

Gabriel Borowski*

ZASTOSOWANIE KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU DO BADAŃ STRUKTURY BRYKIETÓW Z MATERIAŁÓW DROBNOZIARNISTYCH

OBSZAR ZASTOSOWAŃ KOMPUTEROWEJ ANALIZY OBRAZU

W badaniach naukowych często występuje potrzeba analizy zarówno struktury wewnętrznej jak i stanu warstwy wierzchniej badanego materiału. W szczególności zagadnienie to dotyczy inżynierii materiałowej, procesów obróbki ubytkowej czy eksploatacyjnego zużycia części maszyn. Przeprowadzenie takiej analizy umożliwia specjalistyczne stanowisko badawcze, którego głównym zadaniem jest komputerowa analiza obrazu rozpatrywanego przekroju lub powierzchni próbki. Zastosowanie tego stanowiska umożliwia uzyskanie informacji o strukturze materiału, a zwłaszcza dotyczących kształtu i wymiarów składników struktury, lokalizacji dodatków i wtrąceń oraz informacji o wadach strukturalnych takich jak pęcherze, pęknięcia i odpryski [1].

Wyniki analiz obrazu przechowywane są w bazach danych i obejmują takie dane jak:

- wymiary liniowe elementów struktury,
- odległości od punktów charakterystycznych,
- pola powierzchni i obwody,
- liczba punktów charakterystycznych na jednostkę długości lub na badanym obszarze,
- łączna powierzchnia dodatków i wtrąceń na badanym obszarze.

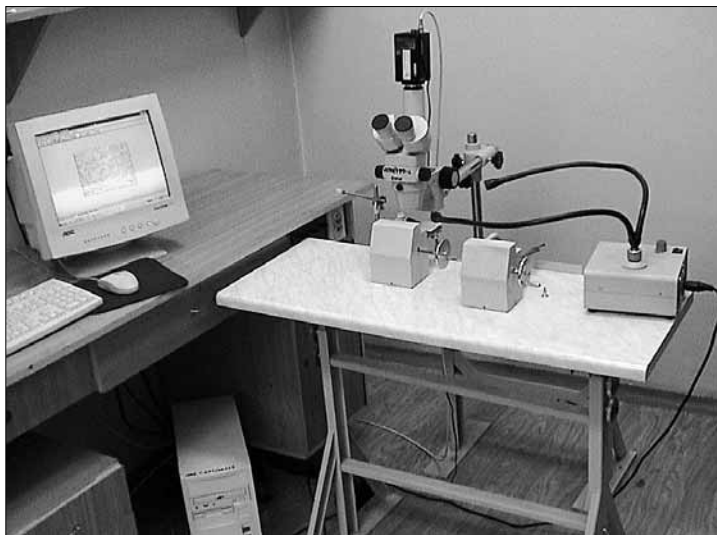
Zbiory danych służą do opracowania statystycznych wyników badań, określenia równań charakterystyki, a także opracowania w postaci graficznej i tabelarycznej. Na podstawie analiz statystycznych można sformułować wnioski z badań dotyczące fizycznych aspektów stanu warstwy wierzchniej oraz wpływu dodatków lub określonych procesów na zmianę właściwości materiałów.

OPIS STANOWISKA BADAWCZEGO

Stanowisko badawcze do analizy struktury materiałów pokazano na rysunku 1. Składa się ono z następujących elementów:

* Gabriel BOROWSKI – Katedra Podstaw Techniki, Wydział Podstaw Techniki, Politechnika Lubelska.

- mikroskop firmy Nikon umożliwiający powiększenie do 300×,
- kamera firmy Panasonic,
- karta TV do przechwytywania obrazów cyfrowych przekazywanych przez kamerę,
- komputer PC z programem „MicroScan for Windows” pozwalający na pobieranie, przetwarzanie i analizę obrazu,
- oświetlacz światłowodowy,
- stół pomiarowy.



