ТВЪРДОСТ И ЯКОСТ НА БРИКЕТИ, ПОЛУЧЕНИ ЧРЕЗ ОБЕМНО ПРЕСОВАНЕ НА СТРУЖКИ ОТ СПЛАВ AlSi10Mg

ЦВЕТАН ТОЧЕВ*, ЯСЕН ХАДЖИТОДОРОВ
и НИКОЛАЙ ДЮЛГЕРОВ

*Институт по металознание, съоръжения и технологии
с Център по хидро- и аеродинамика „Акад. Ангел Балевски“,
Българска академия на науките,
бул. Шипченски проход № 67, 1574 София, България,
e-mails: cvetan.tochev@abv.bg; jason@ims.bas.bg; diulgerovi@abv.bg*

Резюме. Изследвани са твърдостта и якостта на брикети, получени от стружки на сплав AlSi10Mg чрез обемно пресоване. Използвана е конструирана пресформа с диаметър на контейнера Ø40 mm. Получените резултати от проведените изследвания показват, че заготовки с добри механични свойства могат да се изработят при сила на пресоване над 500 kN и температура над 450 °C. Твърдостта на пробните образци, компактирани при сила на пресоване 750 kN и температура 480 °C, е близка до тази на летия материал.

Ключови думи: якост, твърдост, обемно пресоване, микро-структура.

1. УВОД

Алуминиеви стружки и отпадъци най-често се получават от процесите струговане и фрезование. Рециклирането им е предизвикателство за изследователите, които търсят иновативни и ефективни начини за да постигнат по-добри икономически и екологични резултати. Стружката е един от най-трудните видове скрап, който се рециклира, характеризира се с голяма повърхност, обикновено се окислява и покрива с различни видове замърсители – охлаждащи течности, използвани при машинната обработка [1]. За преодоляване на загубите на материал и за подобряване на икономическата рентабилност, се провеждат изследвания за получаване на брикети от стружки чрез директния метод на рециклиране – компактиране. При този

*Corresponding author.

DOI: 10.7546/EngSci.LVI.19.03.08

метод стружките се компактират – уплътняват, при определена температура и сила на пресоване [2]. Колкото е по-голяма плътността на брикета, толкова е по-голяма икономическата ефективност [3]. Поради това е оправдан стремежът за търсене на технологии за брикетиране, чрез които да се постигне плътност на брикета близка до плътността на монолитен метал [4], а също така и високи механични показатели.

Целта на настоящата статия е да се изследва твърдостта и якостта на брикети, получени от стружки на сплав AlSi10Mg (по БДС EN 1706:2010) [5] чрез обемно пресоване, от които да се изработят заготовки за производство на изделия чрез пластична деформация.

2. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИКА

Използвани са изходни заготовки от стружки на сплав AlSi10Mg (брикети), получени чрез пресоване при стайна температура и сила на натиск 750 kN. Обемното компактиране на брикетите е проведено при температури 420 °C, 450 °C и 480 °C чрез конструирана пресформа с диаметър на контейнера Ø40 mm.

Температурата на компактиране е контролирана с термодвойка – желязо-константан. Поддържането ѝ е осъществено с електронен терморегулатор тип ЕСПА с точност $\pm 5^\circ\text{C}$. Варираните експериментални сили на компактиране са 250, 500 и 750 kN. На така получените пробни тела са определени якостта, твърдостта по Бринел и микроструктурата.

Поради ограничената височина на контейнера, в който е извършено пресоването, получените пробни тела нямат достатъчна дължина и е невъзможно да се изрежат и изработят стандартни образци за определяне на опънова якост. Затова за оценката на якостта на материала е използван образецът, показан на *фиг. 1* [6].

Натоварването на образца е осъществено на машина за определяне на опънова якост чрез два щифта с диаметър Ø4 mm. По този начин сечението „а-а“, по което е извършено разрушаването, е разположено под ъгъл 45° по отношение на опъновата сила. Тази схема на натоварване създава тангенциални напрежения в сечение „а-а“ и нормални опънови напрежения в двата края на сечение „а-а“, оформени от отворите с диаметър Ø5,2 mm.

От всеки пресован брикет са изработени по три образца за определяне на якостта – два от краищата и един от средата. Това позволява да се получи представа за разпределението на якостта по височина на брикета.

Фиг. 1. Размери на пробното тяло за определяне на якостта на пресованите проби
Fig. 1. Dimensions of the test body for determination of strength of the pressed samples

3. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

Температурата и силата на пресоване на стружки на сплав AlSi10Mg, както и получените резултати за якостта и твърдостта по Бринел на пресованите брикети са дадени в табл. 1. В графичен вид резултатите са показани на фиг. 2 и 3.

Получените резултати могат да се използват като сравнителна оценка за якостта на брикетите, получени при определените условия. С тяхна помощ е възможно да се определят оптималните условия за пресоване, гарантиращи получаването на максимално възможната при тези условия якост. Те обаче не могат да служат като критерий при сравняване на якостни показатели, получени при други условия. Тези образци дават възможност

ТАБЛИЦА 1

Условия на компактиране		Показатели след пресоване		
$T, ^\circ\text{C}$	P, kN	Твърдост НВ 10/1000/30	Якост • R_{τ} край, МПа ○ R_{τ} среда, МПа	Процент изменение $\frac{R_{\tau \text{ ср}} - R_{\tau \text{ край}}}{R_{\tau \text{ ср}}}, \%$
420	250	26	—	—
	500	25	—	—
	750	41	—	—
450	250	43	—	—
	500	47	• 31,1 ○ 39,4	21,06
	750	51	• 45,1 ○ 48,7	7,39
480	250	48	• 42,0 ○ 59,0	28,80
	500	44	• 50,7 ○ 60,8	16,61
	750	55	• 70,1 ○ 71,4	1,82

Фиг. 2. Влияние на условията на обемното пресоване върху якостта на пресованите проби

Fig. 2. Influence of conditions of volume pressing on the strength of pressed samples

за оценка на податливостта на брикетите към развитие на пукнатини, на база съществуващата в тях пористост. Предвид на всичко това е прието

Фиг. 3. Влияние на условията на обемното пресоване върху твърдостта на пресованите проби
Fig. 3. Influence of conditions of volume pressing on the hardness of the pressed samples

означение на якостния показател R_T .

