

M. ХАРТНЕР

АППАРАТУРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ
УПРУГИХ ВОЛН В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Настоящая статья должна рассматриваться как предварительная работа в области исследования скорости распространения упругих волн в горных породах в их естественном залегании, а также в образцах пород. В работе дается описание аппаратуры для изучения скорости в образцах и приводятся некоторые осциллограммы и данные измерения. Описанная ультразвуковая аппаратура работает в импульсном режиме, измеряет время распространения акустических колебаний, проходящих через изучаемый образец, с применением электрострикционных преобразователей колебаний и осциллографической записи и вычисляет скорость распространения волн на основе пути звука.

M. HARTNER

DEVICE FOR DETERMINING PROPAGATION VELOCITY
OF ELASTIC WAVES IN ROCK SAMPLES

This paper should be regarded as an introductory publication on velocity determination in rocks in situ and on rock samples. The author describes a device for carrying out velocity investigations on rock samples and demonstrates several oscillograms and measurement data. The discussed ultrasonic device works in impulse operation, measuring the propagation time of acoustic vibrations passing through rock samples by the use of electrostrictional vibration transformers and oscillograph registration, and computing the propagation velocity on the basis of the sound path.

KÖZETMINTÁKBAN TERJEDŐ RUGALMAS HULLÁMOK SEBESSÉGÉNEK
MEGHATÁROZÁSÁRA SZOLGÁLÓ BERENDEZÉS

HARTNER MIHÁLY

Bevezetés

A szeizmikus hullámsebesség-vizsgálatok zömmel az üledékes kőzetekre terjednek ki és földtani információ szerzés céljából folynak. Az üledékes kőzeteknek ásványi összetétel, kor, települési mélység, szerkezet stb. szerinti osztályozása többé-kevésbé hullámsebesség szerinti osztályozásnak is tekinthető. A hullámsebességet pedig a nyomás, a hőmérséklet, a porozitás, a nedvesség-

A kézirat 1965. IX. 1-én érkezett.

tartalom stb. is befolyásolja, a rugalmas állandókkal való jól ismert függvény kapcsolata mellett. A hullámsebesség és az említett tényezők közötti összefüggés átfogó tanulmányozása számos rezgési probléma megoldásához vezetett. Kiterjedten alkalmazzák a közlekedés, az üzemelő gépek stb. mikro-szeizmáinak (E. HAHN, 1956), a bányászatban kőzetek feszültségeloszlásának (M. UHLMANN, 1957; L. SIMÁNE, 1965) stb. vizsgálatára.

I. Bányabeli és laboratóriumi sebességvizsgálatok

A felszínalatti bányászatban alkalmazandó új fejtési módszerek bevezetése, a teljes mechanizálásra való törekvés, a gazdaságosabb termelés igénye, a bányában fellépő erők megfékezése és felhasználása stb. arra készítették a bányászokat, hogy behatóan foglalkozzanak kőzetnyomás-vizsgálattal (W. KUNDORF, D. ROTTER, 1961).

BUCHEIM is in situ állapotú kőzeteken és laboratóriumban kőzetmintákon nyomás hatására fellépő kőzetsebesség-változás-vizsgálatokról számol be. Megemlíti, hogy az eredményes és biztonságos bányaművelés kőzetmechanikai folyamatok vizsgálatára alkalmas új módszerek bevezetését követeli meg.

A kőzetek mindenkor nyomáseloszlásáról és a nyomás időbeli változásáról a bányamérési módszerek tájékoztató jellegű adatai nem kielégítőek. Kiegészítendők a vágat és művelés körzetében fellépő tömegelmozdulás- és kőzetfeszültség-adatokkal. E vizsgálatok, Meisser szerint, a geofizika feladatkörébe tartoznak, ugyanis a kőzetek természetes állapotának megváltoztatása nélkül, a kőzetbelső fizikai tulajdonságaira utaló adatokat egyedül geofizikai vizsgálati módszerek szolgáltatnak. Ezek közül a legreményteljesebbnek az akusztikus nyomásslévényezés tűnik.

