ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1983

Seria: GÓRNICTWO z. 123 Nr kol. 745

Zdzisław KŁECZEK, Sylwester WARWAS

WYTRZYMAŁOŚĆ SOLI KAMIENNEJ W PODWYŻSZONYCH TEMPERATURACH

Streszczenie. Koncepcja budowy podziemnych składowisk odpadów promieniotwórczych w górotworze solnym stawia przed geomechaniką szereg zadań, między innymi określenie wpływów podwyższonych temperatur na wytrzymałość soli.

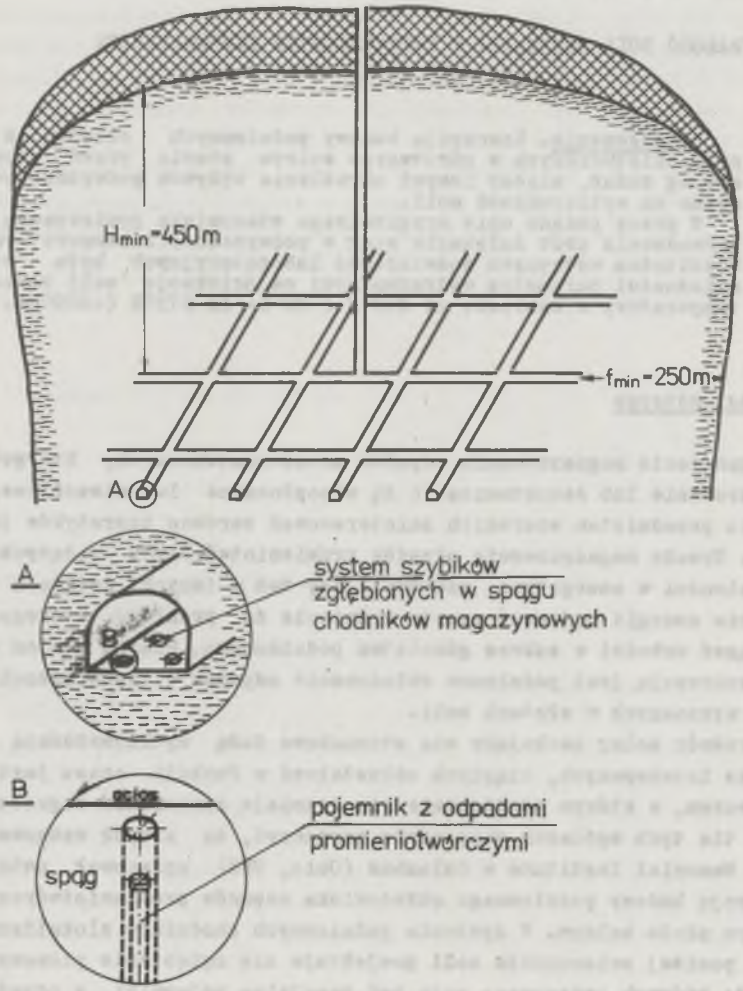
W pracy podano opis oryginalnego stanowiska pomiarowego do przeprowadzenia prób ściskania skał w podwyższonych temperaturach. Rezultatem wstępnych doświadczeń laboratoryjnych było otrzymanie zależności parametru wytrzymałości na ściskanie soli kamiennej od temperatury w zakresie od 293°K (+20°C) do 673°K (+400°C).

1. Uwagi wstępne

Zagadnienie magazynowania odpadów promieniotwórczych, których dalsze wykorzystanie lub dekontaminacja są nieopłacalne lub niemożliwe, jest ostatnio przedmiotem szerokich zainteresowań zarówno teoretyków jak i praktyków. Trwałe magazynowanie odpadów promieniotwórczych będących efektem działalności w energetyce, medycynie czy też w innych działach wykorzystywania energii jądrowej urosło w świecie do problemu, którego jedno z rozwiązań wchodzi w zakres górnictwa podziemnego. Realną bowiem dla praktyki koncepcją jest podziemne składowanie odpadów w wyrobiskach górniczych wykonanych w złożach soli.

Górotwór solny cechujący się stosunkowo dużą wytrzymałością i zdolnością do intensywnych, ciągłych odkształceń w funkcji czasu jest ponadto górotworem, w którym praktycznie nie istnieje dynamiczne zagrożenie wodne.