Първите пробни тела за определяне на якостта са изработени от брикети, компактирани при сила на пресоване 500 kN и температура 450 °C.

Ясно се вижда на *фиг. 2*, че с увеличаване на силата и температурата на пресоване се увеличава якостта на пробните тела. Интересен е резултатът за якостта на пресованите образци, която е по-висока в средата отколкото в краищата. При това, с нарастване на силата на пресоване при определена температура се намалява разликата в якостта на пресованите образци в краищата и в средата. Разлика в якостта на пробните тела в двата края няма и затова тя е дадена като осреднена стойност.

На графиките, показани на *фиг. 3*, се вижда, че с увеличаване на силата и температурата на пресоване се повишава твърдостта на пробните тела.

На *фигура 4* е показана структурата на брикет, компактиран при 200 °C и сила на пресоване 750 kN, нагряван при 160 °C в продължение на 3 часа и спечен при 540 °C в аргонова среда в продължение на 4 часа.

На *фигура 5* е показана структурата на също такъв брикет, който обаче не е нагряван предварително при 160 °C. От снимките от *фиг. 4* и *5* се вижда, че брикетът, който не е нагряван допълнително при 160 °C, има по-големи пори. В структурата на брикетите, спечени при 440 °C и 540 °C, не се наблюдават значителни различия.

Фиг. 4. Структура на брикет, компактиран при сила 750 kN и температура 200 °C, нагряван при 160 °C и спечен при 540 °C, $\times 50$

Fig. 4. Structure of briquette compacted at a force 750 kN and a temperature 200 °C, heated at 160 °C and sintered at 540 °C, $\times 50$

Фиг. 5. Структура на брикет, компактиран при сила 750 kN и температура 200 °C, спечен при 540 °C, $\times 50$

Fig. 5. Structure of briquette compacted at a force 750 kN and a temperature 200 °C, sintered at 540 °C, $\times 50$

4. ИЗВОДИ

1. Объемното деформиране, като метод за компактиране на стружки от алуминиева сплав AlSi10Mg, гарантира добри механични свойства на заготовките.
2. Изследванията показаха, че заготовки с добри механични показатели могат да се изработят при температура на пресоване над 450 °C и сила на пресоване над 500 kN. При увеличаване на силата и температурата на компактиране на стружки от алуминиева сплав AlSi10Mg се увеличават якостта и твърдостта на заготовките.
3. От получените резултати се вижда, че стойностите за твърдостта на пробните образци, компактирани при сила на пресоване 750 kN и температура 480 °C, са близки до тези на летия материал.

REFERENCES

- [1] D. BAFFARI, G. BUFFA, D. CAMPANELLA AND L. FRATINI, Design of continuous friction stir extrusion machines for metal chip recycling: issues and difficulties, 17th International Conference on Metal Forming, 16–19 September 2018, Toyohashi, Japan, *Procedia Manufacturing* (2018) **15** 280–286.
- [2] Ts. TOCHEV, Influence of a temperature and a pressing force on the density,

- hardness and structure of briquettes from alloy AlSi10Mg chips, *Engineering Sciences, Bulgarian Academy of Sciences* (2019) **LVI** (1) 50–56 (in Bulgarian).
- [3] TS. TOCHEV, Y. HADJITODOROV AND R. MERDZHANOV, Study of the influence of deformation conditions of compacting of D16 alloy chips over density of briquettes, *Engineering Sciences, Bulgarian Academy of Sciences* (2018) **LV** (2) 11–15 (in Bulgarian).
- [4] S. GYOSHEV AND D. IVANOVA, Experimental study of the process of compacting iron powder, Analysis of the results obtained with 3D tomography, in: Proceedings of XIV International Scientific Congress Machines, Technologies, Materials, Varna, 2017, ISSN 2535–0021 (in Bulgarian).
- [5] BDS EN 1706:2010
- [6] I. P. SUHAREV, *Experimental methods of studying deformation and strength*, Machine Building, Moscow (1987) (in Russian).

HARDNESS AND STRENGTH OF BRIQUETTES OBTAINED BY VOLUME PRESSING OF ALLOY AlSi10Mg CHIPS

TSVETAN TOCHEV*, YASEN HADJITODOROV
AND NIKOLAY DJULGEROV

*Institute of Metal Science, Equipment and Technologies,
with Hydro- and Aerodynamics Centre “Acad. A. Balevski”,
Bulgarian Academy of Sciences,
67, Shipchenski Prohod Blvd, 1574 Sofia, Bulgaria,
e-mails: cvetan.tochev@abv.bg; jason@ims.bas.bg; diulgerovi@abv.bg*

Abstract. The hardness and the strength of briquettes obtained by two-sided pressing of alloy AlSi10Mg chips are studied. A constructed mold with a diameter of the container Ø40 mm is used. The results obtained from conducted studies show that preforms with good mechanical properties can be produced at a force of pressing more than 500 kN and temperature over 450 °C. The hardness of samples compacted at a force of pressing 750 kN and a temperature 480 °C is close to that of the cast material.
Keywords: strength, hardness, volume pressing, microstructure.

Received May 25, 2019