Rys. 1. Fotografia stanowiska do analizy obrazu

Rozpatrywaną próbkę umieszcza się na stoliku pomiarowym oraz oświetla się odpowiednio za pomocą oświetlacza światłowodowego. Za pomocą mikroskopu dobiera się optymalne powiększenie fragmentu przekroju, tak aby uzyskać wyraźny obraz elementów struktury materiału. Przechwytywanie obrazu następuje w komputerze PC za pomocą karty TV poprzez kamerę cyfrową. Widoczny na monitorze komputera obraz mikroskopowy próbki można modyfikować za pomocą programu MicroScan v. 1.3 pracującego w środowisku Windows. Program ten umożliwia zmianę podstawowych parametrów takich jak jasność, kontrast bądź nasycenie. Można także zastosować bardziej zaawansowany zestaw funkcji filtrujących, arytmetyczno-logicznych, poprawy kontrastu i segmentacji. Program pozwala dokonać pomiarów wielkości geometrycznych i obliczeń wielkości średnich, a także pola powierzchni czy obwodu [11].

Opisane stanowisko do analizy obrazu znajduje się w laboratorium Katedry Podstaw Inżynierii Produkcji na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej

PRZYGOTOWANIE MATERIAŁU BADAWCZEGO ORAZ METODYKA POMIARÓW

Przygotowanie materiału badawczego obejmuje usunięcie z próbki wszelkich zabrudzeń oraz dokładne dogładzenie powierzchni będącej przedmiotem obserwacji. Celem usunięcia zanieczyszczeń z powierzchni badanego elementu w pierwszej kolejności wykonuje się operację odłuszczenia. Odłuszczenie polega na przemyciu lub spryskaniu odpowiednim środkiem odłuszcającym najczęściej acetonem lub benzyną ekstrakcyjną. Produkowane są również inne środki odłuszczące jak: Loctite, Omniclean, toluen, metyloetyloketon. Firmy produkujące wymienione środki najczęściej dostarczają je w opakowaniach ze spryskiwaczami, co ułatwia przeprowadzenie operacji odłuszczenia.

Po odłuszczeniu powierzchnię próbki należy osuszyć, a następnie przeprowadzić operację dogładzania za pomocą pilników oraz ściernych narzędzi nasypowych. W tym celu należy zastosować kilka rodzajów ściernych narzędzi nasypowych o różnej ziarnistości, np. P120, P320, P500.

Przed umieszczeniem przygotowanej próbki na stoliku pomiarowym należy odpowiednio skalibrować mikroskop. W tym celu stosuje się specjalną płytkę wzorcową, znajdującą się w zestawie pomiarowym mikroskopu. Za pomocą płytki wzorcowej dobieramy powiększenie i odpowiadające mu jednostki pomiarowe na obrazie w monitorze komputera.

Dzięki temu uzyskuje się komputerowy obraz w dokładnej skali odpowiadającej wymiarom rzeczywistym próbki, co umożliwia późniejszy pomiar wielkości liniowych, powierzchni, obwodu itd.

PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA STANOWISKA DO BADAŃ STRUKTURY BRYKIETÓW Z MATERIAŁÓW DROBNOZIARNISTYCH

Stanowisko do komputerowej analizy obrazu posłużyło do badań struktury brykietów z materiałów drobnoziarnistych. Brykiety te uzyskano poprzez scalanie w prasach odpowiednio przygotowanej mieszanki materiałów metalowych wraz z lepiszczem. Materiał metalowy stanowiły odpady poszlifierskie z operacji szlifowania łożysk tocznych zawierające znaczne ilości czystego żelaza. Jako lepiszcze zastosowano melasę, która stanowi odpadowy produkt powstający podczas rafinacji cukru z buraków cukrowych, a ponadto wapno hydratyzowane, skrobię, szkło wodne, kwas octowy, miął węglowy, Rokrysol (wodny roztwór jednosodowej soli poliakrylamidu), PWA (alkohol poliwinylowy) [1, 2, 7].

Z przygotowanej mieszanki wytwarzano brykiety za pomocą dwóch rodzajów pras do brykietowania, a mianowicie prasy stemplowej i walcowej. Posiadają one odmienny układ kształtujący – uzyskane brykiety różniły się więc kształtem i wymiarami [3, 4, 5]. Należało sprawdzić zatem, czy struktura tych brykietów też znacząco się różniła i ewentualny wpływ na właściwości tej struktury dodawanych

środków wiążących. W tym celu przydatne okazało się stanowisko do komputerowej analizy obrazu.

