

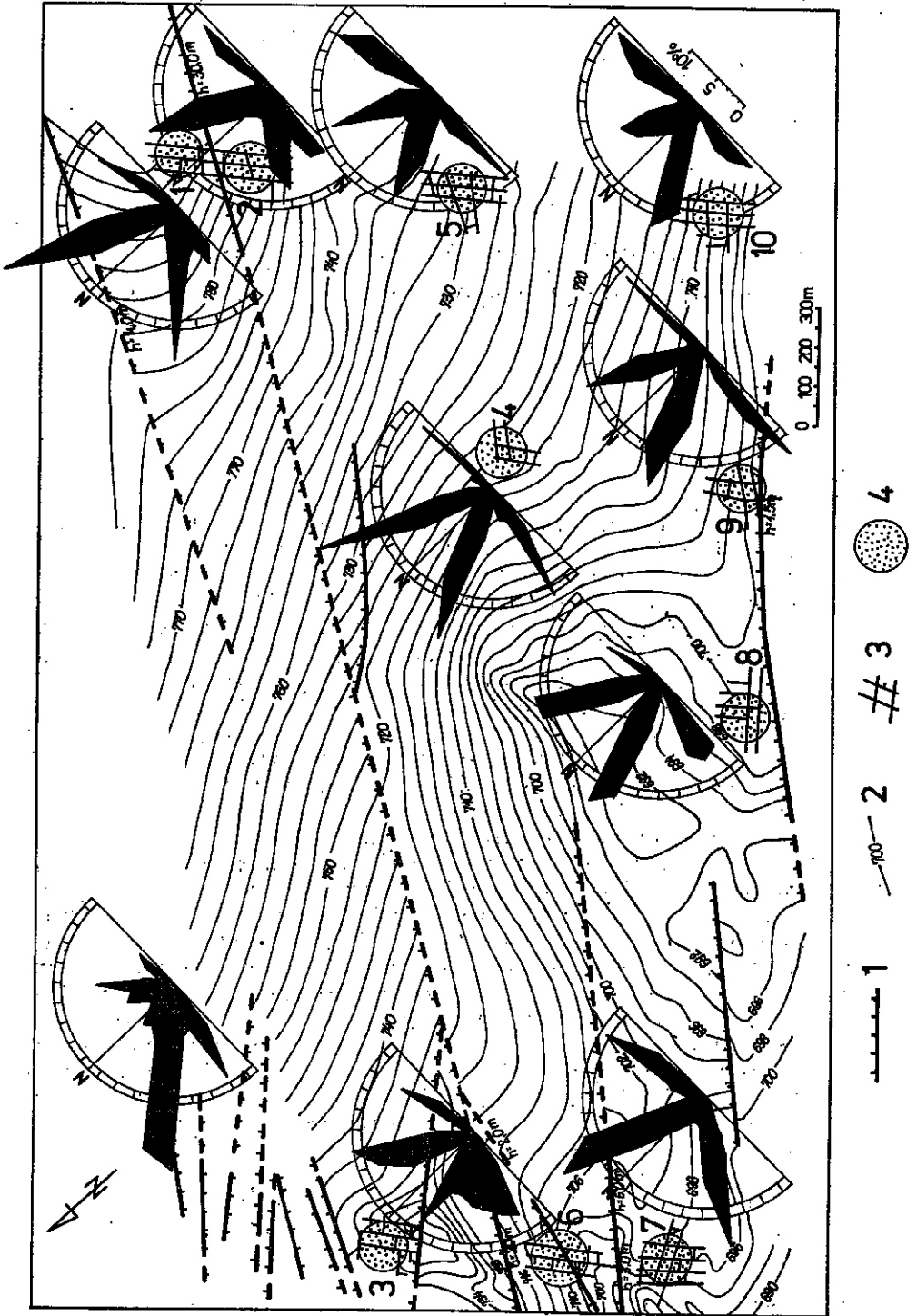
Wojciech SALSKI

## Zmiany układu spękań w cechsztyńskich skałach węglanowych monokliny przedsudeckiej

### WSTĘP

Jednym z istotniejszych zagadnień geologicznych wpływającym w trakcie badań środowiska skalnego jest określenie zmienności jego cech fizycznych i chemicznych. W sferze praktycznej działalności geologicznej dotyczy to zwłaszcza takich wielkości jak: miąższość złoża, zawartość składnika użytecznego, technologiczne właściwości kopaliny, cechy wytrzymałościowe skał itp. Zagadnienie to posiada z reguły dwojakie znaczenie: z jednej strony rzutuje na metodykę badań i wyznacza gęstość punktów obserwacyjnych, z drugiej — określa wiarygodność materiałów wynikowych. W efekcie czynnik zmienności decyduje zarówno o nakładach pracy, jak i kosztach. Szczególnie wyraźnie jest to widoczne w przypadku parametrów złożowych, których wahania wyznaczają rozstaw sieci rozpoznawczej.

