

بررسی تاثیر ارتعاش، جوانه‌زایی و بهسازی بر ساختار و خواص مکانیکی آلیاژ آلومینیوم A380

حسین یدالله تبار^۱، سعید شبستری^{۲*}، حسن ثقفیان^۳ و محمود شهبازی^۴

^۱ دانشجوی دکتری دانشکده مهندسی مواد و متالورژی- دانشگاه علم و صنعت ایران

^۲ استاد دانشکده مهندسی مواد و متالورژی- دانشگاه علم و صنعت ایران

^۳ استادیار دانشکده مهندسی مواد و متالورژی- دانشگاه علم و صنعت ایران

^۴ دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی مواد و متالورژی- دانشگاه علم و صنعت ایران

(تاریخ دریافت ۸۵/۶/۲۵، تاریخ دریافت روایت اصلاح شده ۸۶/۱۱/۳۰، تاریخ تصویب ۸۶/۱۲/۲۵)

چکیده

A380
(mm Hz)
% % % Hz
%

واژه‌های کلیدی:

مقدمه

3xx.x
[] ()
(-) 4xx.x
...
[]
-
- []
-

[] Pillali .
Hz Al-Si

mm

Al-Si

[]
Chernove

[]

[]

مواد و روش تحقیق

(()) A380

Kg

°C

[]

Foseco

(Degassor-)

Al-10Sr Al-5Ti-1B

[] Kocatepe .

% / % /

/ mm

Hz

[] Abd-El-Azim

(

)

/ mm

Hz

Al-12%Si

Y-Block

()

()

جدول ۱: آنالیز شیمیایی آلیاژ A380 استفاده شده.

عنصر	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ni	Pb	Al
درصد	۸/۴	۰/۲۵	۲/۵	۰/۰۳	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۰۲	۰/۰۴	Balance

Image Analyzer

Leica

× × × × ×

°C

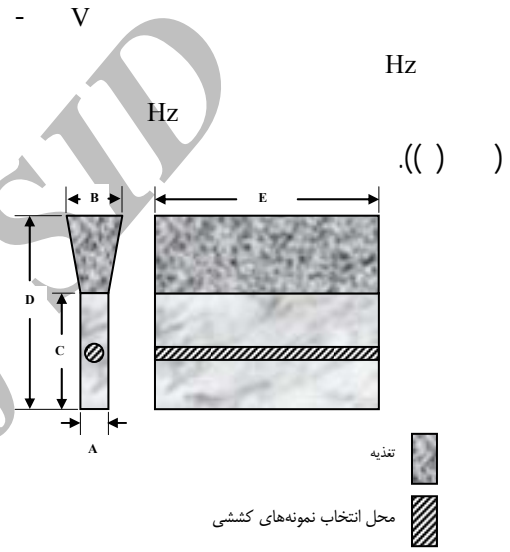
PHILIPS-

XL30

جدول ۳: راهنمای کد گذاری نمونه‌ها.

(Hz)		
		A
		G
		H
		T
		J
		K
		L
		M

(SDAS)



شکل ۱: شماتیک Y-Block ریخته شده.

جدول ۲: ابعاد داخلی قالب Y-Block مورد استفاده.

	(mm)
A	
B	
C	
D	
E	

Y-Block
 () / Kg / mm
 () Block
 ASTM-B577M

()