Na tle tych ogólnych uwag warto zaznaczyć, że zespół naukowców z Battelle Memorial Institute w Columbus (Ohio, USA) opracował ostatnio [1] koncepcję budowy podziemnego składowiska odpadów promieniotwórczych w wysadowym złożu solnym. W systemie podziemnych chodników zlokalizowanych ok. 450 m poniżej zwierciadła soli projektuje się zgłębianie pionowych szybików, do których opuszczane mają być specjalne pojemniki z odpadami promieniotwórczymi (rys. 1). W założeniach projektowych istotną rolę odgrywają wymiary calizn ochronnych (m.in. półek stropowych, filarów granicznych oraz filarów międzyszybikowych), w których właściwe określenie, zależne od własności deformacyjno-wytrzymałościowych soli, wchodzi w zakres geomechaniki.



Rys. 1. Podziemne składowisko odpadów promieniotwórczych w wysadzie solnym

Orientacyjnie przyjmuje się, że w bezpośrednim sąsiedztwie pojemników należy spodziewać się podwyższonych do 573°K (+300°C) temperatur, zaś czas aktywnej promieniotwórczości odpadów może sięgać do około 10 tysięcy lat.

Plany rozwoju krajowego systemu energetycznego przewidują budowę w Polsce elektrowni jądrowych, stąd też będący tego konsekwencją problem składowania odpadów promieniotwórczych. Koncepcja składowania podziemnego jest przedmiotem zainteresowań badawczych, między innymi, Instytutu Geomechaniki Górniczej AGH w Krakowie.

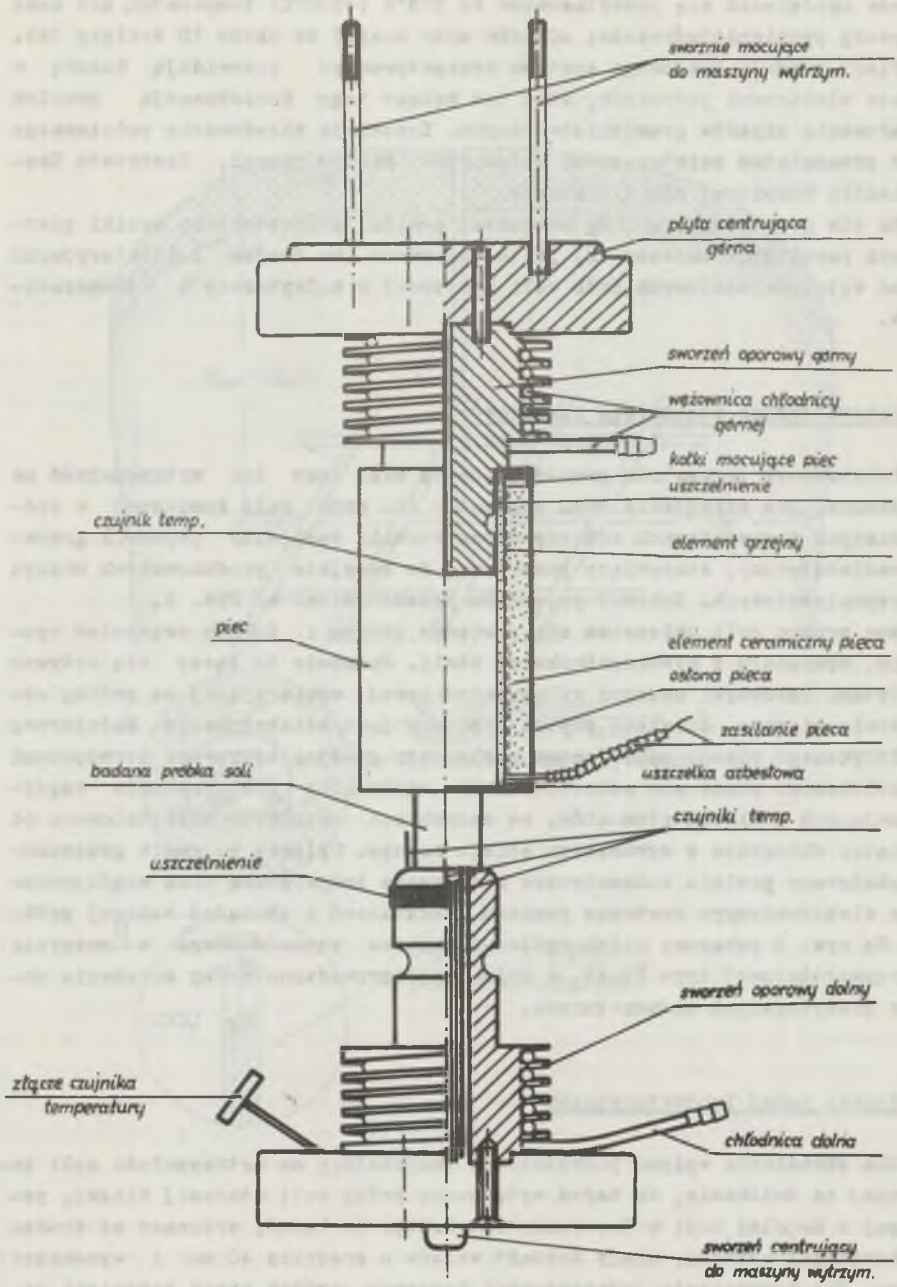
Na tle przytoczonych uwag wstępnych poniżej przedstawiono wyniki pierwszych rezultatów badawczych, jakie otrzymano na drodze laboratoryjnych badań wytrzymałościowych prób soli kamiennej w podwyższonych temperaturach.