Obok wymienionych przykładów ważne jest, zarówno z przyrodniczego, jak i praktycznego punktu widzenia, określenie zmian w przestrzeni orientacji kierunków spękań oraz ich wzajemnych proporcji ilościowych. Ze względu na wagę spękań w kształtowaniu geomechanicznych własności kompleksów skalnych problem ten odgrywa istotną rolę w górnictwie. Dotyczy on przede wszystkim technicznych warunków eksploatacji oraz bezpieczeństwa pracy. Ponadto reorientacja kierunków spękań określa nam stopień zróżnicowania kompleksu skalnego pod względem tektonicznym oraz informuje o zmianach w polu naprężeń, które spowodowały powstanie spękań. Wreszcie na tej drodze możemy uzyskać dane z zakresu metodyki badań, a zwłaszcza na temat zasięgu oddziaływania pola, w którym wykonano pomiary. Kopalnia dzięki gęstej sieci wyrobisk górniczych stwarza korzystne warunki do podjęcia poruszonego problemu.



## ZASADY BADAŃ

Pomiary wykonano w jednej z kopalń rud miedzi na monoklinie przed-sudeckiej. W wyrobiskach górniczych odsłonięte są płaskowce białego spagowca, łupki miedzionośne oraz skały wapienno-dolomitowe cechsztynu. Z uwagi na zróżnicowanie własności mechanicznych wymienionych skał, pomiary ograniczono wyłącznie do jednego typu litologicznego utworów. Powyższa zasada zapewnia lepszą porównywalność wyników. Obserwacje wykonano w skałach wapienno-dolomitowych, z uwagi na ich najlepsze odsłonięcie, znaczną miąższość i dobrze wykształcone spękania. Omawiane utwory wykazują rozciągłość NW—SE i upad w granicach 3 do 6° na NE, z możliwością lokalnych odchyień od podanych kierunków.

Pola, w których przeprowadzono pomiary orientacji spękań znajdują się w odstępach od 550 do 700 m (fig. 1). Rozstęp taki uwarunkowany jest krzyżowaniem się chodników, co stwarza możliwość wykonania pomiarów w wyrobiskach różnie zorientowanych. W poszczególnych przypadkach, jak np. potrzeba zbadania rozkładów spękań w skrzydle wijszącym i zrzuconym uskoku, punkty pomiarowe znajdowały się w niedalekim sąsiedztwie. Przyjęto zasadę, aby maksymalną ilość pomiarów uzyskać z jak najmniejszej powierzchni. Gwarantuje to zachowanie pełniejszej jednorodności tektonicznej kompleksu, w którym przeprowadzono obserwacje. Opierając się na dotychczasowych wynikach badań (W. Salski, 1972) za reprezentatywną liczbę dla każdego pola uznano 500 pomiarów. Dzięki temu wszystkie diagramy odznaczają się jednakową wiarygodnością.

Wyniki obserwacji zestawiono w postaci róż spękań. Strome nachylenia ogromnej większości mierzonych powierzchni sprawia, że nie jest konieczne opracowanie wyników w formie diagramów konturowych. W sumie w opracowaniu uwzględniono około 5000 pomiarów, rozmieszczonych w dziesięciu punktach kopalni. Łącznie obejmują one obszar około 3 km<sup>2</sup>. Dla lepszego uwidocznienia związków spękań z budową tektoniczną, zmiany kierunków rozpatrywano na tle istniejących dyslokacji oraz ukształtowania powierzchni strukturalnej spągu utworów wapienno-dolomitowych cechsztynu.

## WYNIKI BADAŃ

Obszar badań przecinają uskoki o kierunku NW—SE, których orientacja zmienia się w granicach 295° do 310°, oraz uskoki o rozciągłości WNW—ESE (azymut 285°). Wielkość ich zrzutów waha się od 0,5 do 30 m, przy czym znaczne zróżnicowanie amplitudy obserwuje się dość

Fig. 1. Szkic tektoniczny obszaru badań z diagramami spękań

Tectonic sketch of the work area with joints diagrams

1 — uskoki; 2 — warstwy spągu utworów wapienno-dolomitowych cechsztynu; 3 — schematycznie zaznaczone wyrobiska górnicze; 4 — pola, w których przeprowadzono pomiary spękań

1 — faults; 2 — contourlines of the top of the Zechstein calcareous dolomitic sediments; 3 — generalized outlines of mining excavations; 4 — fields where joints measurements were carried out

często na niewielkich odcinkach. Szczególnie intensywne przejawy zdyslokowania występują w północno-zachodniej części badanego obszaru (fig. 1). Na powierzchni udostępnionej wyrobiskami górniczymi wyznaczono na podstawie pomiarów w kopalni przebieg warstwic spągu utworów wapienno-dolomitowych. Rozciągłość warstw lokalnie wykazuje odchylenia od generalnego kierunku NW—SE. Zmienia się także kąt upadu, osiągając miejscami wartość 10°.

Dla rozpatrywanego obszaru charakterystyczny jest układ spękań, na który składają się: kierunki NNW—SSE i NNE—SSW jako dominujące oraz grupa spękań o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego, często reprezentowana na diagramach przez dwa niezależne maksima. Powyższy schemat w różnych punktach złoża wykazuje szereg modyfikacji. Większość z nich nie ma istotnego znaczenia w problematyce górniczej, odgrywa natomiast dużą rolę przy rozwiązywaniu zagadnień tektonicznych. Podstawą interpretacji wyników pomiarów jest analiza diagramów spękań (fig. 1) oraz charakterystyka układów spękań w zestawieniu tabelarycznym (tab. 1).

