

Grzegorz RAJCZAKOWSKI¹
Adam NOWAK²

SYSTEM ROYEX GENERATION II – – GAZOGENERATOR Z MOŻLIWOŚCIAMI

Przedstawiono nową generację gazogeneratorów. Opisano korzyści płynące z zastosowania gazogeneratorów w połączeniu z innowacyjnym systemem inicjacji w miejscach narażonych na negatywny wpływ wykonywania robót strzałowych z użyciem materiałów wybuchowych.

1. WPROWADZENIE

Górnictwu odkrywkowemu w Polsce, w swojej historii zawsze towarzyszyła bliskość zabudowań mieszkalnych. Były czasy, gdy kopalnie stały się ośrodkami, napędzającymi koniunkturę regionu, stanowiły miejsca pracy, a na ich obrzeżach zakładano wsie, osiedla czy miasta. Ostatnie lata pokazują jednak tendencję odwrotną. Społeczności lokalne nie zawsze akceptują w ich otoczeniu nowe zakłady górnicze lub rozbudowę już istniejących. Najczęściej jako argumenty przeciw powstaniu kopalni podaje się kwestie zagrożeń środowiskowych: zapylenie, hałas, zanieczyszczenia środowiska i oddziaływania wynikające z robót strzałowych (rozrzut odłamków skalnych oraz drgania parasejsmiczne). W wielu przypadkach ma to uzasadnienie, jednak z drugiej strony rozwój gospodarki uwarunkowany jest dostępnością do surowców, a udostępnienie nowych lub zagospodarowanie istniejących złóż kopalni wiąże się ze spełnieniem coraz większych ograniczeń środowiskowych. Stąd coraz więcej kopalń, mimo

¹ NitroTech Engineering&consulting Grzegorz Rajczakowski, grajczakowski@onet.pl

² adamnowak@geosigma.pl

znacznych zasobów, ogranicza swoje wydobycie ze względu na bliskość zabudowań mieszkalnych lub innej infrastruktury (drogi, linie energetyczne czy kolejowe), na które bezpośrednio ma wpływ zastosowana technologia eksploatacji.

2. TECHNOLOGIE POZYSKANIA SUROWCA SKALNEGO

Najczęstszą metodą pozyskania kopaliny ze złoża kruszyw łamanych jest metoda mechaniczna, wykorzystująca w większości przypadków energię wybuchu materiału wybuchowego. Do metody tej zalicza się również wykorzystanie młotów lub zrywaków hydraulicznych (rzadziej spotykane maszyny z osprzętem frezującym), jednak techniki te są droższe w stosunku do stosowania materiałów wybuchowych.

W przypadku prowadzenia eksploatacji złoża blocznego stosuje się metody:

- mechaniczne (piły linowe, wrębiarki łańcuchowe, perforowanie metodą piły wiertniczej, klinowanie, rozłupywanie, urabianie materiałem wybuchowym, zastosowanie materiałów pęczniących),
- termiczną (palnik termiczny),
- hydrauliczną (cięcie strumieniem wody).

Wybór odpowiedniej metody wydobywania ma zasadniczy wpływ na techniczne warunki prowadzenia eksploatacji i racjonalne wykorzystanie zasobów. Zastosowanie gazogeneratora – jako urządzenia umożliwiającego rozdrabnianie i odspajanie skał w warunkach ograniczonej możliwości prowadzenia eksploatacji złoża – może być rozwiązaniem istotnie zwiększającym wykorzystanie zasobów.

3. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU ROYEX GENERATION II

System Royex Generation II jest bezdetonacyjnym, bezpiecznym i efektywnym urządzeniem służącym do odspajania i rozdrabniania skał, opartym na odpowiednio dobranym składzie mieszaniny gazotwórczej, gwarantującej niskie prędkości spalania. Modułowa konstrukcja urządzenia pozwala użytkownikowi na swobodę wyboru odpowiednich opóźnień milisekundowych. Podstawowymi elementami składowymi urządzenia są: nabój ROYEX GEN II i system zapłonników MaxFire.

