

ИНОВАТИВНИ МЕТОДИ И СРЕДСТВА ЗА ВИСОКОСКОРНО БРИКЕТИРАНЕ НА МЕТАЛЕН СКРАП

INNOVATIVE METHODS AND MEANS FOR HIGH SPEED BRIQUETTING OF METAL SCRAP

Stanislav Gyoshev, Desislava Ivanova

Institute of Information and Communication Technologies Bulgarian Academy of Sciences, Acad. Georgi Bonchev Str.
Block 2, 1113 Sofia, Bulgaria

stanislavgyoshev@mail.bg, divanovaacomina@gmail.com

Abstract: This work has proposed a method for high briquetting of metal shavings and powders used to power industrial rocket engine. The influence of the type of metal and its contamination on the degree of hardening of the briquettes. To capture processes used high-speed camera NAC Memrecam HX6.

Keywords: BRIQUETTING, HIGHSPEED IMPACT, COMBINED IMPACT

1. Въведение

В настоящото изложение са представени резултати от експерименти за ударно брикетирание на стружки от AL-сплав и сив чугун.

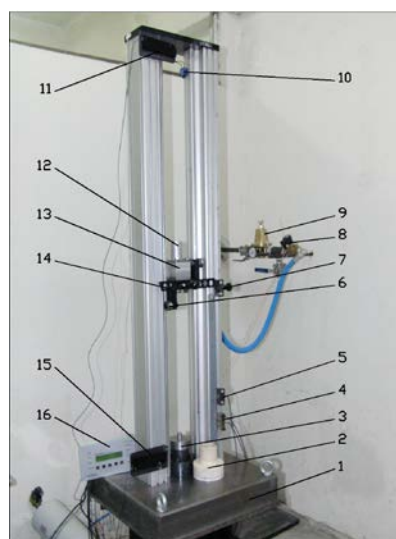
Експериментите са проведени в лаборатория „Изследване на технологични ударни процеси“ при ТУ-София. Използвана е уредба за сложен (комбиниран) удар - фиг. 1. [1], [2], [3].

Основният елемент на тази уредба е студен ракетен двигател 12, който работи със сгъстен въздух с налягане до 33 МРа. Използването на такъв двигател дава възможност за получаване на удар, при който се получава комбинирано въздействие на ударната сила P_y с допълнителна сила R от ракетния двигател, която действа през време на удара.

На Фиг.2а са показани режимите на работа на уредбата, а на Фиг.2б – възможното изменение на силата през време на удара. От Фиг.2б се вижда, че при сложен удар устройството може да работи като комбинация на чук и хидравлична преса, т.е. да се получи ударно действие на силата, след което максималната ударна сила или различна от нея сила, да продължи да действа с постоянна (или нарастваща) стойност, като хидравлична преса. Големината на допълнителната постоянна сила, действаща през време на удара, зависи от тягата на ракетния двигател R . При регулиране на тягата R , може да се получат различните диаграми за изменение на силата P_y , показани на Фиг.2б.

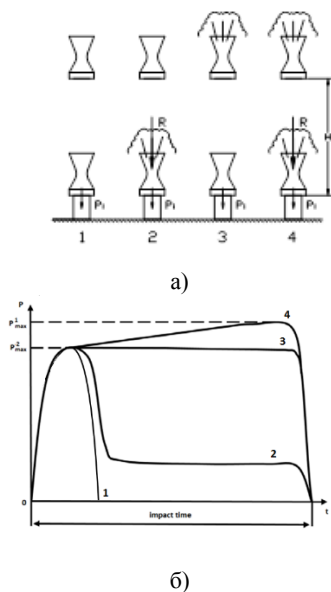
2. Методика на експериментите.

Основните технически характеристики на уредбата са: максимална височина на падане – 1.1 m; максимална скорост на удар – от 7 m/s до 8 m/s, в зависимост от масата на падащата част; маса на падащата част – 6.17 kg или 9.12 kg; максимална енергия на удара – 240 J; максимална допълнителна сила (тяга) от ракетния двигател $R = 226$ N.