W południowo-wschodniej części obszaru róże spękań wykazują znaczną analogię w rozkładzie kierunków oraz w procentowym udziale spękań. Największą stałością orientacji odznacza się system spękań NNW—SSE

Tabela 1

Charakterystyka układów spękań w poszczególnych punktach badanego terenu

Nr pola	Główne kierunki, procentowy udział spękań, orientacja maksimów			
1	NW—SE 32%, 315°	NNE—SSW 41%, 25°	WNW—ESE 13%, 285°	ENE—WSW 14%, 75°
2	NW—SE 26%, 305°	NNE—SSW 38%, 25°	W—E 36%, 85°	
3	NW—SE 53%, 315°	NE—SW 23%, 45°	WNW—ESE 24%, 285°	
4	NNW—SSE 33%, 335°	NNE—SSW 32%, 25°	WNW—ESE 20%, 285°	W—E 15%, 85°
5	NNW—SSE 30%, 335°	NNE—SSW 26%, 25°	W—E 24%, 275°	ENE—WSW 20%, 75°
6	NNW—SSE 17%, 345°	NNE—SSW 31%, 35°	WNW—ESE 36%, 285°	ENE—WSW 16%, 75°
7	NW—SE 32%, 305°	NNE—SSW 44%, 15°	WSW—ENE 24%, 75°	
8	NNW—SSE 35%, 345°	NNE—SSW 33%, 35°	WNW—ESE 24%, 285°	ENE—WSW 8%, 75°
9	NNW—SSE 35%, 335°	NNE—SSW 25%, 25°	W—E 40%, 95°	
10	NNW—SSE 31%, 335°	NNE—SSW 26%, 25°	W—E 43%, 85°	



i NNE—SSW. W czterech polach badawczych 4, 5, 9 i 10 (fig. 1) mają one niezmiennie położenie maksimum  $335^\circ$  i  $25^\circ$ . Zbliżony jest również procentowy udział spękań; dla kierunku NNW—SSE waha się on od 30 do  $35\%$ , natomiast dla kierunku NNE—SSW od 25 do  $32\%$ . Wahania te mają charakter przypadkowy i nie można ich wiązać z określonym wpływem warunków tektonicznych. Dość istotne zmiany zarysowują się natomiast w odniesieniu do kierunków równoleżnikowych. W polach 9 i 10 występuje jeden system spękań W—E, natomiast w polach 4 i 5 (obok kierunku równoleżnikowego) uzewnętrzniają się ponadto spękania o przebiegu WNW—ESE lub ENE—WSW. W istocie mamy więc najprawdopodobniej do czynienia z dwoma kierunkami spękań, które tworzą ze sobą kąt ostry i w niektórych przypadkach mogą się na siebie nakładać, dając jedno maksimum.

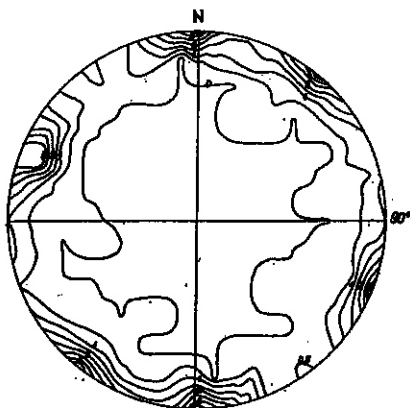


Fig. 2. Diagram konturowy spękań z pola nr 2 (rzut półkuli górnej, izolinie co  $0,5\%$ )

Contour joints diagram from field no 2 (upper hemisphere projection, contours every  $0,5\%$ )

W analogicznych sytuacjach pomocne bywa opracowanie pomiarów w formie diagramu konturowego, w którym uwzględniane są kąty upadu spękań i dzięki temu zapewniony jest lepszy rozdział kierunków. Jak wynika jednak z fig. 2, zbieżność obydwu systemów spękań w polu nr 2 jest tak duża, że i w tym przypadku reprezentowane są one przez jedno maksimum. W zależności od tego czy wymienione kierunki nakładają się na siebie, czy też zachowują odrębność, różny jest procentowy udział spękań. W przypadku łączenia się obejmują od 36 do  $43\%$  spękań, w przypadku drugim natomiast skupiają od 8 do  $24\%$  spękań (tab. 1).

W kierunku północno-zachodnim, w polu nr 8, zaznaczają się zmiany zarówno w przebiegu głównych systemów spękań, jak i w istniejących między nimi proporcjach ilościowych. W grupie spękań najliczniej reprezentowanych uwidacznia się przesunięcie maksimum: w obrębie systemu NNW—SSE z  $335^\circ$  na  $345^\circ$ , a w systemie NNE—SSW z  $25^\circ$  na  $35^\circ$  (tab. 1, fig. 1). Z planu warstwiczowego spagu utworów wapienno-dolomitowych cechsztynu wynika, że obserwacje wykonano w niedalekim sąsiedztwie uskoku w strefie gwałtownych zmian biegu warstw, obejmujących niewielki wycinek złoża. Reorientacja powierzchni nieciągłości tektonicznych jest więc efektem tych zaburzeń. Dowodzi ona, że spęka-

nia są starsze od ruchów, które spowodowały zmianę położenia warstw. Ponadto zaznacza się tutaj wyraźny rozdział spękań o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego na kierunek WNW—ESE i ENE—WSW. Zmiany rozciągłości warstw, a także bliskie sąsiedztwo uskoku sprawiają, że na określonych odcinkach dominuje różna orientacja powierzchni nieciągłości tektonicznej. W kierunku północno-zachodnim przewagę ilościową osiągają spękania i żyły gipsu o przebiegu NNE—SSW.