2. Laboratoryjne stanowisko pomiarowe

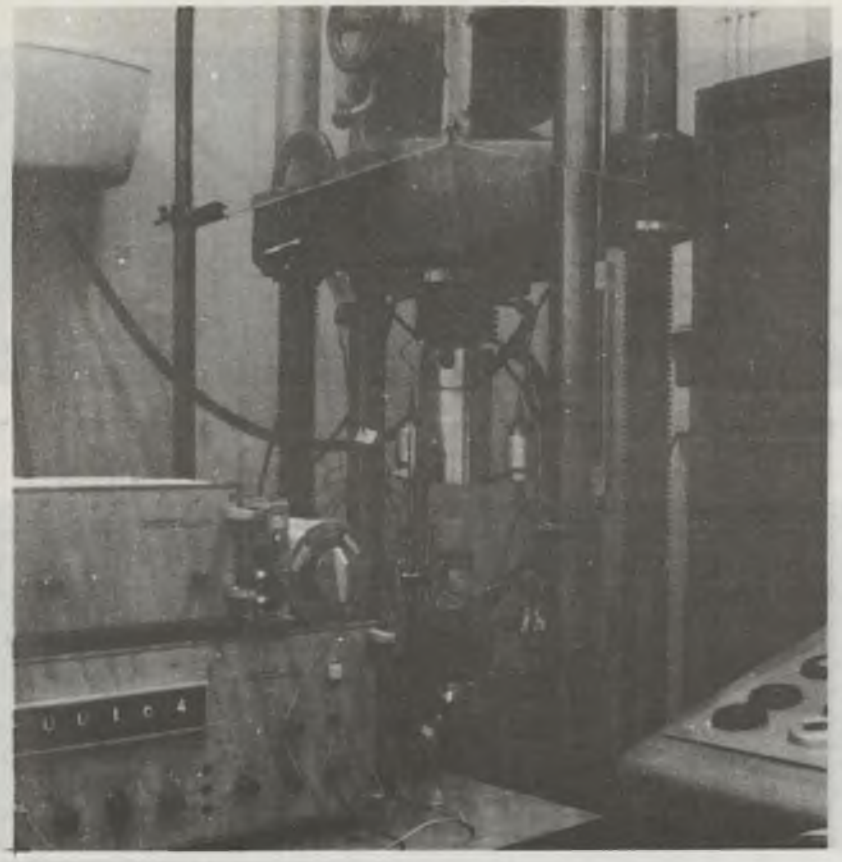
Podstawowym parametrem geomechanicznym skał jest ich wytrzymałość na ściskanie. Dla określenia tego parametru dla prób soli kamiennej w podwyższonych temperaturach autorzy skonstruowali specjalny pojemnik grzewczo-adiabatyczny, stanowiący przystawkę do seryjnie produkowanych maszyn wytrzymałościowych. Schemat pojemnika przedstawiono na rys. 2.
Badaną próbkę soli umieszcza się pomiędzy górnym i dolnym sworzniem oporowym, wykonanym z wysokogatunkowej stali. Sworznie te łączy się sztywno z płytami oporowymi maszyny wytrzymałościowej, wywierającej na próbkę obciążenie pionowe. Ściskana próbka otoczona jest adiabatycznym kołnierzem elektrycznego pieca, uzbrojonego w elementy grzejne sterowane termoparami i izolowanego płaszczem azbestowym. Dla uniknięcia przegrzewania współpracujących z piecem elementów, na sworzniach oporowych zainstalowano od zewnątrz chłodnice o wymuszonym obiegu wodnym. Opisany pojemnik grzewczo-adiabatyczny posiada automatyczne sterowanie temperaturą oraz współpracuje z elektronicznym zestawem pomiaru odkształceń i obciążeń badanej próbki. Na rys. 3 pokazano widok ogólny pojemnika zamontowanego w maszynie wytrzymałościowej typu ZD-40, w której przeprowadzono próby ściskania soli w podwyższonych temperaturach.

