

Janusz Łuszczkiewicz

WIBRACYJNE SKRAWANIE SKAŁ

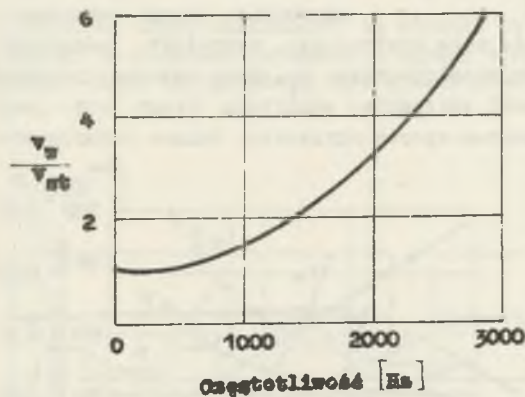
Streszczenie. W artykule przedstawiono dotychczasowy stan badań w zakresie wibracyjnego skrawania skał i ich wiercenia. Omówiono dyskretny sposób przekazywania energii skrawanej skale i wpływające z tego korzyści.

1. Wstęp

W związku z koniecznością intensyfikacji procesu skrawania skał, jedną z możliwych metod prowadzących do tego celu jest nałożenie drgań wysokiej częstotliwości na narzędzie skrawające pracujące na zasadzie statycznej.

Stwierdzono, że działając na skałę obciążeniem statycznym i impulsem dynamicznym można zwiększyć efekt urabiania, przy czym drgania zwiększają nie tylko stan naprężenia w skale, ale także wpływają na własności fizykomechaniczne.

Na rys. 1 przedstawiono wpływ drgań na prędkość wiercenia. Wpływ drgań określony jest stosunkiem prędkości wiercenia z wibracjami v_w do prędkości bez drgań v_{st} . Ze wzrostem częstotliwości przy stałej amplitudzie drgań, zwiększa się efektywność urabiania wibracyjnego.



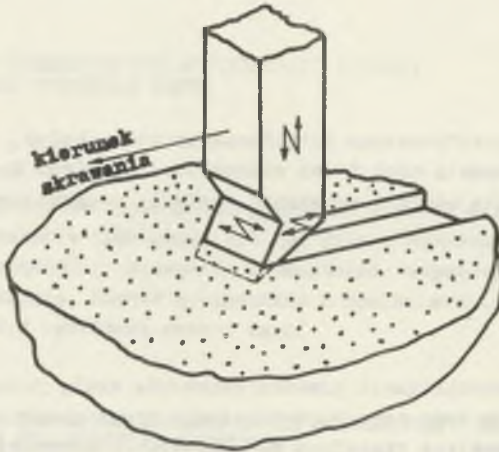
Rys. 1. Wpływ częstotliwości drgań narzędzia na względny przyrost prędkości wiercenia

plitudzie drgań, zwiększa się efektywność urabiania wibracyjnego.

2. Skrawanie wibracyjne

Narzędzie skrawające może drgać w trzech wzajemnie prostopadłych kierunkach (rys. 2). Praktyczne znaczenie ma jedynie kierunek drgań zgodny z kierunkiem skrawania. W tym celu na narzędzie skrawające nakłada się drga-

nia, których źródłem jest generator np. z przetwornikiem magnetostrykcyjnym. Skrawając marmur i granit mierzono opory skrawania z drganiami i bez drgań (rys. 3 a,b) przy zmiennej prędkości i głębokości skrawania.



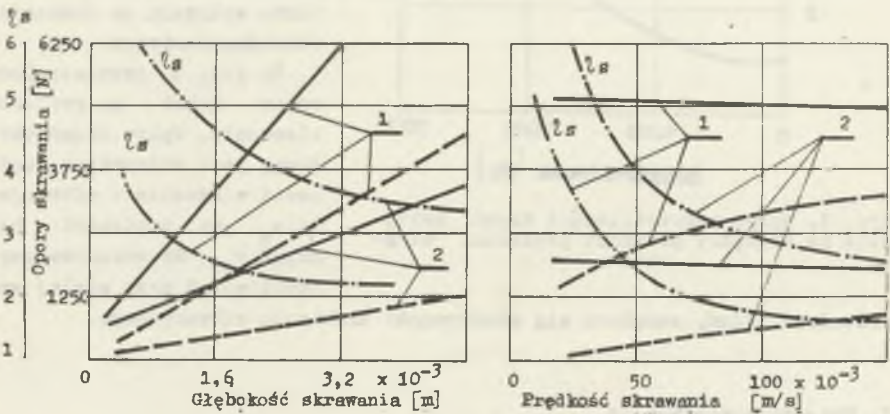
Rys. 2. Kierunki drgań noża skrawającego na zasadzie statycznej