Badania struktury brykietów miały na celu analizę następujących parametrów:

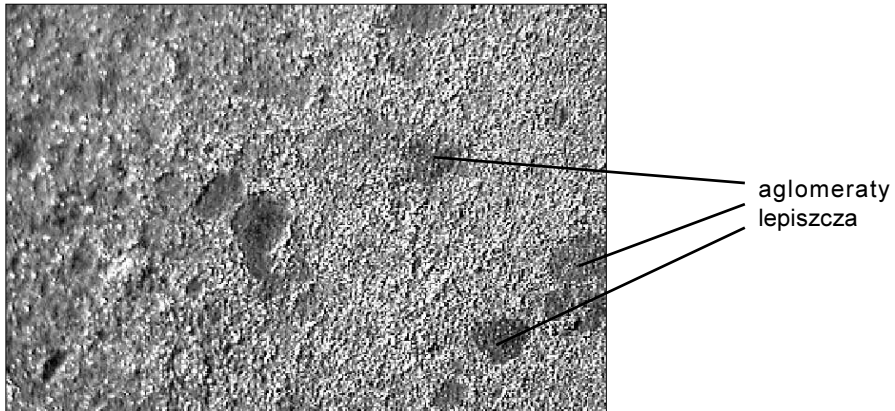
- porównanie ułożenia ziaren metali w brykietach po scaleniu w prasie stemplowej i walcowej,
- porównanie rozmieszczenia lepiszcza w przekroju brykietu w zależności od jego rodzaju i udziału masowego,
- określenie liczby i rozmiarów pęcherzy oraz pęknięć wewnątrzstrukturalnych.

Ziarna metali będące składnikiem brykietów posiadają średnicę w zakresie 0,02–0,06 mm, a ich pola powierzchni wynoszą średnio 0,0013 mm². Struktura brykietu z badanego materiału wykonanego w prasie stemplowej bez dodatków wiążących pokazanego na rys. 2 jest jednorodna, bez widocznych pęcherzy i pęknięć. Ułożenie ziaren jest nieregularne.

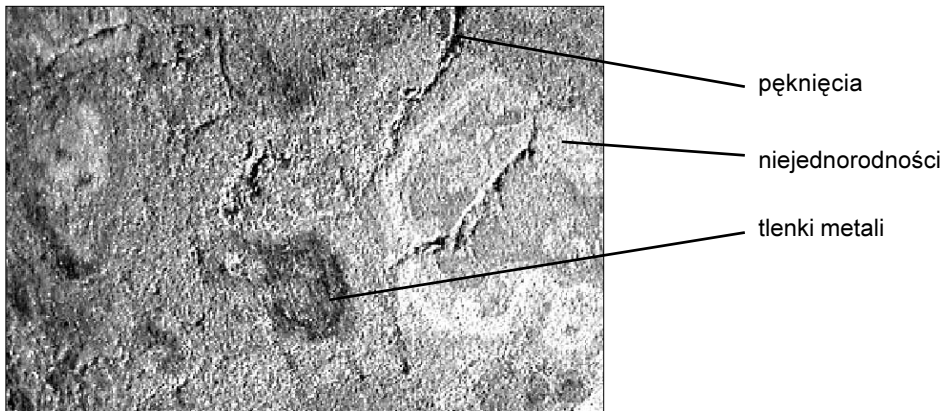


Rys. 2. Struktura brykietu wykonanego w prasie stemplowej z łóżkowego odpadu poszliferskiego bez lepiszcza