Kutatók sora (HEINRICH, MÜLLER, WÖHLBIER, OBERT, HUGHES, CROSS, JONES, GILBERSTEIN, GURVICS, SANGIN, VILENSZKAJA) foglalkozott sebességvizsgálattal. Különböző fizikai paraméter sebesség-módosító hatásán kívül a szeizmikus hullámsebességnek és a rugalmassági állandónak nyomásfüggését is megállapították. Az in situ méréseken kívül, a kérdéses kőzeten, laboratóriumi vizsgálatok is szükségesek ahhoz, hogy meghatározott nyomás igénybevételnél a fellépő sebességváltozásra és fordítva, a sebességváltozásból a nyomásigénybevételre lehessen következtetni.

Az indirekt módszerek helyett, ma az oszcillografikus „rövid-idő” mérési módszerek, meghatározott hangúton mérve a hullámfront „átfutási” idejét, direkt sebesség-meghatározást tesznek lehetővé.

A szokásos regisztrálási technika optimálisan 10 μ s-os időmérést enged meg. Ha azonban 1 m-es hangút vizsgálatnál a nyomás hatására fellépő sebességváltozás-méréstől 1%-os pontosságot kívánunk meg, a műszer feloldóképességének, az impulzus és a beérkezési-jel emelkedési idejének 0,2 mikroszekundum (μ s) pontosságúnak kell lennie. A kívánt pontosságot csak az elektron-sugaras oszcillogram elégíti ki.

Mivel bányában kőzetnyomás hatására két vagy három egymásra merőleges és egymástól eltérő nagyságú feszültség lép fel, ezért laboratóriumban is egyenlőtlen nyomás igénybevétel mellett kell a sebességváltozásokat tanulmányozni (W. BUCHEIM, 1953).

Az 50-es években számos vizsgálatot végeztek ultrahangos berendezéssel, rezgésfelvételle, ill. rezgéskeltésre piezoelektromos vagy magnetosztrikciós rezgésátalakítókat használva a már említett „rövid-idő”-regisztrálási metodika mellett.

II. Impulzus-módszerrel működő kőzetsebességmérő elve

A berendezés segítségével meghatározhatjuk rugalmas hullámok terjedési sebességét kőzetmintákban. Elektroakusztikai átalakítók által előállított mechanikai rezgéseket a vizsgálandó anyagba sugározva és meghatározott hangúthoz tartozó átfutási idejüket mérve, a vizsgált anyagra jellemző sebesség számítható.

A szeizmikus mérésekhez hasonlóan itt is szükség van rezgéskeltésre, a rezgés felvételére és a rezgési folyamatot regisztráló berendezésre.

A lejátszódó fizikai jelenségek elvileg mindkét módszernél hasonlóak. A közöttük levő eltérést főleg a méretkülönbségek hozzák létre (berendezés, mérési technika).

Kőzetmintákban a sebességértékeket csak úgy tudjuk kellő pontossággal meghatározni, ha a sebességhez használt minta hosszát legalább mm, a beérkezési időt pedig néhány tized μsec pontossággal határozzuk meg. A szeizmikus hullámok különféle jelenségeinek laboratóriumi méretekben történő rekonstruálására a rezgés frekvenciáját 01–1 MHz tartományban kell megválasztani.

III. A mérőberendezés leírása

A kőzetmintákban terjedő ultrahang terjedési sebességének meghatározására szolgáló berendezést az 1. ábrán látható elvi vázlat szemlélteti.