Фиг.1. Лабораторен стенд за изследване на сложен удар: 1 – основна плоча с маса 220 kg; 2 – пластмасов елемент за изследване на еластичен удар; 3 – елемент за изследване на пластичен удар; 4 – индуктивни датчици за измерване скоростта на удар; 5 – индуктивен датчик за пускане/спиране на въздух в долно положение; 6 – направляващи на падащата част; 7 – пусков механизъм; 8 – електромагнитен клапан; 9 – регулатор на налягането на въздуха; 10 – датчик за пускане на въздух в горно положение; 11, 15 – приемник и излъчвател на светлинен датчик за измерване скоростта на падащата част; 12 – студен ракетен двигател; 13 – падаща част с маса 6.17 kg; 14 – планка за активиране на сензори 4,5,11; 16 – електронен пулт за управление

Максималната скорост на удара се получава в резултат на ускорение от работещия ракетен двигател през време на падане, а допълнителната сила се получава, когато двигателя продължава да работи след удара – режим 4 от Фиг.2а.



Фиг. 2. а) - режими на работа на стенд: 1 – обикновен удар без ускоряване на падащата част; 2 – сложен удар без ускоряване на падащата част; 3- обикновен удар с ускоряване на падащата част; 4 – сложен удар с ускоряване на падащата част; б) – диаграми за изменение на силата на удар: 1 – обикновен удар; 2, 3, 4 – сложен удар

Енергията на удара, която е основна характеристика на машини с ударно действие, се пресмята по формулата

$$E_y = \frac{mV_y^2}{2} \cdot J \quad (1)$$

където m е масата на падащата част, kg , а V_y е скоростта на удар, m/s .

Специфичната енергия E_c е енергията за единица обем и се пресмята по формулата

$$E_c = \frac{E_y}{\Theta}, J/sm^3, \quad (2)$$

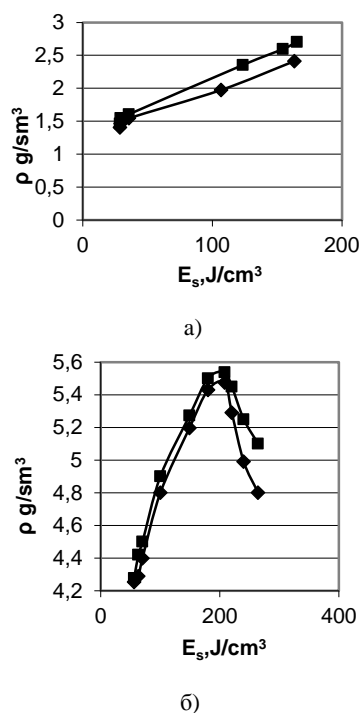
където Θ , sm^3 , е обемът на получаваното след удара тяло (брикет). Този показател се използва, тъй като дава обективна основа, за приложение на получените в лабораторни условия резултати, при внедряване в практиката на технологичния процес за ударно брикетирене. Например, ако в лабораторни условия е установено, че за брикет с обем Θ_1 максимална плътност се получава при $E_c = E_c^1$, J/sm^3 , за да се получи в производствени условия брикет с обем Θ_2 ($\Theta_2 > \Theta_1$) със същата плътност, ще бъде необходима енергия на удара E_y^2

$$E_y^2 = E_c^1 \cdot \Theta_2 = \frac{E_y^1 \cdot \Theta_2}{\Theta_1} = E_y^1 \cdot \frac{\Theta_2}{\Theta_1} \cdot J \quad (3)$$

Получената от (3) стойност на необходимата енергия на удар, за получаване в промишлени условия на брикет с максимална плътност, ще послужи за избор на машина (чук), с която да се работи (енергията на удара е основна характеристика

на ударните машини). Ако на една и съща машина се получават брикети от стружки на различни материали, тогава машината се избира по най-голямата енергия, от енергиите необходими за получаване на брикети с максимална плътност за различните материали.

От Фиг.3 се вижда, че при различните материали диаграмата $\rho - E_c$ има различен вид. При брикетирене на стружки от Al-сплав плътността нараства при нарастване на E_c , като при достатъчно голяма E_c може да се постигне плътност много близка до плътността на монолитна сплав, [4], [5]. При голяма плътност на брикетите те може да се използват за директно получаване на детайли чрез следваща пластична деформация (право и обратно изтичане, студено или горещо шамповане).



