

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

AGH

Inżynieria Chemiczna

Transport masy i ciepła

dr hab. inż. Agnieszka Gubernat, prof. AGH

gubernat@agh.edu.pl

p.1.14; budynek B8

PLAN WYKŁADÓW

1. Wprowadzenie, podstawowe zasady , podstawowe zasady technologii chemicznej, schemat procesowy
2. Termodynamika procesów, energia, ciepło
3. Źródła energii, spalanie i właściwości paliw, niekonwencjonalne źródła energii
4. Temperatura, zerowa i trzecia zasada termodynamiki, entropia, termodynamiczna definicja temperatury,
5. Termometria, pomiary temperatury
6. Suszenie i suszarnie
7. Przepływ ciepła, mechanizmy wymiany ciepła, stałe materiałowe
8. Płyiny, statyka, dynamika, równanie ciągłości strugi, prawo Bernouliego
9. Opory przepływu, filtracja, opadanie cząstek w płynach, sedimentacja,
10. Pomiary prędkości i natężenia przepływu,
11. Homogenizacja zawiesin, ocena jednorodności,
12. Segregacja hydrauliczna, odpylanie i oczyszczanie gazów.
13. Reologia, modele reologiczne, zawiesiny i pasty,
14. Rozdrabnianie ciał stałych, klasyfikacja ziarnowa, metodyka pomiaru rozkładu i wielkości ziaren,

ODNAWIALNE I NIEKONWENCJONALNE ŹRÓDŁA ENERGII



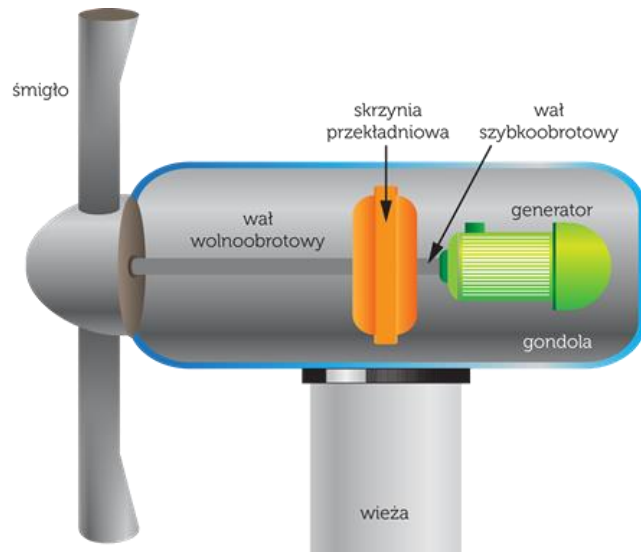
ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

Czyli nie podgalające zużyciu, np.:

- promieniowanie słoneczne,
- wiatry,
- biomasa,
- woda w postaci fal, pływów, sptywu rzek,
- energia geotermiczna.



ENERGIA WIATRU



Potencjał wiatru jest przetwarzany na energię elektryczną dzięki zastosowaniu silnika wiatrowego zespolonego z generatorem prądotwórczym. Niestety zastąpienie elektrowni konwencjonalnej wymaga zamontowania na dużym terenie ok. 1000 wiatraków (elektrownia wiatrowa). Wykorzystuje się tego typu źródło na terenach oddalonych od siedlisk ludzkich. Wydajność takiej metody wytwarzania prądu wynosi do 40%.

Wadą jest również to, że powoduje hałas, szkodliwy nie tylko dla człowieka, ale i zwierząt. Ponadto wiele ludzi uważa, że wiatraki źle komponują się z krajobrazem.

ENERGIA SŁONECZNA

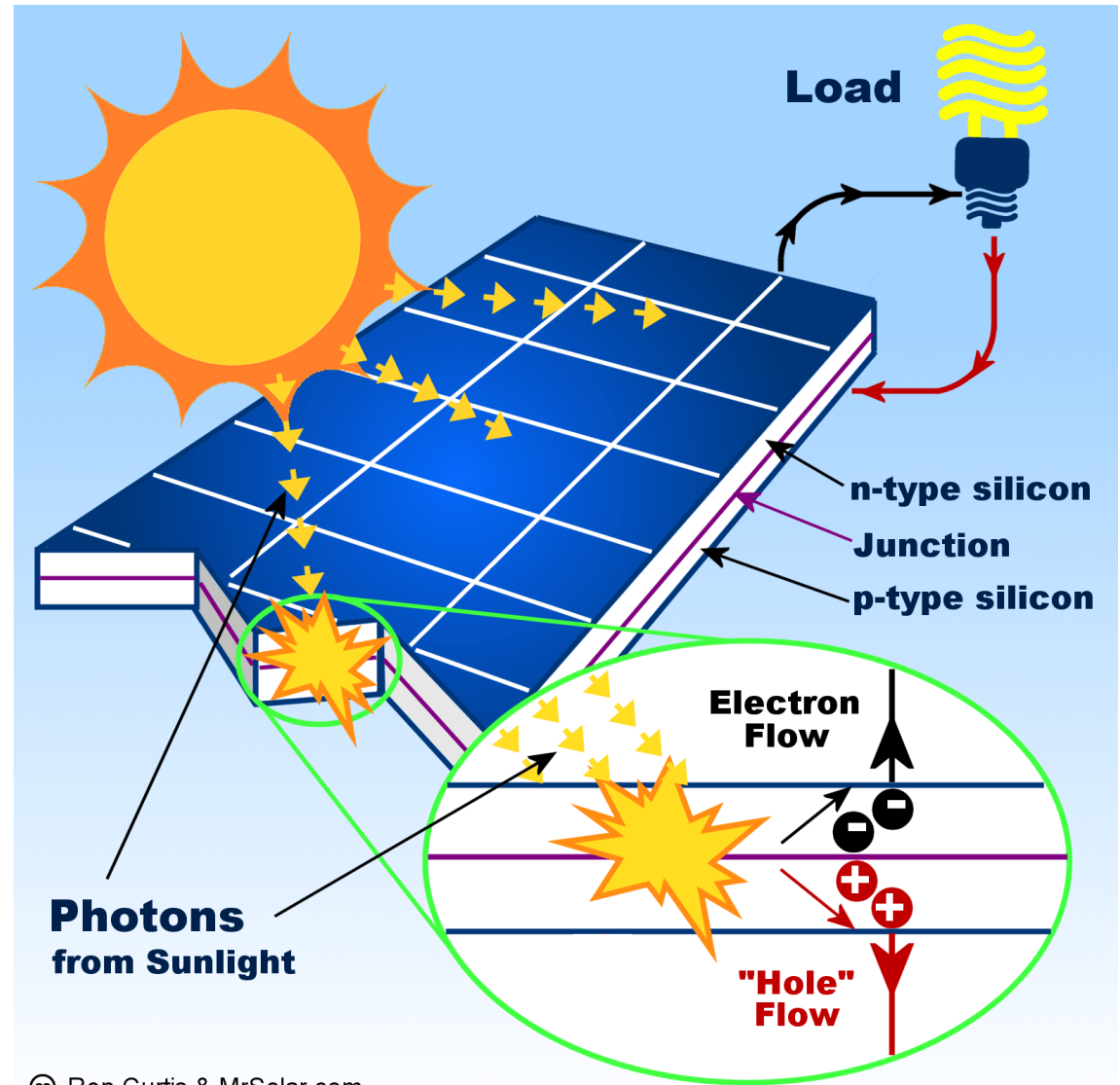
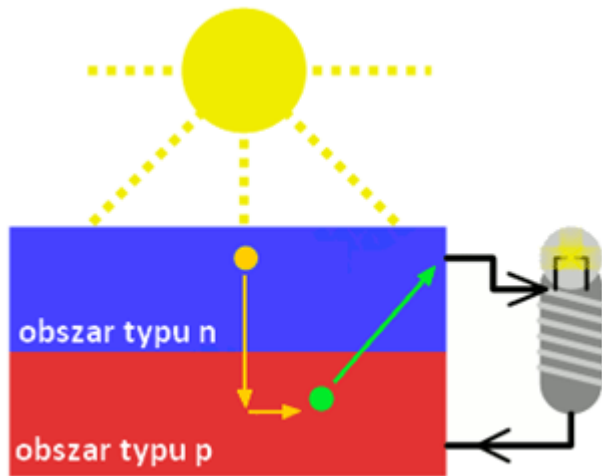


Ten rodzaj energii jest uważany za najbezpieczniejszy. Jedynie 50% energii docierającej ze Słońca jest dostępne na Ziemi. Reszta jest odbijana (20%) i pochłaniana (30%) przez atmosferę. Część z tych 50% jest wykorzystywana przez organizmy zamieszkujące naszą planetę.

Niestety energia słoneczna nie jest wykorzystywana w dużym stopniu ze względu na mało wydajne urządzenia do jej przetwarzania. Jej zastosowanie sprowadza się do ogrzewania wody, powierzchni mieszkalnej czy suszenia zbóż poprzez umieszczenie na dachach budynku baterii słonecznych. W Polsce zastosowanie tego rodzaju rozwiązań jest małe (ciągle rośnie) ze względu na zbyt małą ilość dni słonecznych.

ENERGIA SŁONECZNA - FOTOWOLTAIKA

efekt fotowoltaiczny



© Ron Curtis & MrSolar.com

ENERGIA SŁONECZNA - FOTOWOLTAIKA



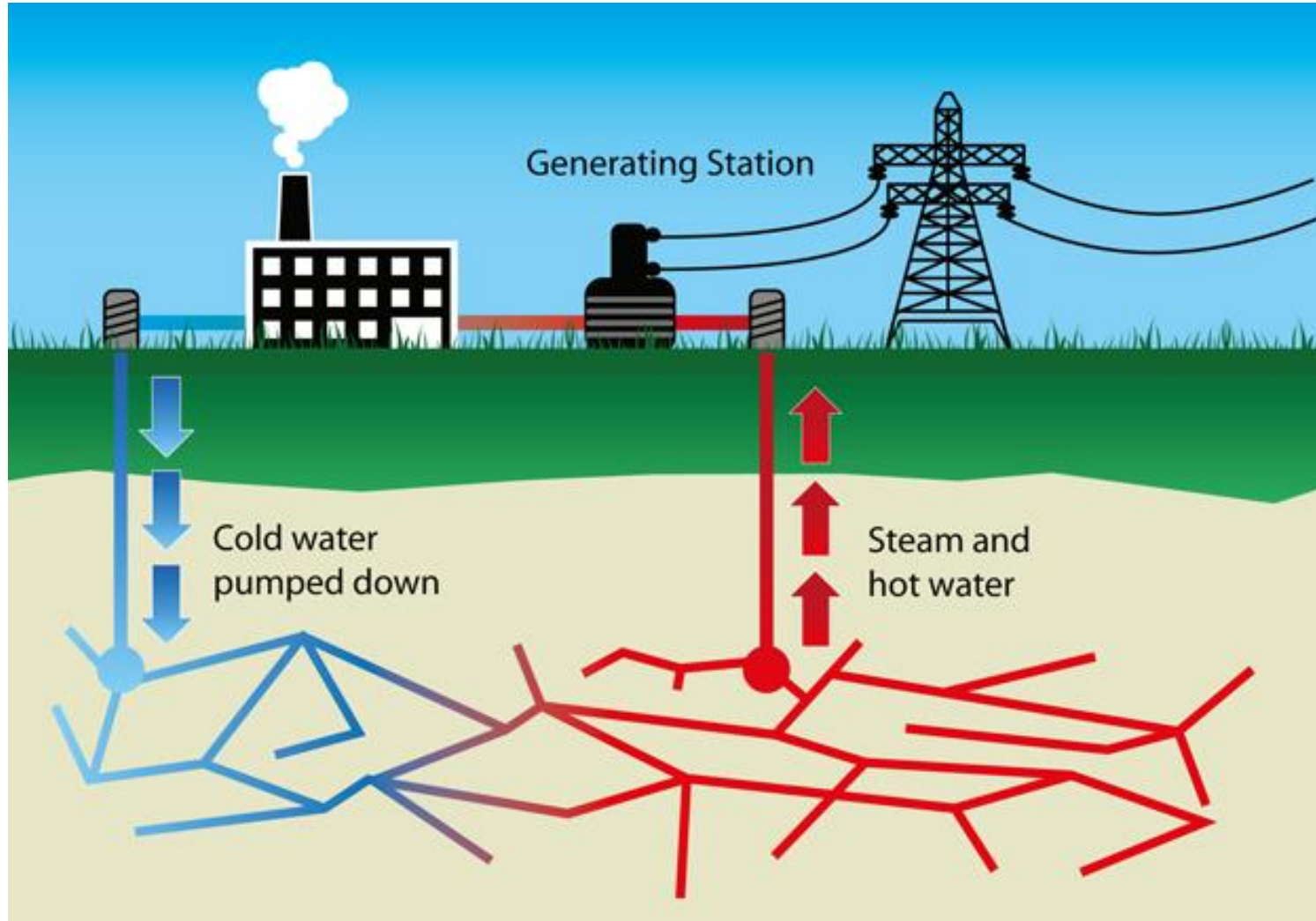
ENERGIA GEOTERMALNA



W tym rodzaju energii wykorzystuje się podwyższoną temperaturę skał i wód podziemnych. Temperatura wód termalnych może dochodzić do 300°C na głębokości 250-600 m. W geoelektrowniach energia pochodząca z wnętrza naszej planety jest przekształcana w elektryczną. Wydajność tego typu urządzeń nie jest jednak zbyt duża i wynosi w zakresie 20 - 25%.

