

Karolina PIEPRZYK¹

ZALEŻNOŚĆ WYTRZYMAŁOŚCI ZABYTKOWEJ OBUDOWY DREWNIANEJ OD STOPNIA I CHARAKTERU MINERALIZACJI DREWNA

Podano informacje na temat badań charakteru mineralizacji drewnianej obudowy kopalnianej w Kopalni Soli Wieliczka oraz wpływu stopnia mineralizacji na wytrzymałość na ściskanie drewna.

1. Wstęp

Drewno wykorzystywane jako materiał do wykonywania obudowy kopalnianej wyrobisk podziemnych stosowano w praktyce górniczej od wieków. Początkowo był to jedyny dostępny oraz podstawowy surowiec wykorzystywany w wyrobiskach podziemnych, później jednak stracił na znaczeniu. W czasie teraźniejszym, pomimo dostępnych na rynku surowców syntetycznych i drewn impregnowanych jest surowcem często niezastąpionym.

W porównaniu z innymi materiałami stosowanymi w budownictwie podziemnym, drewno charakteryzuje się wieloma pozytywnymi własnościami takimi jak znaczna wytrzymałość na ściskanie i zginanie, stosunkowo nieduży ciężar objętościowy i łatwa obróbka przy użyciu prostych narzędzi.

Wszechstronność zalet obudowy drewnianej polegająca na zdolności drewna do ostrzegania górników o zwiększającym się ciśnieniu w przodku jest wystarczającą zaletą w stosunku do wad drewna takich jak krótki okres użytkowania oraz podatność na gnicie i łatwopalność. W górnictwie polskim przeważnie do wyrobu obudowy kopalnianej stosuje się sosnę, jodłę, świerk, modrzew i dąb [Strzelecki 1975].

Własnościami fizycznymi drewna mającymi duże znaczenie przy projektowaniu obudowy kopalnianej w wyrobiskach podziemnych jest ciężar właściwy, ciężar objętościowy, porowatość, wilgotność, nasiąkliwość oraz higroskopijność.

¹ Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, 30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30.

Dodatkowo do własności chemicznych zaliczany jest skład chemiczny (generalnie podawany w procentach) oraz wpływ temperatury na drewno. Natomiast do cech mechanicznych zalicza się wytrzymałość na ściskanie, na zginanie, na ścinanie, na rozciąganie oraz twardość drewna. [Strzelecki 1975]

Znaczenie drewna jako materiału podstawowego do wykonywania obudowy kopalnianej straciło znaczenie w kopalniach współczesnych. Niemniej, ze względu na udostępnianie zabytkowych wyrobisk podziemnych to rekonstrukcja, zachowanie bądź odtworzenie obudowy wymaga stosowanie drewna jako budulca. Stąd też, niezbędnym jest poznanie procesów krystalizacji i wpływu jej na wytrzymałość drewna w funkcji zachowania bezwzględne bezpieczeństwa zwiedzającym.

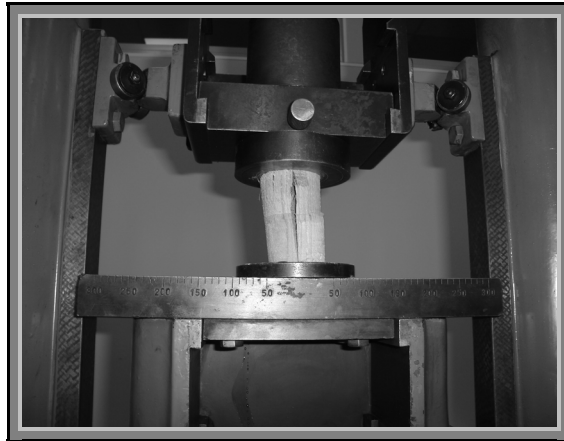
Drewno jak każdy surowiec naturalny podlega procesom niszczenia w warunkach kopalnianych. W wyniku występowania wilgotności względnej rzędu 75% przy temperaturze ok. 15 °C związki chemiczne obecne w powietrzu kopalnianym ulegają krystalizacji na wszelkich dostępnych powierzchniach, a w tym w obrębie tkanki drewna. W celu zbadania wpływu mineralizacji na własności wytrzymałościowe drewna stanowiącego obudowę kopalnianą przeprowadzono szereg badań.

2. Metodyka badań

Pobrano 40 próbek w postaci nieregularnych klocków wyciętych wprost z zabytkowych fragmentów obudowy kopalnianej, datowanych na wiek XVII, XVIII i XIX. [Jaworski i inni]. Próbki zostały pobrane z obszarów leżących z dala od szybów wentylacyjnych w celu wyeliminowania błędów związanych z ewentualnymi różnicami sposobu i szybkości krystalizacji związków mineralnych. W celu zabezpieczenia próbek przed wyschnięciem zamknięto próbki w szczelnych woreczkach strunowych.