Фиг.3. Плътност на брикети в зависимост от E_c : а – за брикети от Al- сплав; б – за брикети от сив чугун; ■ – сложен удар; ◆ - обикновен удар [1]

При ударно брикетирене на стружки от сив чугун, с увеличаване на E_c се достига до максимум на плътността, след което по-нататъшното увеличаване на E_c , води до намаляването на плътността на брикетите.

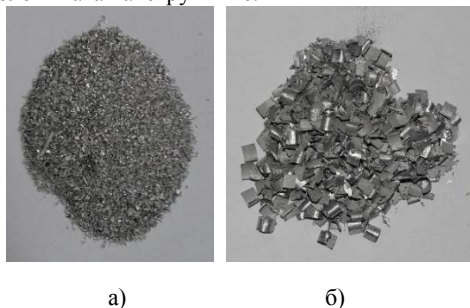
Трябва да се отбележи, че получените сравнително малки разлики между плътността при обикновен и сложен удар (в границите на 10%-20 % за различните сплави), се дължи на малката тяга на студения ракетен двигател ($R=226 N$). При сила на удара от порядъка на $10000 N - 15000 N$, тази сила е много малка, за да се получат големи разлики, т.е. при тези експерименти силата на удар се изменя по крива 2 от фиг.2б. При действащия промишлен чук, задвижван от ракетен двигател с тяга $R = 19620 N$ [6], диграмата на силата ще е близка до крива 3 от фиг.2б и се очаква да се получат много по-големи разлики между

плътността на брикетите, получени с обикновен и със сложен удар. Освен това, при промишлен чук задвижван от ракетен двигател, може да се постигнат по-голями скорости на удар (до 18 m/s), в резултат на което ефектите от увеличаване на енергията на удара (в съответствие с формула (1)) и на скоростта на удара се сумират [7], [8].

Получените положителни резултати, свързани с увеличаване плътността на брикетите при използване на сложен удар, ни дават основание, да изследваме този ефект и при брикетирание на предоставените от Фирма „Капрони“ стружки и железен прах. Още повече, че технологията за ударно уплътняване на метални прахове се изследва и прилага все по-широко през последните години [9], [10], [11], [12], [13].

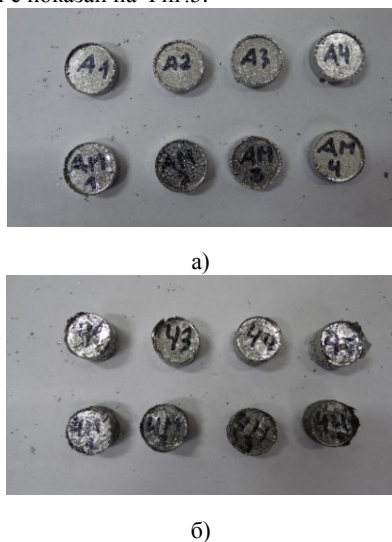
3. Резултати от брикетирание

На фиг.4 е показан видът на стружките за брикетирание. Сравнението между вида и големината на стружките от Фиг.4 показва голяма разлика за двата вида материали. Най-съществена е тази разлика в големината на стружките.



Фиг.4. Вид на стружките за брикетирание: а – Al-сплав; б – чугун

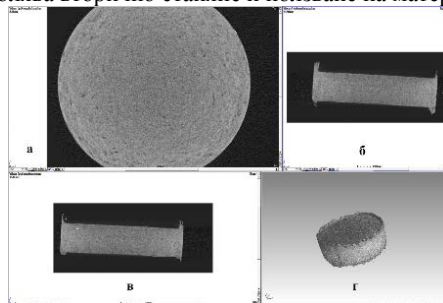
От всеки материал са получени по четири брикета от почистени стружки и стружки във вид на доставка (омаслени) [14], [15], [16]. Видът на получените брикети е показан на Фиг.5.



