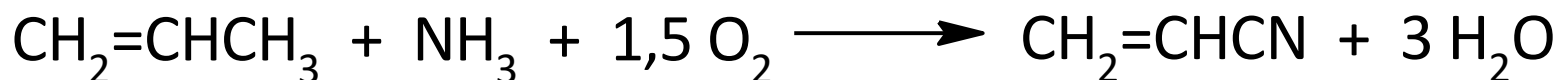
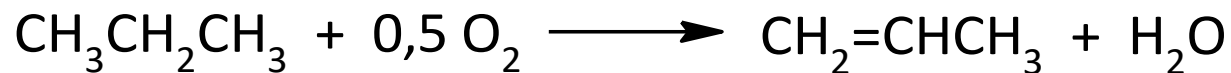
Proces BP

- temperatura - 485-520°C,
- wydajność ok. 40%.

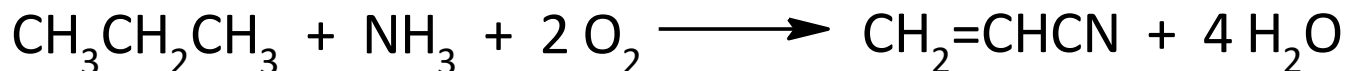
Proces Mitsubishi Kasei Co. (MKC) opracowany w 1997 r.

- reaktor fluidalny
- konwersją propanu (>90%),
- wydajność amonoutleniania ok. 60%,

Równoczesne katalityczne odwodomienie utleniające i amonoutlenienie



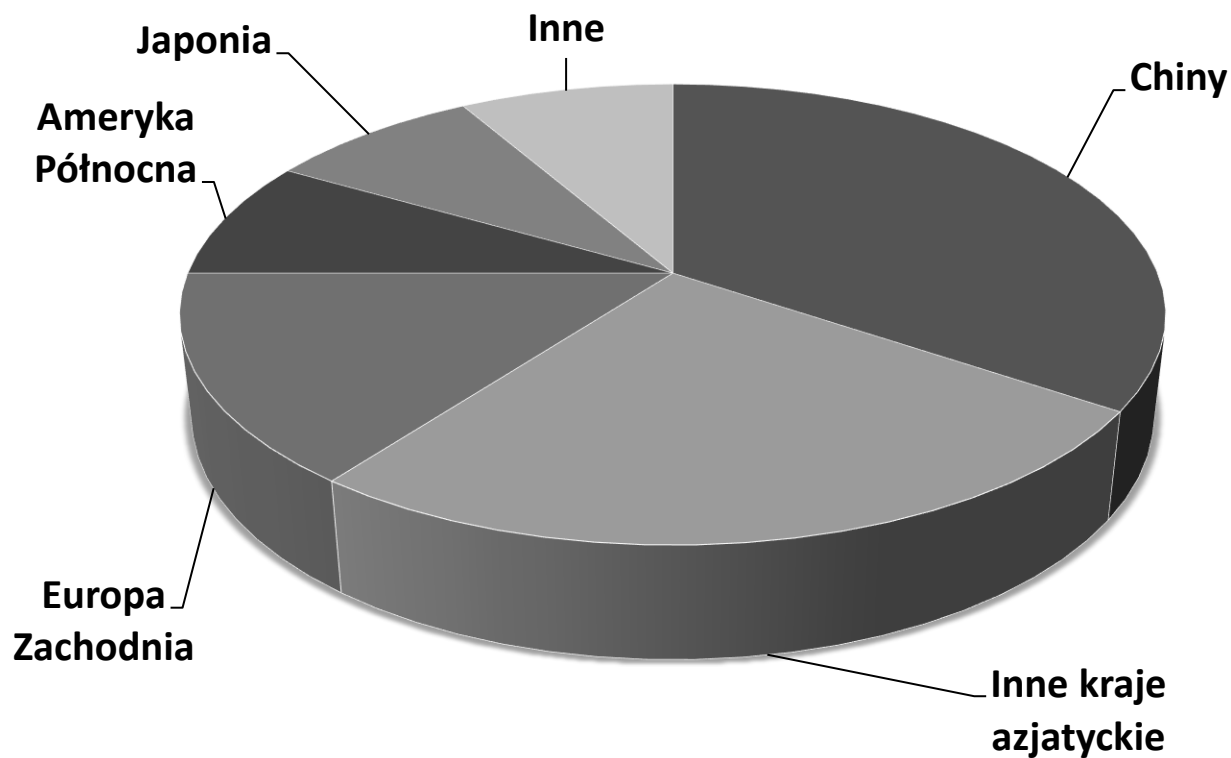
sumarycznie:



Pierwsza instalacja amonoutleniania propanu została uruchomiona w 2010 roku w Tajlandii (firmy *Asahi Kasei* o zdolności produkcyjnej 200 tys. ton; *joint venture* z *PTT Chemical*).