Y-Block

یافته‌ها

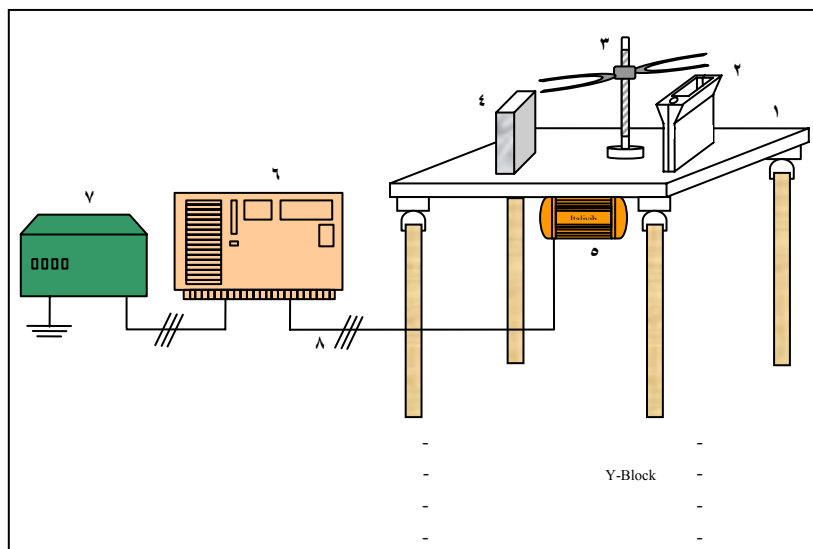
()

Y-Block

Hz

μm

[] % / HF



شکل ۲: شماتیک میز ارتعاش به همراه تجهیزات مورد استفاده.

جدول ۴: مقادیر σ_{UTS} ، σ_Y و درصد ازدیاد طول نسبی مربوط به قسمت میانی Y-Sample های جوانه زایی و بهسازی شده، ریخته شده در حالت استاتیکی و فرکانس ۶۰ Hz.

	(Hz)	(MPa)			STDEV			†		
		σ_{UTS}	σ_Y	EI%	σ_{UTS} (MPa)	σ_Y (MPa)	EI%	% Δ σ_{UTS}	% Δ σ_Y	% Δ EI
A				/	/	/	/	-	-	-
G				/	/	/	/	/	/	/
H				/	/	/	/	/	/	/
T				/	/	/	/	/	/	/
J				/	/	/	/	/	/	/
K				/	/	/	/	/	/	/
L				/	/	/	/	/	/	/
M				/	/	/	/	/	/	/

A J T H G

J T H

M L K

†

(σ_Y)

(σ_{UTS})

()

()

(EI%)

Offset

/ %

σ_{UTS}

H

A

K

σ_{UTS}

Hz

%

H

)

Hz

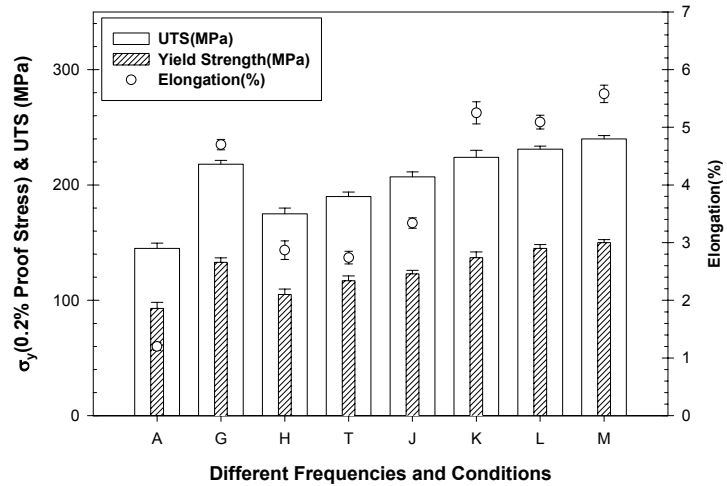
L

(

T

σ_{UTS}

/ %



شکل ۳: مقایسه σ_{UTS} ، σ_Y و $El\%$ مربوط به Y-Sample های جوانه‌زایی شده و ریخته‌شده در حالت استاتیک و فرکانس ۶۰ Hz.

A () / % M ()
 () / % J (()) / %
 M ()

بحث

Y-Block

() ()
 () ()
 ()

A SDAS

G / μm A / μm
 %

H Y-Block
 / % A SDAS
 ()

الف - تغییرات SDAS

L Hz () SDAS ()
 % () []
 (M K) L
 SDAS Hz Hz
 SDAS (M K Hz G) Hz
 Hz () ()

جدول ۵: مقادیر SDAS مربوط به قسمت میانی Y-Sample های جوانه‌زایی و بهسازی شده، ریخته‌شده در حالت استاتیک و فرکانس ۶۰ Hz.

