مجله مهندسی مکانیک و ارتعاشات، بهار ۱۴۰۰، دوره ۱۲، شماره ۱، ص‌ص ۷-۱۲

فصلنامه

مهندسی مکانیک و ارتعاشات

jvibme.semnaniau.ac.ir

بررسی تجربی ریز ساختار آلیاژ آلومینیوم درفرآیندECAP و مقایسه دو مقطع گرد و مربعی

مهدی رفیعی[۱و۲]

۱- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران

۲- استادیار، مرکز تحقیقات انرژی و توسعه پایدار، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی کامل

دریافت: ۲۸ اسفند ۱۳۹۹

پذیرش: ۲۵ اردیبهشت ۱۴۰۰

ارائه در سایت: ۲۰ خرداد ۱۴۰۰

کلید واژگان

پرس زاویه ایECAP

ریزساختار

آلیاژ آلومینیوم 6xxx

کارسختی

چکیده

پرس کردن مواد در قالب های زاویه ای ECAP یکی از روش ها شکل دهی است که به منظور ایجاد کرنش های خیلی جهت کارسختی و بهبود ریز ساختار انجام می گردد و با استفاده از شکل دهی تحت فشار و تحت زاویه در قالب و در اثر پدیده کارسختی ایجاد شده ، بهبود ریزساختار ، خواص مکانیکی خوب و قابلیت انعطاف پذیری بالا حاصل می گردد. در این مقاله کیفیت تغییر ریز ساختار و بهبود شرایط و مقاومت مکانیکی با استفاده از روش پرس کردن برای آلیاژ آلومینیوم (6xxx) در قالب زاویه ای بررسی شده است به نحوی که قالب تهیه شده دارای دو مقطع مربعی و دایره ای بوده و نمونه ها فقط یک بار پرس شدند و همچنین تفاوت های حاصل از این دو مقطع ، در تغییرات ریز ساختار بررسی شده است. نتایج حاصل از بررسی ها نشان داد که با پرس کردن نمونه ها بهبود و یکنواخت شدن ساختار حاصل گردید و در این میان نمونه های با مقطع دایره ای شرایط بهتری از آثار کار سختی و بهبود ساختار را نشان داد.

Experimental investigation of microstructure of aluminum alloy in ECAP process with comparison of two round and square cross sections

Mehdi Rafiei

1- Department of Mechanical Engineering, Semnan Branch, **Islamic Azad University**, Semnan, Iran

2- Energy and Sustainable Development Research Center, Semnan Branch, **Islamic Azad University**, Semnan, Iran

Article Information

Original Research Paper

Received 18 March 2021

Accepted 15 May 2021

Available Online 10 June 2021

Keywords

Angular press ECAP

Microstructure

6xxx aluminum alloy

Work hardening

ABSTRACT

Pressing materials in ECAP angular molds is one of the forming methods and processes that is done in order to create high strains and stiffness with microstructural improvement. Using angle forming in molds with high pressure, and due to the certation of work hardening phenomena, microstructural improvement, good mechanical properties and high flexibility can be achieved. In this paper, the quality of microstructure changes and the improvement of conditions and mechanical strength using the pressing method for aluminum alloy (6xxx) in an angular form is investigated. In this way the prepared forms have two square and circular cross sections and the samples were pressed through the angular pass only one time. The results of the studies showed that by pressing the samples, the structure was improved and uniform microstructure achieved. In the meantime, the samples with a circular cross-section showed better conditions of the effects of work hardening and structural improvement.

۱- مقدمه

درآلیاژهای آلومینیوم سری ۶××× منیزیم و سیلیسیم به عنوان عناصر اضافی در این نوع آلیاژهای چند فازی می باشند و این آلیاژها متعلق به گروه تجاری از آلیاژهای آلومینیوم هستند و در صنایع مختلف کاربرد پیدا کرده اند و ترکیب شیمیایی ، مورفولوژی اجزای ساختمانی آنها اثر مهمی روی خواص مفیدشان اعمال می کنند [1-5] در این آلیاژها محدوده ای از ذرات بین فلزی مانند Mg2Si ، Al9Fe2Si2 و

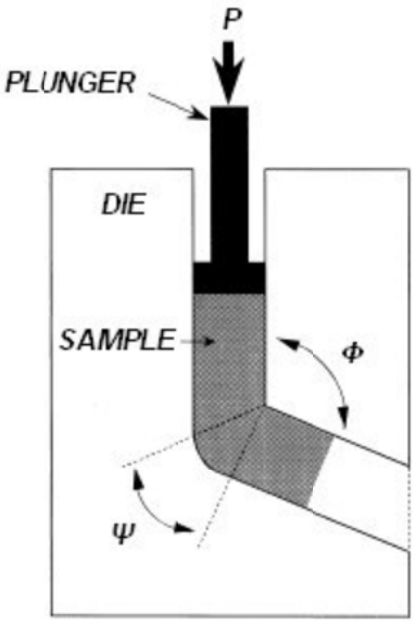
Please cite this article using:

