

ОКОМКОВАНИЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО ХРОМОВОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

ЛАЙХАН С.А. , САЛКЫНБАЕВ Б.Ж. 

*Лайхан Саламат Арғынұлы — магистр технических наук, инженер технолог, аспирант, ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG», г. Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: Salamat.laikhan@erg, <https://orcid.org/0000-0001-6847-4075>;

Салкынбаев Бекарыс Жолдыкулович — магистр технических наук, инженер технолог, ТОО «Научно-исследовательский инжиниринговый центр ERG», г. Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: Bekarys.Salkynbayev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0000-1296-899X>.

Аннотация. В данной статье описаны существующие способы окомкования. Рассмотрены их основные методы и механизмы. Подробно описаны технологии формирования окатышей. В работе в качестве исследуемых материалов использованы материалы по отработке технологии холодного окускования шлама газоочистки в смеси с богатой пылью инерционных уловителей и пылью после сушки хромовой руды. Материал представляет собой сыпучее вещество, получаемое после сушки хромовой руды. Приведены химический состав мелкодисперсного хромового сырья. Связующим материалом выступает органическое вещество, твердый и аморфный материал полиакриламид который представляющий собой полимер на основе амида акриловой кислоты, без запаха, порошок крупностью менее 1 мм, цемент марки М400/В22,5, глинопорошок для хромовых окатышей и неорганическое связующее ЕВ. Был сделан сравнительный анализ и отличия между связующими материалами. также получены результаты лабораторных исследований по окускованию. Окатыши были испытаны на сброс, на установке по определению прочности на сбрасывание, на удар и истирание. Приведены результаты испытания окатышей на прочность, которые представлены результаты на графике. Оценены качественные показатели полученных продуктов и устойчивости к транспортировке и многочисленных пересыпок. Подобрана рецептура оптимального состава смеси для окомкования.

Ключевые слова: окомкования, окатыш, гранулятор, сушка, пыль

Введение

В настоящее время на многих металлургических предприятиях особое внимание уделяется экологии. Основными отходами являются шлак, пыль и шламы. Получаемый шлак используется в качестве щебня для дорожного строительства, а улавливаемая газоочистными системами пыль частично возвращается в технологическую цепочку [1].

При добыче и переработке хромитовых руд образуется до 80 % частиц размером менее 10 мм, около 30 % руды находится в порошковом и даже в пылеватом виде [1]. Необходимость окускования образующейся мелочи очевидна. Применительно к Казахстанским рудам проведены обширные исследования по окускованию [2]. За рубежом активно занимаются окомкованием, однако информацию об этих технологиях стараются не распространять и достаточно строго охраняют. Окомкование пылью довольно широко развито в зарубежных странах.

Подача материалов в компактном виде в металлургический агрегат предотвращает его вынос с отходящими газами, а в случае восстановительной плавки обеспечивает газопроницаемость столба шихтовых материалов. Кроме того, процесс окатывание сокращает потери материала при транспортировке [3]

В данной работе в качестве исходного материала используется мокрая пыль газоочистки в виде шламов. В большинстве случаев шламы металлургического производства представляют собой тонкодисперсные концентраты повышенной влажности (40-50 %) и для удобства дальнейшего использования в металлургических процессах требуется окомкование.

В лаборатории НИИЦ ERG была проведена работа по отработке технологии холодного окускования шлама газоочистки (далее материал №1) в смеси с богатой пылью инерционных уловителей (далее материал №2) и пылью после сушки хромовой руды (далее материал №3). В качестве связующих материалов выступают: цемент марки М400/В22,5, глинопорошок для

хромовых окатышей (далее бентонит), органическое связующее лигносульфаната кальция и полимерное связующее, представляющий собой полимер на основе амида акриловой кислоты (далее ПАА) и неорганическое связующее ЕВ. К связующим веществам предъявляются специфические требования [4-9]:

- высокая поверхностная активность и хорошее смачивание поверхности материала;
- наличие пластических свойств;
- устойчивость к атмосферным осадкам, температуре;
- отсутствие веществ, загрязняющих готовую продукцию;
- высокая скорость отвердения;
- дешевизна и доступность;
- легкость применения;
- стойкость при хранении и транспортировке;