Wyraźniejsze zmiany w układzie kierunków spękań stwierdzono w polu badawczym nr 2, zlokalizowanym w skrzydle wiszącym uskoku o zrzućcie około 30 m (fig. 1). Kierunek NNW—SSE uległ tutaj odchyleniu na NW—SE, a wielkość przesunięcia kąтового w stosunku do centralnej części bloku wynosi 25°. W bezpośrednim sąsiedztwie uskoku powyższy system spękań wykazuje przebieg równoległy do dyslokacji. W strefie szerokości kilkunastu metrów powierzchnie nieciągłości tektonicznej występują w dużym zagęszczeniu i charakteryzują się znacznym zasięgiem przestrzennym. W miarę oddalania się od linii dysjunkcji zmniejsza się natężenie spękań, a zarazem orientacja ich zmienia się stopniowo na NNW—SSE. Obecność uskoku nie wpłynęła natomiast w jakikolwiek sposób na przebieg spękań o kierunku NNE—SSW i W—E.

W skrzydle zrzuconym uskoku spękania reprezentują również kierunek NW—SE (pole nr 1), nieco inne jest jednak położenie jego maksimum. Znamienny jest fakt, że po obydwu stronach dyslokacji zaznacza się wyraźna dominacja spękań o przebiegu NNE—SSW. Są one zorientowane prostopadle w stosunku do uskoku. Wyraźnemu rozdzieleniu, rzadko spotykanemu w innych częściach obszaru, uległy kierunki wyciągnięte w przybliżeniu równoleżnikowo, skupiają one jednak podrzędną ilość spękań.

Zmiany orientacji poszczególnych kierunków spękań obserwuje się także w sposób ewidentny w północno-zachodniej części rozpatrywanego bloku. Wyniki pomiarów w polu nr 7 wskazują na wyraźną reorientację całego układu w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara (tab. 1, fig. 1). Najwyraźniej zaznacza się to w odniesieniu do grupy spękań NW—SE (fig. 3). Zjawisko to wiązać należy zarówno ze zmianami rozciągłości warstw, jak i zróżnicowaną orientacją uskoku w tej części złoża. Znaczną przewagę ilościową osiąga tutaj kierunek NNE—SSW, skupiający 44% spękań.

Z dotychczas omówionych najbardziej skomplikowany charakter wykazuje róża spękań skonstruowana na podstawie pomiarów wykonanych w strefie występowania trzech dyslokacji o przebiegu NW—SE i WNW—ESE w południowo-zachodniej części obszaru (pole nr 6). Dominuje kierunek WNW—ESE, skupiający 36% wszystkich spękań (tab. 1). Orientacja spękań w obrębie tego systemu zmienia się w szerokim przedziale azymutów od 285° do 325°, a ponadto nie tworzą one na diagramie wyraźnego maksimum. Graficzny obraz tego kierunku na róży spękań wskazuje na istnienie ścisłego związku z budową tektoniczną całej strefy. Znaczne wahania orientacji spękań spowodowane są różnicami w przebiegu poszczególnych dyslokacji, a także są wynikiem łącznego zestawienia pomiarów wykonanych w skrzydle wiszącym i zrzuconym uskoku (fig. 1). Drugi pód względem liczebności spękań jest kierunek NNE—SSW, ustawiony w przybliżeniu prostopadle do głównych linii tektonicznych.

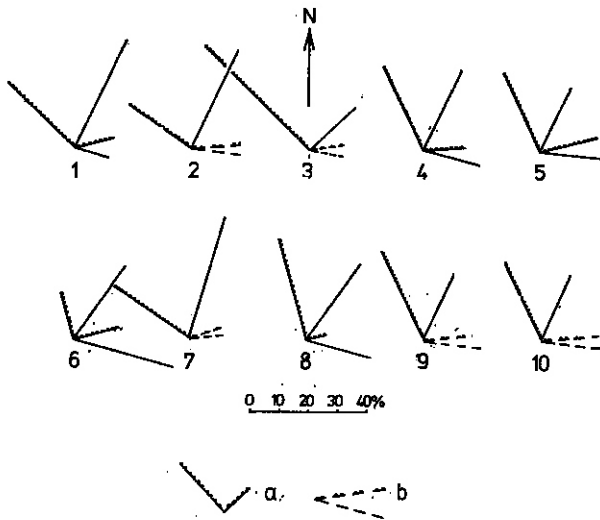


Fig. 3. Schematy systemów spękań

## Scheme of joints systems

1-10 — numery oznaczające przynależność układu do pola określonego na fig. 1; a — kierunki spękań tworzące system sprzężony; b — interferujące ze sobą kierunki spękań należące do różnych systemów sprzężonych

1-10 — numbering of systems refers to fields indicated in Fig. 1; a — joint directions forming a conjugate system; b — interfering joint directions belonging to different conjugate systems

Pozostałe grupy spękań, tj. NNW—SSE i WSW—ENE, ze względu na mniejszą częstotliwość występowania odgrywają rolę podrzędną, charakteryzują się jednak wyraźnie zaznaczonymi maksimumami.