Wody geotermalne występują dość powszechnie, dlatego wydawać, by się mogło, że stanowią idealne źródło ciepła, niestety tak nie jest. Przy wydobywaniu gorącej cieczy wydostaje się również m. in. siarkowodor, szkodliwy gaz, który jest neutralizowany, a przez to koszty eksploatacji rosną. Ponadto wydzielają się także radioaktywny radon.

ELEKTROWNIA GEOTERMALNA



ENERGIA WODNA



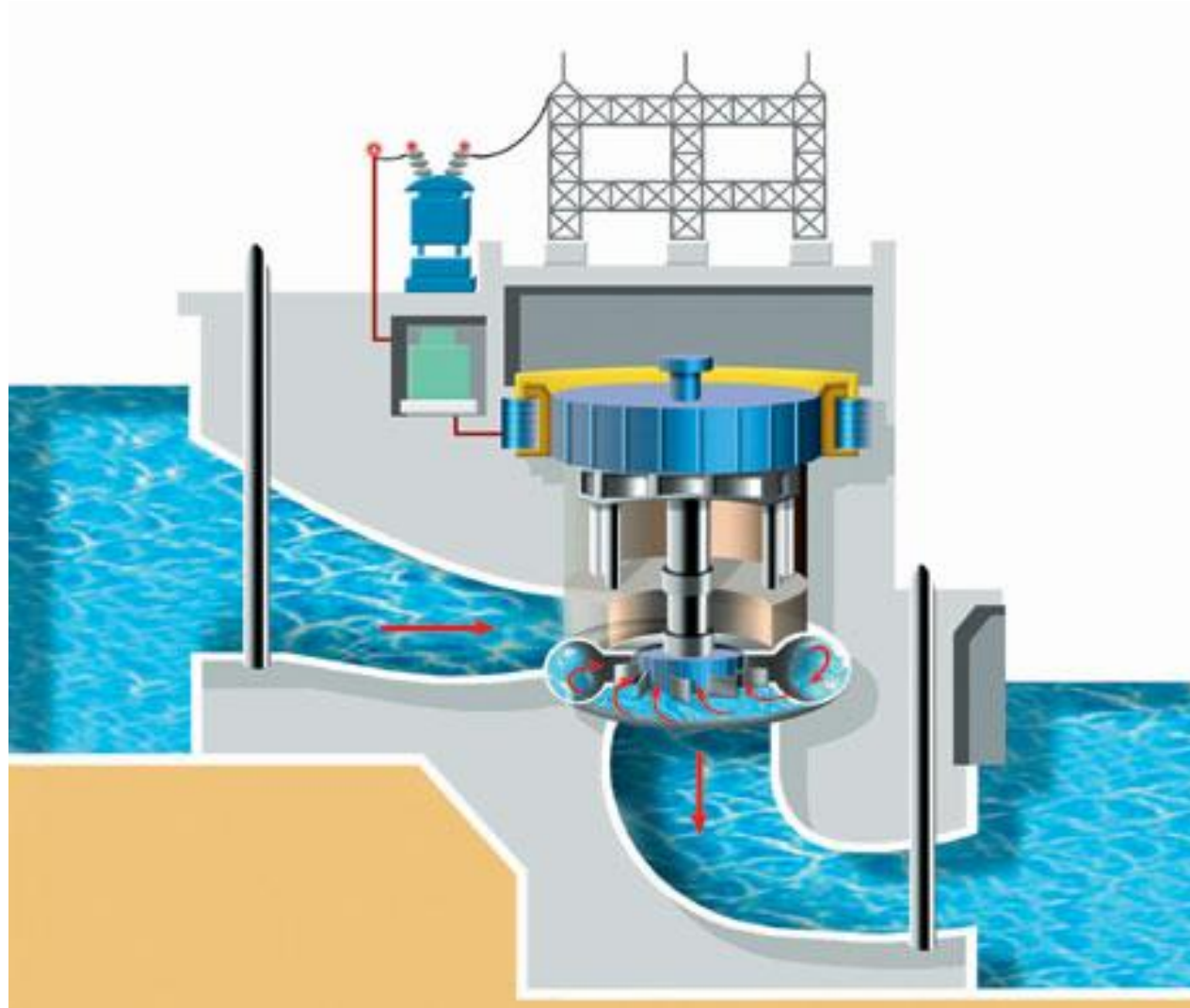
Jest ona związana z energią jaka niesie sptywająca woda z pewnej wysokości. Potencjał wodny płynący przez turbinę hydroelektrowni jest zamieniany na energię elektryczną przez generator.

Wydajność tego typu urządzeń jest dość wysoka i wynosi rzędu 80 - 90%.

Woda jest też siłą napędową w elektrowniach związanych z pływami. Działają one na podobnej zasadzie jak te rzeczne, jednak ich wydajność powoduje ich znikome zastosowanie. Energia, związana również z morzem, drzemie w falach. Te elektrownie maremotoryczne są rzadko stosowane, również ze względu na małą wydajność.

Przyszłościowe wydaje się również zjawisko różnicy temperatur pomiędzy powierzchnią nagrzaną przez Słońce a głębiniami morskimi. Niestety dotychczas nie udało się tego faktu wykorzystać.

ELEKTROWNIA SZCZYTOWO-POMPOWA



INNE ŹRÓDŁA ENERGII

Ostatnio zyskało popularność ogrzewanie domów czy nawet osiedli dzięki spalaniu *biomasy (wysuszone rośliny)*. Z odpadów organicznych można również wytworzyć biogaz.

Próbuje się także wykorzystać odpady komunalne oraz przemysłowe do wytwarzania energii.



Do celów energetycznych wykorzystuje się najczęściej:

- drewno o niskiej jakości technologicznej oraz odpadowe,
- odchody zwierząt,
- osady ściekowe
- słomę, makuchy i inne odpady produkcji rolniczej,
- wodorosty uprawiane specjalnie w celach energetycznych,
- odpady organiczne np. wysłodki buraczane, łodygi kukurydzy, trawy, lucerny,
- oleje roślinne i tłuszcze zwierzęce.

W Polsce na potrzeby produkcji biomasy można uprawiać rośliny szybko rosnące:

- wierzba wiciowa,
- ślazioiec pensylwański lub inaczej malwa pensylwańska,
- topinambur czyli słonecznik bulwiasty ,
- róża wielokwiatowa znana też jako róża bezkolcowa ,
- rdest sachaliński (*Polygonum sachalinense*)
- trawy wieloletnie, jak np.:
 - miskant, miskant olbrzymi czyli trawa słoniowa,
 - miskant cukrowy,
 - spartina preriowa,
 - palczatka Gerarda,
 - proso różgowe,





Spalanie biomasy jest uważane za korzystniejsze dla środowiska niż spalanie paliw kopalnych, gdyż zawartość szkodliwych pierwiastków (przede wszystkim siarki) w biomasie jest niższa.

Wadą stosowania biomasy do uzyskiwania energii jest wydzielanie szkodliwych substancji podczas spalania białek i tłuszczów.

Największy w Polsce kocioł opalany biomasą znajduje się w Elektrowni Szczecin. W większości polskich elektrowni prowadzone jest współspalanie czyli spalanie węgla z dodatkiem biomasy, a nie czystej biomasy.

Oprócz bezpośredniego spalania wysuszonej biomasy, energię pochodzącą z biomasy uzyskuje się również poprzez:

- zgazowanie - *gaz generatorowy* (głównie wodór i tlenek węgla) powstały ze zgazowania biomasy w zamkniętych reaktorach (tzw. gazogeneratorach) - jest on spalany w kotle lub bezpośrednio napędza turbinę gazową bądź silnik spalinowy, może być też surowcem do syntezy Fischera-Tropscha.
- w wyniku fermentacji biomasy otrzymuje się *biogaz*, metanol, etanol, butanol i inne związki, które mogą służyć jako paliwo.
- estryfikację - *biodiesel*.

REAKTORY TERMICZNE W INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I TECHNOLOGII CHEMICZNEJ

piece; suszarnie; autoklawy

Dawniej wykorzystywano tylko konwencjonalne źródła energii cieplnej - paliwa stałe, ciekłe i gazowe.

Obecnie wykorzystywane są również inne źródła ciepła:

- rezystancyjne,
- laserowe,
- słoneczne,
- plazmowe,
- detonacyjne,
- łuk elektryczny,
- mikrofalowe,

PIECE (REAKTORY)

Cechą wspólną reaktorów jest to, że potrzebują chemicznych źródeł energii (spalanie paliw) - przekazywanie ciepła za pośrednictwem spalin.

Wielkość pieca zależy od tego co jest wypalane, badane, tak aby pole temperaturowe było odpowiednio szerokie.



CERAMICZNY PIEC OBROTOWY

Wielkość pieca zależy od metody przygotowania wsadu, ma 30 - 60 m przy metodzie suchej przygotowania wsadu i 80 - 150 m przy metodzie mokrej. Ma około 2,5 - 3,5m średnicy i nachylony jest do poziomu po kątem 2° - 5° tak, że podczas jego obrotów (około 2 - 5 na minutę) materiał przesuwają się stopniowo od zasypu do wylotu znajdującego się przy niżej położonym końcu. Surowce przesuwają się zwykle z taką szybkością, że cały proces trwa 2 - 3 godziny.



CERAMICZNY PIEC OBROTOWY

Piece obrotowe w Polsce opalane są głównie pyłem węglowym przygotowanym z miazgi węglowej wysuszonego i zmielonego w specjalnych młynach. Gorące spaliny przemieszczają się wzdłuż pieca i ochładzają się, nagrzewając przesuwający się w przeciwną stronę wsad. Najwyższą temperaturę osiąga się w najniższej części pieca.

I strefa suszenia obejmuje około 24% długości pieca. Temperatura 100°C.

II strefa podgrzewania obejmuje około 40% długości pieca ulega ogrzaniu do ok. 700°C. W strefie tej odbywa się także rozkład materiałów ilastych (500°-600°C) przebiegający z wydzieleniem wody związanej chemicznie. Temperatura ok. 700°C powoduje endotermiczny rozkład węglanu wapniowego z jednoczesnym powstaniem związków tlenku wapnia z powstałymi przy rozpadzie gliny tlenkami kwasowymi.

CERAMICZNY PIEC OBROTOWY

III strefa rozkładu węglanów obejmująca 28-30% długości pieca i zwanej często strefą kalcynacji. Koniec strefy kalcynacji przypada na temperaturę materiału nieco ponad 1200°C, w której zaczyna pojawiać się faza ciekła. Od tego momentu zaczyna się faza spiekania. Pojawienie się fazy ciekłej powoduje szybką reakcję pozostałego tlenku wapnia (CaO) i szybkie ukształtowanie się ostatecznego składu klinkieru.

IV strefa spiekania jest krótka i obejmuje zaledwie 9-10% długości pieca. W jej obrębie temperatura najpierw wzrasta z 1250°C do 1450°C, a następnie maleje do 1200°C. Ze strefy spiekania klinkier o temperaturze 1000°-1200°C przechodzi do urządzeń chłodzących, dzięki którym jego temperatura zostaje obniżona do ok. 100°C.