В лабораторных условиях соотношение материалов в смеси выглядит следующим образом:

- Состав №1 (материалы №1 – 48%, №2 – 8%, №3 – 44%, бентонит)
- Состав №2 (материалы №1 – 48%, №2 – 8%, №3 – 44%, лигносульфаната)
- Состав №3 (материалы №1 – 48%, №2 – 8%, №3 – 44%, бентонит и лигносульфанат)
- Состав №4 (материалы №1 – 48%, №2 – 8%, №3 – 44%, ПАА)
- Состав №5 (материалы №1 – 48%, №2 – 8%, №3 – 44%, ПАА и бентонит)
- Состав №6 (материалы №1 – 48%, №2 – 8%, №3 – 44%, ЕВ)
- Состав №7 (материалы №1 – 48%, №2 – 8%, №3 – 44%, ЕВ и бентонит).

Данное соотношение материалов соответствует объемам их образования. Перед началом работ материал №1 просушили до остаточной влажности 0,5% с последующим помолом на стержневой мельнице до исходной фракции.

Целью работы является определение оптимального рецепта для окомкования рудного сырья мелких классов, с подбором связующего материала, влажности и режимов холодного окускования.

Методика проведения окатывания на тарельчатом грануляторе

Перед экструдированием материалы надо высушивать, чтобы она свободна перемещалась на последующих стадиях при взвешивании и перемешивании. В наших случаях исходные материалы все сухие. Для начала связующий материал и материалы для окомкования (материалы №1, №2 и №3) отдельно взвешивали. Химический состав материалов и параметры окомкования представлены в таблице 1-2.

Таблица 1 - Химический состав материалов

Материал	Влага	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO	C	S	P	Cr _{Met}
Шлам газоочистки	-	40,79	11,96	0,6	16,29	6,66	11,02	12,36	0,1	0,014	5,64
Пыль инерционных уловителей	22,72	28,78	18,65	1,05	34,6	4,21	9,04	3,37	0,45	0,013	1,38
Пыль после сушки руды	0,34	48,81	7,80	0,51	19,71	7,13	12,24	0,49	0,024	0,002	3,79

Таблица 2 - Параметры для окомкования

Состав №	Расход связующего, %	
1	1	2
2	3	4
3	3	1
4	1	2
5	1	2
6	1	2
7	1	2

Процесс подготовки смеси состоял из двух этапов. На первом этапе смесь сухих исходных материалов со связующим перемешивали в течение 5 минут. На втором этапе в смесь добавляли небольшое количество воды, количество подбирали отдельно для каждого вида связующего, после чего уже увлажненную смесь пропускали через сито с размером ячеек 1×1 мм для разрушения образовавшихся комков и получения однородной консистенции.

По окончании подготовительных работ производили процесс окомкования. Угол наклона тарели гранулятора в рабочем положении составлял 45°, скорость вращения поддерживалась на уровне 25-30 об/мин. После установки заданных параметров оборудования приступили к окомкованию готовой смеси. Для этого готовую увлажненную смесь порционно засыпали в гранулятор. При необходимости в процессе гранулирования допускалось доувлажнение смеси с помощью пульверизатора. Объем дополнительной влаги учитывался по окончании эксперимента.

Полученные фракции окатышей отсеивали через сита с размерами ячеек 12×12мм и 14×14мм. Окатыши размерностью 12-14 мм (рис. 1) выгружали и раскладывали в металлические поддоны в один слой. Часть готовых окатышей высушивали в сушильной печи при температуре 120°С до полного удаления влаги с последующим определением их прочности на раскол. Вторую половину готовых окатышей сушили в естественных условиях с замером прочности на раскол после 1 и 3 суток. Для определения прочности гранул использовали автоматический испытательный пресс RB-1000 и ИПГ-1М в зависимости от пределов прочности окатышей.



Рисунок 1. Готовые окатыши фракции 12-14 мм

Результаты окомкования

Для определения прочностных показателей окатышей, с каждой серии эксперимента были отобраны по 10 образцов окатышей фракции 12-14 мм. Результаты прочностных характеристик окатышей представлены в таблице 3 и на рисунке 2.