Pobrane próbki zidentyfikowano jako drewno jodły, sosny i buka [Galewski, Korzeniowski 1959]. Wymienione próbki zostały poddane selekcji: wybrano z nich 10 reprezentacyjnych próbek, charakteryzujących się zróżnicowanym stanem mineralizacji. Tok badań rozpoczęto od wycięcia z nieregularnych klocków walców o wymiarach 30 mm (średnica podstawy) na 60 mm (wysokość). Następnie wykonano badania różnej wytrzymałości na ściskanie przy pomocy prasy hydraulicznej z rejestratorem ciągłym funkcji wytrzymałości. (rys. 1).

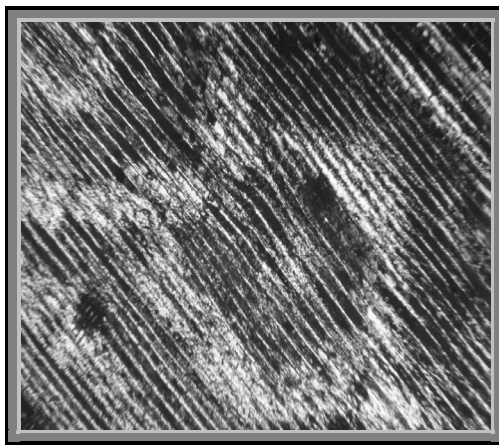
Ostatnim etapem było wykonanie płytek cienkich z badanych próbek w celu identyfikacji minerałów występujących w obrębie badanego drewna przy pomocy mikroskopu polaryzacyjnego przy świetle przechodzącym o powiększeniu 60-krotnym typu POLMI-A przy polaroidach częściowo skrzyżowanych oraz mikroskopu scanningowego typu FEI QUANTA 200 FEG o powiększeniu 200-krotnym. (rys. 3)



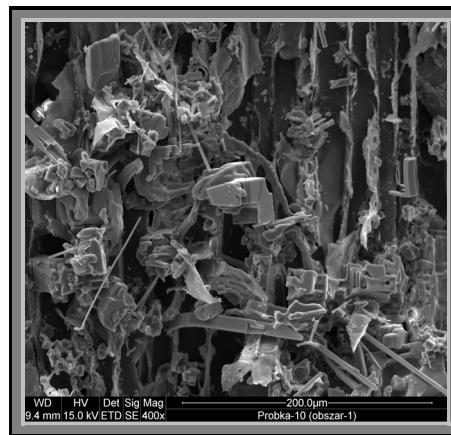
Rys. 1. Prasa hydrauliczna z rejestratorem ciągłym funkcji wytrzymałości

3. Wyniki badań

We wszystkich badanych próbkach występuje podobna mineralizacja halitem, węglanami (kalcyt) i anhydrytem oraz pojawiającym się sporadycznie gipsem. (rys. 2). Związane jest to z charakterem mikroklimatu kopalnianego jak występuje w Kopalni Soli Wieliczka.



Rys. 2. Obraz mikroskopowy próbki jodły, mineralizacja halitem, anhydrytem, kalcytem i gipsem



Rys. 3. Mikrofotografia próbki jodły. Wyraźnie widoczny bardzo wysoki stopień mineralizacji próbki z pięknie wykształconymi kryształami halitu, kalcytu i anhydrytu

Tabela 1 Zestawienie otrzymanych wyników badań wytrzymałości na ściskanie próbek drewna jodły, sosny i buka, wyciętych w kierunku równoległym i prostopadłym do ułożenia włókien tkanki drewna

Numer próbki	Wartość R_c wzdłuż włókien kg/cm ²	Wartość R_c prostopadle do włókien kg/cm ²
1	148	–
2	190	46,5
3	178	40
4	210,5	202
5	233	116
6	140	122
7	224	101
8	267,5	–
9	236	–

4. Wnioski wynikające z badań

Stopień i rodzaj mineralizacji wpływa znacząco na wytrzymałość próbek na ściskanie, a co za tym idzie na wytrzymałość obudowy kopalnianej, z której próbki zostały pobrane (rys. 4).



Rys. 4. Próbkę sosny zniszczona w wyniku badań wytrzymałościowych

W przypadku walców wyciętych równoległe do włókien wytrzymałość na ściskanie spada znacząco, dwukrotnie a czasem nawet trzykrotnie w stosunku do wytrzymałości wzorcowej. Ma to związek z mineralizacją przede wszystkim halitem. Drewno zmineralizowane halitem traci na swojej sprężystości i spoiwości aż do całkowitego jej zani-

ku. Kryształy halitu wewnątrz komórek tkanki drewna działają niszcząco na strukturę związków chemicznych budujących ściany komórkowe. Prawdopodobnie dlatego, że następują zniszczenia na poziomie komórkowym, drewno traci swoją sprężystość, a co za tym idzie wytrzymałość na przenoszenie obciążeń.