Firma ogłosiła również rozpoczęcie budowy nowej instalacji amonoutleniania w Korei Południowej w Ulsan o zdolności produkcyjnej 245 tys. Ton. Jej uruchomienie planowano na 2013 rok. Tym samym zdolności produkcyjne *Asahi Kasei* wzrosły z 750 tys. ton akrylonitrylu (450 tys. w Japonii i 300 tys. w Korei Płd.) do ok. 1,2 mln ton rocznie.

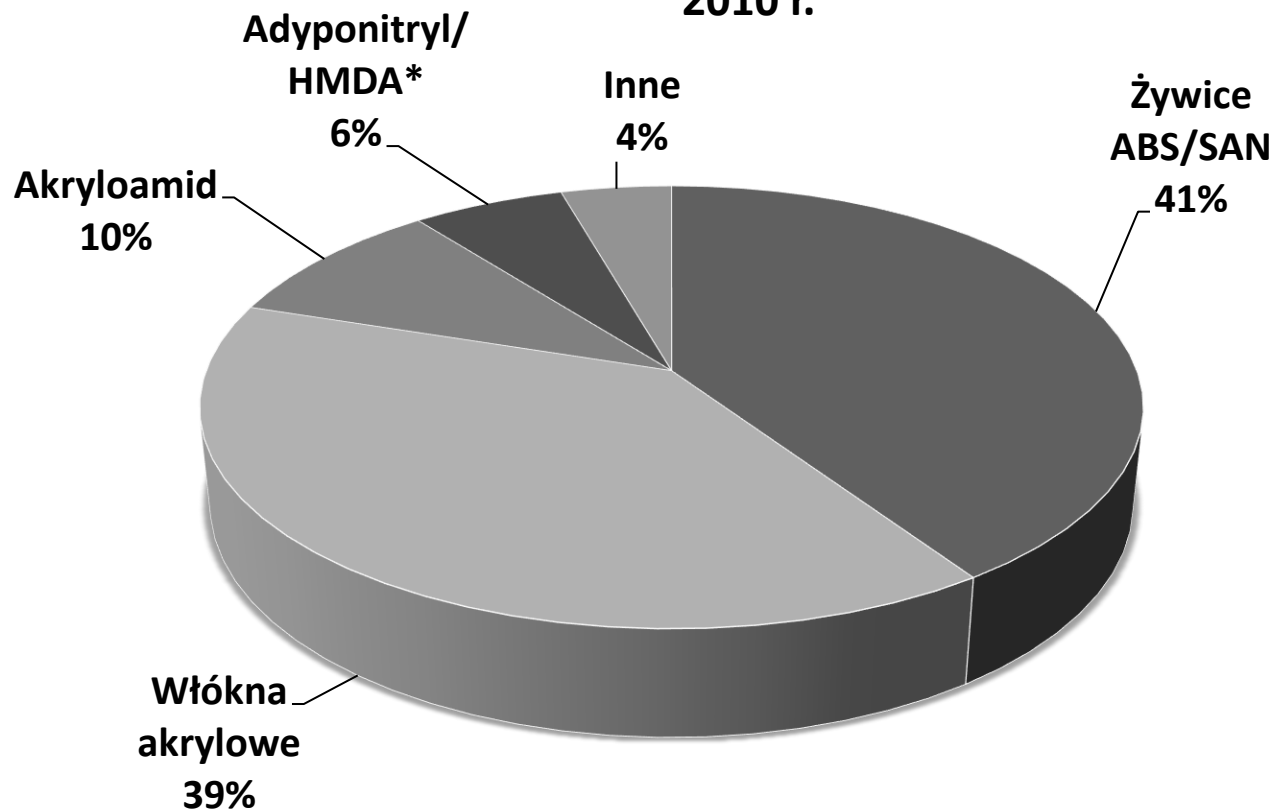
The acrylonitrile market was valued at over 6 million ton in 2020.



Geografia światowej produkcji akrylonitrylu w 2011 r.

*HMDA – heksametylenodiamina

Kierunki zużycia akrylonitrylu na świecie w 2010 r.



Włókna syntetyczne z poliakrylonitrylu: *Anilana* (Polska), *Orlon* (USA), *Dralon* (Niemcy), *Acryl* (Szwajcaria).