Таблица 3 - Результаты испытания на раскол

Состав №	Расход связующего, %		Прочность, кг/окатыш		
			1 сут.	3 сут.	120°С 3ч
1	1	2	3,00/4,24	6,89/7,60	7,03/7,86
2	3	4	9,40/11,38	41,80/44,89	49,00/49,30
3	3	1	9,24	9,38	9,86
4	1	2	-	-	-
5	1	2	8,62	9,74	11,54
6	1	2	-	-	-
7	1	2	-	4,21	4,63

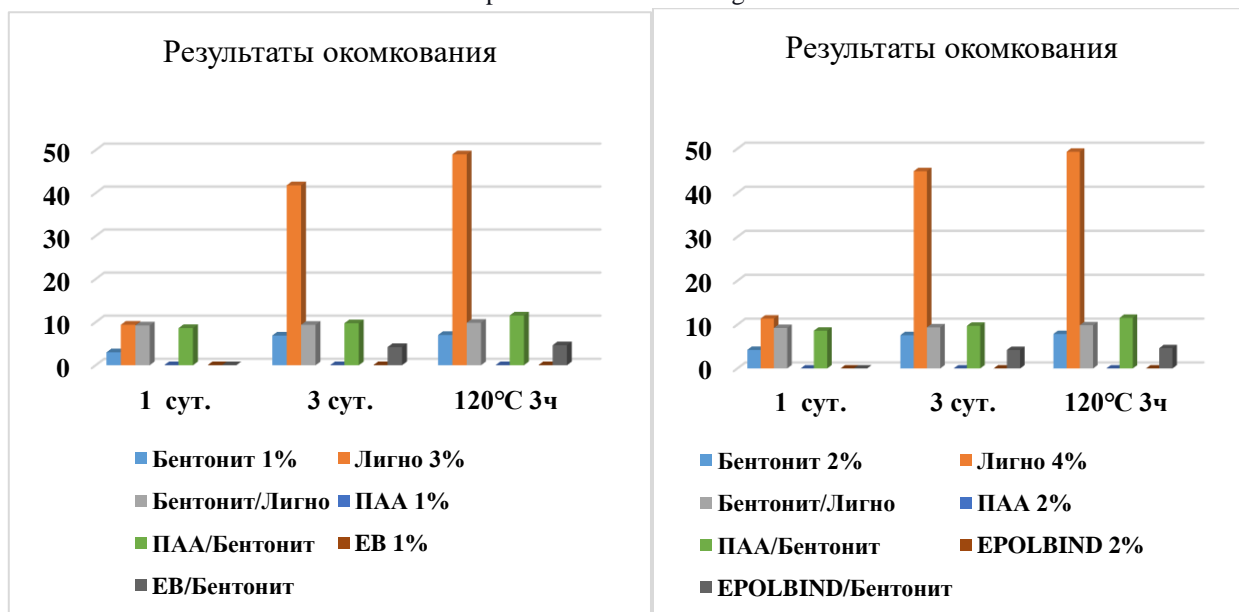


Рисунок 2. Результаты окомкование материалы №1, №2 и №3

По результатам испытаний можно сделать вывод, что наиболее высокие показатели прочности на раскол достигается с использованием связующего материала лигносульфанат 3-4%. Прочность высушенных окатышей в естественных условиях в течение 3-х суток и высушенных принудительно в сушильной печи достигает 45-50 кгс/окатыш. Окатыши с использованием всех остальных видов связующих материалов оказались менее прочными, которые разрушались по воздействию усилия, не достигавшим ~10 кгс/окатыш по среднему значению. Помимо высоких показателей прочности полученных окатышей с использованием лигносульфаната, использование данного вида связующего отличается от других видов высокой степенью комкуемости, которая является одним из главных показателей, характеризующих процесс окомкования. Так, при использовании данного вида связующего, масса полученных окатышей товарной фракции в 12-14 мм составила 1300 г и 1750 г при добавке связующего 2 и 3% соответственно (таблица 4).

