

# Shock Puls Generator (Generator Impulsów Uderzeniowych) – czyszczenie online – dotychczasowe doświadczenia

## Online Cleaning with Shock Pulse Generators – Current Experience

W obecnie działających elektrowniach i elektrociepłowniach zwiększanie efektywności i zmniejszanie kosztów utrzymania jest istotne z ekonomicznego punktu widzenia. Jednym z elementów pozwalających osiągnąć oczekiwany efekt jest utrzymanie systemu grzewczego kotłów w możliwie największej czystości i zwiększanie w ten sposób wymiany ciepła, zmniejszanie nakładów utrzymaniowych oraz zapobieganie przestojom. Jedną z najbardziej innowacyjnych i efektywnych technologii służących do osiągnięcia tego celu jest Shock Puls Generator – Generator Impulsów Uderzeniowych.

Shock Puls Generator (SPG), zaprojektowany i produkowany przez szwajcarską firmę *Explosion Power*, jest urządzeniem czyszczącym kotły w systemie online przez wytwarzane automatycznie impulsy uderzeniowe zainicjowane przez mieszankę gazów pod ciśnieniem.

Zakres zastosowania SPG jest szeroki i możliwy w różnych rodzajach kotłów wykorzystujących różne paliwa stałe. SPG jest stosowany poczynając od komory spalania w pierwszej, najbardziej gorącej strefie kotła, a kończąc na najchłodniejszej strefie, czyli ekonomizerze. Zarządzający zakładami potwierdzają dłuższe czasy użytkowania kotłów, większą efektywność i dłuższy czas żywotności orurowania kotła, co daje lepsze rezultaty ekonomiczne. Wiodący dostawcy technologii kotłów decydują się na instalację technologii SPG w nowych instalacjach także z uwagi na ich modułowy system oraz kompaktową budowę.

### Instalacje referencyjne

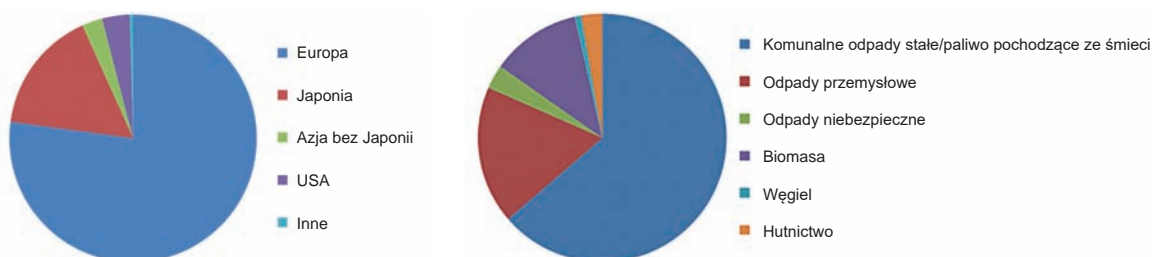
W grudniu 2017 r., osiem lat po wprowadzeniu SPG na rynek, już ponad 400 jednostek zostało dostarczonych lub jest w trakcie dostawy. Wprowadzona, początkowo w Europie, dla spalania odpadów ta inowacyjna technologia stała się dostępna obecnie na całym świecie dzięki współpracy z partnerami. W ramach ekspansji znajduje także zastosowanie w kotłach przemysłowych, z wykorzystaniem biomasy, spalarniach odpadów niebezpiecznych oraz kotłach opalanych węglem, co spowodowało wzrost liczby użytkowników Shock Puls Generator, szczególnie w instalacjach użytkujących węgiel jako paliwo.

Shock Puls Generator z uwagi na wysoki poziom standaryzacji jest proponowany przez firmę *Explosion Power GmbH* jako przedmiot leasingu, który może być interesującą alternatywą dla przedsiębiorstw z ograniczonymi zasobami służb serwisowych lub w sytuacjach, gdy właściciel przedsiębiorstwa nie jest tożsamy z zarządzającym operacyjnie.