WANNA SZKLARSKA

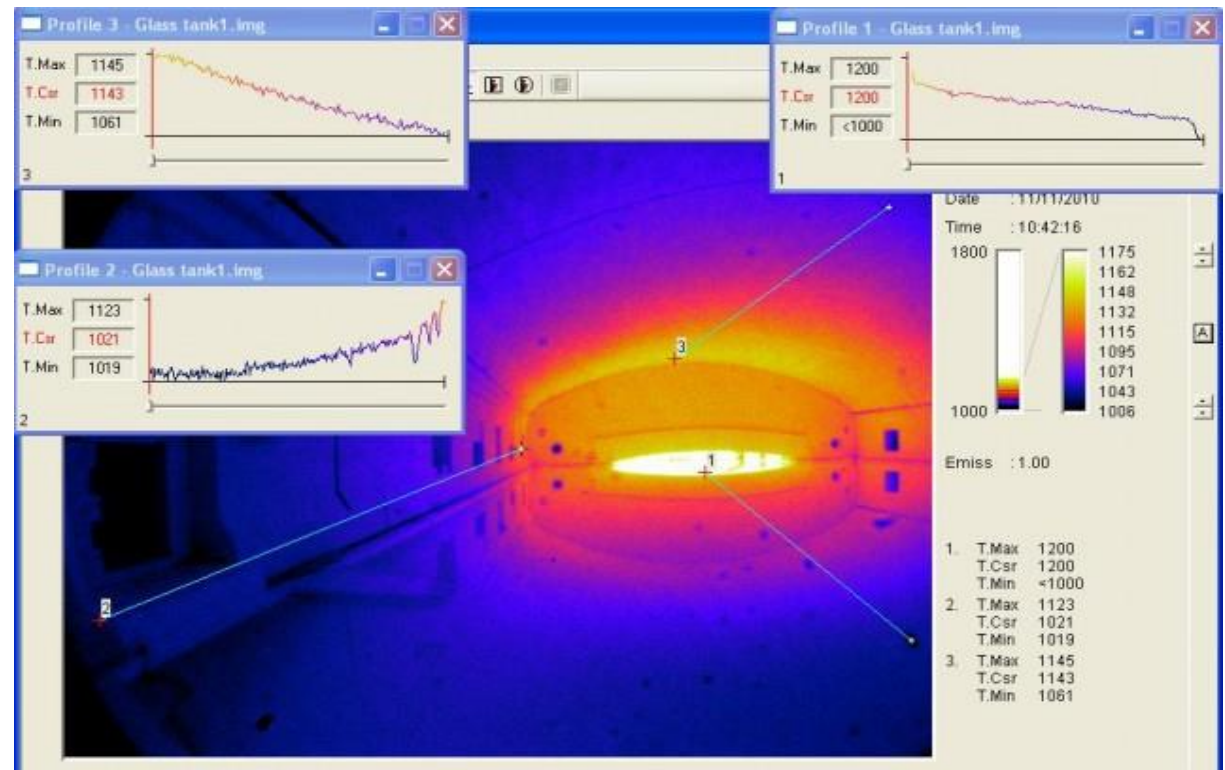
Piec do wytopu szkła wykorzystywany w hutach szkła, w którym pod wpływem ogrzewania do temperatury topnienia, w obecności topników (i ewentualnie pigmentów przy produkcji szkła barwionego) następuje stopienie surowców i uzyskanie płynnej masy szklarskiej.



WANNA SZKLARSKA

Do opalania pieców płomiennych stosowane są:

- gaz ziemny
- gaz generatorowy
- olej opałowy

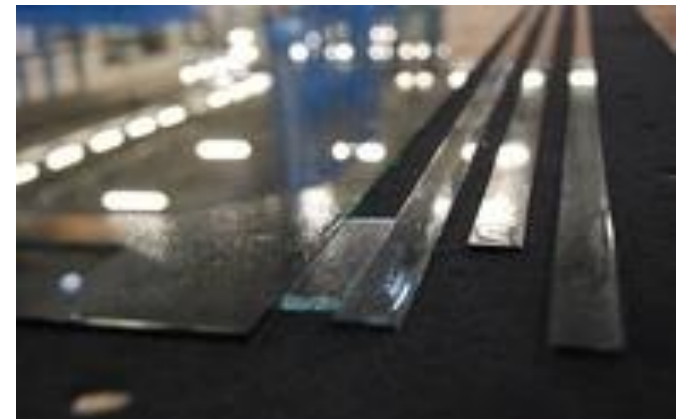




AGH

WANNA SZKLARSKA

W palnikach wanny szklarskiej spalane jest w ciągu godziny 4.000 m³ gazu ziemnego, zapotrzebowanie roczne domu dwurodzinnego, aby w temperaturze ok. 1550°C wytworzyć jednorodną masę szklaną. W części topliwej pieca o szerokości ok. 12 m i długości 60 m znajduje się do 1.700 ton stopionego szkła. W piecu tym masa szklana przepływa przez różne strefy. Pierwszą z nich jest strefa topienia, gdzie odbywa się topienie zestawu. W strefie klarowania następuje proces klarowania szkła, to znaczy usuwania pęcherzy gazowych znajdujących się w masie szklanej. Na końcu szkło przechodzi przez strefę studzenia lub także kondycjonowania (ujednorodniania), w której masa szklana jest studzona do temperatury wymaganej dla procesu formowania (kondycjonowanie termiczne).



NIEKONWENCJONALNE ŹRÓDŁA ENERGII



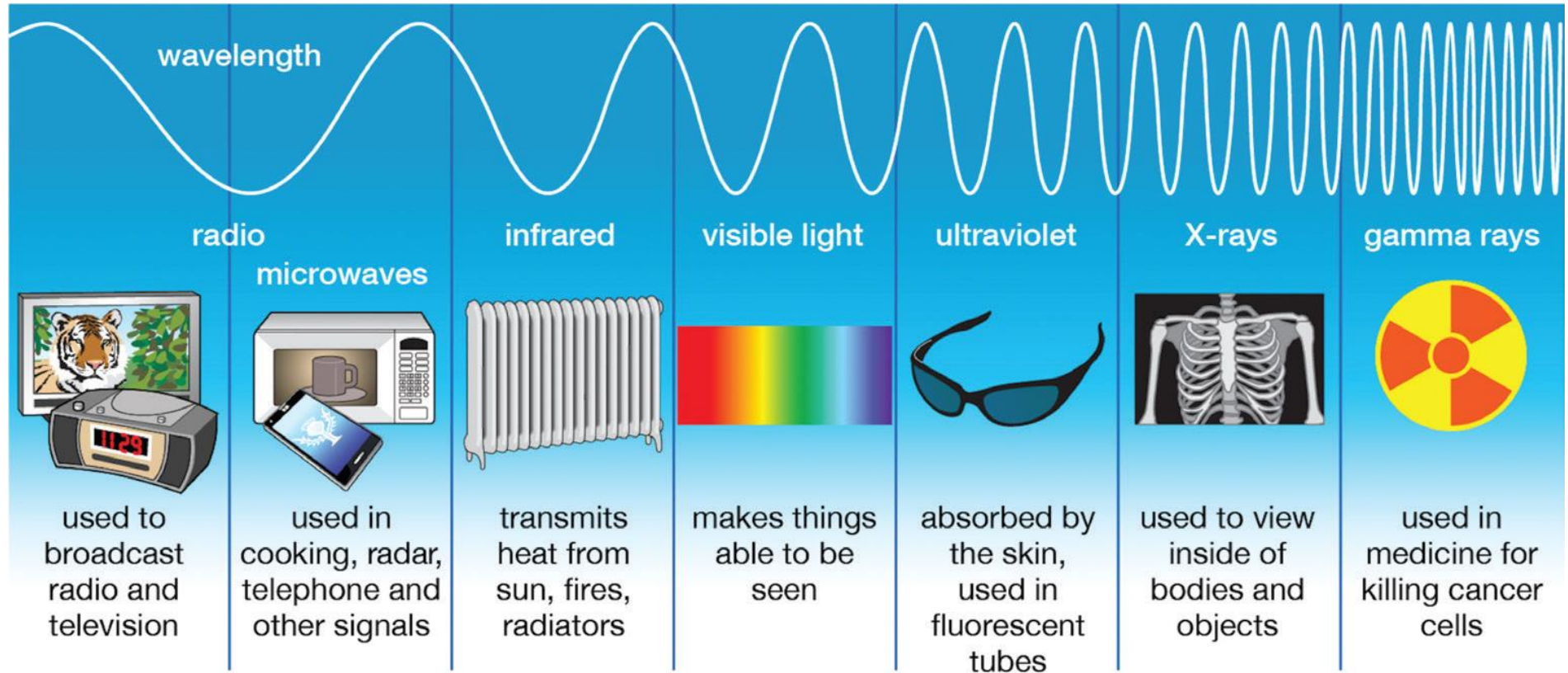
MIKROFALE

Mikrofales - rodzaj promieniowania elektromagnetycznego o długości fali pomiędzy podczerwienią i falami ultrakrótkimi, zaliczane są do fal radiowych.

$$\lambda = 1 \text{ mm} - 1 \text{ m} \quad (f = 300 \text{ MHz} - 300 \text{ GHz})$$

Istnienie fal elektromagnetycznych, którymi są też mikrofales, przewidział jako wniosek z równań odkrytych przez siebie James Clerk Maxwell w 1864 roku. Doświadczenia, przeprowadzone przez H. Hertza, pokazują istnienie fal elektromagnetycznych, wysyłane i odbierane w tych doświadczeniach fale były w zakresie UHF zaliczanym do mikrofal. Rozwój techniki i teorii mikrofal nastąpił dopiero w latach 30 XX w okresie prac nad radarami.

MIKROFALE



© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

MIKROFALE

Mikrofałe wprawiają cząsteczki wody znajdujące się w nagrzewanym ciele w drgania rotacyjne. Energia drgających cząsteczek wody, w wyniku silnego tłumienia drgań rozprasza się i jest przekazywana cząsteczkom podgrzewanego ciała - tym samym rośnie jego energia termiczna, a zatem i temperatura. Zjawisko to odkrył przypadkowo amerykański inżynier Percy Spencer podczas badań nad wytwarzaniem fal elektromagnetycznych stosowanych w urządzeniach radarowych.

Sprężenie częstości mikrofal
z określonym ciężarem w materiale.

ZASTOSOWANIE: mokra chemia, suszenie, spiekanie

GŁÓWNE CECHY MATERIAŁOWE, KTÓRE WPŁYWAJĄ NA PODGRZEWANIE PRZEZ MIKROFALE:

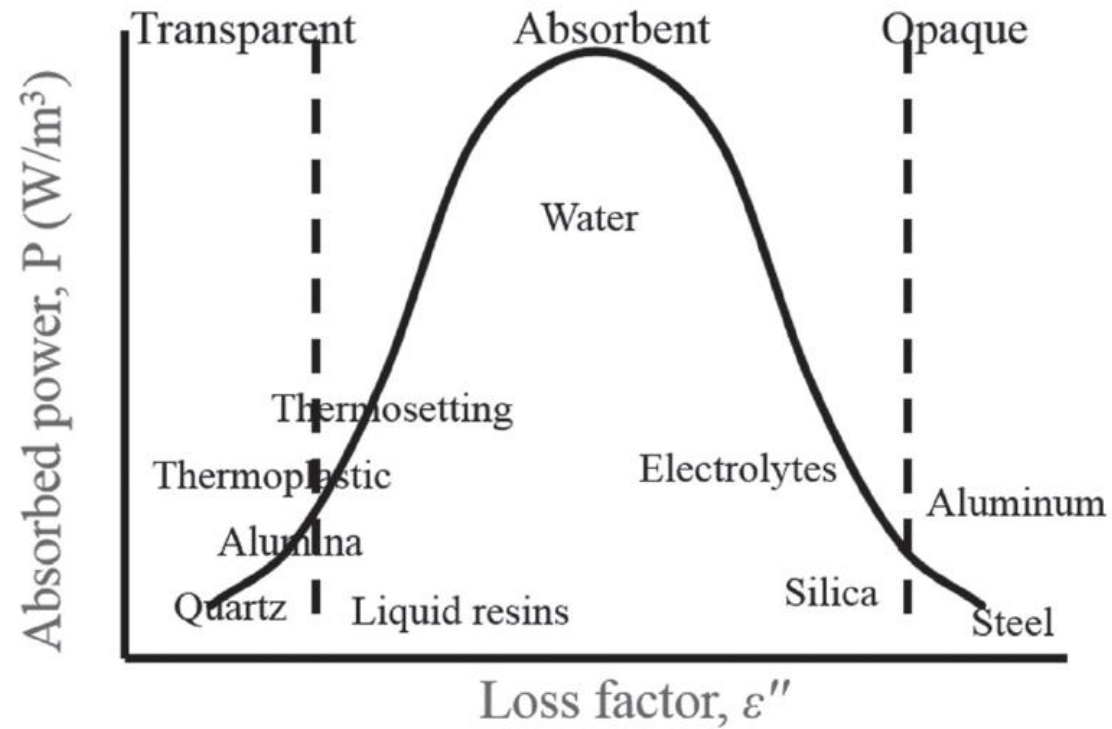
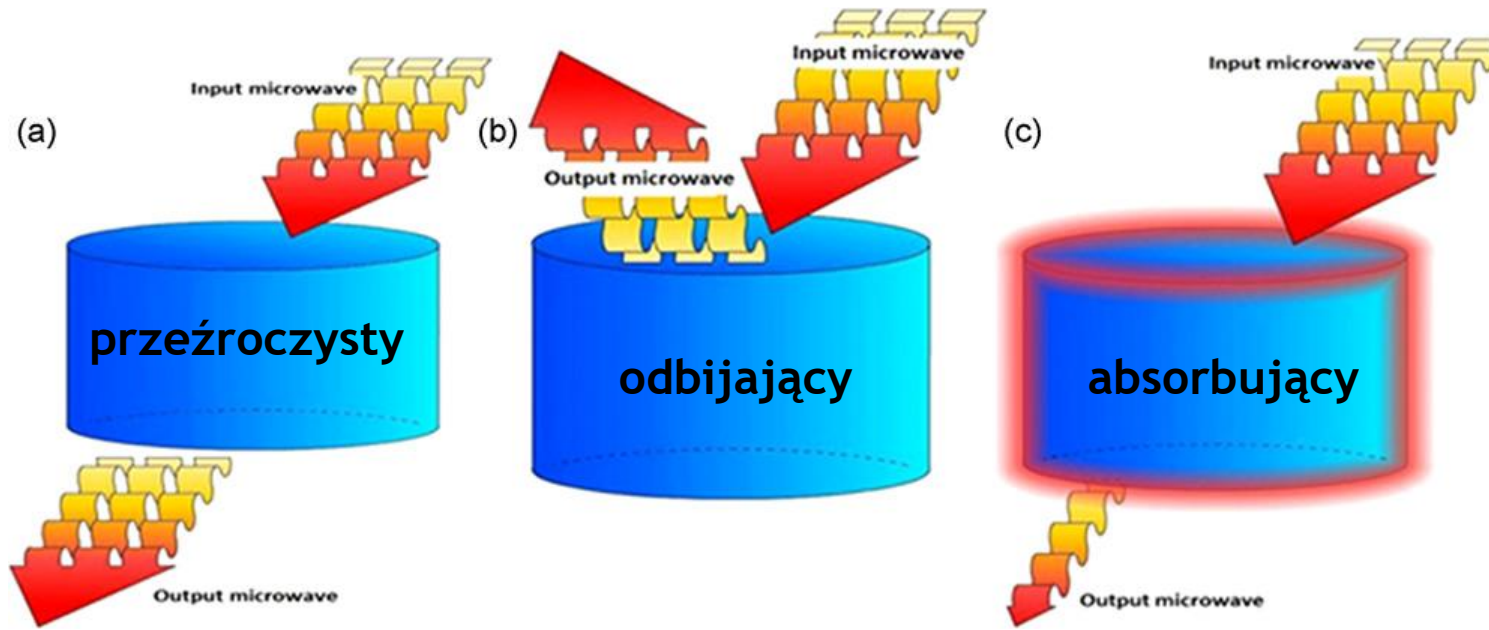
- 1) Jak silna jest absorpcja promieniowania mikrofalowego dla danego materiału. Przykładowo, woda ma bardzo dużą absorpcję, większą niż ceramika ale mniejszą niż metale.**
- 2) Jak duże jest ciepło właściwe substancji.**
- 3) Jakie jest przewodnictwo cieplne danego materiału.**

A co się dzieje w materiałach nie zawierających cząstek wody ?

Talerza metalowego nie powinno się umieszczać w mikrofalówce, gdyż metal ma ogromną koncentrację swobodnych nośników ładunku (elektronów), które mocno pochłaniają energię mikrofal i bardzo podgrzewają talerz. To może doprowadzić do iskrzenia czy pożaru wewnątrz urządzenia.

W **materiałach ceramicznych** o oddziaływaniu z mikrofalami decydują przede wszystkim właściwości dielektryczne i magnetyczne. Kiedy mikrofałe wnikają w materiał, pole elektromagnetyczne indukuje ruch swobodnych i związanych ładunków (elektronów i jonów) oraz dipoli. Wywołany ruch jest ograniczany ponieważ powoduje odejście od naturalnej równowagi układu. Opór ten spowodowany jest siłami tarcia, sprężystości i bezwładności, i prowadzi do rozproszenia energii. W efekcie pole elektryczne związane z promieniowaniem mikrofalowym zostaje osłabione i następuje nagrzewanie materiału. Stopień ogrzania materii zależy od:

- mocy pobierana, P .
- **głębokości wnikania mikrofal**, D



MIKROFALOWE SPIEKANIE CERAMIKI

	Temperatura [°C]	Głębokość wnikania
Al ₂ O ₃	20	14,9 m
Al ₂ O ₃	1050	4,10 m
SiC	20	0,40 m
SiC	695	0,04 m
TiB ₂	20	0,045 m
ZrO ₂	20	8,00 m
ZrO ₂	1200	8,50 m

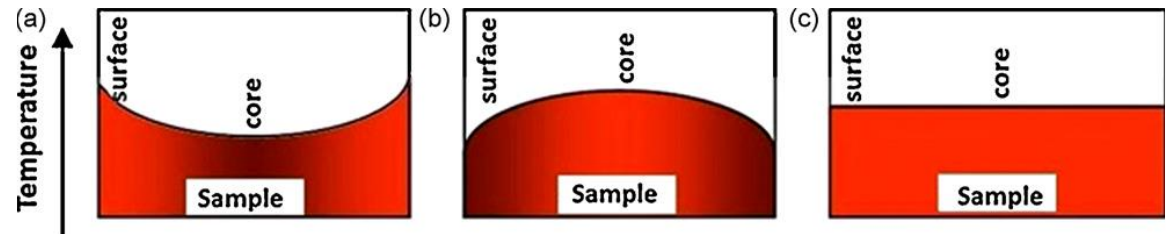
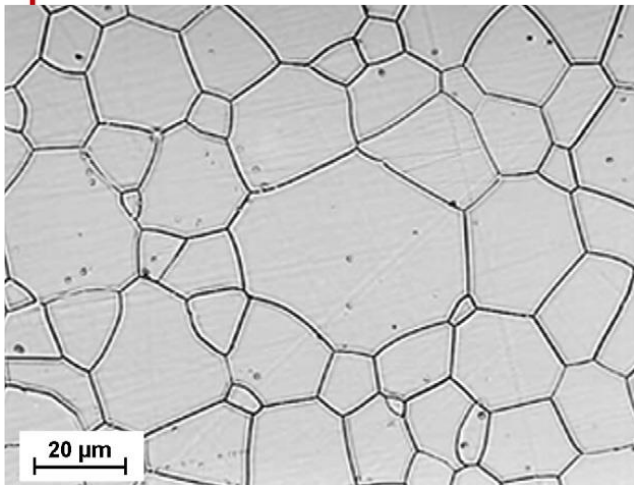
Im większa głębokość wnikania tym materiał jest bardziej transparentny dla mikrofal. Głębokość wnikania zwykle maleje wraz ze wzrostem temperatury.

Na przykład spiekanie Al₂O₃ prowadzi się w temperaturze 950°C/1h; częstotliwość mikrofal 28 GHz.



SPIEKANIE MIKROFALOWE „microwave sintering”

- AGH
- z powodzeniem spiekane są takie materiały jak: BaTiO_3 ; przezroczyste Al_2O_3 ; ZrO_2 ; MgO , ZrB_2 - B_4C .
 - mniejszy nakład energii,
 - intensyfikacja procesów dyfuzyjnych transportu masy,
 - redukcja czasu spiekania; szybszy przepływ ciepła,
 - generalnie spieki posiadają wyższą gęstość i właściwy rozkład wielkości ziaren oraz charakteryzują się lepszymi fizykochemicznymi właściwościami,

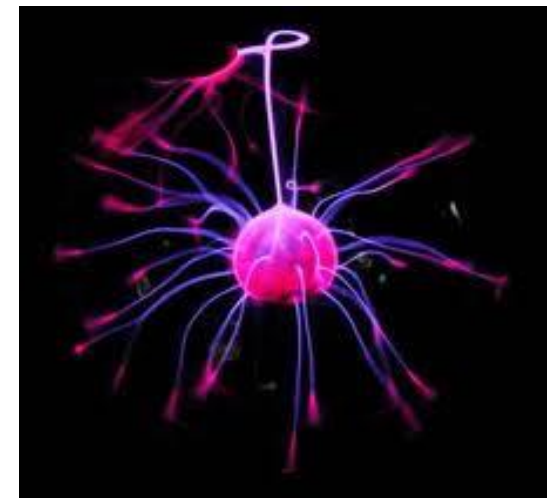


WC-Co	Spiekanie mikrofalowe, min	Tradycyjne spiekanie, h
Długość cyklu spiekania 850-1250 °C	10-30	2,5
wytrzymywanie	10	1
Długość cyklu chłodzenia	30	5-10
Czas, w którym Co jest ciecżą	15	4

PLAZMA

W obszarze łuku elektrycznego gaz jest silnie zjonizowany, stanowi plazmę. Jej temperatura zależy od natężenia prądu, rodzaju elektrod, rodzaju i ciśnienia gazu. Pod ciśnieniem atmosferycznym i przy przepływie prądu 1 A wynosi ona 5000-6000 K (ok. 4720-5720°C).

Plazma - zjonizowana materia o stanie skupienia przypominającym gaz, w którym znaczna część cząstek jest naładowana elektrycznie. Mimo że plazma zawiera swobodne cząstki naładowane, to w skali makroskopowej jest elektrycznie obojętna.



SPARK PLAZMA SINTERING

(Spark Plasma Sintering (SPS), Field Assisted Sintering Technique (FAST), Pulsed Electric Current Sintering (PECS) i Plasma Pressure Compaction (P2C))

Pierwsze laboratoryjne próby wykonania urządzenia do spiekania wykorzystującego impulsy energii elektrycznej odbyły się w **1933 r.** w Stanach Zjednoczonych.

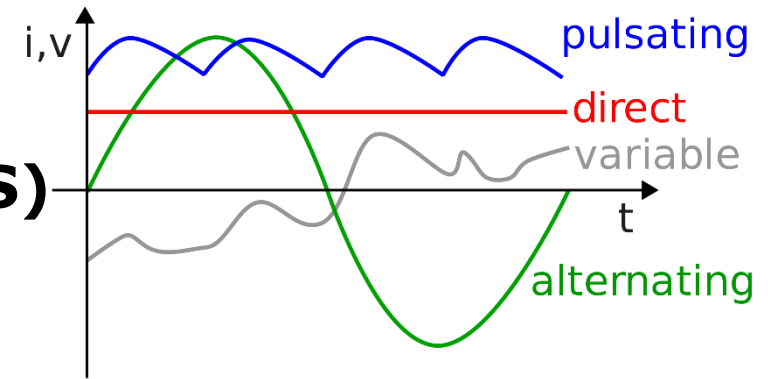
W **1950 r.** prace nad metodą o nazwie Spark Sintering (co w luźnym tłumaczeniu można rozumieć jako spiekanie za pomocą wyładowań prądowych) rozpoczął Lenel.

Następnie w latach **1960-1970** wiodące osiągnięcia dotyczące rozwoju tej technologii uzyskali naukowcy z Lockheed Missile and Space Company w Kalifornii oraz Inoue z Japonii.