	(Hz)	SDAS(μm)	STDEV(μm)	ΔSDAS(μm)
A		/	/	-
G		/	/	- /
H		/	/	- /
T		/	/	- /
J		/	/	- /
K		/	/	- /
L		/	/	- /
M		/	/	- /

جدول ۶: مقادیر عدد سختی برینل مربوط به قسمت میانی Y-Sample های جوانه‌زایی و بهسازی شده، ریخته‌شده در حالت استاتیک و فرکانس ۶۰ Hz.

	(Hz)	BHN	STDEV(BHN)	ΔBHN
A		/	/	-
G		/	/	+ /
H		/	/	+ /
T		/	/	+ /
J		/	/	+ /
K		/	/	+ /
L		/	/	+ /
M		/	/	+ /

(G)

(

)

)

(

(

A

()

()

[]

(LTG)

[]

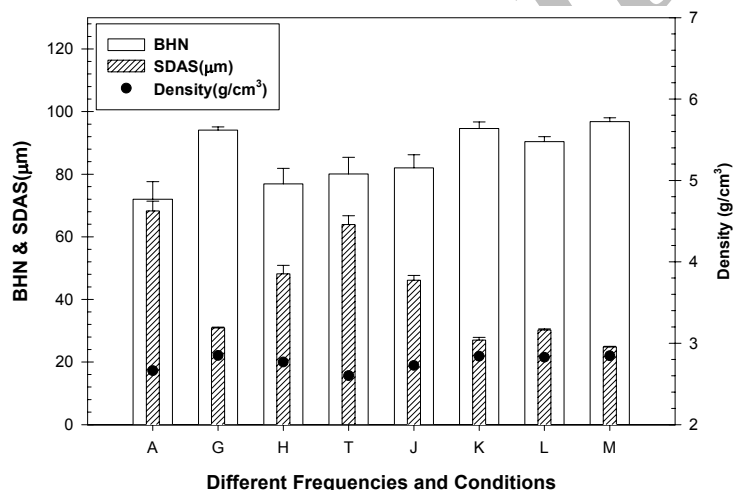
: [] DAS

()

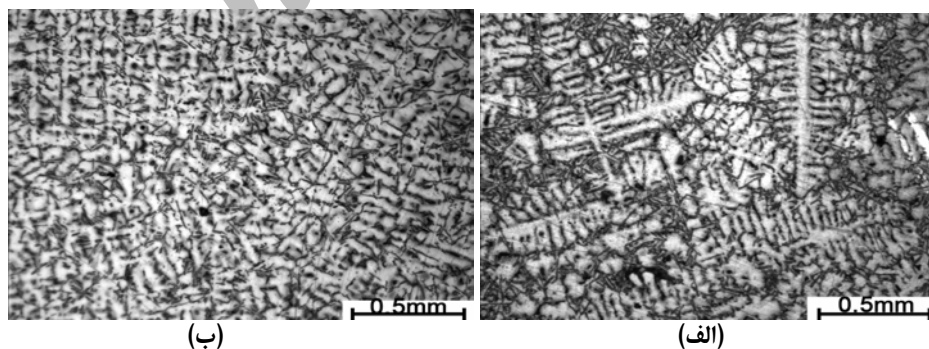
$$SDAS = A(t_f)^C \quad ()$$

جدول ۷: مقادیر چگالی مربوط به قسمت میانی Y-Sample های جوانه‌زایی و بهسازی شده، ریخته شده در حالت استاتیک و فرکانس ۶۰ Hz

	(Hz)	(g/cm ³)	$\Delta\rho(g/cm^3)$
A		/	-
G		/	/
H		/	/
T		/	- /
J		/	/
K		/	/
L		/	/
M		/	/



شکل ۴: مقایسه SDAS، BHN و چگالی مربوط به جوانه‌زایی شده و ریخته شده در حالت استاتیک و فرکانس ۶۰ Hz



شکل ۵: ساختار میکروسکوپی (الف) نمونه A (ریخته شده در حالت ساکن، بدون مواد افزودنی) و (ب) G (ریخته شده در فرکانس ۶۰ Hz بدون مواد افزودنی). مشاهده می‌شود که با اعمال ارتعاش، رشد دندریتی از بین رفته و علاوه بر از بین رفتن ساختار دندریتی حاکم در حالت استاتیک، فاز یوتکتیک Al-Si بصورت همگن در فضای بین دندریتی قرار گرفته است.