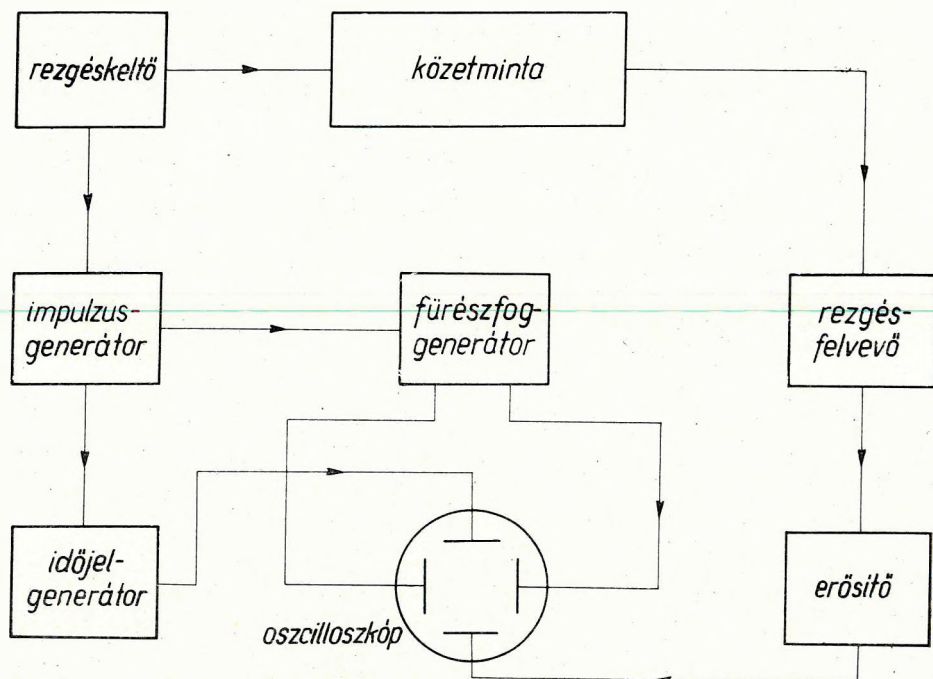
A berendezés időjel-, impulzus- és fűrészrezgés-generátorból, rezgéskeltőből, rezgésfelvételéből, erősítőből és oszcilloszkópból áll. Az impulzus-generátor rövid idejű feszültség-impulzusait a rezgéskeltő mechanikai impulzusokká alakítja át, amelyek a vele jó mechanikai csatolásban levő kőzetmintában rugalmas rezgéseket keltenek. A rezgések a rezgésfelvételhez érve visszalakulnak elektromos jelekké, melyek megfelelő erősítés után az oszcilloszkóp ernyőjén válnak láthatóvá.

1. Impulzus-generátor

Az impulzus-módszerrel dolgozó készülékek központi vezérlő szerve az impulzus-generátor, amely szabályos időközökben vezérlő impulzusokat állít elő. Ezek a jelek indítják az oszcilloszkóp elektronsugara egy-egy vízszintes eltérését létrehozó fűrészfog-generátort és gerjesztik a rezgéskeltőt.

Azért alkalmazhatunk impulzus alakú jeleket, mert mind a földrengés-hullámok, mind pedig a szeizmikus rezgések alakja impulzus jellegű.

Berendezésünkben az impulzusok időtartamát, az irodalmi adatokkal összhangban, 0,5–10 μsec közötti tartományban állítjuk be.



1. ábra. A mérőberendezés elvi vázlata

Фиг. 1. Принципиальная схема аппаратуры

Fig. 1. Block diagram of the device

2. Elektroakusztikus-átalakítók

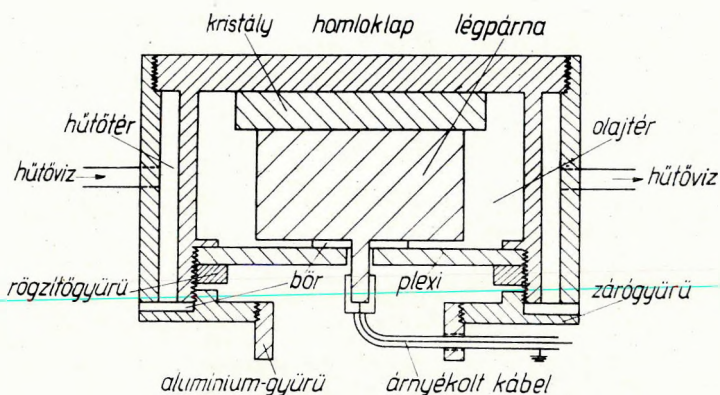
Rezgésátalakítónak két korong alakú, elektrosztrikciós hatású, kis gerjesztő feszültséget igénylő 0,4 MHz önfrekvenciájú báriumtitanát kerámiát használtunk (B. CARLIN, 1960). Az ultrahang-energia-sugárzás növelése érdekében pedig légpárnás megoldást alkalmaztunk.