Aparatura drugiej generacji powstała **pod koniec lat 80 i na początku lat 90 XX wieku.** W tamtym czasie metoda nazywana była Plasma Activated Sintering (PAS) i umożliwiała stosowanie maksymalnej siły nacisku prasowania 50 kN i generatora prądu stałego dającego natężenie prądu 800 A.

Obecnie mamy do czynienia z trzecią generacją urządzeń do SPS oferujących generatory prądu stałego o natężeniu do 60 000 A i sile nacisku prasowania do 3 000 kN.

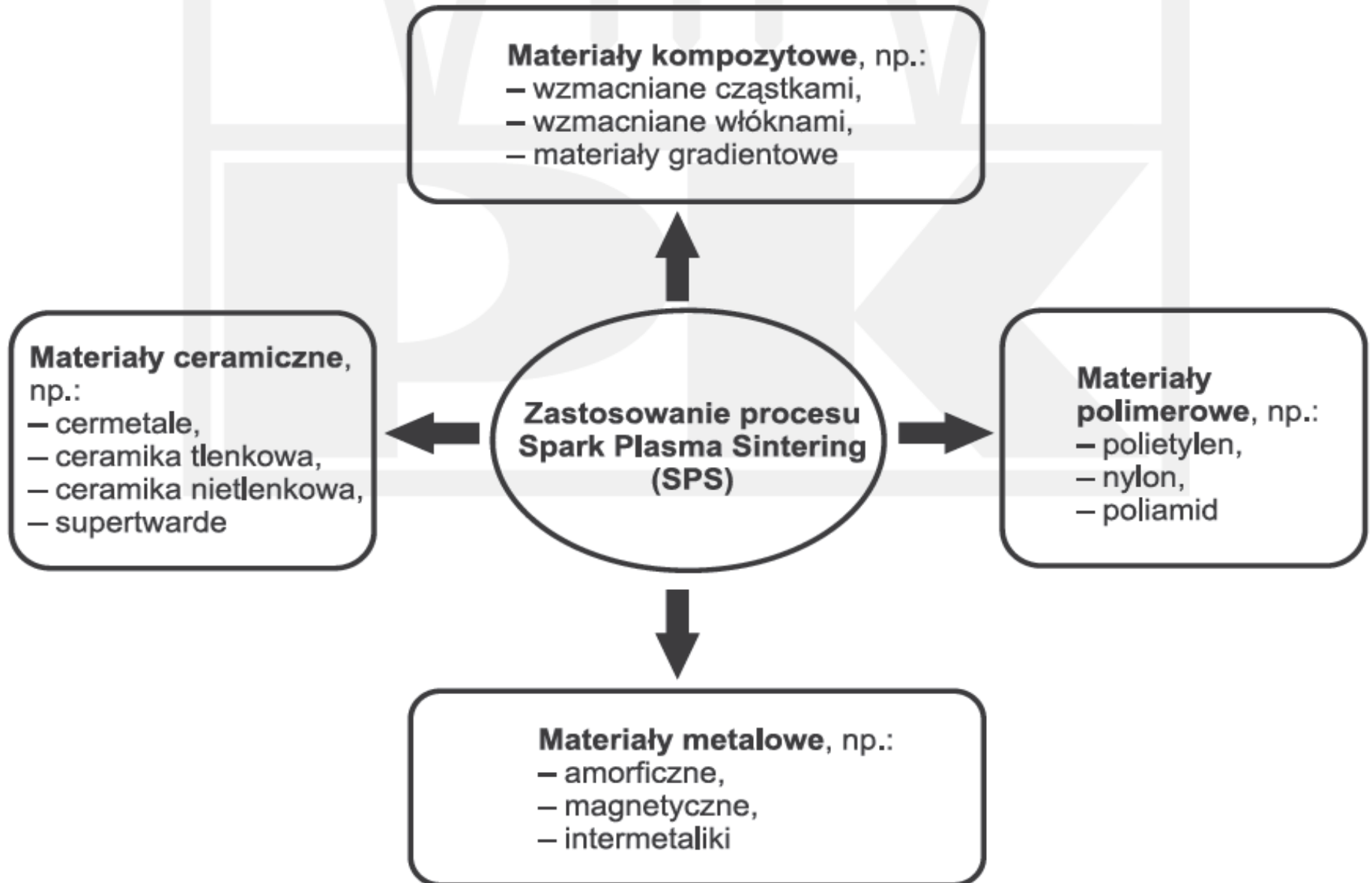
“spark plasma sintering” (SPS),
 “plasma-activated sintering” (PAS)
 “electroconsolidation”



Charakterystyka trzech metod spiekania wspomaganego polem elektrycznym jest następująca:

- 1) W procesie **SPS** impulsowy (tętniący) prąd stały jest stosowany od początku do końca cyklu spiekania.
- 2) W procesie **PAS**, impulsowy prąd stały jest zwykle stosowany w temperaturze pokojowej przez krótki okres, a następnie ciągły prąd stały podczas pozostałej części spiekania. Procedura ta jest często określana w literaturze jako „proces pojedynczego impulsu”. W kilku przypadkach procedura pulsacyjnego prądu stałego jest powtarzana podczas procesu spiekania i jest określana jako „proces z wieloma cyklami impulsów”.
- 3) W procesie **elektrokonsolidacji** można zastosować różne rodzaje prądów (DC, pulsujący DC lub AC), tj. system jest zaprojektowany tak, aby był elastyczny pod względem zasilania.

SPARK PLAZMA SINTERING



SPARK PLAZMA SINTERING

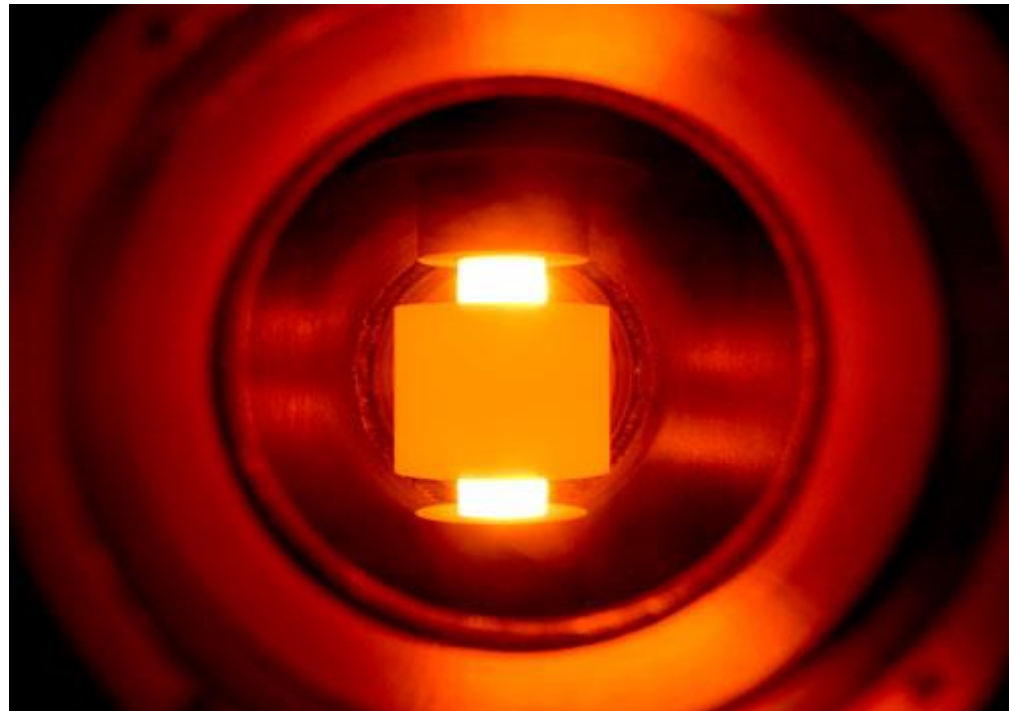
Metoda bazuje na *prawie Joule'a*, które mówi, że ilość ciepła wydzielanego w czasie przepływu prądu elektrycznego przez przewodnik elektryczny (czyli również konsolidowaną próbkę znajdującą się w aparaturze SPS), jest wprost proporcjonalna do iloczynu oporu elektrycznego przewodnika, kwadratu natężenia prądu i czasu jego przepływu. Prawo to wyraża zasadę zachowania energii dla przypadku, gdy energia elektryczna jest zamieniana na energię cieplną.

W metodzie SPS efekt ten jest wykorzystywany zamiany energii elektrycznej w energię wewnętrzną. Temperatura punktowo pomiędzy cząstkami proszku może sięgać wartości nawet 10000 °C, powodując miejscowe ich nadtapianie i intensyfikację międzycząsteczkowego łączenia.

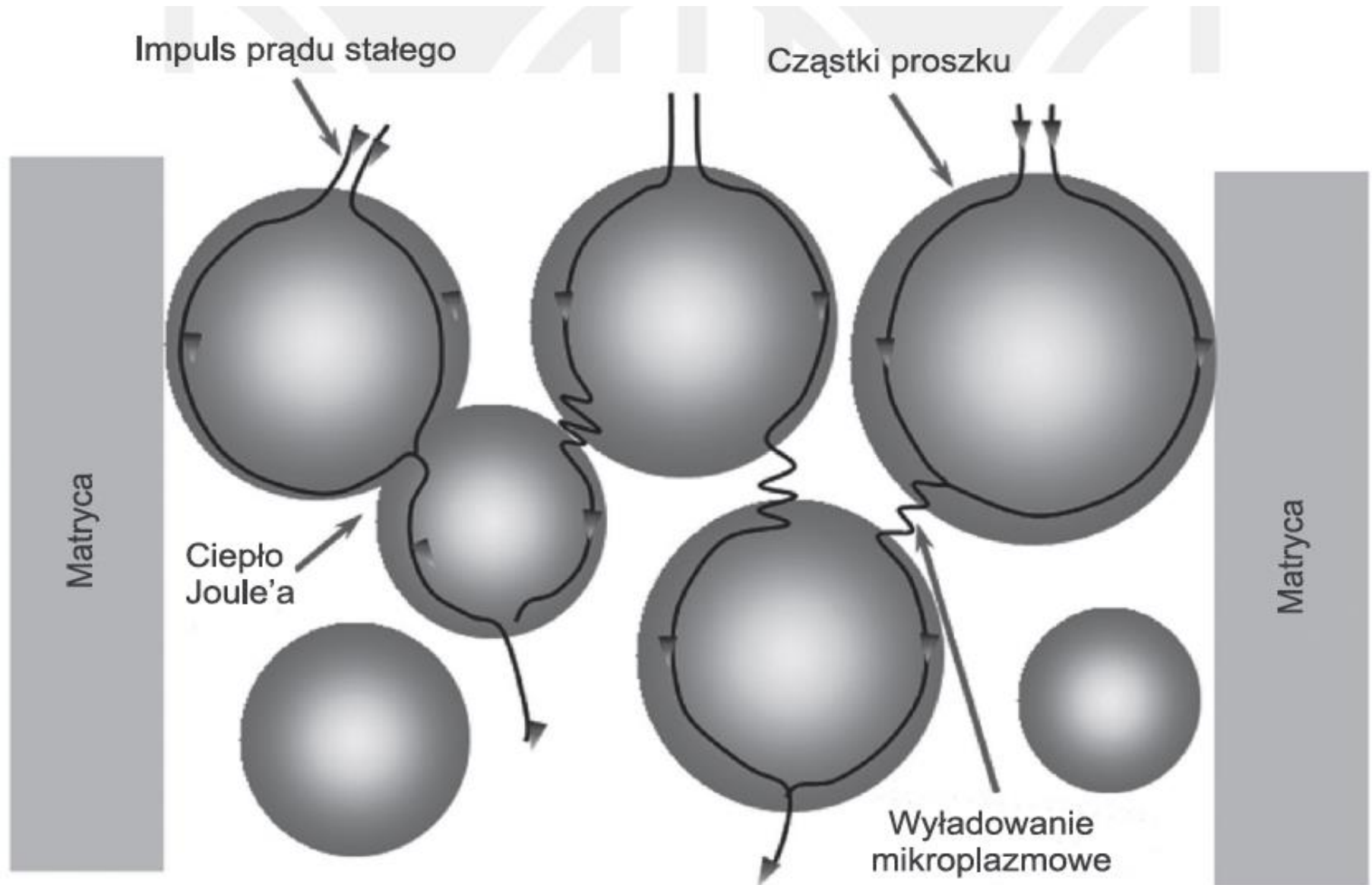
SPARK PLAZMA SINTERING

Jeden z proponowanych opisów mechanizmów procesu spiekania zachodzących pomiędzy cząstkami w trakcie stosowania metody SPS dzieli proces na następujące etapy:

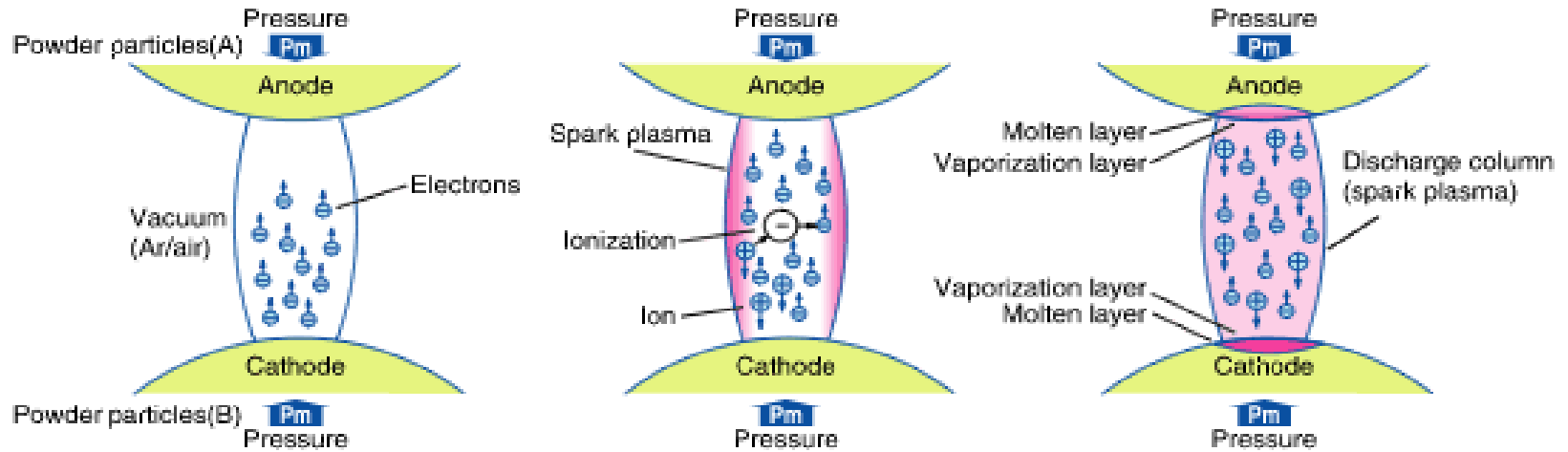
- 1) aktywacja i oczyszczenie powierzchni cząstek proszków;
- 2) formowanie „szyjek” pomiędzy cząstkami;
- 3) wzrost powstałych „szyjek”;
- 4) zagęszczenie materiału w wyniku jego plastycznej deformacji.



PLAZMA SPARK SINTERING



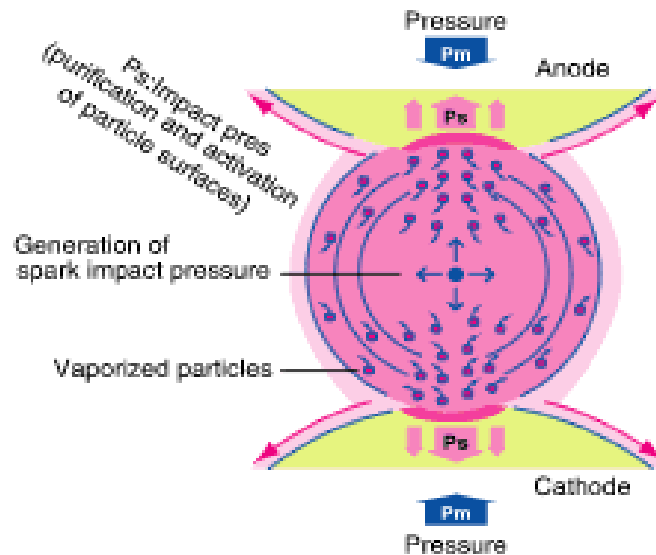
PLAZMA SPARK SINTERING



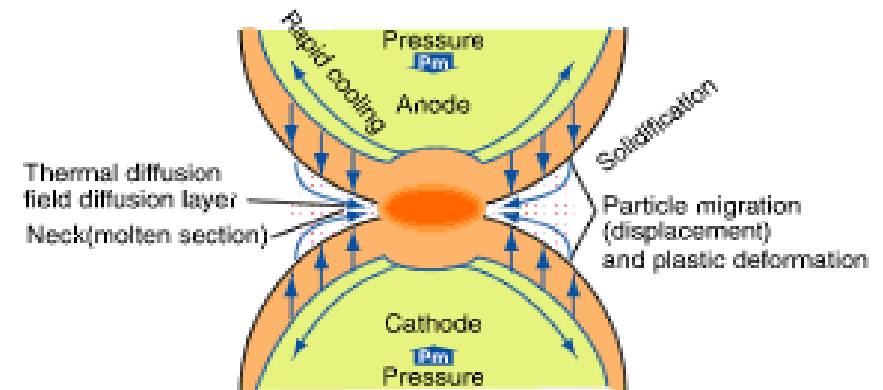
(I) Initial stage of spark discharging by ON-OFF pulse energization

(II) Generation of spark plasma

(III) Vaporization and melting actions on the particles surfaces



(IV) Generation of spark impact pressure, sputtering of vaporized/molten particles



(V) Neck formation by spark plasma

SPARK PLAZMA SINTERING - ZALETY

- W metodzie SPS tlenkowe powierzchnie cząstek proszków są znacznie łatwiej redukowane (głównie przez występującą punktowo wysoką temperaturę, która powoduje ich odparowanie).
- Również szybciej (tzn. w niższych temperaturach) następuje zjawisko aktywacji spiekania w porównaniu z tradycyjnymi procesami spiekania. Pozwala to m.in. na przeprowadzanie procesu w temperaturze niższej o 200 do 500°C niż dla klasycznych metod.
- Te wszystkie wyżej wymienione efekty pozwalają ponadto na bardzo szybkie przeprowadzenie całego procesu. Nagrzewanie materiału wraz z jego izotermicznym spiekaniem dla tej metody zawiera się zwykle w zakresie od 5 do 20 minut.
- Na dodatek w procesie SPS można stosować znaczne szybkości nagrzewania materiału sięgające nawet 1000°C/min. Pozwala to na spiekanie nanokrystalicznych proszków bez efektu rozrostu ziaren.

DETONACJA

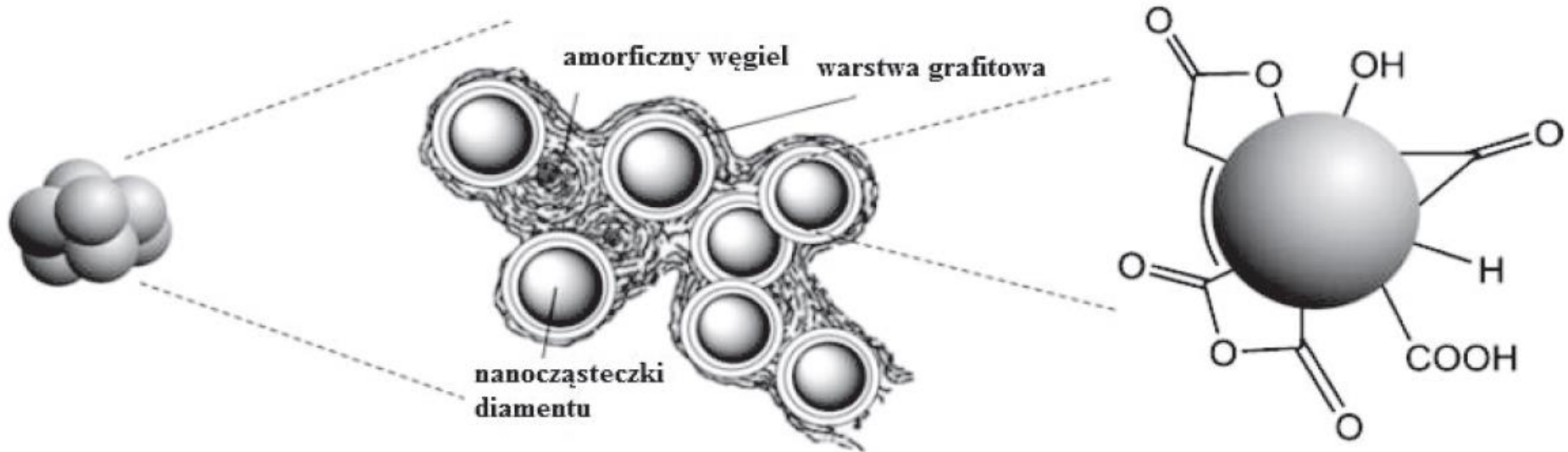
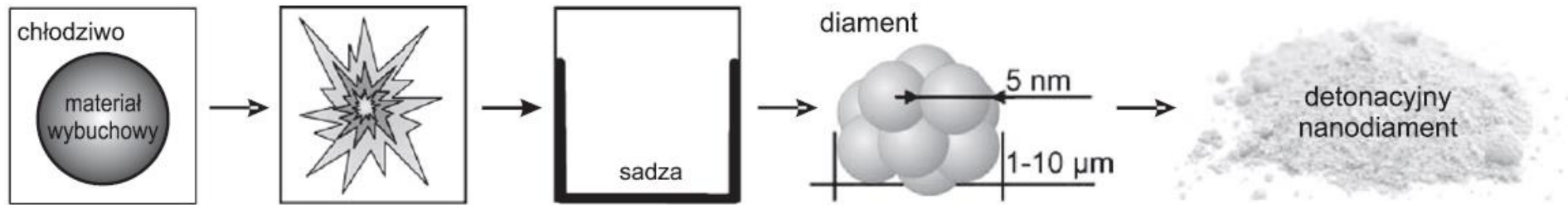


Wybuch (fala reakcji chemicznych) rozprzestrzeniający się w materiale wybuchowym z prędkością ponaddźwiękową, a najczęściej z wysoką prędkością hiperdźwiękową (z reguły wynosi kilka km/s do max. 10 km/s ; w gazach 1,8 - 3 km/s , w ciałach stałych 4 - 10,3 km/s), powodujący powstanie w otaczającym go ośrodku fali uderzeniowej. Na jej czole występuje bardzo wysokie ciśnienie (do ok. 50 GPa) i temperatura (do ok. 5800 °C).

Gdy wybuch przebiega z prędkością powyżej 400 m/s, ale poniżej maksymalnej prędkości możliwej dla danego materiału wybuchowego, wówczas nazywa się go *eksplozją*, natomiast gdy wybuch przebiega z prędkością poniżej 400 m/s wówczas nazywa się go *deflagacją*.