### Przegląd systemu

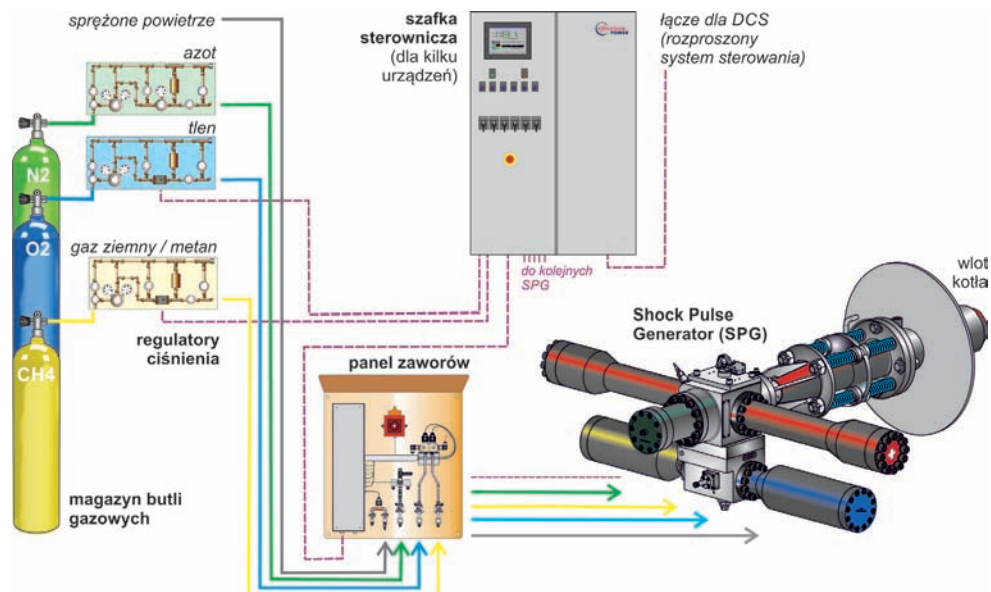
Shock Pulse Generator jako system tworzą następujące moduły:

- Shock Pulse Generator zamontowany na ścianie kotła,
- szafka sterownicza podłączona do system sterowania,



Rys. 1. Instalacje referencyjne według podziału terytorialnego i paliwa stałego/sectora przemysłowego

Rys. 2.  
Shock Pulse Generator  
– schemat systemu



- sekcja kontroli ciśnienia, która redukuje ciśnienie gazu w cylindrach gazu ziemnego/metanu, tlenu i azotu do 40 barów,
- panel zaworów.

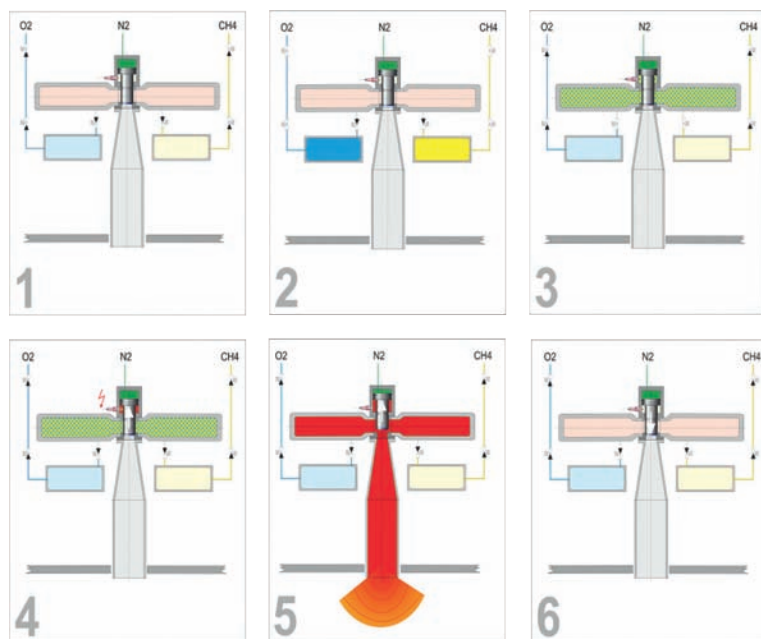
5. Fala ciśnieniowa zostaje wprowadzona przez dysze do kotła i rozprzestrzenia się tam najpierw liniowo, a następnie kuliście.
6. Po tym gdy fala ciśnieniowa opuści urządzenie, tłok zostanie ponownie dopchnięty przez azot pod ciśnieniem do otworu wyjściowego i domyka go szczelnie.