Całkowicie inne zjawisko powstaje w przypadku walców wyciętych prostopadle do włókien. W większości badanych przypadków próbki wykazały dwukrotnie większą wytrzymałość na ściskanie (tabela 1). Związane jest to z tym, że krystalizacja halitem, węglanami (kalcyt) i siarczanami (gips, anhydryt) wewnątrz komórek miękiszu (słoje letnie) i twardej (słoje zimowe) ma charakter impregnacji. Drewno wzorcowe jodły, sosny i buka ma słabą wytrzymałość na ściskanie w kierunku prostopadłym do ułożenia włókien tkanki drewna, rzędu kilkudziesięciu kg/cm^2 . Dzięki takiej właśnie impregnacji minerałami węglanowymi (kalcyt), anhydrytem i halitem drewno staje się twardsze i mniej podatne na obciążenia. Nie oznacza to niestety jednak wytrzymałości na tyle dużej, by była ona wystarczająca dla potrzeb kopalnianych w przypadku stosowania obudowy z drewna wycinanych prostopadle do biegu włókien.

Porównanie mineralizacji drewna sosny i jodły, czyli drewna iglastego, z mineralizacją próbki buka, czyli drewna liściastego, daje informację o podobnym charakterze i stopniu zasolenia próbek. Pojawia się we wszystkich próbkach bez wyjątku krystalizacja halitem, węglanami (kalcyt) oraz anhydrytem co nie budzi zdziwienia zważywszy na to jakiego typu kopalnią jest Kopalnia Soli w Wieliczce.

Kolejnym ciekawą obserwacją jest różnica w mineralizacji słoików zimowych i letnich. Powtarzalność wyników prowadzi do stwierdzenia prawidłowości dotyczącej wszystkich badanych próbek, że charakter mineralizacji w obrębie słoików zimowych i letnich różni się znacząco. Słoje przyrastające w okresie letnim charakteryzujące się większym rozmiarem komórek budujących tkankę rośliny, wypełnione są głównie dokładnie wykrystalizowanym halitem, pobocznie zaś węglanami (kalcyt) i anhydrytem i gipsem. W przeciwieństwie do słoików zimowych, gdzie prześwit komórek jest dużo mniejszy dominuje krystalizacja węglanami i siarczanami. Tłumaczyć to można wzorując się na kolejności cyklu ewaporacyjnego, gdzie węglany i siarczany jako mniej rozpuszczalne krystalizują wcześniej niż łatwo rozpuszczalny halit.

5. Zakończenie

Kolejność krystalizacji w przypadku tych minerałów ma fundamentalne znaczenie dla wniosków dotyczących tej pracy. Otóż w przypadku komórek słoików zimowych, gdzie prześwit cewek jest rzędu tysięcznych części milimetra, następująca mineralizacja zgodna z kolejnością cyklotemu ewaporatowego powoduje zatkanie się cewek z nim zdąży wnikać roztwór, z którego mogą wykrystalizować kryształy halitu.

W przypadku słoików letnich, gdzie prześwit cewek jest znacząco wyższy, proces sedymentacyjny węglanów, siarczanów i halitu przebiega w sposób niezakłócony.

Obserwacja mineralizacji pozwala na sformułowanie wniosków dotyczących sposobu migracji w obrębie włókien martwej tkanki drewna.

Migracja odbywa się na zasadzie kapilarnego podciągania roztworu do góry, wzdłuż cewek budujących włókna, które przypominają długie i cienkie rurki. Ponadto migrację ułatwiają tzw. jamki znajdujące się wewnątrz cewek.

Na stopień łatwości migracji dodatkowo wpływają także strefy spękań i zniszczeń w obrębie tkanki drewna, powstające w wyniku lokalnych, wewnętrznych naprężeń wywołanych naciskiem pracującego górotworu na obudowę kopalnianą

Literatura

1. GALEWSKI W., KORZENIOWSKI A. (1959), *Atlas najważniejszych gatunków drewna*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
2. JAWORSKI W., KUROWSKI R., KUROWSKI P. (1984), *Charakterystyka zabytkowych wyrobisk w Kopalni Soli Wieliczka*, Studia i materiały do dziejów Żup w Polsce, tom 13, Wieliczka/
3. PAWLIKOWSKI M., PIEPRZYK K. (2007), *Mineralizacja a własności wytrzymałościowe drewnianej obudowy kopalnianej w Kopalni Soli Wieliczka*, Wieliczka (w druku).
4. PIEPRZYK K. (2007), *Zjawiska mineralizacji drewna z Kopalni Soli w Wieliczce*, praca magisterska, Kraków.
5. STRZELECKI Z. (1975), *Materiałoznawstwo*, Poradnik Górnika, tom 2.
6. STRZELECKI Z. (1972), *Poradnik materiałoznawstwa dla potrzeb budownictwa polskiego kopalń*, Wydawnictwo „Śląsk”.

Mineralization and compression resistance of antique wooden main housing

The research on mineralization of antique wood in The Salt Mine Wieliczka was conducted and its influence on compression resistance of the main housing was measured. The samples of the XVIIth, XVIIIth and XIXth century fir, pine and beech were analysed with the machine to cut down, hydraulic press, optical microscopy and scanning electron microscopy. The mineralization of wood by halite, calcite, anhydrite and gypsum was observed. There is an apparent negative influence of the this phenomena on the compression resistance of this main housing.