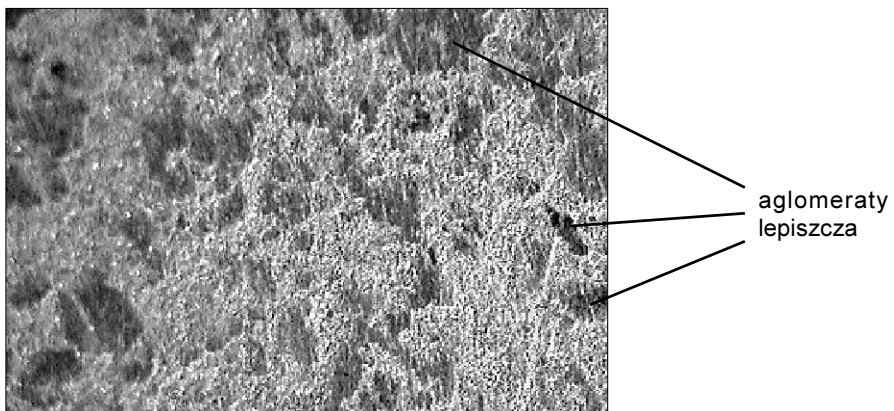
Struktura brykietów z lepiszczami, pokazana na rysunkach 3–6, wyraźnie różni się od brykietu bezlepiszczowego. Dobrze widoczne są ciemniejsze płaszczyzny – aglomeraty lepiszcza. Na rysunku 3 pokazano rozmieszczenie szkła wodnego, natomiast na rysunku 4 widać efekt zastosowania kwasu octowego. Widoczne są nieregularne jaśniejsze płaszczyzny stanowiące produkty reakcji utleniania żelaza. Dobrze widoczne są pęcherze i pęknięcia powodujące osłabienie struktury. Szczeliny te szybko powiększają się podczas sezonowania, co dyskwalifikuje brykiet do użytkowego wykorzystania. Wpływ udziału melasy na strukturę brykietu można zauważyć porównując rysunki 5 i 6. Stwierdzono, że niewielkie zmiany udziału procentowego melasy w masie brykietu przynoszą duże różnice w budowie strukturalnej. Na rysunku 6 widoczny jest wyraźnie większy udział aglomeratów lepiszcza w porównaniu do rysunku 5.



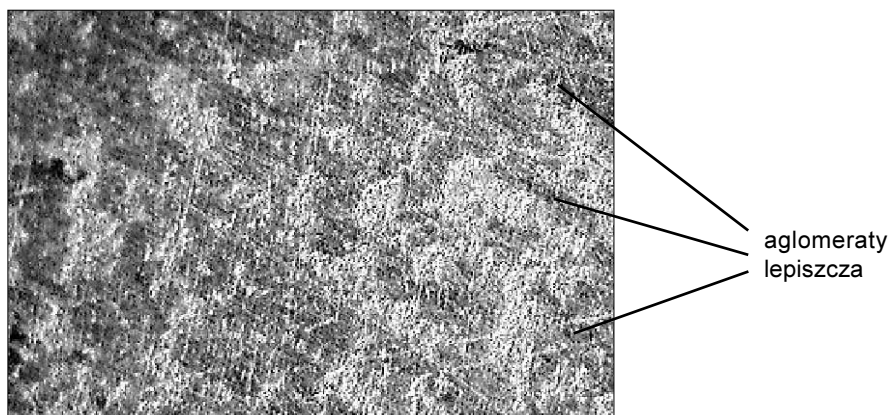
Rys. 3. Struktura brykietu wykonanego w prasie stemplowej z dodatkiem 10% szkła wodnego



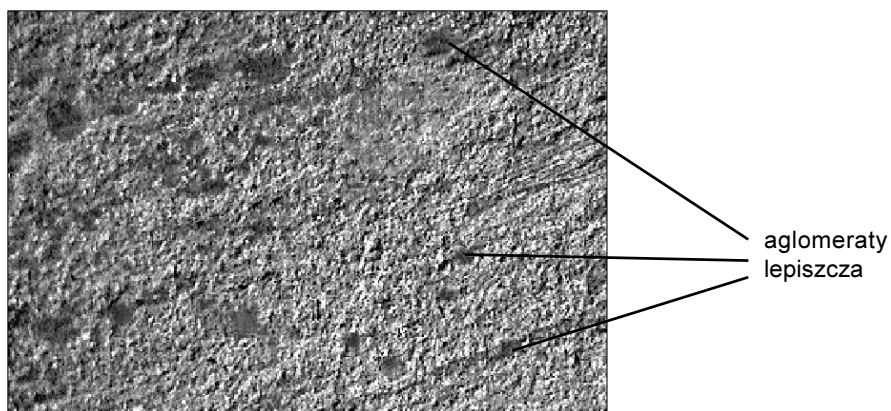
Rys. 4. Struktura brykietu wykonanego w prasie stemplowej z dodatkiem 5% kwasu octowego