Таблица 4. Масса полученных окатышей товарной фракции в 12-14 мм

Состав №	Расход, %		Масса, г	
	1	1	2	850
2	3	4	1300	1750
3	3	1	650	
4	1	2	-	
5	1	2	578	
6	1	2	-	
7	1	2	780	

Необходимо отметить что несмотря на одинаковые условия для всех типов связующих материалов, процесс окомкования не всегда удавался. При использовании связующих типа ПАА и ЕВ процесс грануляции смеси не происходил вовсе (рис. 3). Данные виды связующих материалов отличались тем что приводили к прилипанию шихты к поверхности граунлятора и тем самым создавали препятствие для налипания добавочной шихты на образующие зародыши окатышей. Требовалось периодическое очищение тарели от налипающего материала, поэтому окатышей необходимой фракции получить не удалось вне зависимости от изменения параметров окомкования. Серия опытов с использованием таких связующих как Бентонит, ЕВ, а также комбинация связующих Бентонит/Лигносульфанат, ПАА/Бентонит и

ЕВ/ Бентонит несмотря на стабильный режим окомкования, имеют прочность в разы ниже чем прочность окатышей с использованием лигносульфаната.



Рисунок 3. Процесс окатывания при использовании связующего ПАА и ЕВ в количестве 1-2%

По итогам серии испытаний, в качестве основного связующего было определено связующее лигносульфаната с добавкой 3% от массы сухой шихты. Согласно программы лабораторных испытаний, необходимо было наработать партию окатышей в количестве 20 кг с последующей принудительной и естественной сушкой. После получения наработанной партии окатышей с использованием лигносульфаната, окатыши подвергали проверки их прочности. Методика наработки партии окатышей была идентичной что и при определении оптимального вида связующего. Нарработка партии в 20 кг требуется по стандартам ГОСТ для определения прочности на сброс, удар и истирание. Помимо перечисленных показателей прочности, были определены так же прочность на раскол сырых, после сушки в естественных условиях в течение 1 и 3 суток, а также после полного удаления влаги в сушильном шкафу. Остаточная влажность окатышей после сушки в печи при 120°С составила 8,05% при исходной влаге в 9%. Параметры и результаты определения прочностных характеристик опытной партии с использованием связующего лигносульфанат с содержанием 3% представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 - Прочность на раскол сырых и высушенных окатышей

Состав	Расход, %		Прочность, кг/окатыш			
	Связующее	W, %	Сырые	1 сут.	3 сут.	120°С
№2	3	6+3	6,51	18,49	53,00	66,20

Таблица 6 - Прочность на раскол сырых и высушенных окатышей

Состав	Расход, %	W, %	Прочность высушенных окатышей при 120 °С на удар и истирание, %		Прочность на сброс высушенных окатышей при 120°С, %	
			+5 мм	-0,5 мм	+ 5 мм	- 5 мм
№2	3	6+3	96,95	1,89	100	-

По результатам таблицы 5 и 6 сырые окатыши имеют прочность 6,51 кг/окатыш, высушенные 66,20 кг/окатыш. Испытание на прочность на сброс по ГОСТ 25471-82 составили 100%, на удар по ГОСТ 15137-77 составили 96,95% и истирание (ГОСТ 15137-77) 1,89%.

Выводы

По методу окомкования были проведены серии испытаний с подбором оптимального вида связующего с использованием 5 видов связующих в различном соотношении и комбинации. Добавка лигносульфаната в количестве 3% от массы сухой смеси по прочностным характеристикам сырых и высушенных окатышей имеют показатели на порядок

выше чем все остальные виды связующих. По окончанию подбора оптимального вида связующего, была наработана партия окатышей с последующим замером прочностных характеристик на сброс, удар и измельчение с данным видом связующего. Полученные результаты на механическую прочность полностью согласуются с результатами испытаний первого этапа и соответствуют требованиям ГОСТ.