Ha az említett átalakítót nem impulzus-gerjesztéssel, hanem folyamatos üzemmódban működtetjük az átalakító felmelegedését és a teljesítményre káros hatását megelőzve, a leadott teljesítmény az 5–10 W/cm² értéket nem haladhatja meg. Az elektromos impulzusokat a légpárnát biztosító szelence csapján át a 2. ábrán látható módon juttattunk az elektroakusztikus átalakítókra.

3. Időmérő oszcilloszkóp

A vizsgálandó közetmintán áthaladó szeizmikus hullámfront terjedési idejének mérésére oszcillo-szinkroszkópot használtunk.

Erősítője a gyakorlatban előforduló legrövidebb impulzusokat is átviszi. A szinkronizáló jelre indító fűrészfog-generátor csak egyszeri lefutáshoz ad eltérítő feszültséget, s a fűrészrezgés csak a következő impulzusra indul el ismét.

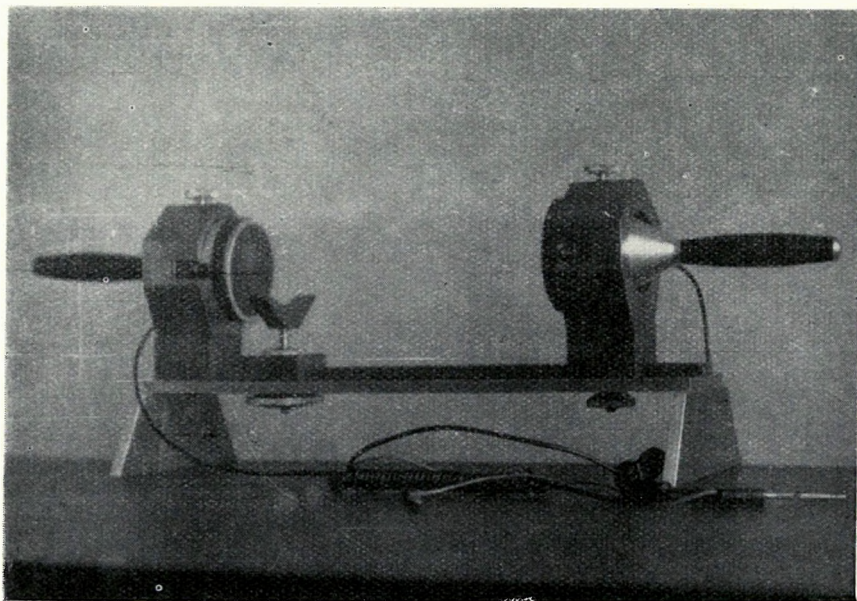


2. ábra. Adó-, ill. vevőfej vázlata

Фиг. 2. Схема головок приемника и передатчика

Fig. 2. Scheme of the transmitting and receiving heads

Az időjel-generátor indított üzemmódban 10 μsec időközökben kb. 0,5 μsec -os fénykioltással ad időjelet. Ez a generátor ugyancsak a szinkronizáló jel hatására indul és áll le a fűrészfűrészgéppel szinkron lefutásban.



3. ábra. Adó-vevőegység

Фиг. 3. Приемно-передаточный блок

Fig. 3. Transmitter-receiver unit

4. Adó-vevő egység

Az adó-vevő egység a két rezgésátalakító fejből, valamint a kőzetminta befogására szolgáló berendezésből áll. Az adófej tartója rögzített, míg a vevőfej tartója vezetősín mentén a kőzetminta hosszának megfelelően állítható (3. ábra).