## Funkcje i opis techniczny

Użytkując SPG wywołana automatycznie reakcja spalania ma miejsce poza kotłem w bezpiecznej, odpornej na ciśnienie, komorze, zaś wygenerowana pod ciśnieniem fala przechodzi przez dyszę Lavalą do kotła. Fala ciśnieniowa wprowadzona do kotła wprowadza strumień gazów dymiących i powierzchniowo grzewcze w krótką wibrację oraz wytwarza drganie rezonansowe w obrębie spieczonych osadów. Dzięki obydwu jednocześnie działającym procesom zanieczyszczenia zostają skutecznie usunięte. Głębokość oddziaływania fali uderzeniowej zależy od typu urządzenia i może dochodzić do 10 m.

W trakcie cyklu pojawiają się wymienione poniżej etapy.

1. SPG jest w stanie spoczynku. Komora spalania jest pusta i zamknięta szczelnie tłokiem przez azot znajdujący się pod ciśnieniem.
2. System sterowania daje sygnał rozpoczęcia cyklu uderzeniowego, zbiorniki dozujące są dopelniane do wyznaczonego poziomu gazu ziemnego/metanu i tlenu. Oba gazy są nadal od siebie odseparowane i tym samym niewybuchowe.
3. Magnetyczne zawory przejściowe zostają otwarte dla gazu ziemnego/metanu i tlenu, obydwa gazy wpływają do komory spalania, gdzie ulegają zmieszaniu i są już wybuchowe.
4. Świeca żarowa jest zapalana i wywołuje spalanie. Przez gwałtowny wzrost ciśnienia do 350 barów w komorze spalania, tłok cofa i zwalnia otwór wyjściowy.



Rys. 3. Sekwencje cyklu impulsu uderzeniowego

Obecnie są dostępne cztery następujące modele SPG, których zastosowanie zależy od wielkości i rodzaju kotła oraz paliwa.

Shock Pulse Generator		EG10	EG10L	EG10XL	TwinL
Objętość komory spalania	l	2.5	3.5	4.4	2 x 3.5
Wielkość ciśnienia CH <sub>4</sub> i O <sub>2</sub> zbiorników dozujących	bar	29	32	35	napętnianie bezpośrednie
Pobór CH <sub>4</sub> /O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub>	g/SP	16/34/1	22/48/1	28/61/1	44/96/2
Rozmiar kryzy do kotła	DN	125	125	250	2 x 125

Dostarczenie gazów do SPG może być łatwo realizowane przy użyciu pojedynczych butli lub wiązek rurek. Rurki do SPG mają średnicę tylko 12 mm przy ciśnieniu 40 barów. Mały kompresor może zatem być użyty dla gazu ziemnego/metanu przy istniejących połączeniach głównych.

SPG jest montowany poziomo w ścianie kotła lub pionowo w pokrywie.



