

Lesław SOZAŃSKI

Instytut Technologii Maszyn i Automatyzacji

Politechnika Wrocławska, Wrocław

## ULTRADZWIĘKOWE POMIARY GRUBOŚCI W OCENIE STANU ZBROJENIA SZYBÓW

**Streszczenie.** Przedstawiono zasady ultradźwiękowych pomiarów grubości. Scharakteryzowano elementy zbrojenia szybu poddawane stałej kontroli grubości. Oceniono przydatność stosowanych metod oraz paratury. Omówiono pomiar grubości tubingów wg Patentu PRL nr 141045. Podano wyniki uzyskane na terenie kopalń Zagłębia Miedziowego.

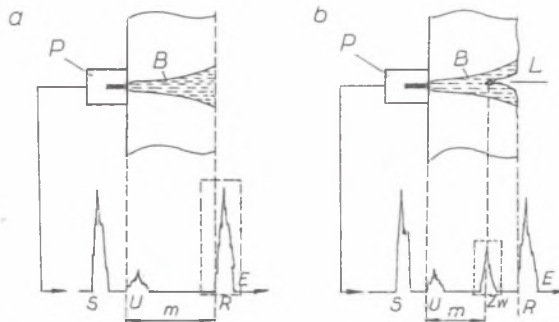
### ULTRASONIC THICKNESS MEASUREMENT IN THE EVALUATION OF PIT SHAFT REINFORCEMENT

**Summary.** Principles of ultrasonic thickness measurements have been described. Elements of pit shafts reinforcement subject to periodical surveillance have also been characterized. Usefulness of different methods and devices has been described especially thickness measurements of tubings according to Polish Patent PRL nr 141045. Results from copper ore mines are presented.

### УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ АРМИРОВКИ ШАХТНОГО СТВЛА

**Резюме.** Представлено принципы ультразвуковых исследований толщин. Изображено элементы армировки шахтного ствола для которых проведено постоянный контроль толщины. Проведено тоже оценку пригодности примененных методов и даже аппаратов. Обсуждено измерение толщины tubingов для Патента ПРЛ номер 141045. Представлено результаты для шахт меди.

Pomiar grubości metodą ultradźwiękową materiałów dostępnych z jednej strony o ściankach płaskorównoległych nie przedstawia żadnych trudności technologicznych w dużym zakresie grubości (rys.1). Zastosowanie uniwersalnych defektoskopów ultradźwiękowych do tego pomiaru, mimo kłopotliwej procedury pomiarowej, pozwala równocześnie na ocenę wielkości ewentualnych wżerów korozyjnych przy wykorzystaniu wykresów OWR.



Rys. 1 Pomiar grubości metodą ultradźwiękową

a - powierzchnia gładka, b - powierzchnia skorodowana, P - głowica NO, B - wiązka fali ultradźwiękowej, S - impuls nadawczy, U - echo sprzężenia, Zw - echo pośrednie, R - echo dna, m - wartość zmierzona, L - wżer

Fig. 1 Ultrasonic Thickness Measurement

a - Smooth Surface, b - Corroded Surface, P - Probe, B - Ultrasonic Wave Beam  
S - Limited Impulse, U - Coupling Echo, Zw - Intermediate Echo, R - Bottom Echo, m - Measured Value, L - Corrosion Pit

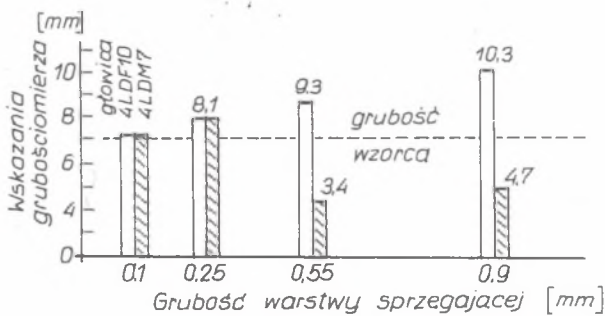
Konieczność szybkich pomiarów grubości materiałów dostępnych z jednej strony doprowadziła do wyodrębnienia z grupy uniwersalnych defektoskopów ultradźwiękowych wyspecjalizowanych grubościomierzy działających na zasadzie dwugłowicowej metody echa z pomiarem czasu przejścia fali ultradźwiękowej przez badaną grubość materiału. Po zakodowaniu w grubościomierzu przyjętej prędkości rozchodzenia się fali w danym materiale możliwy jest cyfrowy, rzadziej analogowy odczyt grubości.