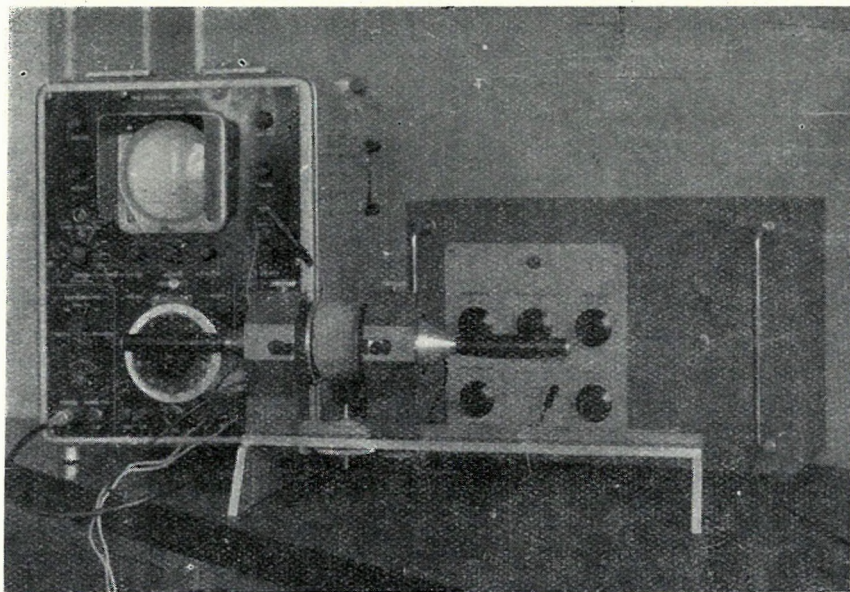
Az adófejből kilépő mechanikai energiát a legkisebb veszteséggel kell a kőzetmintába juttatni. Ezt a kőzetminták véglapjainak párhuzamosításával és síkfelületűre csiszolásával, valamint optimális energiaátadást biztosító csatoló közeg felhasználásával érhetjük el.

IV. Mérési eredmények

Az adó-, ill. a vevőfej homlokfrontját képező rézlap vastagsága miatt – amelyen a keltett impulzusnak rugalmas hullám alakjában szintén át kell haladnia – a beérkezési időket korrigálni kell. Ez látszólag növeli a kőzetmintán áthaladó rugalmas hullám terjedési idejét. Számításaink és méréseink szerint ez az érték $\pm 2,5 \mu\text{sec}$.

Méréseket nemcsak fémeken (Al, Cu), hanem az OKGT Alföldi Kőolaj-fúrési Üzem kőzettárából kapott, elsősorban alföldi fúrásokból származó kőzetmintákon végeztünk.

Az időmérést oszcillogramon rögzítettük, a kőzetminták paramétereit és a mérés során alkalmazott impulzus-generátor elektromos adatait az 1. táblázatban tüntettük fel. Ismerve az oszcillogramról leolvasott és korrigált időt,



4. ábra. Mérőberendezés

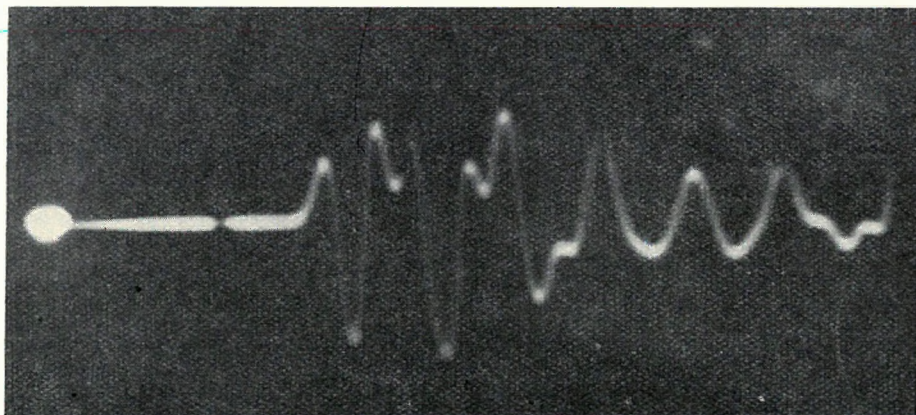
Фиг. 4. Измерительная аппаратура

Fig. 4. Measuring device

valamint a kőzetminta hosszát (vastagságát), kiszámítottuk a kőzetmintákban terjedő rugalmas hullámok terjedési sebességét (4. ábra).

A táblázatban közölt terjedési sebességek a minta méreteitől függő korrekcióval végtelen kiterjedésű közegre átszámíthatók (RAYLEIGH, 1894), (5. ábra).