Rys. 4. Shock Pulse Generator – instalacja pozioma

## Shock Pulse Generator – miejsca zastosowań

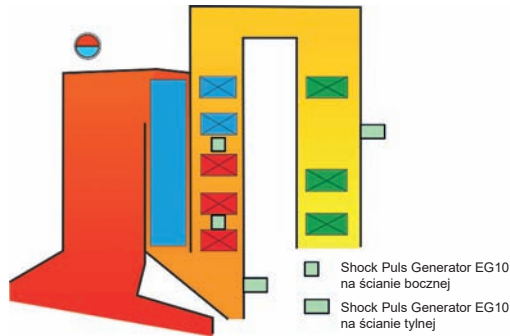
SPG mogą być stosowane zarówno w istniejących kotłach, po wymianie lub jako uzupełnienie dotychczasowych systemów czyszczenia, jak również w nowych systemach jako dodatkowe korzystne rozwiązanie prowadzące do widocznego zmniejszenia konstrukcji stalowych i wielkości urządzeń, co pozwala zaoszczędzić środki inwestycyjne. Kompaktowa budowa o kubaturze ok. 1 m<sup>3</sup> na jedno SPG pozwala na instalacje nawet przy małej dostępnej przestrzeni do montażu.

Przykłady referencyjne istniejących instalacji dla różnych paliw i sposobów montażu przedstawiono poniżej.

### Przykładowe zastosowanie SPG w spalarni śmieci w Lucernie

Zakład w Lucernie ma trzy kotły, które początkowo były czyszczone przez zdmuchiwacze sadzy ze sprężonym powietrzem oraz zraszacze kulkowy. Poczynając od 2009 roku zostało zainstalowanych łącznie 8 Shock Pulse Generator w trzech stopniach, zaś zdemontowano dwadzieścia zdmuchiwaczy sadzy i jeden zraszacze kulkowy.

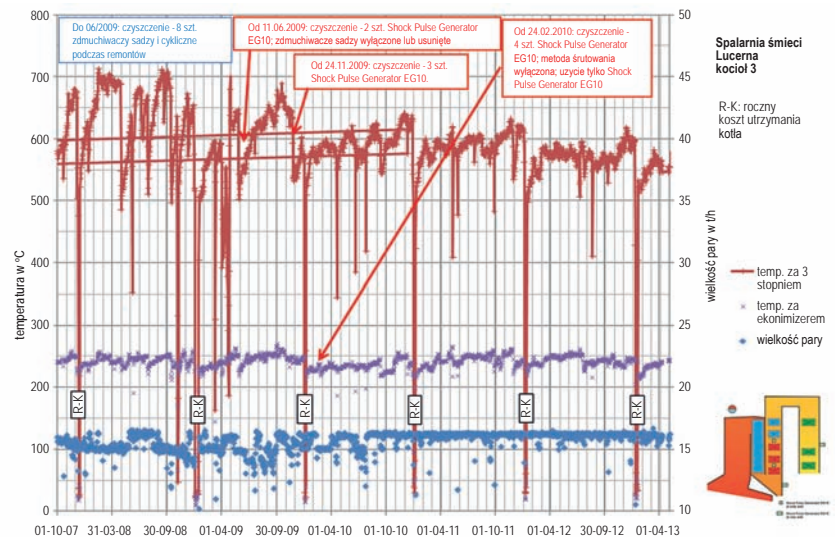
Podczas pięciu lat użytkowania czyszczenie kotłów odbywało się wyłącznie z pomocą Shock Pulse Generators. W trakcie pracy, włącznie z fazą testową, wzbudzono 500 000 impulsów uderzeniowych w trzech kotłach bez żadnych oznak uszkodzenia. To dowodzi, że impulsy uderzeniowe nie wpływają szkodliwie na elementy kotła.



Rys. 5. Shock Pulse Generator – miejsca instalacji w spalarni śmieci w Lucernie, kocioł 3

Analizując wykres temperatury kotła 3 można łatwo zauważyć, że impulsy uderzeniowe wpływają także na przepływ gazów spalinowych. Mimo że żaden SPG nie został zainstalowany w drugim stopniu, temperatura wyjściowa drugiego stopnia została znacznie obniżona, co stało się możliwe dzięki lepszemu oczyszczeniu kotła. Wcześniej, wysokość temperatury powyżej 700°C powodowała finalnie większą korozję przegrzewacza pary.