DETONACJA



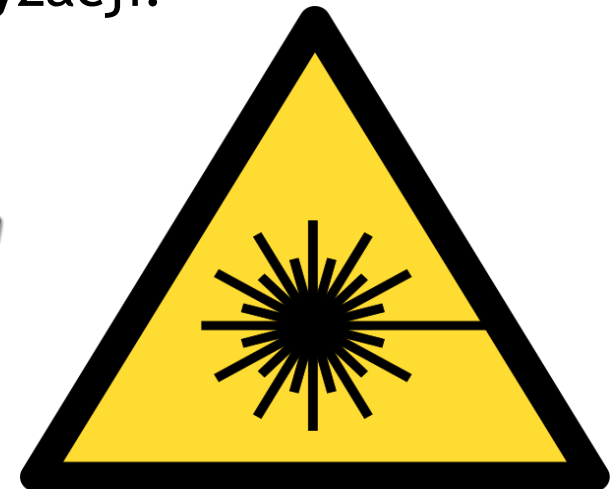


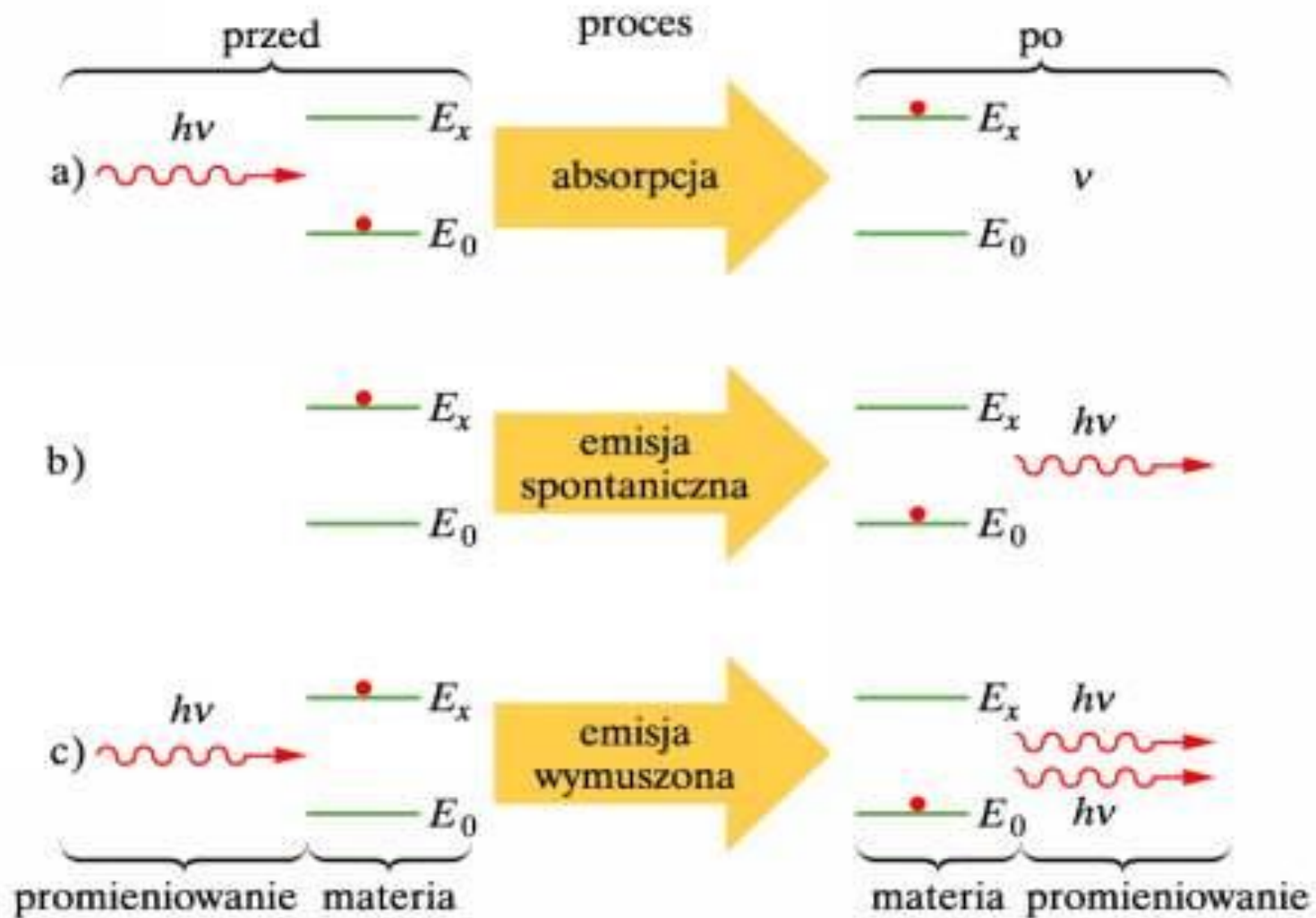
AGH

LASER

Podstawą działania lasera jest emisja wymuszona kwantów energii w ośrodku wzmacniającym (nazywanym również substancją laserującą lub ośrodkiem optycznie czynnym). Działanie lasera polega na wzbudzeniu ośrodka optycznie czynnego a następnie wyzwoleniu energii w postaci kwantu promieniowania spójnego. Promieniowanie laserowe charakteryzuje się wysokim stopniem *spójności, monochromatyczności i ukierunkowania* a kąt rozbieżności wiązki zwykle nie przekracza kilku miliradianów. Oprócz możliwości skupienia całej energii promieniowania lasera w nadzwyczaj małym paśmie widma i małym kącie bryłowym, można ten sam efekt uzyskać w odniesieniu do czasu. Istotną cechą lasera jest również to, że w większości jego aplikacji można uzyskać generację promieniowania tylko o określonym stanie polaryzacji.

LASER pochodzi od pierwszych liter angielskiej nazwy:
Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
Światła Wzmocnienie poprzez Wymuszoną Emisję Promieniowania





Może zaistnieć taki przypadek, że padający foton nie ulega absorpcji lecz przyspiesza przejście atomu ze stanu wzbudzenia do podstawowego i wówczas mamy do czynienia z emisją dwóch kwantów wypromieniowanych w tym samym kierunku. Oba kwanty są spójne, tzn. zgodne w fazie i o tej samej energii. Jest to emisja wymuszona.

LASER

Ogrzewanie przez absorpcję promieniowania laserowego

$$\sigma T = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{W}{S\sqrt{\tau}} \cdot \frac{1}{\sqrt{KC}}$$

gdzie:

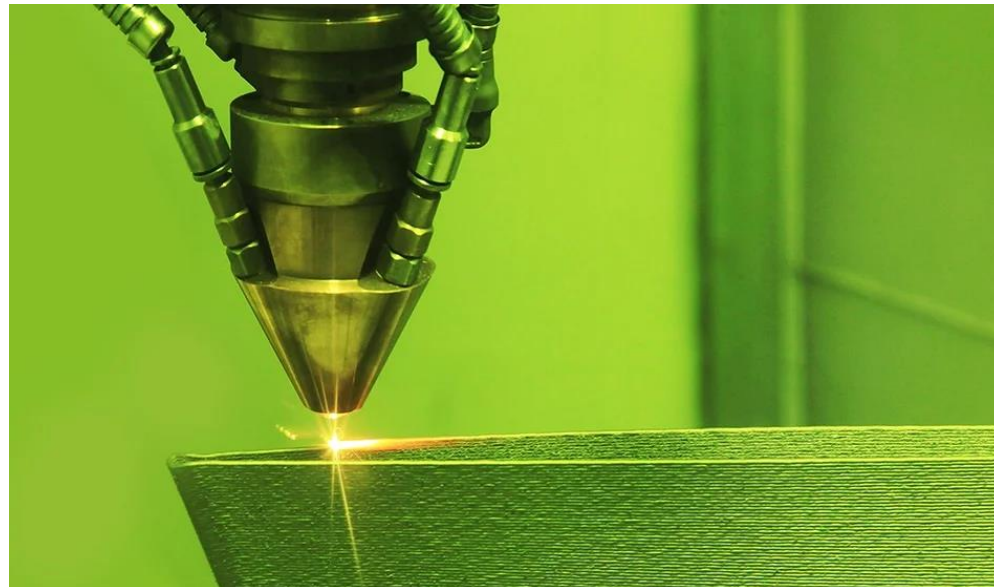
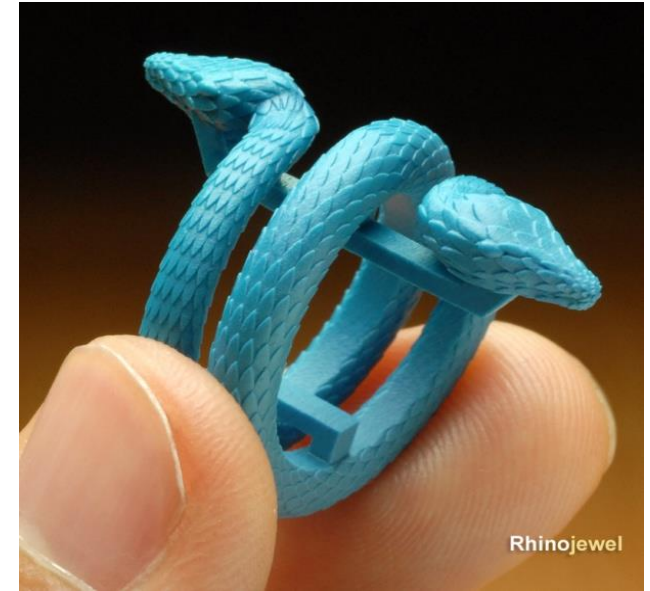
S - powierzchnia opromieniowania [m²]

W - energia promieniowania [J]

K - przewodność cieplna [W/m·K]

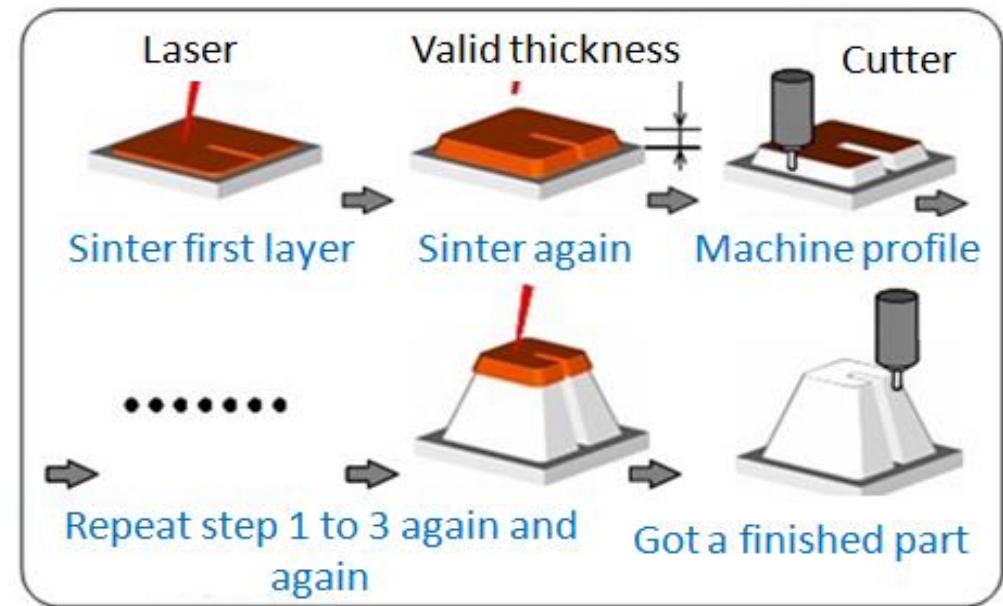
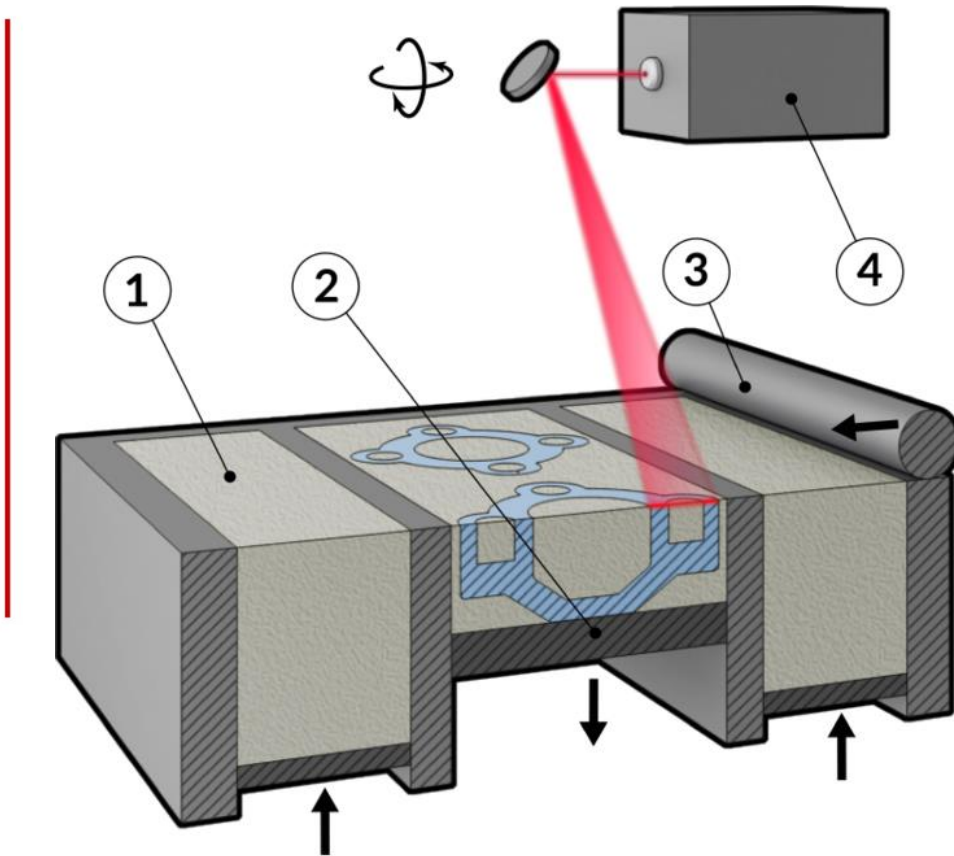
C - energia właściwa [J/m³·K]

ZASTOSOWANIE: Rapid Prototyping



LASER

ZASTOSOWANIE: Rapid Prototyping; Selective Laser Prototyping



ŁUK ELEKTRYCZNY

Ciągłe wyładowanie elektryczne zazwyczaj w gazie pod ciśnieniem normalnym (atmosferycznym) lub wyższym. Cechą charakterystyczną jest bardzo mały wewnętrzny opór elektryczny. Wyładowanie zachodzi pomiędzy dwiema elektrodami z materiału przewodzącego prąd elektryczny lub między stykami łącznika elektrycznego mechanizmowego w trakcie wyłączenia prądu elektrycznego.