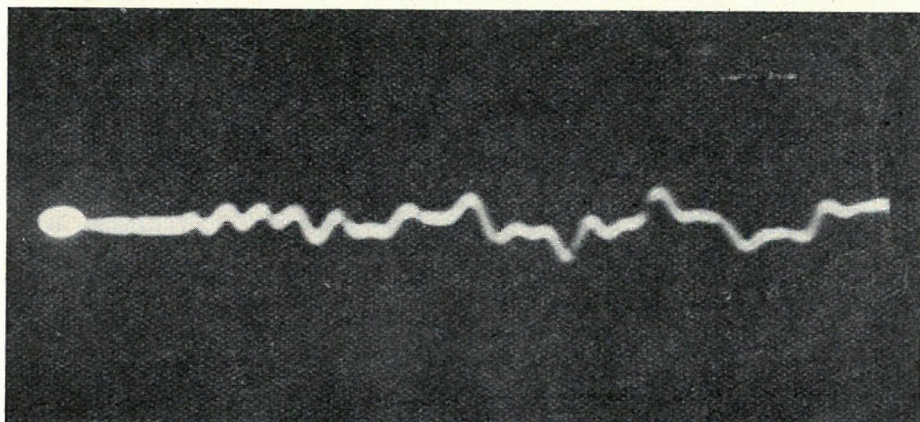
A dolgozat a Nehézipari Műszaki Egyetem (Miskolc) Geofizikai Tanszékén készült.



5/a. ábra. A Józsa – 1 fúrásból származó homokkő oszcillogramja

Фиг. 5/a. Осциллограмма, полученная для песчаника из скважины Йожа – 1

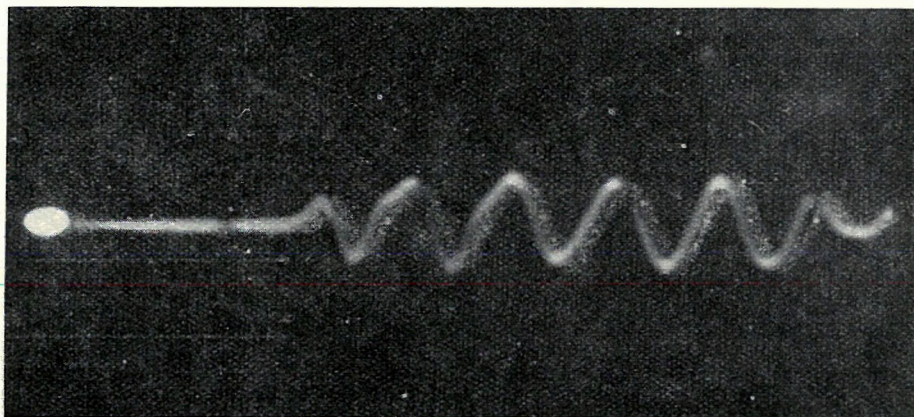
Fig. 5a. Oscillogram of sandstone taken from bore-hole Józsa – 1



5/b. ábra. A Zagyarékas – 1 fúrásból származó riolittufa oszcillogramja

Фиг. 5/б. Осциллограмма, полученная для риолитовых туфов из скважины Задьварекаш – 1

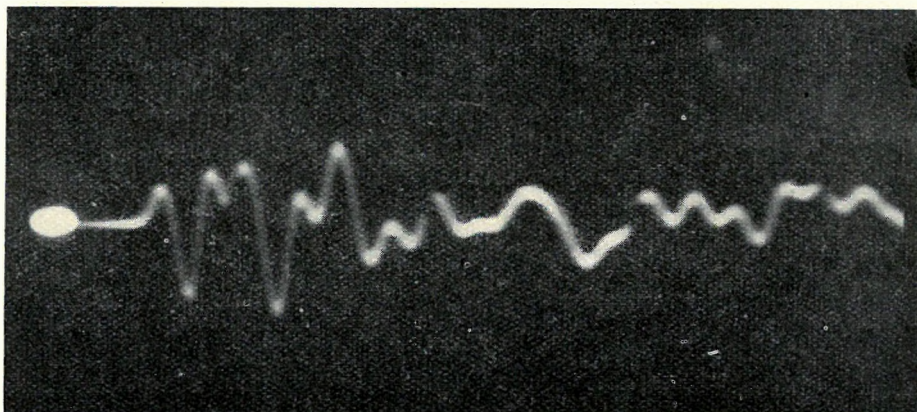
Fig. 5b. Oscillogram of rhyolite tuff, taken from bore-hole Zagvarékas – 1