Dokładność oraz powtarzalność pomiarów grubości grubościomierzami ultradźwiękowymi zależą od wielu czynników, takich jak użyta aparatura, stan powierzchni badanego elementu, sposób przygotowania punktów pomiarowych itp. [1].

Elementy konstrukcji w szybie pracują w bardzo trudnych warunkach korozyjno-erozyjnych. Awaria nawet drobnego elementu może zagrozić życiu pracowników oraz pociągnąć za sobą ogromne szkody materialne. Kontrola eksploatacyjna

zbrojenia szybu musi dostarczać wyników pozwalających na prawidłowe prognozowanie stanu elementów. Pomiar ich grubości jest istotną informacją dotyczącą ubytków korozyjno-erozyjnych zmniejszających parametry wytrzymałościowe. Podstawowe elementy konstrukcji zbrojenia szybów, takie jak dźwigary, prowadniki, wsporniki a także rurociągi winne być poddane stałej kontroli ubytków przekroju czynnego. Również takim badaniom należy poddawać obudowę tubingową szybu.

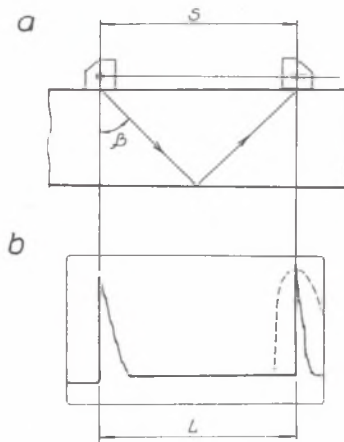
Krajowa aparatura do badań ultradźwiękowych spełnia podstawowe wymagania pomiarowe, jednak nie może pracować w warunkach zagrożenia metanowego oraz nie jest odporna na działanie wilgoci. Można ją stosować w warunkach Zagłębia Miedziowego po dodatkowym zabezpieczeniu przed wodą. W przypadku stosowania wyspecjalizowanych grubościomierzy ultradźwiękowych uzyskujemy informacje związane wyłącznie z czasem przejścia fali ultradźwiękowej w materiale bez możliwości analizy energii tej fali. Jest to poważne ograniczenie ich stosowania do pomiarów elementów skorodowanych równomiernie bez wżerów. Przygotowanie punktów pomiarowych musi zapewniać prawidłowy kontakt akustyczny poprzez ośrodek sprzęgający między głowicą a badanym materiałem. Często błędem jest przygotowywanie punktów pomiarowych zbyt małych, zbliżonych wymiarami do wymiarów głowicy. Na rys. 2 pokazano przykładowo wpływ grubości ośrodka sprzęgającego na wskazania grubościomierzy ultradźwiękowych [2]. Widać wyraźnie, że w pewnym zakresie (do około 1 mm) grubość warstwy sprzęgającej pozornie zwiększa mierzoną grubość elementu.



Rys. 2 Wpływ grubości ośrodka sprzęgającego na wynik pomiaru grubości (UNIPAN 545 LC)

Fig. 2 Influence of Coupling Medium Thickness on Gauge Indications (UNIPAN 545LC)

Istotnym elementem oceny stanu tubingów jest pomiar ich grubości. Stwarza on poważne problemy, ponieważ w dotychczas stosowanych metodach ultradźwiękowych musimy znać prędkość rozchodzenia się fali ultradźwiękowej w materiale tubingu. W przypadku tubingów żeliwnych różnica prędkości rozchodzenia się fal w tym samym tubingu może dochodzić do 20%. Jest to związane z różnymi szybkościami chłodzenia odlewu w zależności od jego grubości. Stąd skalowanie aparatury np. na dostępnym obustronnie żebrze i odniesienie wyników do pomiaru grubości ścianek może być obarczone znacznym, trudnym do oszacowania błędem. Opracowana przez inż. Pelca [3] metoda pomiaru eliminuje konieczność określania prędkości propagacji fali ultradźwiękowej. Metoda ta wymaga jednak stosowania kosztownej aparatury, nieosiągalnej aktualnie na Politechnice Wrocławskiej. Na rys. 3. pokazano schemat pomiaru.