C A t_f ()
t_f .
SDAS

(Hall-Petch)

()

ب - تغییرات چگالی

() []

α -Al

T ()

/ % A

(

()

L

()

-)

/ % T

T

(

L

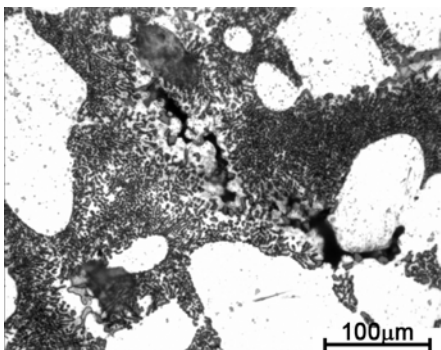
(-)

()

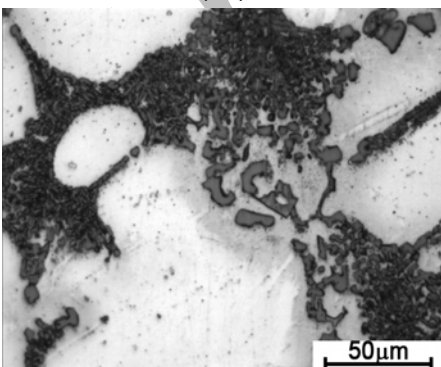
()

()

(SDAS)



(الف)



(ب)

ج - تغییرات سختی

()

()