Список литературы

1. Коляев В.Л., Пупышев Н.В., Белогуров В.Я. и др. Использование мелких хромовых руд в производстве углеродистого и передельного феррохрома // Обзорная информация. Ин-т «Черметинформация». Сер. Ферросплавное производство. – 1979. № 1. – С.1 – 2.
2. Приходько Т.И., Цалапова Н.М., Пупышев Н.В. Окускование хромитового сырья Казахстана для ферросплавного производства // Комплексное использование минерального сырья – 1991. № 2. – С. 58 – 63.
3. V.V. Aksenova, S. A. Alimbaev, A. V. Pavlov, R. M. Mustafin “Briquetting of porous alumina-containing materials on organic binders” // Metallurgical technologies/Metallurgical technologies, Izvestiya. Ferrous Metallurgy. 2021, vol. 64, no. 5, pp. 323–329.
4. Danilova Yu.S., Peristy M.M. The production of iron ore briquettes is a promising method for the preparation of metallurgical waste. T.1. Donetsk: DonNTU, DonNU. - 2011. - p.67-68
5. Ravich B.M. Briquetting in non-ferrous and ferrous metallurgy. Moscow: Metallurgy. - 1975. - 232p.
6. Ravich B.M. Briquetting of ores. M.: Nedra. - 1982. - 183c.
7. Ushakov K.I., Felman R.I., Sadykov V.I. Briquetting in color metallurgy // Overview information of the Institute of Central Scientific Research Institute of Economics and information. - 1979. - No. 11. - 83 p.
8. Ryvkin I.Yu., Eremin A.Ya., Litvin E.M., Babanin V.I. Briquetting fine-grained and finely dispersed materials with a binder // Coke and Chemistry. - 2000. - No. 10 - p.36-43
9. Noskov V.A., Maimur B.N., Petrenko V.I., Vashchenko S.V., Kryukov V.V., Lebed A.T. Development and research of binding additives for briquetting screenings of silicomanganese // Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy: Sat. scientific tr. - Dnepropetrovsk.: HMI NAS of Ukraine. - 2005. - No. 10. - With. 321-327.

References

1. Koloyarcev V.L., Pupyshev N.V., Belogurov V.YA. i dr. Ispol'zovanie melkih hromovyh rud v proizvodstve ugleodistogo i peredel'nogo ferrohroma // Obzornaya informatsiya. In-t «CHermetinformatsiya». Ser. Ferrosplavnoe proizvodstvo. – 1979. № 1. – С.1 – 2.
2. Prihod'ko T.I., Calapova N.M., Pupyshchev N.V. Okuskovanie hromitovogo syr'ya Kazahstana dlya ferrosplavnogo proizvodstva // Kompleksnoe ispol'zovanie mineral'nogo syr'ya – 1991. № 2. – S. 58 – 63.
3. V. V. Aksenova, S. A. Alimbaev, A. V. Pavlov, R. M. Mustafin “Briquetting of porous alumina-containing materials on organic binders” // Metallurgical technologies/Metallurgical technologies, Izvestiya. Ferrous Metallurgy. 2021, vol. 64, no. 5, pp. 323–329.
4. Danilova Yu.S., Peristy M.M. The production of iron ore briquettes is a promising method for the preparation of metallurgical waste. T.1. Donetsk: DonNTU, DonNU. - 2011. - p.67-68
5. Ravich B.M. Briquetting in non-ferrous and ferrous metallurgy. Moscow: Metallurgy. - 1975. - 232p.
6. Ravich B.M. Briquetting of ores. M.: Nedra. - 1982. - 183c.
7. Ushakov K.I., Felman R.I., Sadykov V.I. Briquetting in color metallurgy // Overview information of the Institute of Central Scientific Research Institute of Economics and information. - 1979. - No. 11. - 83 p.
8. Ryvkin I.Yu., Eremin A.Ya., Litvin E.M., Babanin V.I. Briquetting fine-grained and finely dispersed materials with a binder // Coke and Chemistry. - 2000. - No. 10 - p.36-43
9. Noskov V.A., Maimur B.N., Petrenko V.I., Vashchenko S.V., Kryukov V.V., Lebed A.T.

Development and research of binding additives for briquetting screenings of silicomanganese //
Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy: Sat. scientific tr. - Dnepropetrovsk.: HMI
NAS of Ukraine. - 2005. - No. 10. - With. 321-327.

ПОЛИМЕРЛІ БАЙЛАНЫСТЫРҒЫШТАРДЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, ҰСАҚ ДИСПЕРСТІ ХРОМ ШИКІЗАТЫН ҚАПТАУ

ЛАЙХАН С.А. , САЛҚЫНБАЕВ Б.Ж. 