Powyższy układ spękań różni się w sposób istotny od poznanego uprzednio na innych odcinkach stref dyslokacyjnych. Dominuje tutaj głównie system spękań w przybliżeniu równoległy do uskoku, który na pozostałym obszarze reprezentowany jest podrzędnie. Jego wyeksponowanie związane jest przede wszystkim z niewielkimi odstępami pomiędzy uskokami, dzięki czemu strefy spękań równoległych do dyslokacji wzajemnie się na siebie nałożyły. Zjawisku temu towarzyszy bardzo wyraźne zmniejszenie procentowego udziału spękań o przebiegu NNW—SSE, mimo że stanowią one na przeważającej części obszaru kierunek zasadniczy. Lokalny układ tektoniczny wpłynął więc w tym przypadku na całkowitą zmianę proporcji ilościowych między poszczególnymi grupami spękań.

Oddziaływanie zaburzeń tektonicznych na charakter rozkładu spękań potwierdzają także wyniki pomiarów w polu nr 3 (fig. 1). Znajduje się ono w części złoża ograniczonej od południowego zachodu przez wspomnianą wyżej strefę dyslokacyjną o zrzucie 20 do 30 m, natomiast od północnego wschodu przez serię niewielkich uskoku o amplitudach rzędu 0,5 do 2 m. Rozmieszczone są one w odstępach kilkunastu do kilkudziesięciu metrów. Wyeksponowanie kierunku NW—SE wśród uskoku znalazło również swoje odzwierciedlenie w spękaniach. Tak znaczna przewaga ilościowa (53%) nad pozostałymi systemami spękań nie zo-

stała dotychczas zaobserwowana w żadnym z punktów kopalni. Stosunkowo nielicznie reprezentowany jest natomiast kierunek NE—SW (23% spękań), ustawiony w przybliżeniu prostopadle do uskoku. Powszechnie występujący na całym obszarze zespół spękań NNE—SSW uległ więc tutaj reorientacji o kąt około 20°. Przedstawione wyniki pomiarów dowodzą, że w strefach tektonicznych utworzonych przez liczne uskoki o niewielkich zrzutach przeważają spękania równoległe do nich, podrzędnie natomiast reprezentowany jest kierunek prostopadły.

Materiał zebrany w trakcie badań dostarcza zarazem szeregu spostrzeżeń natury ogólnej na temat zmienności kierunków spękań w przestrzeni oraz ich proporcji ilościowych. W centralnej części bloku tektonicznego róże spękań wykazują na ogół duże podobieństwo, co jest wyrazem znacznej jednorodności strukturalnej kompleksu skalnego. Niewielkie wahania procentowego udziału spękań w poszczególnych systemach, jak również fakt nakładania się zbliżonych do siebie kierunków o orientacji zbliżonej do równoleżnikowej mają w dużej mierze charakter przypadkowy i nie znajdują uzasadnienia w budowie geologicznej. W partiach peryferycznych wzdłuż dyslokacji zaznaczają się natomiast wyraźniejsze zmiany w rozkładzie kierunków spękań. Mają one analogiczny charakter zarówno w skrzydle wiszącym, jak i zruconym.

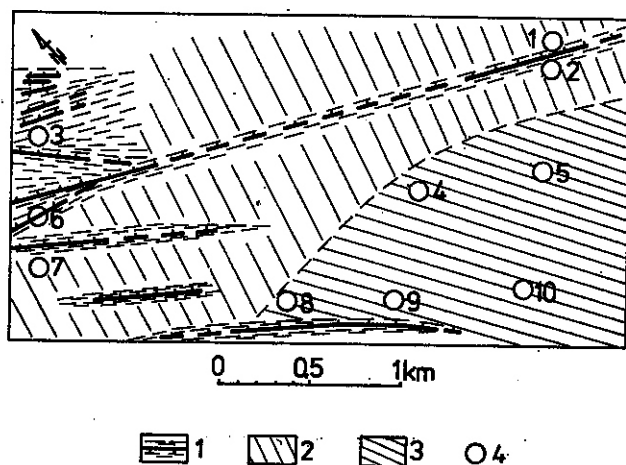


Fig. 4. Szkic rozmieszczenia dominujących kierunków spękań

Distribution sketch of predominating joint directions

1 — przewaga spękań równoległych do uskoku; 2 — przewaga spękań o przebiegu NNE—SSW; 3 — przewaga spękań o przebiegu NNW—SSE; 4 — pola, w których przeprowadzono pomiary spękań

1 — predominance of joints parallel to the fault; 2 — predominance of NNE—SSW joints; 3 — predominance of NNW—SSE joints; 4 — fields where joints measurements were carried out

Analiza wyników obserwacji w poszczególnych punktach kopalni umożliwia wydzielenie stref, w których układy spękań charakteryzuje przewaga ilościowa określonego kierunku (fig. 4). W pasie szerokości kilkunastu metrów wzdłuż uskoku o znaczniejszych zrzutach dominują spękania równoległe do nich. Analogiczne zjawisko obserwuje się również w przypadku deformacji nieciągłych o niewielkich amplitudach,

jeżeli koncentrują się one obok siebie w bliskich odstępach. Spękania zorientowane zgodnie z uskokami mogą wówczas dominować na znacznej powierzchni. Z sytuacją taką spotykamy się w północno-zachodniej części badanego obszaru.