5/c. ábra. A Hajduszoboszló - 9 fúrásból származó finomszemű homokkő oszcillogramja

Фиг. 5/с. Осциллограмма, полученная для тонкозернистого песчаника из скважины Хайдусобосло - 9

Fig. 5c. Oscillogram of fine-grained sandstone, taken from bore-hole Hajduszoboszló - 9



5/d. ábra. A Vég - 1 fúrásból származó csillámkvarcit oszcillogramja

Фиг. 5/г. Осциллограмма, полученная для слюдяного кварцита из скважины Вег - 1

Fig. 5d. Oscillogram of mica quartzite, taken from bore-hole Vég - 1

IRODALOM

- E. HAHN (1956): Die Anwendung der seismischen Magnitude und der Seismizität auf neuzeitliche Erschütterungsmesstechnik bei Verkehr und in der Industrie. Freib. Forsch.-H. C 25.
- M. UHLMANN (1957): Über die Erkundung der Spannungsverhältnisse in Stützfeilern des Kali- und Steinsalzbergbaus auf akustischer Basis. Freib. Forsch.-H. C 36.
- L. SIMÁNE (1965): Seismoakustische Untersuchung der Gebirgsschläge im Erzrevier „Brezové Hory“ Příbram Freib. Forsch.-H. C 174.
- W. KUNDORF és D. ROTTER (1961): Eine Untersuchung über die Anwendung der Methode natürlicher hochfrequenter seismischer Felder (Eigenimpulsmethode) im Steinkohlen und Erzbergbau. Freib. Forsch.-H. C 120.

- W. BUCHHEIM (1953): Zum Problem der Drucksondierung in Gesteinen auf akustischer Basis. Freib. Forsch.-H.
- B. CARLIN (1960): Ultrasonics. New York.
- A. E. CRAWFORD (1955): Ultrasonics Engineering. London.
- TH. F. HUETER—R. H. BOLT (1955): Sonics. New York.
- TARNÓCZY (1963): Ultrahangok. Budapest.
- RAYLEIGH (1894): The Theory of Sound I. New York.
- Csókás J. (1964): Jelentés kőzetmintákban terjedő rugalmas hullámok sebességének meghatározására szolgáló berendezésről. Miskolc.

1. táblázat

| Fúrás megnevezése | Fúrómag mélysége (m) | Fúrómag kora | Kőzettípus | Fúrómag-hossz (cm) |
|--------------------|----------------------|--------------|--------------------|--------------------|
| Józsa - I | 1923 - 1925 | paleogén | homokkő | 5,2 |
| Zagyvarékas - I | 2562 - 2563,7 | miocén | riolittufa | 2,9 |
| Hajdúszoboszló - 9 | 1399 - 1402 | felsőeocén | finomszemű homokkő | 4,0 |
| Vég - I | 1265 - 1266 | paleozoikum | csillámkvareit | 1,0 |

| Fúrómag átmérő (cm) | Látszólagos beérkezési idő (μsec) | Korrektíós állandó (μsec) | Korrigált beérkezési idő (μsec) | Terjedési sebesség (m/sec) | Ismétlődési frekvencia (cps) | Impulzus-hossz (μsec) | Gerjesztő feszültség (V) |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| 8,7 | 14,1 | 2,5 | 11,6 | 4470 ± 118 | 200 | 1,5 | 18 |
| 9,2 | 17,6 | 2,5 | 15,1 | 1920 ± 77 | 200 | 2,0 | 80 |
| 7,6 | 13,5 | 2,5 | 11,0 | 3640 ± 118 | 200 | 1,5 | 50 |
| 9,4 | 4,8 | 2,5 | 2,3 | 4350 ± 525 | 200 | 1,5 | 10 |