A

J

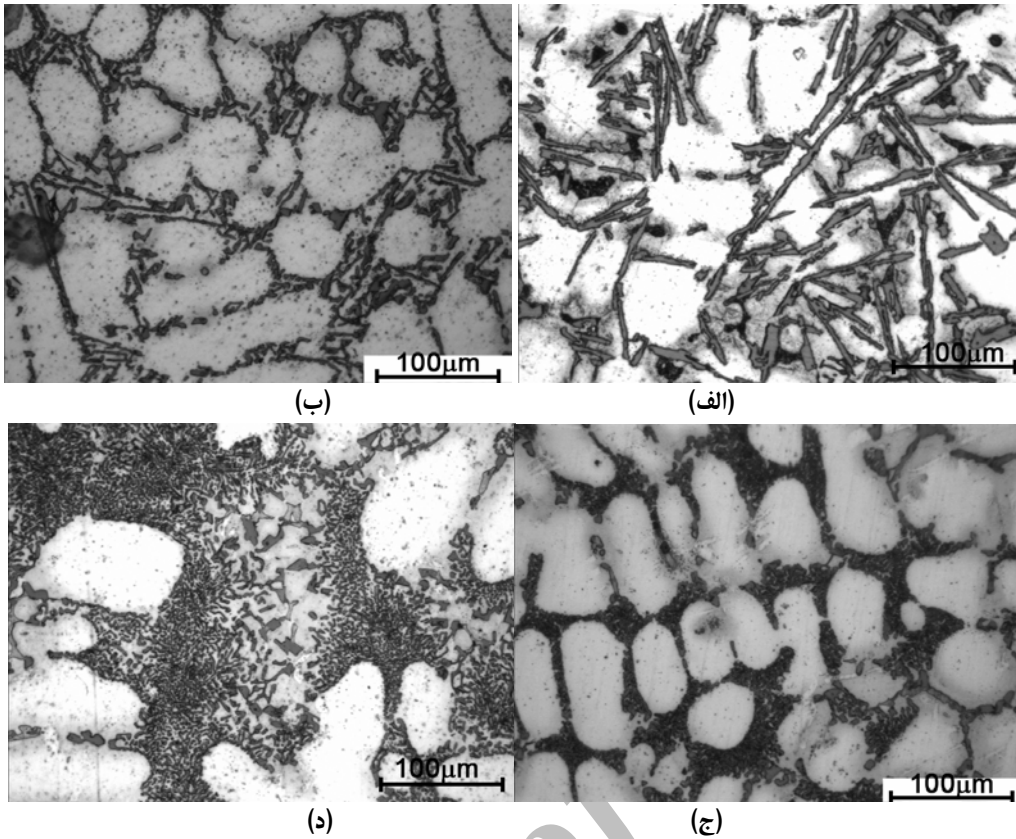
/ %

M

/ %

J

شکل ۶: ساختار میکروسکوپی نمونه (الف) T، و (ب) L، مشاهده می‌شود که اعمال انرژی ارتعاشی از طریق فرآیند گاززدایی و نیز افزایش تغذیه جرمی موثر، سبب از بین رفتن ریزحفرات و به تبع آن افزایش چگالی می‌شود.



شکل ۷: ساختار میکروسکوپی نمونه‌های (الف) A، (ب) G، (ج) T و (د) L، که حاکی از وجود همگن شدن ساختاری از لحاظ توزیع فازهای یونکتیک و نیز تشکیل ساختار غیر دندریتی در اثر اعمال انرژی ارتعاشی می باشد.

()

جدول ۸: سختی عناصر آلومینیوم و سیلیسیم خالص [۱۶].

عناصر	عدد سختی
	HV -
	HV -

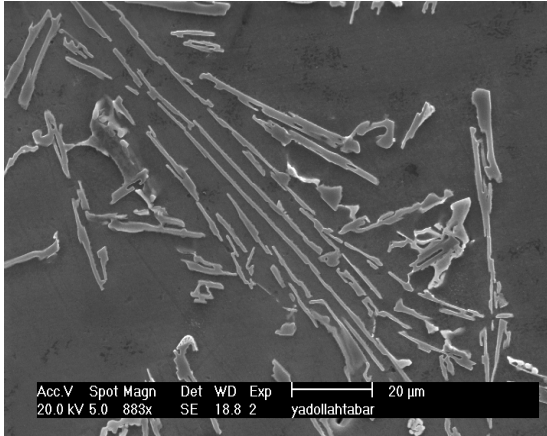
SDAS

H
A
/ % / %
()
K
/ % / % H
L
/ % / %
T
M
/ % / % J
)

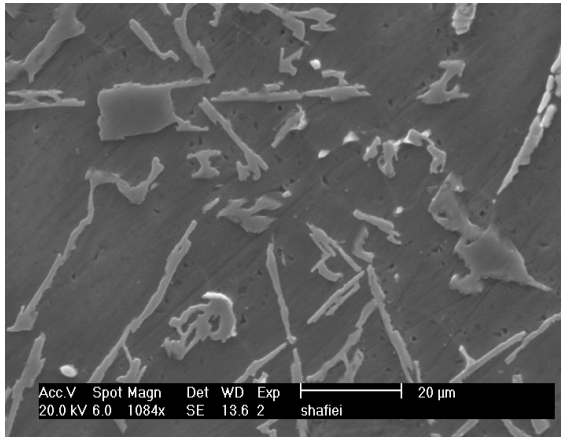
[]

(() ()-)

L T G A



(الف)



(ب)

شکل ۸: تصاویر SEM (SE) از نمونه‌های (الف) A و (ب) G، که نشان دهنده شکست تیغه‌های طولی سیلیسیم در اثر اعمال ارتعاش و پخش آنها در زمینه همزمان با کاهش اندازه ساختار دندریتی اولیه می‌باشد.

SDAS

A T

)

(

)

() ()
() ()

A

G

()

/ %

A

L T

()

L

T

()