W sąsiedztwie dyslokacji o większych zrzutach, zwłaszcza powyżej kilkunastu metrów, ilościową przewagę osiąga system spękań ustawiony do nich w przybliżeniu prostopadle. W omawianym przypadku jest to kierunek NNE—SŚW. Szerokość pasa, w którym on dominuje, uzależniona jest w głównej mierze od rozprzestrzenienia i amplitudy uskoku. Największy zasięg stwierdzono wzdłuż linii tektonicznej o zrzucie dochodzącym do 30 m. W sąsiedztwie małych uskoków strefa ta nie daje się wyodrębnić. Przykładem tego są wyniki pomiarów w polach nr 3, 8 i 9, usytuowanych w pobliżu uskoków o niewielkich zrzutach, gdzie system spękań NNE—SSW nie osiągnął przewagi ilościowej (tab. 1).

Na pozostałym obszarze, tj. w centralnej, nie zaburzonej części bloku, dominuje kierunek NNW—SSE. Granice wykreślone pomiędzy wymienionymi strefami posiadają charakter umowny, w rzeczywistości mamy do czynienia z ciągłością zmian.

W badanym kompleksie skał węglanowych występują dwa sprzężone systemy spękań: I — NNW—SSE i WSW—ENE oraz II — NNE—SSW i WNW—ESE (fig. 3). Wymienione kierunki w tych systemach tworzą ze sobą kąt zbliżony do prostego. Mimo pewnych wahań w odniesieniu do ilości spękań, w każdym z systemów sprzężonych zaznacza się dość wyraźna przewaga jednego kierunku. W systemie I dominuje grupa spękań NNW—SSE (26 do 35%), natomiast drugi kierunek WSW—ENE skupia 8 do 20% spękań. W systemie II przeważają spękania o przebiegu NNE—SSW (23 do 44%), słabiej natomiast zaznaczony kierunek WNW—ESE obejmuje 13 do 24% spękań. Przytoczone dane nie uwzględniają wyników pomiarów w polach nr 3 i 6, w których współzależności ilościowe odbiegają w istotny sposób od pozostałego obszaru. Mimo że pomiary w poszczególnych polach obarczone są pewnym błędem i nie odzwierciedlają w pełni naturalnych proporcji istniejących w kompleksie skalnym, to jednak przytoczone liczby wyrażają ogólne prawidłowości w ilościowym rozkładzie spękań.

W celu ściślejszego ustalenia stopnia podobieństwa między poszczególnymi różami spękań zastosowano metody statystyczne, a mianowicie test  $\chi^2$  i test *D* Smirnowa-Kołmogorowa (M. Nieć, J. Szczepańska, 1968). Sprawdzenia dwoma testami dokonano na poziomie istotności 0,05. Zgodnie z testem  $\chi^2$  dwie róże spękań można uznać za analogiczne, jeżeli wartość obliczona z wzoru jest mniejsza od wielkości odczytanej z tablic (= 27,6), odpowiadającej 17 stopniom swobody i poziomowi istotności 0,05. Ponieważ test  $\chi^2$  nie może być stosowany w sytuacjach, kiedy ilość obserwacji w poszczególnych klasach jest mniejsza od 5, w niektórych przypadkach posłużono się testem *D*. Podstawą wnioskowania jest tutaj porównanie wielkości różnic skumulowanych częstości klas oraz wartości *D* obliczonej z wzoru.

Konfrontacja wyników obliczeń statystycznych z prezentowaną w artykule oceną zestawień graficznych wskazuje, że wnioski płynące z tych dwóch źródeł nie zawsze się ze sobą pokrywają. Szczególnie wyraźnie jest to widoczne w przypadku oceny podobieństwa róży spękań z pól 4

i 5 oraz 9 i 10. Mimo, iż różnice jakie zarysowują się między nimi sprawiają wrażenie nieistotnych, badania statystyczne zaprzeczają występowaniu podobieństwa. Ze wszystkich rozpatrywanych diagramów, testy statystyczne potwierdzają jedynie istnienie analogii rozkładów pomiędzy różniami spękań z pól 5 i 10 oraz 9 i 4. Uzyskane wyniki wskazują więc na bardzo duże zróżnicowanie układów spękań. Brak podobieństwa w porównaniach statystycznych wynika przede wszystkim ze zmiennej ilości kierunków, a także ich przestrzennej reorientacji. W sytuacji takiej słuszniejsze wydaje się dokonywanie korelacji pomiędzy diagramami na podstawie geometrycznych i genetycznych cech rozpatrywanych układów.