3.1. NABÓJ ROYEX GEN II

Nabój ROYEX GEN II (rys. 1) składa się z korpusu wykonanego z tworzywa sztucznego o dostępnych średnicach 16, 25, 32, 38 mm, wypełnionego mieszaniną gazotwórczą w zależności od wariantu o masie od 25 do 200 gramów.



Rys. 1. Elementy naboju Royex GEN II: a – osłona zapłonnikowa, b – gniazdo zapłonnikowe, c – mieszanka gazotwórcza, d – korpus, e – zatyczka

Fig. 1. The layout of Royex GEN II cartridges: a – igniter protection cap, b – igniter fitting, c – propellant mix, d – cartridge housing, e – cartridge end cap

W skład mieszanki gazotwórczej wchodzi azotan amonowy (70%) i nitroceluloza (30%). Kompozycja tych składników została dobrana w sposób zapewniający jednolitość mieszanki (zastosowanie ziaren o tej samej średnicy) oraz zmniejszoną emisję związków NO_x (tab. 1).

Tab. 1. Specyfikacja naboju ROYEX GEN II
Tab. 1. General specifications of ROYEX GEN II

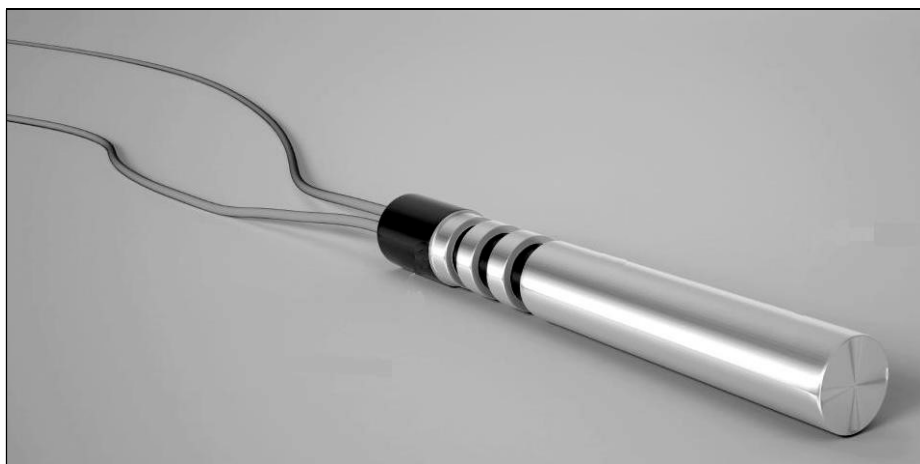
Nazwa produktu	Royex Generation II Non detonating cartridge
numer rozpoznawczy UN	0432
kod klasyfikacyjny	1.4 S
skład	azotan amonowy (70%), nitroceluloza (30%)
gęstość mieszanki	0,96 gram/cm ³
klasa wyrobu pirotechnicznego	P2
numer identyfikacyjny (T&T)	niewymagany
energia	911 kcal/kg (3,81 MJ/kg)
objętość gazów	923 litrów/kg
ciśnienie	520 MP
sposób zadziałania	zapłonnik typu MaxFire
prędkość deflagracji	330–850 m/s
wodoodporność	tak
efektywność/wydajność (in situ)	1 m ³ /100 gram mieszanki
efektywność/wydajność (nadgabaryty)	20 m ³ /100 gram mieszanki
skład mieszanki gazowej	azot 41%, para wodna 37%, CO ₂ 19%, CO << 0,01%

Skłasyfikowanie naboju ROYEX GEN II do klasy wyrobów pirotechnicznych P2 powoduje brak konieczności stosowania względem urządzenia przepisów *Dyrektywy Komisji Europejskiej...2008*. Zadziałanie naboju może odbyć się tylko przy użyciu dedykowanego systemu zapłonników typu Maxel MaxFire oraz systemu zapalników MaxClip Maxfire.