nie zależą od prędkości skrawania noża statycznego, natomiast wzrastają przy nożu drgającym, stąd spadek współczynnika η_s . Przy zmiennej prędkości skrawania i zmiennej głębokości skrawania, amplituda drgań nie jest wielkością stałą i spada ze wzrostem oporów skrawania. Dalsze badania wy-

Jako kryterium skuteczności drgań przyjęto współczynnik η_s będący stosunkiem siły skrawania statycznego do siły skrawania noża z drganiami:

$$\eta_s = \frac{P_{st}}{P_w}$$

Rys.3. przedstawia wzrost siły skrawania ze wzrostem głębokości zarówno dla noża pracującego statycznie jak i dla noża z nałożonymi drganiami. Współczynnik skuteczności η_s zmniejsza się wraz z wzrostem głębokości skrawania. Opory skrawania



Rys. 3. Wpływ głębokości i prędkości skrawania na opory skrawania
1 - granit, 2 - marmur, η_s - współczynnik skuteczności — skrawanie statyczne, - - - skrawania z wibracjami o częstotliwości 18 kHz

kazały, że współczynnik η_s wzrasta ze wzrostem amplitudy i częstotliwości drgań w drugiej potęgze zgodnie z zależnością:

$$\eta_s = \frac{1}{S \rho c \omega^2 s^2 \int_0^T \sin^2 t dt} \cdot \frac{1}{1 - \frac{16 v_p P_{st} T}{\dots}}$$

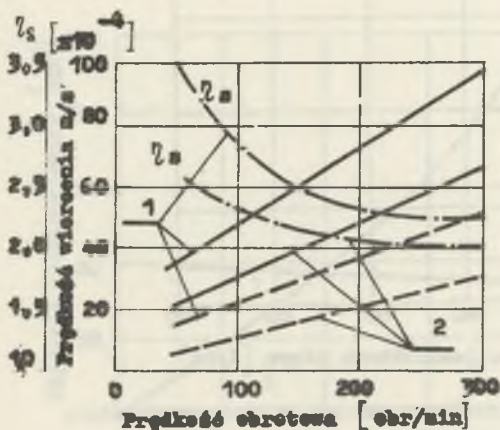
gdzie: S - pole przekroju poprzecznego wibratora,
 ρ - gęstość materiału z jakiego wykonano wibrator,
 c - prędkość rozchodzenia się fal sprężystych w wibratorze,
 ω - częstość kołowa drgań wibratora,
 s - amplituda drgań wibratora,
 v_p - prędkość posuwu,
 T - okres drgań wibratora,
 t_1 - czas wejścia ostrza w skałę.

3. Wiercenie wibracyjne

Kierunek drgań nakładanych na wiertło przy wierceniu skały jest prostopadły do kierunku skrawania i zgodny z kierunkiem posuwu (rys. 2). Nałożenie drgań na narzędzie daje wyniki przedstawione na rys. 4. Efektywność wibracji zmniejsza się

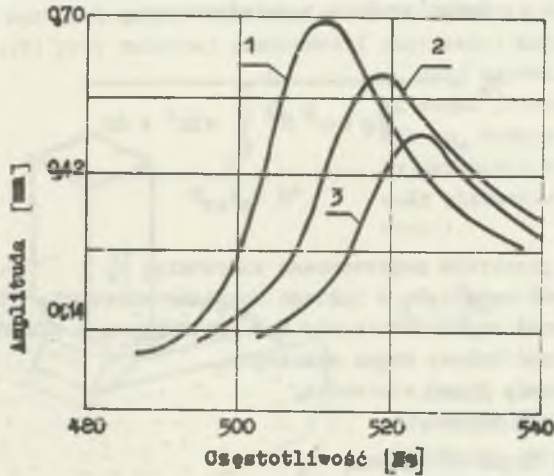
ze wzrostem docisku narzędzia do skały, którą tłumaczy się zmniejszeniem amplitudy drgań (rys. 5). Drugim parametrem procesu drgań po amplitudzie jest częstotliwość; spada ona nieznacznie ze wzrostem docisku.