Deformacje nieciągłe powstają na ogół w strefach o pewnych predyspozycjach strukturalnych, wyrażających się między innymi wzrostem stopnia spękania skał. W omawianym przypadku zgodność kierunkowa spękań i żył mineralnych z dyslokacją o zrzucie dochodzącym do 30 m istnieje jedynie w bezpośrednim jej sąsiedztwie. W miarę oddalania się od linii uskoku, powyższy system spękań odchyła się o kąt, którego maksymalna wartość wynosi 40°. Analogiczny związek obserwuje się w odniesieniu do pozostałych deformacji nieciągłych o mniejszych amplitudach. W stosunku do dominującego kierunku spękań w tym obszarze, tj. NNW—SSE, uskoki posiadają więc przebieg skośny. Powyższe zjawisko może mieć dwojakie wytłumaczenie:

— dyslokacje powstały w strefie wzmoczonych spękań i zgodnie z ich przebiegiem, jednak późniejsze naciski wytworzyły odmienny układ, w którym pierwotny kierunek został „zamaskowany”;

— deformacje nieciągłe wytworzyły się niezależnie od istniejącego układu spękań.

W rozwiązaniu tego problemu pomocne są wyniki badań z sąsiednich części złoża. Wskazują one, że w wielu przypadkach mamy do czynienia z absolutną zgodnością przebiegu uskoku, żył mineralnych i spękań reprezentujących kierunek NW—SE. Jeżeli następuje zmiana orientacji na NNW—SSE, dotyczy ona równocześnie wszystkich wymienionych elementów tektonicznych. Sytuacja taka ma miejsce we wschodniej części złoża w okolicy Lubina (J. Oberc, W. Salski, 1968).

Powyższe fakty sugerują, że w badanym terenie niektóre uskoki o orientacji NW—SE powstały niezależnie od istniejących systemów spękań. O ich przebiegu zdecydował więc najprawdopodobniej odmienny układ naprężeń. Zgodność kierunkową drobnych powierzchni nieciągłości tektonicznych w bezpośrednim sąsiedztwie uskoku należy zatem wiązać z samym mechanizmem przemieszczania się bloków. Wynika stąd, że spękania w strefach dyslokacyjnych o orientacji NW—SE nie są genetycznym odpowiednikiem spękań o kierunku NNW—SSE, które przeważają w obszarze nie zaburzonym tektonicznie. Niezgodny przebieg uskoku i spękań o kierunku NNW—SSE świadczy, że w obydwu przypadkach działały różne naciski, nie stwierdzono tu bowiem występowania tzw. spękań opierających, związanych genetycznie z deformacją nieciągłą (G. D. Azgirej, 1956). Zanikanie spękań równoległych do dyslokacji w miarę oddalania się od nich oraz równoczesny ich wzrost ilościowy w kierunku NNW—SSE przemawia za późniejszym powstaniem uskoku. Dowodzi to więc, że deformacje nieciągłe o orientacji NW—SE (lub zbliżonej), które odgrywają dominującą rolę w południowo-zachodniej części monokliny,

są zróżnicowane wiekowo. W przypadku zgodności kierunkowej ze spękaniami reprezentują tę samą fazę tektoniczną, natomiast przy skośnym ustawieniu obydwu elementów względem siebie — uskoki są młodsze.

Jak zaznaczono uprzednio, w sąsiedztwie dużych stref dyslokacyjnych ogólną prawidłowością jest wzrost ilościowy spękań zorientowanych prostopadle do przebiegu linii tektonicznych. Powyższy fakt dostarcza ważnych informacji o rozkładzie naprężeń w pobliżu uskoku, a zarazem rzuca światło na genezę i następstwo wiekowe spękań. Powstanie tego systemu należy wiązać z naciskami, których efektem był uskok. Możliwe jest również, że powyższe spękania tworzyły się także w okresie późniejszym, o ile pionowe przemieszczenie bloków skalnych nie likwidowało całkowicie stanu naprężenia. W omawianym przypadku spękania o przebiegu NNE—SSW trzeba więc uznać za równoleżnikowe i częściowo młodsze w stosunku do uskoku o orientacji NW—SE.

Wykryta współzależność pomiędzy ilościowym udziałem spękań w systemie NNE—SSW a odległością od dyslokacji posiada również znaczenie praktyczne. Przy systematycznych pomiarach spękań może ona służyć jako ogólny wskaźnik dla prognozowania nieciągłych zaburzeń tektonicznych w częściach złoża udostępnianych wyrobiskami górniczymi.

Zmiany orientacji spękań oraz proporcji ilościowych wykazują określone prawidłowości przede wszystkim w odniesieniu do kierunku NNW—SSE i NNE—SSW. Nie obserwuje się ich natomiast w sposób powszechny w obrębie systemów o przebiegu zbliżonym do równoleżnikowego. Wywołane jest to interferencją tych kierunków oraz mniejszym udziałem ilościowym spękań. Prawidłowe określenie ilości kierunków spękań ma jednak istotne znaczenie zarówno przy porównywaniu wyników badań, jak i rozpoznawaniu genezy i mechanizmu tworzenia się spękań. Dotyczy to zwłaszcza układów reprezentowanych przez systemy sprzężone, w przypadku których prawidłowa korelacja decyduje o trafności przeprowadzonej analizy strukturalnej.