Zakład w Lucernie został zamknięty na początku 2015 roku, w momencie zastąpienia go przez nową kogeneracyjną spalarnię śmieci w Perlen. Trzy stopnie w tej spalarni są również czyszczone przez trzy Shock Pulse Generator EG10L.

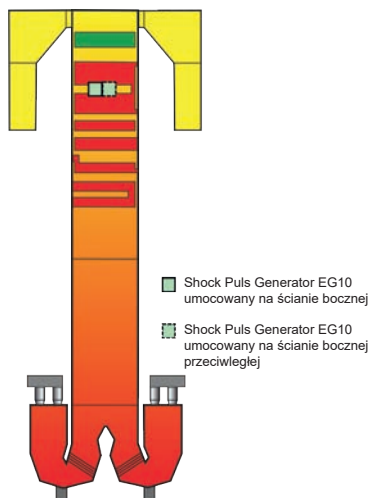


Rys. 6. Kocioł 3 – wykres pracy przed i po instalacji Shock Pulse Generator

### Przykład zastosowania w elektrowni węglowej w Werdohl Elverlingsen, blok E4, przegrzewacz 1

Operatorem elektrowni węglowej *Elverlingsen* jest *Mark-E*, firma z Grupy *ENERVIE*. W elektrowni tej blok E4 ma moc 321 MW. Jest tam zainstalowany kocioł typu Benson z dwiema komorami i podwójnym rusztem. Wymiary kotła to ok. 11 x 13 x 80 m.

Przegrzewacz 1 był czyszczony przez dwa SPG od września 2011 r., wówczas trzy zdmuchiwacze sadzy zostały zdemontowane. W związku z oszczędnością zużycia pary, czas użytkowania przegrzewacza 1 wydłużył się, ponieważ szkody powstałe w wyniku otarć i/lub korozji zostały zredukowane.

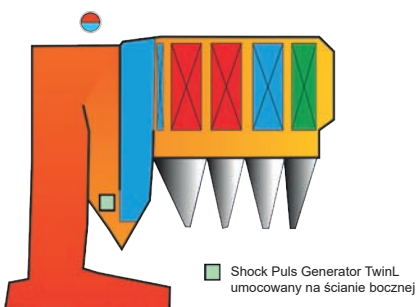


Rys. 7. Shock Pulse Generator – miejsca instalacji w bloku E4 Elektrowni Elverlingsen

### Przykład zastosowania w spalarni śmieci w Zurychu, stopnie przegrzewaczy

Czterostopniowy poziomy kocioł (rys. 8) ma przegrzewacz o głębokości 7,2 m i wydajności spalania śmieci 13,25 t/h, w tym do 15% szlamu ściekowego. Wielkość pary wynosi 52 t/h pod ciśnieniem 40 barów i temperaturze 400°C. Trzeci przegrzewacz jest przedzielony membraną odparowującą, dzielącą komorę na lewą i prawą połowę. Temperatura maksymalna spalin nie powinna przekroczyć 700°C, aby nie przyspieszała procesu korozji przegrzewacza.

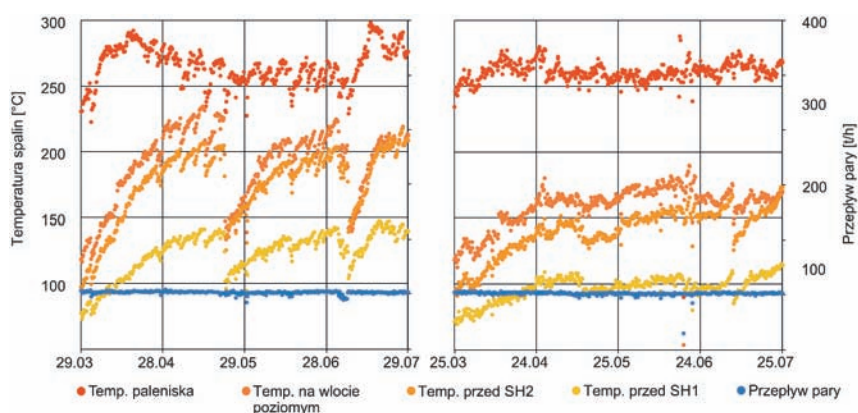
W 2016 roku, w celu polepszenia czyszczenia, został tam zainstalowany jeden Shock Pulse Generator TwinL w niższej części drugiego stopnia.