3.2. SYSTEM ZAPŁONNIKÓW MAXEL MAXFIRE

Zapłonnik Maxel MaxFire (rys. 2) są zapalającymi, elektrycznymi urządzeniami pirotechnicznymi, wykorzystującymi opóźnienia milisekundowe; dotychczas zarezerwowane tylko dla tradycyjnych środków strzałowych. Zaklasyfikowane zostały jako wyrób klasy P1 (pozostałe wyroby pirotechniczne) i zaliczone do klasy 1.4S materiałów niebezpiecznych.

Działanie zapłonnika Maxel MaxFire polega na dostarczeniu impulsu prądu elektrycznego z zapalarki elektrycznej i wytworzeniu płomienia o temperaturze 900 °C. Specyfikację techniczną zapłonników Maxel Maxfire przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 2. Zapłonnik Maxel MaxFire

Fig. 2. Maxel MaxFire igniter

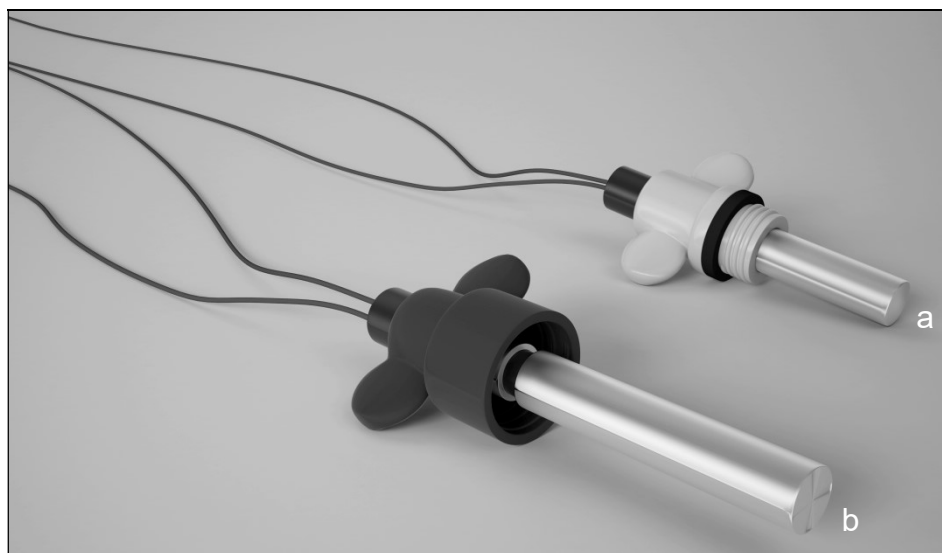
Wszystkie zapłonniki Maxel MaxFire zostały kolorystycznie znormalizowane, dzięki czemu różne wartości opóźnień milisekundowych są łatwe do rozpoznania i zastosowania.

Tab. 2. Specyfikacja techniczna zapłonników Maxel Maxfire

Tab. 2. Technical specifications of Maxel Maxfire igniters

Nazwa produktu	Maxel MaxFire
numer rozpoznawczy UN	0454
kod klasyfikacyjny	1.4 S
temperatura inicjacji	900 °C
klasa wyrobu pirotechnicznego	P1
numer identyfikacyjny (T&T)	niewymagany
dostępne opóźnienia milisekundowe	0, 200, 350, 500, 750, 2000, 2200 oraz 4000