Łuk elektryczny ma szerokie zastosowanie w technice, stosowany jest do wytwarzania światła w lampach łukowych. Używa się go w syntezie chemicznej i przy spawaniu elektrycznym, w hutniczych piecach łukowych.

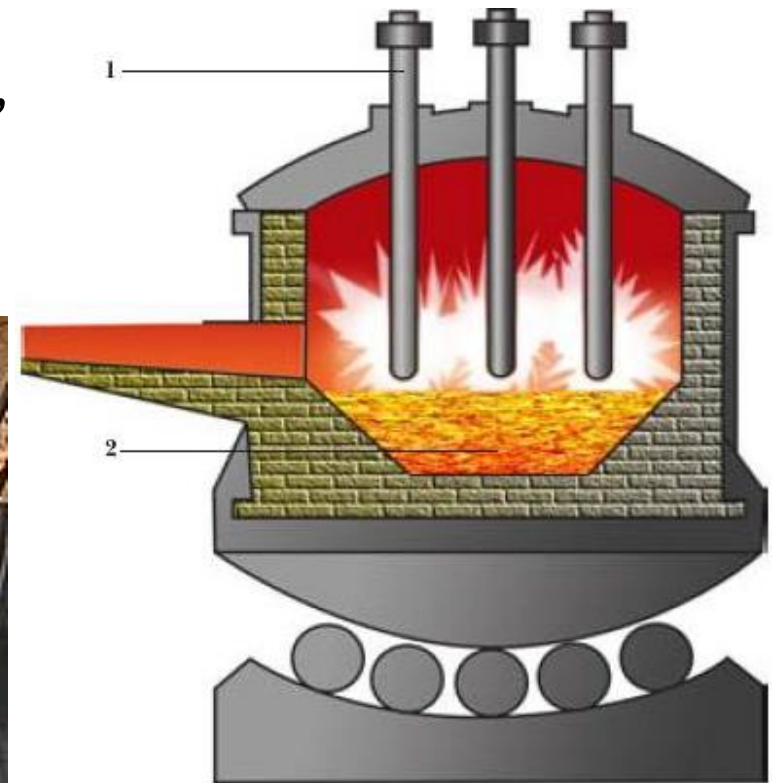


Piec łukowy - piec elektryczny, w którym wsad nagrzewany jest łukiem elektrycznym osiągającym temperaturę do kilkunastu tysięcy stopni Celsjusza, co umożliwia nagrzewanie roztopianego wsadu do temperatur od 1400 do 2000°C.

Rozróżnia się:

- piece łukowe pośrednie - w których łuk płonie ponad wsadem między elektrodami, ciepło zaś przenosi się do wsadu przez promieniowanie (bezpośrednio lub odbite od ścian komory),
- piece łukowe bezpośrednie - w których łuk płonie między elektrodami, a wsadem.

Piece łukowe stosuje się do produkcji karbidu, w hutnictwie do wytwarzania między innymi dodatków stopowych trudno topliwych i wymagających wysokiej temperatury do redukcji rudy metali.





AGH

OGRZEWANIE OPOROWE

Energia elektryczna jest najbardziej wygodnym źródłem energii cieplnej w piecach. Zapewnia całkowitą czystość środowiska, dokładną regulację obróbki cieplnej i pełną automatyzację wypalania.

Ogrzewanie oporowe opiera się na zjawisku wydzielania ciepła przy przepływie prądu przez przewodnik lub półprzewodnik (PRAWO JOULE'A-LENZA).

Ilość ciepła wydzielanego w czasie przepływu prądu elektrycznego przez przewodnik elektryczny jest wprost proporcjonalna do iloczynu oporu elektrycznego przewodnika, kwadratu natężenia prądu i czasu jego przepływu.

$$Q = RI^2t$$



OGRZEWANIE OPOROWE

AGH Prawo to jest wyrazem zasady zachowania energii w odniesieniu do przepływu prądu. Wynika z niego, że energia prądu elektrycznego zamienia się w energię wewnętrzną przewodnika.

$$U = IR$$

Moc prądu

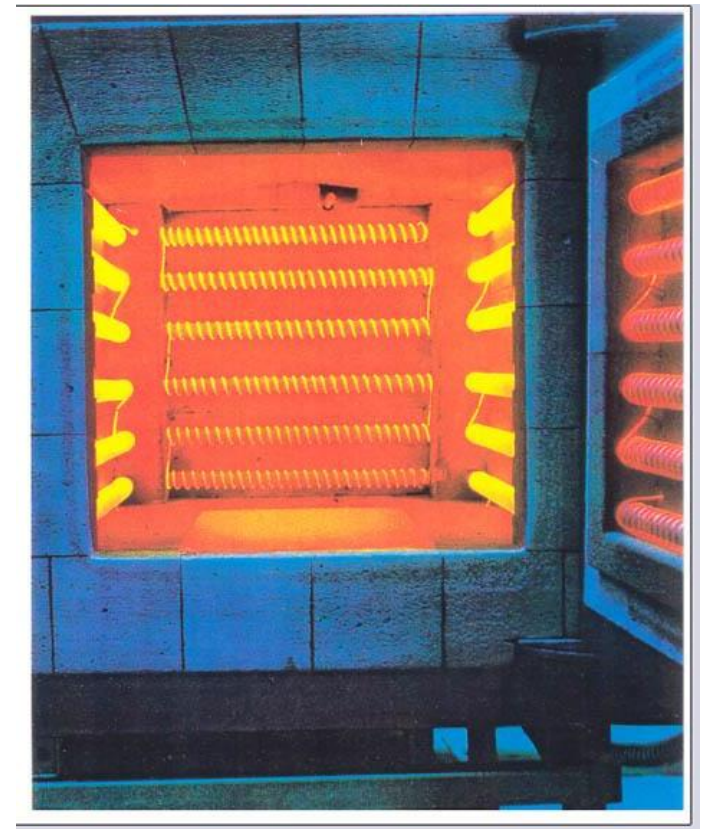
$$P = UI$$

Zatem:

$$P = RI^2$$

Ilość wydzielonego ciepła jest równa pracy wykonanej przez prąd elektryczny w czasie t , stąd:

$$Q = W = Pt = RI^2t$$



PIECE OPOROWE

Materiały, z których wykonywane są elementy grzejne w piecach oporowych:

Stopy metaliczne:

BAILDONAL, CHRONIX, NIKROTHAL

(70-80%Ni+30-20%Cr+5%Al) max. temp. pracy 1200°C

austenityczne, bezzelazowe

CRONIFER, NIKROTHAL

(Ni-Cr-Fe; Fe-Cr-Ni) max. temp. pracy 1000-1200°C

austenityczne, żelazowe

KHANTAL , ALUCHROM, BAILDONAL

(Fe-Cr-Al-Si) max. temp. pracy 1300-1400°C

ferrytyczne

PIECE OPOROWE

Materiały, z których wykonywane są elementy grzejne w piecach oporowych:

Metale wysokotopiące się:

WOLFRAM max. temp. pracy 2500°C

MOLIBDEN max. temp. pracy 1900°C

TANTAL max. temp. pracy 2400°C

PLATYNA max. temp. pracy 1600°C

Atmosfera ochronna pracy (próżnia, argon).

Elementy metalowe w wysokich temperaturach stają się kruche, dlatego trzeba je podpierać na całej długości lub nawijać na kształtki ceramiczne.

PIECE OPOROWE

Materiały, z których wykonywane są elementy grzejne w piecach oporowych:

Elementy wysokotemperaturowe niemetalowe:

SILIT, GLOBAR, TECORUNDUM

SiC (karborund) temp. pracy 1450-1700°C,
mogą pracować w powietrzu

SUPERKHANTAL, MOSILIT

MoSi₂, temp. pracy 1700-1900°C
nadają się do pracy w powietrzu



CHROMIAN LANTANU, DWUTLENEK CYRKONU

LaCrO₃, temp. pracy 1850-2000°C;

ZrO₂, temp. pracy 2000°C

również nadają się do pracy w powietrzu



PIECE OPOROWE

Materiały, z których wykonywane są elementy grzejne w piecach oporowych:

Elementy wysokotemperaturowe niemetalowe:

WĘGLIK NIOBU

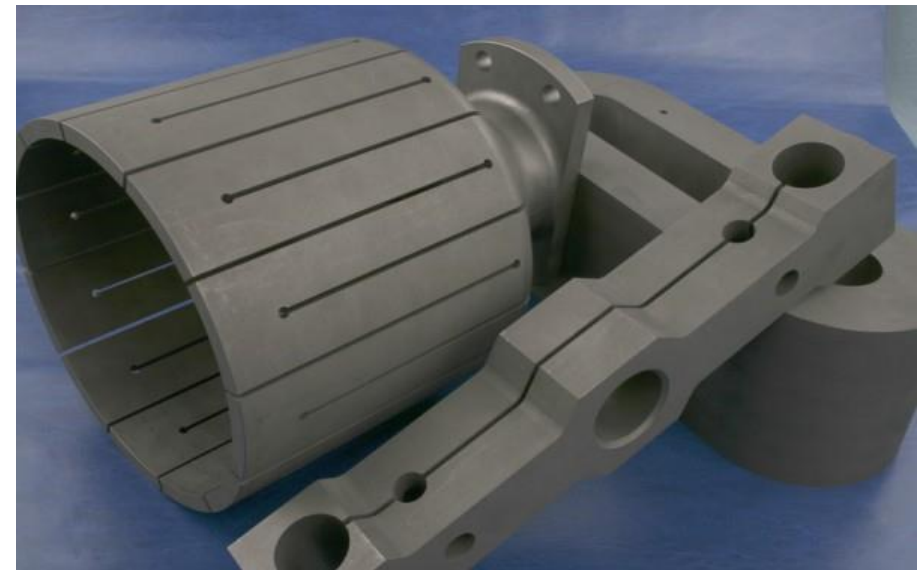
max. temp. pracy 2500-3000°C,

WĘGLIK NIOBU+10% TiC

max. temp. pracy 2500-3000°C

WĘGIEL ELEKTRODOWY; GRAFIT

max. temp. pracy 2500-3000°C



Mogą pracować tylko w atmosferze ochronnej:
próżnia, argon, hel.

PIECE OPOROWE

Ceramiczne elementy grzejne zasilane są przez transformatory, bowiem ze uwagi na ich małą oporność elektryczną płyną przez nie duże prądy rzędu kilkuset amperów, przy napięciach od kilku do kilkudziesięciu woltów.

Ceramiczne elementy rzadko umieszcza się na podpórkach ale w sposób uniemożliwiający kontakt z wyłożeniem w piecu (materiałami ogniotrwałymi), ze względu na możliwość reakcji.





**DZIĘKUJĘ
ZA UWAGĘ !**

"That was a really smart idea to
install central heating, wasn't it?"