Фиг.5. а – брикети от алуминиеви стружки (А1 – А4 от почистени стружки; АМ1 – АМ4 от стружки във вид на доставка); б – брикети от чугунени стружки (Ч1 – Ч4 от почистени стружки; ЧМ1 – ЧМ4 от стружки във вид на доставка)

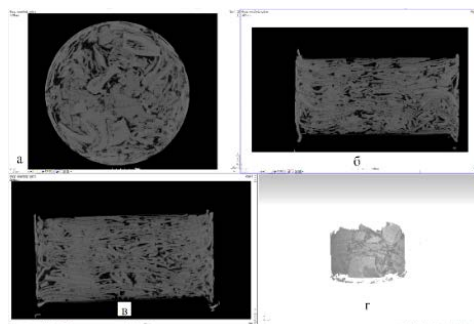
Израстъкът по горната челна повърхнина се дължи на хлабината между матрицата и поансона. Израстъкът по долната челна повърхнина е поради хлабина в избутвача от матрицата.

На фиг. 6 са показани различни видове 3-D изображения на вътрешната структура на брикет от стружки на Al – сплав. Вижда се, че има високи и равномерни стойности на уплътняване, което позволява вторично стапяне и ползване на материала.



Фиг.6. Снимки от 3D Томограф на брикет от Al - сплав: а – напречно сечение в средата на брикета по височина; б, в – взаимноперпендикулярни вертикални сечения, през центъра на брикета; г – 3D изображение

От Фиг.7 а,б,в, се вижда, че между чугунените стружки има големи области с въздух, които са неравномерно разпределени в обема на брикета. 3-D изображението от Фиг.7 г показва слабо сцепление между стружките и лошо качество на брикета. Това се дължи на малката специфична енергия на удара E_c , която е над два пъти по-малка от необходимата енергия за получаване на брикет с максимална плътност, в съответствие с Фиг.3б. [17].

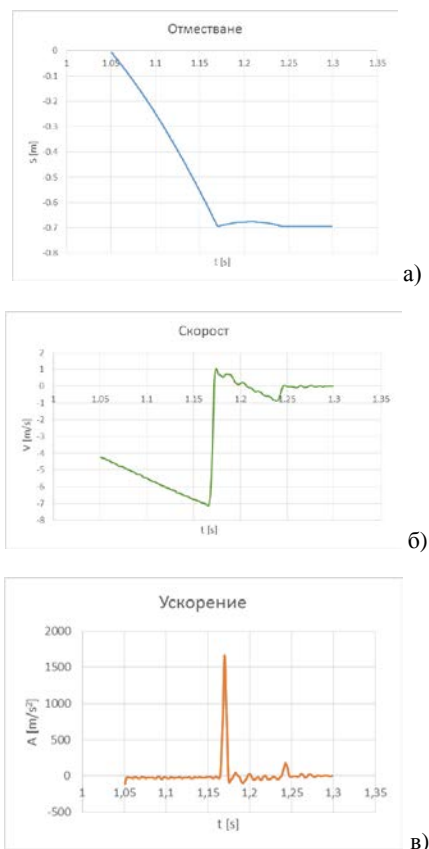


Фиг.7. Снимки от 3D Томограф на брикет от чугун с маса 6 gr: а – напречно сечение в средата на брикета по височина; б, в – взаимноперпендикулярни вертикални сечения, през центъра на брикета; г – 3D изображение

На фиг.8 са показани диаграмите на път, скорост и ускорение за един експеримент при брикетирание на метални отпадъци, при прилагане на комбиниран удар, получени с използване на високоскоростна камера Nac Metgesam Hx 6 и програмния продукт Vicasso 2009.

4. Заключение

Резултатите от изследването показват, че при високоскоростно брикетирание на метални отпадъци може да се постигне икономия на материал и енергийна ефективност. В някои случаи (Al - сплав) това е единствен начин за повторно ползване на остатъците (стружки) от предишна обработка.



Фиг.8. Диаграми на а) път ,б) скорост и в) ускорение за един случай на брикетирание със сложен удар

Благодарности:

Изследването в настоящата работа е осъществено благодарение на закупена техника от проект AComIn "Advanced Computing for Innovation", договор 316087, финансиран от „Капацитети“ в 7-ма Рамкова програма на Европейската комисия (ЕК), "Научно-изследователски потенциал в конвергентните райони" и с финансовата подкрепа на договор Д01-192.