*Лайхан Саламат Арғынұлы — техника ғылымдарының магистрі, аспирант, инженер технолог, ЖШС
«Ғылыми Зерттеу Инжинирингтік Орталығы ERG», Ақтөбе қ., Қазақстан

E-mail: Salamat.laikhan@erg, <https://orcid.org/0000-0001-6847-4075>;

Салқынбаев Бекарыс Жолдыкулович — техника ғылымдарының магистрі, инженер технолог., ЖШС
«Ғылыми Зерттеу Инжинирингтік Орталығы ERG», Ақтөбе қ., Қазақстан

E-mail: Bekarys.Salkynbayev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0000-1296-899X>.

Аңдатпа. Бұл мақалада окомкование әдістері сипатталған. Олардың негізгі әдістері мен механизмдері қарастырылады. Түйіршіктерді қалыптастыру технологиялары егжей-тегжейлі сипатталған. Жұмыста зерттелетін материалдар ретінде инерциялық ұстағыштардың бай шаңымен және хром кенін кептіргеннен кейін шаңмен араласқан газ тазарту шламын суық батыру технологиясын өңдеу бойынша материалдар пайдаланылды. Материал – хром кенін кептіргеннен кейін алынған сусымалы құрғақ зат. Ұсақ шикізаттың химиялық құрамы келтірілген. Байланыстырушы материал - органикалық заттар, қатты және аморфты материал полиакриламид бұл акрил қышқылы амидіне негізделген полимер, иіссіз, ұнтағы 1 мм-ден аз, М400/В22. 5 маркалы цемент, хром түйіршіктеріне арналған Саз ұнтағы және бейорганикалық байланыстырушы ЕВ. Салыстырмалы талдау және байланыстырушы материалдар арасындағы айырмашылықтар жасалды. сондай-ақ, шағу бойынша зертханалық зерттеулердің нәтижелері алынды. Түйіршіктер төгуге, төгу беріктігін анықтау қондырғысында, соққыға және тозуға сыналды. Графикте келтірілген беріктікке арналған түйіршіктерді сынау нәтижелері келтірілген. Алынған өнімдердің сапалық көрсеткіштері және тасымалдауға және көптеген қайта толтыруға төзімділік бағаланды. Шұңқырға арналған қоспаның оңтайлы құрамының рецепті тандалды.

Түйін сөздер: түйіршіктеу, түйіршік, түйіршіктеу құрылғы, кептіру, шаң

PELLETIZING OF FINE CHROME RAW MATERIALS WITH POLYMER BINDERS

LAIKHAN S.A. , SALKYNBAYEV B.ZH. 

*Laikhan Salamat Argyunuly — master of technical sciences, postgraduate student, engineer technologist, LTD «SERC ERG», Aktobe, Kazakhstan

E-mail: Salamat.laikhan@erg, <https://orcid.org/0000-0001-6847-4075>;

Salkynbayev Bekarys Zholdykulovich — master of technical sciences, engineer technologist, LTD «SERC ERG», Aktobe, Kazakhstan

E-mail: Bekarys.Salkynbayev@erg.kz, <https://orcid.org/0009-0000-1296-899X>.

Abstract. This article describes the existing methods of pelletizing. Their main methods and mechanisms are considered. The technologies of pellet formation are described in detail. In the work, the materials on the development of the technology of cold agglomeration of gas cleaning sludge in a mixture with rich dust of inertial collectors and dust after drying chrome ore were used as the studied materials. The material is a bulk substance obtained after drying chrome ore. The chemical composition of finely dispersed chrome raw materials is given. The binder is an organic substance, a solid and amorphous material polyacrylamide, which is a polymer based on acrylic acid amide, odorless, powder with a size of less than 1 mm, cement grade M400 / B22.5, clay powder for chrome pellets and inorganic binder EB. A comparative analysis and differences between the binders were made. The results of laboratory studies on agglomeration were also obtained. The pellets were tested for dropping, on a dropping strength tester, for impact and abrasion. The results of pellet strength tests are presented, the results are presented on the graph. The quality indicators of the obtained products and their resistance to transportation and multiple refills were assessed. The optimal mixture composition for pelletizing was selected.

Key words: pelletizing, pellet, granulator, drying, dust