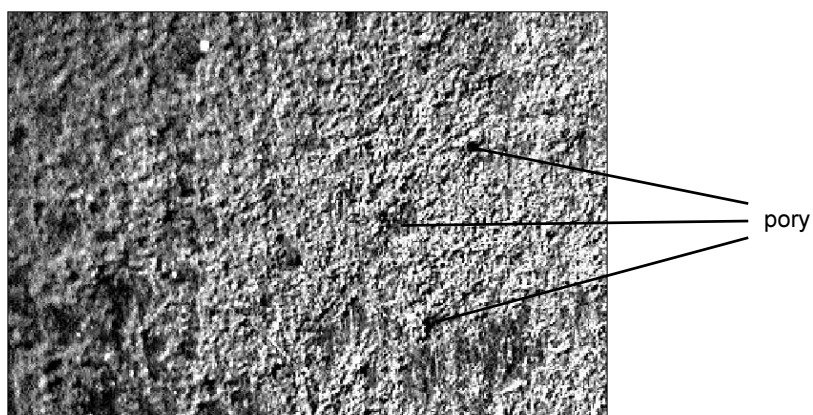
Rys. 5. Struktura brykietu wykonanego w prasie stemplowej z dodatkiem 6% melasy



Rys. 6. Struktura brykietu wykonanego w prasie stemplowej z dodatkiem 9% melasy



Rys. 7. Struktura brykietu wykonanego w prasie walcowej z dodatkiem 8% melasy



Rys. 8. Struktura brykietu wykonanego w prasie walcowej z lepiszczem dwuskładnikowym zawierającym wapno hydratyzowane

Analizując zdjęcia fotograficzne brykietów z dodatkiem melasy (rys. 5 i 6) nie stwierdzono widocznych wad w postaci pęcherzy i pęknięć wewnątrzstrukturalnych, co uzasadnia celowość stosowania tego lepiszcza w badaniach własnych oraz praktyce przemysłowej. Stwierdzono ponadto dużą wagę dokładnego mieszania składników przeznaczonych do brykietowania. W pierwszym etapie materiał ten mieszano ręcznie, jednakże bardziej jednorodną strukturę brykietów uzyskano zmieniając sposób mieszania wykorzystując mieszarkę zetową z elektrycznie podgrzewanym płaszczem. Oprócz tego zmieniono sposób wytwarzania brykietów stosując prasę walcową z układem formującym umożliwiającym uzyskanie brykietów o kształcie siodłowym.

Efekt dokładniejszego wymieszania składników mieszanki w mieszarce zetowej widoczny jest na rysunkach 7 i 8 przedstawiających strukturę brykietów z lepiszczem jadnoskładnikowym oraz dwuskładnikowym. Widoczne na rysunkach ciemniejsze plamy są skupiskami środka wiążącego.

Porównując oba powyższe rysunki stwierdzono większą przydatność stosowania samej melasy niż lepiszcza z dodatkiem wapna hydratyzowanego. Struktura brykietu pokazanego na rys. 8 jest bardziej porowata niż brykietu z melasą widocznego na rys. 7. Potwierdza to, że melasa z powodzeniem może być jedynym składnikiem lepiszcza w zastosowaniu do scalania drobnoziarnistych odpadów łóżyskowych.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zastosowanie komputerowej analizy obrazu potwierdziło słuszność doboru odpowiedniego środka wiążącego w procesie przygotowania mieszanki z łóżyskowych odpadów drobnoziarnistych do brykietowania. Środki wiążące dodawano w różnych proporcjach, przy czym stosowano lepiszcza zarówno jednoskładnikowe jak i wieloskładnikowe. Uzyskanie równomiernej i jednorodnej mieszaniny umożliwiło zastosowanie mieszarki zetowej z podgrzewanym płaszczem.

Porównano strukturę brykietów uzyskanych poprzez scalanie w prasach stemplowych oraz walcowych. Analiza wykazała słuszność doboru procesu technologicznego scalania materiału odpadowego oraz potwierdziła zastosowanie melasy jako składnika lepiszcza.