Wszystkie powyższe rozważania dotyczyły drgań charakteryzujących się wysoką częstotliwością drgań, natomiast bardzo małą energią pojedynczego udaru. Zależność pracy jednostkowej od energii udaru ma przebieg zbliżony do hiperboli (rys. 6). Oznacza to, że dla małych wartości energii udaru urabianie praktycznie nie zachodzi, gdyż energia po-



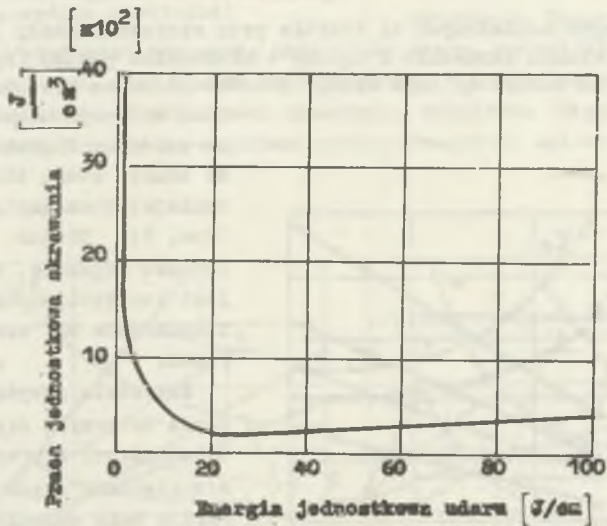
Rys. 4. Zależność prędkości posuwu wiercenia w marmurze od prędkości obrotowej

η_s - współczynnik skuteczności, — — — wiercenie statyczne, - - - wiercenie z wibracjami o częstotliwości 18 kHz. 1 - docisk 1650 N, 2 - docisk 2800 N



Rys. 5. Zależność amplitudy drgań wibratora magnetostrykcyjnego od częstotliwości przy wierceniu piaskowca z różnym dociskiem

1 - 4440 N, 2 - 6890 N, 3 - 10300 N



Rys. 6. Zależność pracy jednostkowej skrawania od energii uderu

Jedynego uderu jest zbyt mała. Aby zmniejszyć energochłonność skrawania wibracyjnego należy zwiększyć ilość energii przekazywanej skale podczas pojedynczego uderu. Przy danej mocy można to jedynie osiągnąć drogą obniżenia częstotliwości i zwiększenia amplitudy. Realizuje się to na drodze dyskretnego przekazywania energii (rys. 7).

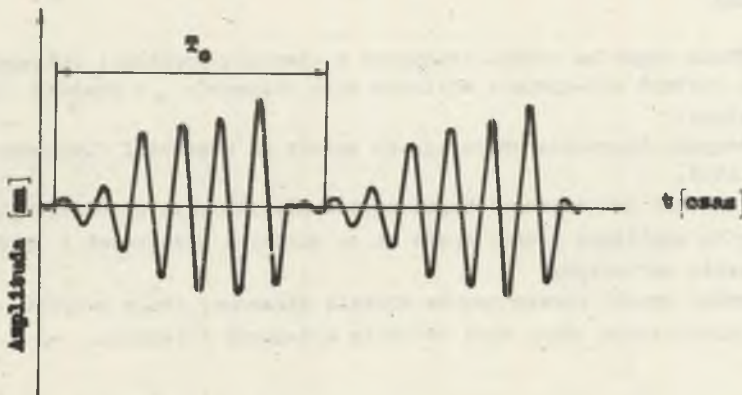
Po włączeniu nieobciążonego wibratora amplituda drgań wzrasta i po pewnym czasie osiąga maksimum wartości w danych warunkach. W tym momencie w wibratorze nagromadzona jest maksymalna ilość energii.