5. Използвана литература:

1. T. Penchev, D. Karastoyanov, I. Altaparmakov., Experimental Study on "Controlled Impact" Effect in Plastic Deformation Processes., Advanced Materials Research Vol. 772 (2013) pp 3-8 © (2013) Trans Tech Publications, Switzerland, doi:10.4028/www.scientific.net
2. Karastoyanov D., Vl. Kotev and T. Penchev. Forging by Rocket Driven Hammer: Dynamics and Experiments, Advanced in Engineering Mechanics and Materials, pp: 174-177, ISBN 978-1-61804-241-5.
3. Penchev T., D. Karastoyanov., Experimental Study of Upsetting and Die Forging with Controlled Impact., International Conference on Manufacturing Science and Engineering (ICMSE 2014), 17-18 April 2014, Lisbon, Portugal, published in: International Science Index Vol: 08 No:04 Part IV, eISSN 1307-6892, pp 529-533,

4. В.Г. Степанов, И.А. Шавров, Высокоэнергетические импульсные методы обработки металлов, Ленинград, Машиностроение, 1975.

5. P. Bodurov, T. Penchev, Industrial Rocket Engine and its Application for Propelling of Forging Hammers, Journal of Material Processing Technology, 2005, 161, 504-508.

6. G. Gustavson et al., Experimental studies and modeling of high-velocity loaded iron-powder compacts, Powder Technology, 2014, 268, 293-305.

7. T. Penchev, D. Karastoyanov and V. Monov., Control System For "Controlled Impact" Laboratory Device., Third IEEE International Conference on Information Science and Technology ICIST 2013, March 23-25, 2013; Yangzhou, Jiangsu, China., 978-1-4673-2764-0/13/©2013 IEEE., pp 215-219

8. Todor Penchev, Stanislav Gyoshev, Dimitar Karastoyanov., Study of parameters of controlled impact by impact deformation of elastic and elastic-plastic materials., Recent Advances in Mechanical Engineering, ISBN: 978-960-474-402-2, pp 113-118, 21-23.11.2014, Florence, Italy

9. P. Doremus et al., High-velocity and conventional compaction of metallic powders: comparison of process parameters and green compact properties, Proc. IMechE 224 E, 2010, 117-185.

10. P. Scoglund, High density PM parts by high-velocity compaction, Powder Metallurgy, 2001, 44, 199-202.

11. F. Dore et al., High velocity compaction: Overview of material, Applications and Potential, Materials Science Forum, Trans Tech Publications, 2007, 293-296.

12. А.П. Поляков, Влияние параметров динамического нагружения на характер распространения ударных волн в порошке, Изв. ВУЗ, Цветная металлургия, 2009, № 1, 30-34.

13. Согришин Ю.П., Гришин Л.Г., Воробьев В.М., Штамповка на высокоскоростных молотах, М., Машиностроение, 1978.

14. T. Penchev, S. Gyoshev and D. Karastoyanov., High Speed Briquetting of Metal Chips Using Rocket Engine., International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computer, CSCC'15; 15.07.2015 – 21.07.2015, Zakynthos, Greece, pp 172-176, ISSN 1790-5117

15. Todor Penchev, Dimitar Karastoyanov, Stanislav Gyoshev., Experimental study of iron metal powder compacting by controlled impact., 17th Intern. Conference on Industrial Design Engineering ICIDE 2015, August 6-7, 2015, Amsterdam, Netherland, published in International Science Index, vol. 17(8) Part 1, 2015, pp 118-121, eISSN: 1307-6892

16. Dimitar Karastoyanov, Stanislav Gyoshev, Todor Penchev., Study the influence of the type of cast iron chips on the quality of briquettes obtained with controlled impact., 17th Intern. Conference on Industrial Design Engineering ICIDE 2015, August 6-7, 2015, Amsterdam, Netherland, published in International Science Index, vol. 17(8) Part 1, 2015, pp 118-121, eISSN: 1307-6892

17. L. Doukovaska, D. Karastoyanov, N. Stoimenov and I. Kalaykov., Inter Criteria Decision Making Approach for Iron Powder Briquetting., Fifth International Symposium on Business Modeling and Software Design, BMSD'15; 05.07.2015 – 09.07.2015, Milan, Italy, pp 292-295, ISBN 978-989-758-111-3