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz sformułowano następujące wnioski:

- komputerowa analiza obrazu stanowi cenne źródło informacji o strukturze materiału, w szczególności o lokalizacji dodatków i wtrąceń oraz wad strukturalnych,
- uzyskanie jednolitej struktury brykietów z łóżyskowych odpadów drobnoziarnistych zależy od sposobu przygotowania mieszanki oraz wyboru technologii scalania,
- na właściwości struktury brykietów znaczny wpływ ma duża dokładność mieszania komponentów, przy czym potwierdzono słuszność zastosowania melasy jako składnika wiążącego,
- brykiety z melasą scalane w prasie walcowej posiadają najbardziej zwartą strukturę, dzięki czemu posiadają większą wytrzymałość mechaniczną i w efekcie mogą być wykorzystane jako dodatek we wsadzie do przetopu w przemyśle hutniczym.

PIŚMIENNICTWO

1. Borowski G., Kuczmaszewski J. 2005: Utylizacja drobnodziarnistych odpadów metalowych. Monografia. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin.
2. Borowski G. Kuczmaszewski J. 2005: Investigation on Briquetting of Metal Wastes From Bearing Industry. Waste Management & Research, Sage Publications Ltd, Copenhagen, 5(23): 473–478.
3. Drzymała Z. 1988: Podstawy inżynierii procesu zagęszczania i prasowania. PWN, Warszawa.
4. Drzymała Z. 1993: Industrial Briquetting – Fundamentals and Methods. Studies in Mechanical Engineering, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
5. Hryniewicz M. 1997: Metoda doboru pras walcowych oraz opracowania założeń do ich modernizacji lub konstrukcji. Zeszyty Naukowe AGH – Rozprawy i Monografie, 58, Kraków.
6. Hryniewicz M. 2002: Badania procesów przygotowania drobnodziarnistych odpadów żelazonośnych do recyklingu. Materiały IV Forum Inżynierii Ekologicznej, Nałęczów: 75–83.
7. Hryniewicz M., Borowski G., Kuczmaszewski J. 2003: Badania nad sposobem utylizacji odpadów poszlifierskich przemysłu łożyskowego. Materiały VII Międzynarodowej Konferencji „Recyklacja Odpadu”, Ostrawa: 95–102.
8. Kuczmaszewski J., Lutek K., Weroński W. 1990: Badania nad możliwością wykorzystania odpadów poprodukcyjnych o dużym stopniu dyspersji. Inżynieria Materiałowa, 1: 152–154.
9. Niesler M. 2001: Możliwość zastosowania w procesie wielopieczowym brykietów z odpadów hutniczych wykonanych w brykieciarkach stemplowych. Hutnik – Wiadomości Hutnicze, 1: 4–8.
10. Instrukcja do programu MicroScan v. 1.3.

Streszczenie

Przedstawiono przykład zastosowania komputerowej analizy obrazu celem sprawdzenia i porównania struktury brykietów uzyskanych z metalowych materiałów drobnodziarnistych. Badano brykiety z prasy stemplowej i walcowej zawierające różne dodatki pełniące rolę lepiszcza. Brykiety wykonano z odpadów powstających w procesie obróbki wykańczającej kulkowych łożysk tocznych. Odpady te zawierają znaczne ilości żelaza, które po odpowiednim przetworzeniu mogą nadawać się do utylizacji w przemyśle hutniczym [8, 9].

Na podstawie przeprowadzonych analiz potwierdzono dobór odpowiedniego środka wiążącego w procesie przygotowania mieszanki do brykietowania. Sprawdzono także poprawność sposobu mieszania składników oraz słuszność doboru urządzenia do brykietowania. Stwierdzono, że brykiety z masłą scalane w prasie walcowej posiadają najbardziej jednorodną i zwartą strukturę.

APPLICATION OF COMPUTER IMAGE ANALYSIS TO THE STUDY OF THE BRIQUETTES STRUCTURE MADE ON A FINE-GRAINED MATERIALS

Summary

The sample case of computer image analysis to compare the briquettes structure made on a fine-grained metal materials was presented. The tested briquettes, made on the stamp press and the roll press, contained different additional substances as a binder. The briquettes were made of wastes from the finishing process of bearing balls. The wastes contain considerable quantity of iron which can be utilized in metallurgical industry after certain performing.

Based on carried out analysis a proper selection of the binder to prepare the mixture for briquetting was confirmed. The correct way of mixing the components and the appropriate selection of briquetting machine were also verified as essential. Therefore, it was concluded that briquettes with molasses made in a roll press have the most homogeneous and compact structure.