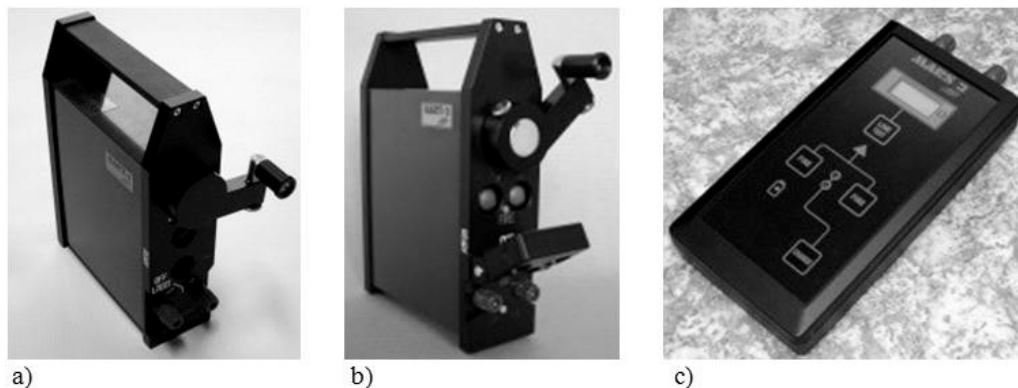
Konstrukcja mocowania zapłonika umożliwia szybki montaż systemu Royex Generation II. Każdy zapłonnik wyposażony jest w łatwy i wygodny w użyciu gwintowany element mocujący, dodatkowo wyposażony w gumową uszczelkę umożliwiającą szczelne zamocowanie w naboju ROYEX GEN II. Zapłonniki Maxel MaxFire ze względu na pełnioną funkcję w systemie Royex Generation II dzielimy na otworowe (in hole igniter) – zapalające mieszaninę gazotwórczą, zawartą w naboju ROYEX GEN II oraz napowierzchniowe (out hole igniter) – uruchamiające system zapalników MaxClip MaxFire (rys. 3). System zapalników Maxel MaxFire można łączyć szeregowo, szeregowo-równoległe lub równoległe.



Rys. 3. Zapłonniki Maxel MaxFire: a) zapłonnik otworowy, b) zapłonnik napowierzchniowy
Fig. 3. Maxel MaxFire igniters: a) in hole igniter, b) out hole igniter

3.3. SPOSÓB INICJACJI

Elementem uruchamiającym system Royex Gen II są kondensatorowe zapalarki typu BART 1, BART 2 oraz MARS (rys. 4), przeznaczone do inicjacji zapalników elektrycznych. Energia potrzebna do odpalenia zapalników gromadzona jest w kondensatorze o dużej pojemności elektrycznej, ładowanym prądnicą napędzaną ręcznie (dla zapalarki MARS – $2 \times$ bateria 9V). Urządzenia mają możliwość kontroli ciągłości obwodów elektrycznych poprzez sprawdzenie oporności przewodów elektrycznych. Istnieje możliwość zastosowania innych urządzeń do uruchomienia systemu Royex Gen II, jednak uzależnione jest to od pozytywnej opinii producenta systemu.



Rys. 4. Zapalarki kondensatorowe: a) BART 1, b) BART 2, c) MARS

Fig. 4. Blasting machines: a) BART 1, b) BART 2, c) MARS

4. ZASTOSOWANIE

Pierwszym zastosowaniem systemu Royex Generation II były wykonane pod koniec 2015 roku prace związane z usunięciem masywu skalnego przylegającego do filarów podtrzymujących odcinek drogi autostradowej Essingeledden w Sztokholmie. Użycie konwencjonalnych materiałów wybuchowych wiązało się z narażeniem konstrukcji tego filara na szkodliwe drgania parasejsmiczne oraz na kosztowne działania związane z jego zabezpieczeniem oraz m.in. wyłączeniem z ruchu odcinka 7a przebiegającej powyżej drogi.

Dokonano czterech odstrzałów (tab. 3), w trakcie których firma Nitro Consult Stockholm prowadziła stały monitoring drgań parasejsmicznych.

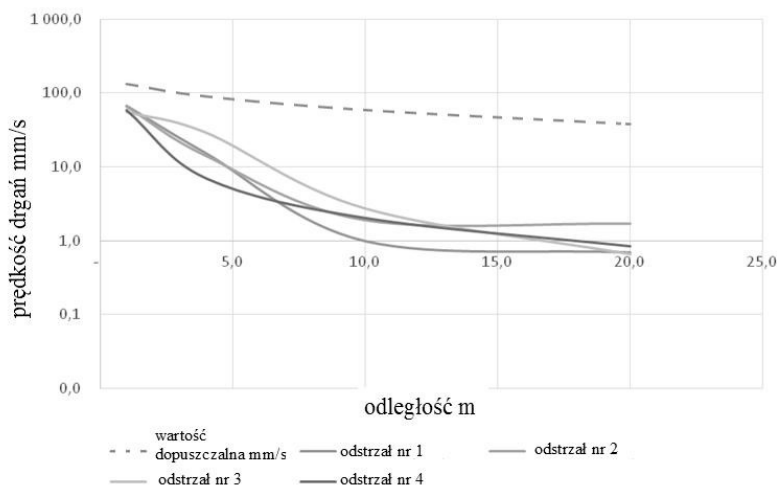
Tab. 3. Urobione masy skalne wraz z ilością zużytej mieszaniny gazotwórczej