3. Wyniki badań laboratoryjnych

Dla określenia wpływu podwyższonej temperatury na wytrzymałość soli kamiennej na ściskanie, do badań wytypowano próby soli starszej białej, pobranej z Kopalni Soli w Inowrocławiu. Próbki do badań, wykonane na drodze mechanicznej obróbki, miały kształt walców o średnicy 40 mm i wysokości 80 mm. Dla zapewnienia jednorodności badanych próbek przed badaniami wytrzymałościowymi dokonano selekcji ultradźwiękowej, stosując jako kryte-



Rys. 2. Pojemnik grzewczo-adiabatyczny do badania wytrzymałości skał w podwyższonych temperaturach

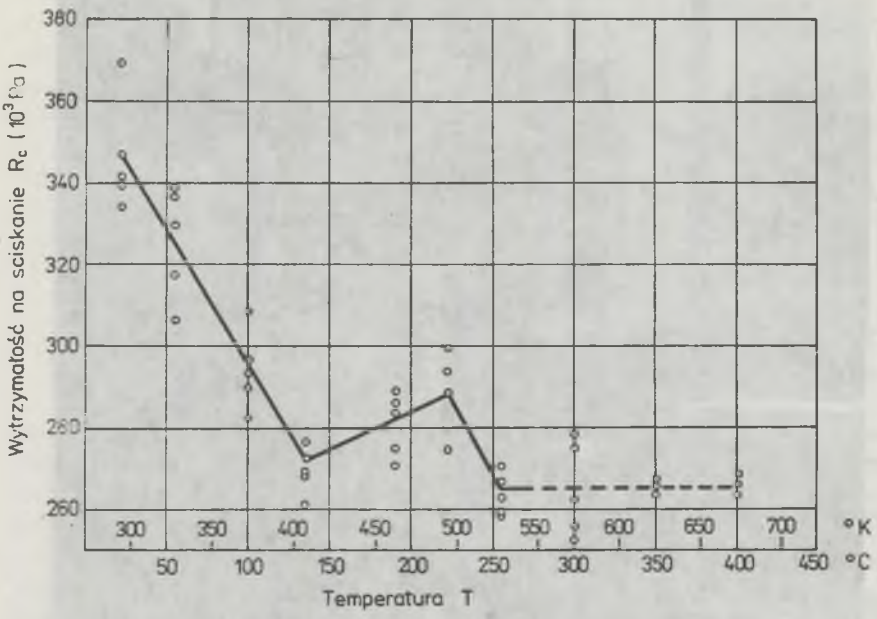


Rys. 3. Stanowisko pomiarowo-kontrolne do badania wytrzymałości prób soli w podwyższonych temperaturach

rium jednorodności prędkość czoła fali sprężystej, czyli gęstość ośrodka. Ogółem przeprowadzono ponad 100 doświadczalnych prób ściskania ze stałą prędkością obciążania 50 $Ncm^{-2}s^{-1}$, w zakresie podwyższonych temperatur od 293°K (+20°C) do 673°K (+400°C).