Rys. 3 Schemat pomiaru grubości [3] a - liniał z zamocowanymi głowicami, b - ekran aparatu ultradźwiękowego, s - odległość między środkami akustycznymi głowic, l - droga fali odczytana z ekranu aparatu ultradźwiękowego w skali wzorca, za pomocą którego została wyskalowana podstawa czasu,  $\beta$  - kąt załamania zastosowanej do pomiaru głowicy ultradźwiękowej

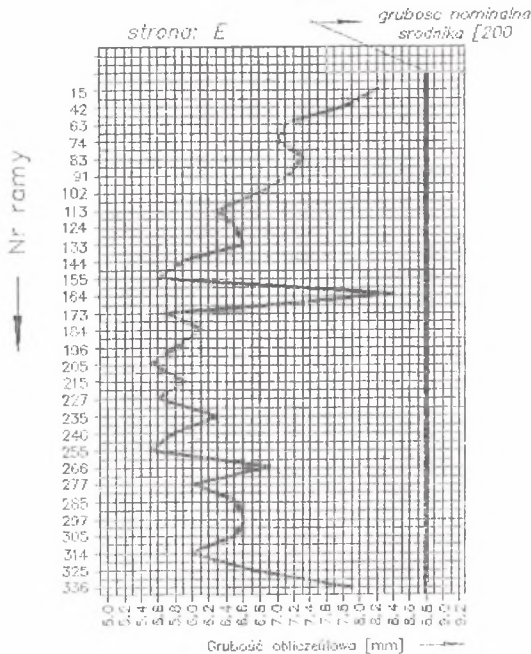
Fig. 3 Schema Thickness Measurement [3] a - Rule with mounted Probes, b - Display, s - Distance between Acoustic Centres of the Probes, l - Wave Path readout from the Display in Scale of Template used for Device Graduation,  $\beta$  - Refraction Angle of used Ultrasonic Probe

Grubość materiału  $g$  wg [3] oblicza się ze wzoru:

$$g = \frac{1}{2 \sqrt{\sin \beta}} \sqrt{S (2l - S \sin \beta)}$$

gdzie oznaczenia symboli  $S$ ,  $l$  i  $\beta$  jak na rys. 3

Przedstawione metody pomiarowe zastosowano do określania ubytków grubości różnych elementów na terenie kopalń KGHM-u. Na przykład, aby określić stan ścianek rurociągów i armatury w jednym z szybów wyznaczono losowo około trzech tysięcy punktów pomiarowych, wykonując w każdym punkcie po pięć pomiarów. Były jednak również elementy armatury rurociągów, takie jak zawory zwrotne klapowe i kompensatory rurociągu powietrznego, których silnie tłumiący lub rozpraszający materiał nie pozwolił na dokonanie pomiaru. Stwierdzono, że ubytki grubości ścianek rurociągu powietrznego wynoszą średnio od 0,19 do 2,8 mm/rok, kompensatorów od 0,6 do 2,3 mm/rok, a rurociągu głównego odwadniania od 0,22 do 1,78 mm/rok.



Rys. 4 Grubość prowadnika skipu  
 Fig. 4 Thickness of the Skip Shaft

Dało się zauważyć, że na pewnych poziomach korozja i erozja następowała szybciej niż w pozostałej części szybu. Na rys. 4 pokazano przykładowo zmianę grubości przewodnika skipu wraz z głębokością szybu.

#### Podsumowanie

Od wielu lat Środowiskowe Laboratorium Badań Nieniszczących Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej prowadzi badania eksploatacyjne zbrojenia szybów kopalń zagłębia miedziowego. Uzyskane wyniki świadczą o przydatności omówionych powyżej metod pomiarowych do prawidłowej oceny stanu elementów konstrukcyjnych. Wobec różnych warunków panujących w poszczególnych szybach (intensywność eksploatacji, atmosfera korozyjna) nie udało się wyznaczyć stałych ilościowych parametrów niszczenia w zależności od czasu eksploatacji, które obowiązywałyby we wszystkich kopalniskach. Jednak można było, obserwując wyniki pomiarów poszczególnych elementów, prowadzić ich bezpieczną eksploatację aż do technicznego zużycia.

#### LITERATURA

- [1] Sozański L.: Analiza błędów pomiaru grubości grubościomierzami ultradźwiękowymi. Materiały 18 KKBN, Szczyrk 1989.
- [2] Sozański L.: Wpływ grubości warstwy ośrodka sprzęgającego na błąd pomiaru grubościomierzami ultradźwiękowymi. Materiały 17 KKBN, Częstochowa 1988.
- [3] Pełc W.: Opracowanie instrukcji oceny stanu tubingów metodą nieniszczącą w praktyce przemysłowej. Raporty ITBM Politechniki Wrocławskiej Serii: Sprawozdania nr 31/89 Wrocław 1989. (Praca w ramach Problemu res. nr 103, temat F-0302)

Recenzent; Prof.dr hab. inż. Zenon SZCZEPANIAK

Wpłynęło do Redakcji w lutym 1992 r.