Tab. 3. Remove rock masses and used amount of propellant mix

Nr odstrzału	Liczba otworów	Ładunek całkowity [kg]	Urobione masy skalne [m ³]
1	3	0,600	2,8
2	5	1,000	2,0
3	5	1,000	2,0
4	5	0,975	2,0

Całość prac odbyła się bez naruszenia konstrukcji filara i nie wymagała wstrzymania ruchu na autostradzie. Zarejestrowane wartości fal parasejsmicznych (rys. 5) podczas przeprowadzonych prac wskazują na nieporównywalnie mniejszą emisję

drgań, wynikającą z zastosowania systemu Royex Generation II, niż ma to miejsce w przypadku użycia tradycyjnych materiałów wybuchowych.



Rys. 5. Wartość drgań parasejsmicznych zarejestrowana podczas pomiarów

Fig. 5. Vibration measured during the blasts

Średnice i ilości mieszanki gazotwórczej użytej w nabojach ROYEX GEN II sprawiają, że produkt znajduje szerokie zastosowanie w różnych gałęziach górnictwa i budownictwa. W górnictwie odkrywkowym produkt znajduje zastosowanie przy produkcji kruszywa łamanego w partiach złoża wyłączonych z zasięgu eksploatacji przy użyciu MW ze względu na bliskie sąsiedztwo obiektów chronionych oraz przy likwidacji negatywnych efektów robót strzałowych, np. nadgabaryty, progi przyspągowe. System Royex Generation II pozwala również na urabianie złóż blocznych i podział odspojonych boków na mniejsze fragmenty; w budownictwie podczas wykonywania wykopów w ośrodku skalnym lub przy likwidacji konstrukcji betonowych.

5. PODSUMOWANIE

- Zastosowanie wskazanych rozwiązań może spowodować, że część zasobów kopaliny, traktowanych jako straty pozaeksploatacyjne będzie można pozyskać.
- Działania takie mogą doprowadzić do wydłużenia funkcjonowania kopalni lub stworzyć warunki, umożliwiające powstanie nowego zakładu górniczego.
- Opisywana technologia znajduje zastosowanie także w pracach cywilnych podczas wykonywania wykopów w ośrodku skalnym, przy likwidacji konstrukcji betonowych itp.

LITERATURA

Dyrektywa Komisji 2008/43/WE z dnia 4 kwietnia 2008 r. ws. ustanowienia systemu oznaczania i śledzenia materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego, Dz.U.U.E.L 94/8.

Royex Gen2 Introductory presentation brochure, 2015, Sweden.

Royex Generation II Operational manual, 2015, ETKEN TEKNOLOGI, Sweden.

Royex Gen II Non detonating cartridge Technical data sheet, 2015, ETKEN TEKNOLOGI, Sweden, www.royex.com

ROYEX GENERATION II – GAS GENERATOR WITH THE OPPORTUNITIES

The article presents the Royex Generation II rock breaking system made by AB Etken Teknologi. The use of the new system allows to do work in areas where conventional explosives are either prohibited by regulation or unsuitable for the task. Royex system offers a simple, safe and efficient option for blasters, miners and civil engineers alike, where the impact of ground vibration, noise, dust and fly-rock control inhibit the use of traditional blasting methods. The article presents first propellant based rock breaking system to be aligned with a sequential delay-timed initiation system.

Keywords: *gas generator, igniter, rock mining process*