Rys. 8. Shock Pulse Generator – miejsca instalacji w spalarni śmieci w Zurychu

Poprawę czyszczenia dzięki zastosowaniu Shock Pulse Generator zilustrowano na rysunkach 9a i 9b. W 2015 roku (rys. 9a), bez zastosowania Shock Pulse Generator, temperatura spalin na wejściu do poziomych stopni wzrastała liniowo, 7°C na dzień, i osiągała krytyczną wartość temperatury 700°C w czasie krótszym niż miesiąc od rozpoczęcia pracy kotła. Przy użyciu systemu natryskowego temperatura ok. 700°C mogła być utrzymywana przez okres 2-3 tygodni. Aby zapobiec dalszemu wzrostowi temperatury trzeba było stosować ręczne czyszczenie kotła, co pozwalało na zredukowanie temperatury do podobnej wielkości jak podczas przeglądów konserwacyjnych. Mimo tych działań okresy pomiędzy czyszczeniem natryskowym a ręcznym czyszczeniem kotła stawały się coraz krótsze.

Po instalacji Shock Pulse Generator (rys. 9b), temperatura spalin na wejściu do stopni poziomych wzrosła w ciągu pierwszego miesiąca do 600°C, ale mogła być potem utrzymywana w zakresie 600-650°C przez kolejne 4 miesiące pracy. Shock Pulse Generator rozpoczął pracę w tydzień po uruchomieniu kotła. W drugim i trzecim tygodniu czas pomiędzy impulsami uderzeniowymi wynosił cztery godziny, w czwartym i piątym tygodniu – dwie godziny, natomiast od szóstego tygodnia – jedną godzinę.



Rys. 9a. Parametry pracy w 2015 roku z użyciem systemu natryskowego i ręcznego czyszczenia online

Rys. 9b. Parametry pracy w 2016 roku z użyciem Shock Pulse Generator (bez systemu natryskowego i ręcznego czyszczenia online)

Poza pozytywnym efektem, jakim jest redukcja temperatury spalin i tym samym zmniejszenie poziomu korozji orurowania przegrzewacza, użytkownicy odnotowali kolejny pozytywny efekt w postaci zmniejszenia liczby czyszczeń poszczególnych poziomych stopni z trzech do jednego w ciągu sześciu miesięcy użytkowania. Ponadto piaskowanie, wykonywane podczas przeglądów konserwujących, mogło zostać skrócone i wykonane z mniejszym zużyciem materiału. Ostatni, ale nie mniej ważny jest fakt, że zmniejszenie temperatury spalin pozwoliło na przeciążenie pracy kotła w trakcie wzmożonego zapotrzebowania na wytwarzane ciepło.

### Podziękowanie

Składamy podziękowanie użytkownikom SPG za udostępnienie raportów z działania modeli i podzielenie się uwagami na temat pracy Shock Pulse Generator w miejscach instalacji.

Informacje referencyjne o innych miejscach instalacji można znaleźć na stronach [www.explosionpower.ch](http://www.explosionpower.ch).



Przedstawicielstwo w Polsce: **TAT Agencja Usługowo-Handlowa**  
ul. Kaniowska 80/1, 01-529 Warszawa, tel. +48 22 869 85 61, fax +48 22 869 85 62

mgr inż. **Tomasz Tutak**: tel. kom. +48 601 135 726, e-mail: [tomasz.tutak@tattat.eu](mailto:tomasz.tutak@tattat.eu), [tomasz.tat@wp.pl](mailto:tomasz.tat@wp.pl)