T

L

/ %

)L

/ %

(

Hz

T

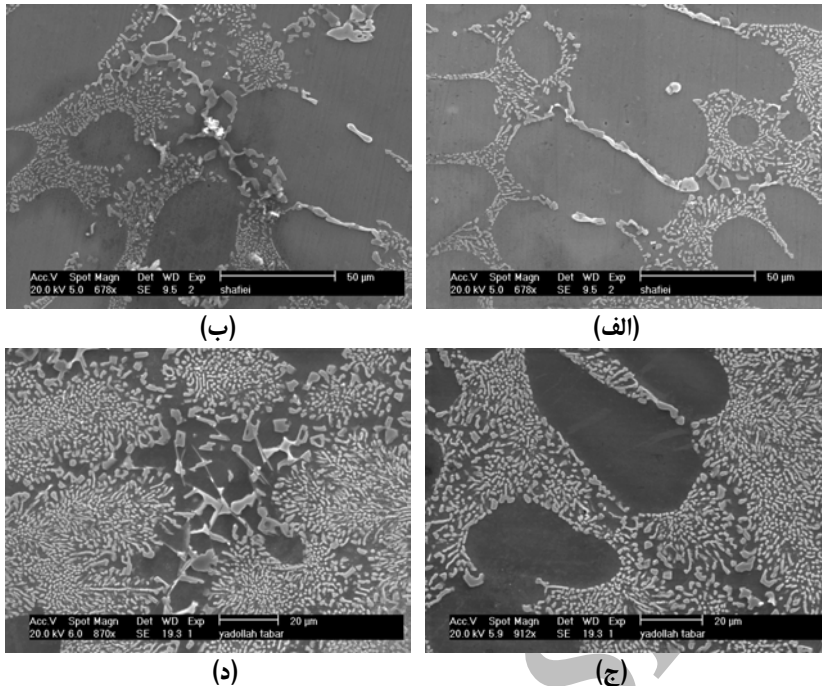
/

L

()

L

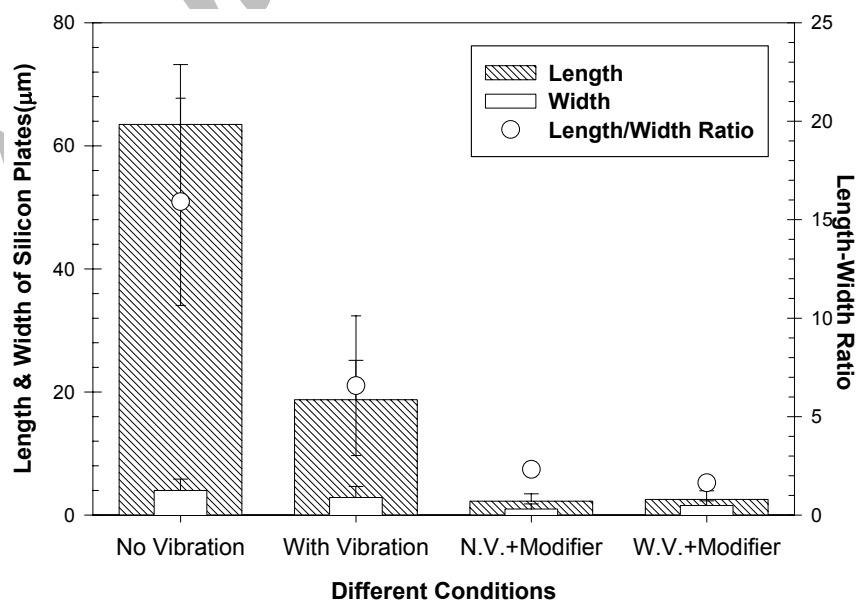
(() ()-)



شکل ۹: تصاویر SEM (SE) از نمونه‌های (الف) و (ب) T، (ج) و (د) L، که اثر اعمال انرژی ارتعاشی بر فرآیند بهسازی مورفولوژی سیلیسیم را (در اثر اضافه نمودن استرانسیم) نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود اثرات مربوط به درشت‌شوندگی سیلیسیم نسبت به حالت مشابه استاتیک (نمونه T) بصورت موضعی بوده و در بعضی از مناطق، میزان درجه ریز شدگی سیلیسیم بسیار بالاست.

جدول ۹: اندازه طول، عرض و نسبت طول به عرض ورقه‌های سیلیسیم یونکتیک.

	(μm)	Si Length STDEV(μm)	(μm)	Si Width STDEV(μm)		Si Aspect Ratio STDEV
A	/	/	/	/	/	/
G	/	/	/	/	/	/
T	/	/	/	/	/	/
L	/	/	/	/	/	/



شکل ۱۰: تاثیر ارتعاش به همراه اصلاح کننده استرانسیم بر مورفولوژی سیلیسیم یونکتیک.