Efektem przeprowadzonych doświadczeń było uzyskanie empirycznej zależności $R_c = f(T)$ przedstawionej na rys. 4. Śledząc przebieg zmian wytrzymałości doraźnej na ściskanie w funkcji temperatury badanych prób należy wyróżnić cztery etapy wpływów:

- etap I w zakresie podwyższonej temperatury do ok. 413°K (+140°C), gdzie wraz ze wzrostem temperatury wytrzymałość maleje od 0,346 Pa do 0,270 Pa. Efekt zniszczenia próbek ma charakter typowy dla efektu zniszczenia ogółu materiałów kruchych (rys. 5),



Rys. 4. Wpływ podwyższonej temperatury na wytrzymałość doraźną soli kamiennej na ściskanie

Rys. 5. Efekt zniszczenia próbek soli ściskanych w zakresie temperatur 293°K (+20°C) - 413°K (+140°C)

Rys. 6. Efekt zniszczenia próbek soli ściskanych w zakresie temperatur 413°K (+140°C) - 493°K (+220°C)

Rys. 7. Efekt zniszczenia próbek soli ściskanych w zakresie temperatur 493°K (+220°C) - 533°K (+260°C)

Rys. 8. Efekt zniszczenia próbek soli ściskanych w zakresie temperatur powyżej 533°K (+260°C)

- etap II w zakresie temperatur od 493°K (+220°C), gdzie wytrzymałość soli wzrasta wraz ze wzrostem temperatury do 0,288 Pa i zmienia się charakter zniszczenia próbek (rys. 6). Charakter kruchego pęknięcia próbek wraz ze wzrostem temperatury staje się mniej widoczny, natomiast zwiększa się udział i intensywność ciągłych odkształceń materiału,
- etap III w zakresie temperatur od 493°K (+220°C) do ok. 533°K (+260°C), gdzie podobnie jak w etapie I, wraz ze wzrostem temperatury wytrzymałość maleje do ok. 0,263 Pa. Charakter zniszczenia próbek (rys.7) świadczy o zmianie własności materiału, w którym kruche pęknięcia występują sporadycznie, zaś odkształcenia próbek mają charakter odkształceń plastycznych,
- etap IV obejmujący zakres temperatur powyżej 533°K (+260°C), gdzie w trakcie doświadczenia nie dochodzi do zniszczenia próbek. Wskutek zewnętrznego obciążenia próbki osiągają maksymalne naprężenie w granicach 0,264 Pa, przy którym obserwuje się narastający proces ciągłych, plastycznych deformacji materiału (rys. 8).

Przedstawione powyżej wyniki doświadczeń laboratoryjnych nad wytrzymałością soli w podwyższonych temperaturach, jakkolwiek na obecnym etapie mają charakter jakościowy, niemniej jednak ujawniają istotny wpływ temperatury na wartość doraźną wytrzymałości na ściskanie.

Pełna dyskusja opisanych rezultatów badań laboratoryjnych będzie możliwa po przeprowadzeniu gruntownej analizy charakterystyk deformacyjno-naprężeniowych poszczególnych prób i ich interpretacji na bazie opisu zmian budowy wewnętrznej badanych próbek i ich struktur.

LITERATURA

[1] Golden F.: Hideaways for Nuclear Waste. Time, March 16, 1981.

Wpłynęło do Redakcji w marcu 1982 r.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Mirosław CHUDEK

ПРОЧНОСТЬ КАМЕННОЙ СОЛИ В ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Р е з ю м е

Концепция строительства подземных складовых площадок радиоактивных отходов в горной породе соли ставят перед геомеханикой ряд задач, между которыми находится определение влияний повышенных температур на прочность соли.

В работе дано описание оригинального измерительного стенда для проведения испытаний скал в повышенных температурах.

Результатом предварительных лабораторных опытов являюсь получение зависимости параметра прочности на сжимание каменной соли от температуры в диапазоне от 293 K (+20°C) до 673 K (+400°C).

THE STRENGTH OF ROCK-SALT IN RAISED TEMPERATURES

S u m m a r y

The idea of building underground radioactive cemetaries in rock-salt raises a lot of problems, among others the determination of the influence of raised temperatures on the strength of rock-salt.

The article contains the description of an original measuring position for carring out tests of rocks in raised temperatures. As the result of preliminary laboratory tests the dependence of the parameter of compressive strength of rock-salt upon temperature ranging from 293°C (+20°C) to 673°K (+400°C) has been obtained.