Zakłady Badawcze i Projektowe  
Miedzi „Cuprum”  
Wrocław, pl. 1 Maja 1/3  
Nadesłano dnia 2 września 1974 r.

#### PIŚMIENNICTWO

- NIEĆ M., SZCZEPAŃSKA J. (1968) — Porównanie diagramów spękań metodami statystycznymi. *Kwart. geol.*, 12, p. 983—991, nr 4. Warszawa.
- OBERC J., SALSKI W. (1968) — Fałdy i spękania w skałach dolnocechsztyńskich na obszarze szybu wschodniego kopalni Lubin. *Kwart. geol.*, 12, p. 519—536, nr 3. Warszawa.
- SALSKI W. (1972) — Metodyka badań mezoskopowych zjawisk tektonicznych w wyrobiskach górniczych. *Kwart. geol.*, 16, p. 978—994, nr 4. Warszawa.
- АЖГИРЕЙ Т. Д. (1956) — Структурная геология Изд. Московского университета. Москва.

Войцех САЛЬСКИ

### ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСПОЛОЖЕНИЯ ТРЕЩИН В ЦЕХШТЕЙНОВЫХ КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ ПРЕДСУДЕТСКОЙ МОНОКЛИНАЛИ

#### Резюме

В меднорудной шахте на Предсудетской моноклинали проведены измерения ориентировки трещин для определения пространственной дифференциации системы трещин в дислоцированных и тектонически ненарушенных зонах. Эти измерения были произведены в известняково-доломитовых породах цехштейна в десяти точках, расположенных на площади около 3 км<sup>2</sup>. На этой территории тектоническими деформациями являются сбросы, амплитуда которых колеблется от 0,5 до 30 м, а направление их СЗ—ЮВ и ЗСЗ—ВЮВ (фиг. 1).

В изучавшемся комплексе имеют место две сопряженные системы трещин, представленные двумя парами направлений, перекрывающихся под углом близким к прямому. Первая система: ССЗ—ЮЮВ и ЗЮЗ—ВСВ, вторая: ССВ—ЮЮЗ и ЗСЗ—ВЮВ. Направления ЗЮЗ—ВСВ и ЗСЗ—ВЮВ часто накладываются друг на друга, образуя на диаграммах один максимум (фиг. 2 и 3).

В тектонически ненарушенной части месторождения преобладает группа трещин ССЗ—ЮЮВ, а вся система в различных местах шахты располагается очень похоже. Вблизи сбросов наблюдается переориентировка отдельных направлений, а также изменение количества трещин в них. Непосредственно на контакте с нарушениями преобладают трещины и минеральные жилы, ориентированные согласно с простиранием тектонических линий. Со сбросами большой амплитуды (больше нескольких метров) связана зона шириной нескольких сотен метров, характеризующаяся преобладанием трещин приблизительно перпендикулярных к простиранию нарушения (направление ССЗ—ЮЮВ), (фиг. 4).

По отношению к прерывистым деформациям трещины дифференцированы по возрасту. В рассматриваемом районе сбросы образовывались независимо от трещин ССЗ—ЮЮВ направления и моложе их. Увеличение количества трещин ССВ—ЮЮЗ направления вблизи больших нарушений указывает на наличие генетической и возрастной их взаимосвязи.

Wojciech SALSki

### VARIATIONS OF THE JOINT PATTERNS IN THE ZECHSTEIN CARBONATE ROCKS OF THE FORE—SUDETIC MONOCLINE

#### Summary

Joints orientation has been measured in a copper mine of the Fore-Sudetic monocline to define the spatial variation of the joint system in tectonically disturbed and undisturbed zones. The measurements were completed in Zechstein carbonate-dolomitic rocks and concentrated in ten sites within an area of about 3 squ km. In this area tectonic deformations are represented by NW—SE and



WNW—ESE faults, their amplitude being 0.5—30 m.

Two conjugate joint systems have been found in this area represented by two parts subperpendicular to each other: NNW—SSE and WSW—ENE (the first system) and NNE—SSW and WNW—ESE (the second system). Frequently the WSW—ENE and the WNW—ESE directions interfere with each other and form one maximum on the diagrams (Figs. 2 and 3).

In the non-disturbed part of the deposit the NNW—SSE joint group predominates, the whole system being fairly uniform in various parts of the mine.

Close to the faults the individual directions are reoriented and the share of various joints changes. In the direct neighbourhood of the faults the predominant joints and mineral veins are those that coincide with the directions of tectonic lines. A zone, several hundreds of metres wide, with the predominance of joints subperpendicular to the fault line (NNE—SSW) is associated with faults of major thrusts (more than several metres) (Fig. 4).

In respect to faults the joints are differentiated as to their age. In the area examined faults were formed irrespective of the NNW—SSE joints and are younger than these joints. But the more intensive NNE—SSW jointing in the neighbourhood of major faults is indicative of mutual genetic and age relationships.