نتیجه گیری

() - SDAS -

SDAS

()
()

مراجع

- 1 - Kanicki, D. P. (1990). "Processing molten aluminum - part 1: understanding silicon modification." *Modern Casting 1*, PP. 24.
- 2 - Mondolfo, L. F. (1976). *Aluminium Alloys: Structure and Properties*. Butterworth and Co., London, PP. 534-537.
- 3 - YE, B. J. (1985). Phd Thesis, <http://www.Engineeringvillage2.org> (available on <http://www.iust.ac.ir>, central library), The University of Wisconsin-Madison.
- 4 - Cao, X. and Campbell, J. (2004). "The solidification characteristics of Fe-rich intermetallics in Al-(7-11.5) Si-0.4Mg cast alloys." *Metall. And Mat. Trans. A*, Vol. 35A, PP. 1425-1435.
- 5 - Fisher, T. P., Met, A., Met, M. and A. I. M. (1973). *Effect of Vibrational Energy on the Solidification of Aluminum Alloys*, British Foundry men, PP.71-84.
- 6 - Bower, T. F. and Flemings, M. C. (1967). "Ultrasonic treatment of light alloy melts." *Trans. Met. Soc., AIME*, Vol. 239, PP. 216.
- 7 - Chalmers, B. (1954). "The effect of mechanical vibrations on metallurgical processes." *Trans. A.I.M.E.*, Vol. 200, PP. 519.
- 8 - Kokatepe, K. and Burdett, C. F. (2000). "Effect of low frequency vibration on macro and micro structure of LM6 alloys." *J. of Mat. Sci. and Eng.*, Kluwer Academic Publisher, PP. 3327-3335.
- 9 - Abd-El-Azim, A. N. (1981). *Effect of Low Frequency Mechanical Vibration on the Structure of Aluminium-Silicon Eutectic Alloys in 7th Intern. Light Metals Congress*, (Aluminium-Verlag, Leoben, Vienna 1981), PP.118.

-
- 10 - Pillali, N. R. (1972). "Effects of low frequency mechanical vibration on structure of modified aluminum-silicon eutectic." *Metal. Trans.*, Vol. 31, PP. 1313-1316.
- 11 - ASM Handbook, Formerly Tenth Edition, Metals Handbook, Vol. 9, "Metallography and Microstructures", ©1990, by ASM International, 3rd Printing, November 1993.
- 12 - Campbell, J. (1981). "Effects of vibration during solidification." *International Metals Reviews*, No. 2, PP. 71-107.
- 13 - Appendino, P. and Crivellone, G. et al. (2003). "Dynamic solidification of sand-cast aluminum alloys." *Teksid Aluminum S.p.A. via Umberto II, 3/5 - Carmagnola- Metallurgical Science and Technology*, PP.27-32.
- 14 - Abu-Dheir, N., Khraisheh, M., Saito, K. and Male, A. (2005). "Silicon morphology modification in the eutectic Al-Si alloy using mechanical mold vibration." *Material Science And Engineering A*, Elsevier Science, 393, PP. 109-117.
- 15 - Flemings, M. C. (1974). *Solidification Processing*, McGraw-Hill, Inc.
- 16 - Miresmaeili, S. M., Shabestari, S. G. and Boutorabi, S. M. A. (2003). "The effect of Sr-modification treatment on porosity formation of reduced pressure 319 Al-alloy castings." *Journal of Canadian Metallurgical Quarterly*, Vol. 42, No. 2, PP. 245-252.
- 17 - Mugica, G. W., Tovio, D. O., Cuyas, J. C. and Gonzalez, A. C. (2004). "Effect of porosity on the tensile properties of low ductility aluminum alloys." *Material Research*, Vol. 7, No. 2, PP. 221-229.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

- 1 - Aluminum Association
2 - HIP
3 - Secondary Dendrite Arm Spacing (SDAS)
4 - Longitudinal Temperature Gradient
5 - Aspect Ratio