$$E_p = \frac{\pi^2 s^2 ES}{4L}$$

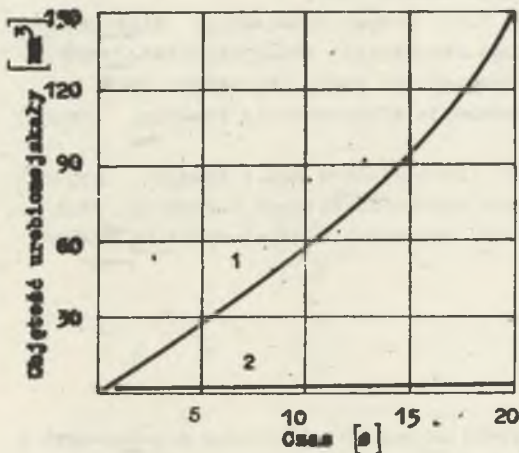
gdzie: E - moduł Younga,

L - długość wibratora,

S - pole przekroju poprzecznego wibratora.



Rys. 7. Przebieg amplitudy drgań w dyskretnym przekazywaniu energii



Rys. 8. Ilość urobionej skały podczas wiercenia z dyskretnym oddawaniem energii (1) i wierceniem wibracyjnym (2) w funkcji czasu

Energia ta jest około dziesięciokrotnie większa od pracy, którą wykonuje siła wymuszająca drgania w czasie jednego cyklu podczas skrawania wibracyjnego. W przypadku idealnym, gdy amplituda jest maksymalna, ostrze narzędzia wprowadza się w kontakt ze skałą, która otrzymuje impuls energetyczny. Z tą chwilą amplituda spada do minimum. Po przekazaniu energii amplituda drgań ponownie wzrasta, gdyż ostrze narzędzia zostaje wycofane z pracy, a po czasie T_0 narzędzie ponownie wchodzi

w kontakt ze skałą. Tym sposobem praca wibratora składa się z dwóch okresów: okresu gromadzenia energii i okresu przekazywania jej skale.

Przeprowadzone eksperymenty wiercenia otworu o 42 mm [3] w marmurze wibratorem drgającym z częstotliwością 2 kHz wykazały, że ilość wywierconej skały w ciągu 20 sekund przy dyskretnym przekazywaniu energii, trzydziestokrotnie przewyższa ilość materiału powstałego przy wierceniu wibracyjnym z tą samą częstotliwością lecz bez dyskretnego przekazywania energii.

4. Wnioski

1. Nałożenie drgań na ostrze statyczne w kierunku prędkości skrawania pozwala obniżyć 2-3-krotnie wielkość siły skrawania w skałach bardzo zwięzłych.
2. Skuteczność skrawania wibracyjnego zależy od własności fizykomechanicznych skał.
3. Współczynnik skuteczności drgań jest w przybliżeniu proporcjonalny do kwadratu amplitudy drgań. Spada on ze wzrostem głębokości i prędkości skrawania narzędzia.
4. Dyskretny sposób przekazywania energii skrawanej skale zwiększa energię pojedynczego udaru oraz zwiększa wydajność skrawania.

LITERATURA

- [1] Gorelik G.S.: Kolebanija i wołny. Moskwa 1950,
- [2] Jamszczikow W.S., Korobejnikow N.S.: O vysokoczastotnoj wibrointensifikacji procesow mechaniczeskogo razruszenia skalnych porod. Nowyje fiziczeskie metody razruszenia mineralnych sred, Leningrad, 1970.
- [3] Malczenók W.O., Utkin I.A.: Zwukowyje wibratory dla burenia. Nedra, Leningrad, 1969.
- [4] Rzewskij W.W., Jamszczikow W.S., Korobejnikow N.S.: Rezanie gornych porod pri nałożeni na instrument vysokoczastotnyh kolebanij. Fiziko-techniczeskie problemy razrabotki poleznyh iskopajemych Nr 5 1968.

ВИБРАЦИОННОЕ РЕЗАНИЕ ПОРОД

Резюме

В статье представляется существующее до сих пор состояние исследований в области вибрационного резания пород и их бурения. Излагается дискретный способ передачи энергии резаной породе и польза, возникающая из этого.

VIBRATIVE MACHINE CUTTING OF ROCKS

S u m m a r y

In the article hitherto prevailing investigations state concerning vibrative machine cutting of rocks and their drilling, has been presented. The paper discussed a way of transferring energy of the machined rock and profits coming from it.