Mehdi Rafiei, simulation and study of the effect of variation in carbon and manganese elements on 1050 steel heat treatment (quenching) using AC3 software, Journal of Mechanical Engineering and Vibration, Vol. 12, No1, pp. 7-12, 2021 (In Persian)

Al12Fe3Si در طی انجماد در نواحی بین دندریتی طی فرآیند ترمو مکانیکال و هموژنیزاسیون تشکیل می شود [6] روش فرم دهی سریع در قالب های زاویه ای ECAP روشی متداول برای ریز و یکنواخت کردن دانه های ریز ساختار آلیاژهای استحکام بالا، به ویژه آلیاژهای آلومینیوم می باشد[7] تا به حال آزمایش های مختلفی با استفاده از قالب هایی با زوایای ۱۲۰ ، ۶۰ ، ۹۰ و ... صورت گرفته است که در آن با یک یا چند بار پرس کردن مواد در قالب نتایج خوبی از جمله ریز شدن شدید دانه بندی و افزایش استحکام مکانیکی حاصل شده است و همچنین تحقیقاتی روی عملیات حرارتی بعد از این فرآیند برای ایجاد تعادل ترمودینامیکی در داخل نمونه و دانه بندی انجام شده است[8,9]. در این تحقیق برای بررسی فرآیند پرس در قالب زاویه ای در روی آلیاژ آلومینیوم ، از قالب با زاویه ۱۲۰ درجه و با دو مقطع مربعی و دایره ای استفاده شده است و با یک بار عبور نمونه ها از قالب ها ، عکس های متالوگرافی از مقطع آنها در سطح و مغز قطعه تهیه شده است. در بررسی عکس های متالوگرافی ، وضعیت ریز ساختار (ریز شدن دانه بندی) و یکنواخت تر بودن ساختار دانه بندی در مقطع دایره ای شکل نسبت به مقطع مربعی بررسی شده است.

۲- فرآیند فرم دهی سریع در قالب های زاویه ای

شکل ۱ طرح شماتیکی از قالب فرم دهی سریع تحت زاویه را نشان می دهد ، از نظر مکانیکی هر چه زاویه Ø تندتر باشد امکان کرنش پلاستیک افزایش یافته و احتمال ریز تر شدن ریز ساختار و یکنواخت شدن آن بیشتر می شود البته شکل هندسی نمونه نیز بر روی یکنواخت بودن کرنش پلاستیک تاثیر خواهد داشت. در اثر عملیات پرس مرزهای فرعی در ریز ساختار بوجود می آیند و در نتیجه دانه بندی ریز تر و یکنواخت می شود [7].



شکل ۱ طرح شماتیک قالب زاویه ای [7]

۳- روش تحقیق

روش کار در این تحقیق به صورت تجربی و آزمایشگاهی بوده است و شیوه کار در آن بدین صورت است که پس از تهیه نمونه های آزمایشگاهی و همچنین قالب زاویه ای با مسیر عبور ۱۲۰ درجه جهت پرس نمونه ها ، عملیات پرس کردن نمونه ها و ایجاد تمهیدات لازم برای تهیه عکس های متالوگرافی انجام گردید نکته مهم در این خصوص روش تهیه نمونه های آزمایشگاهی و تهیه خود قالب بود که در ادامه بحث به آن پرداخته شده است.

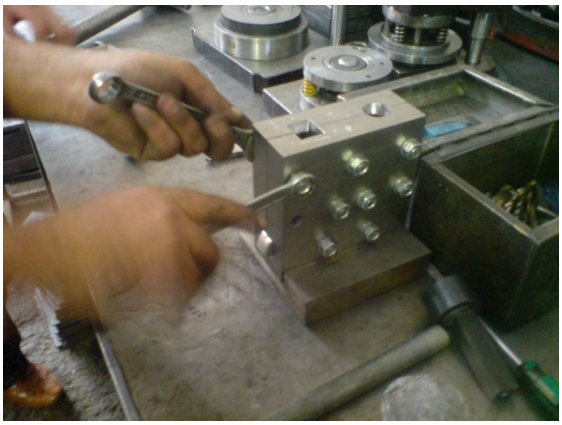
۳-۱- جنس و ابعاد نمونه های پرسی

برای انجام این تحقیق تعدادی نمونه از آلیاژ آلومینیوم با آنالیز شیمیایی مطابق جدول ۱ تهیه شد و با ماشینکاری مواد اولیه و خام ، نمونه های آزمایشگاهی به دو فرم با مقطع دایره ای به قطر ۲۰ میلی متر و مقطع مربعی به ابعاد ۲۰×۲۰ میلی متر تهیه شد و طول نهایی هر دو سری نمونه ها ۶۰ میلی متر در ماشینکاری با دستگاه تراش ایجاد شد.

جدول۱ آنالیز شیمیایی آلیاژ آلومینیم

روی (Zn%)	منیزیم (Mg%)	منگنز (Mn%)	مس (Cu%)	آهن (Fe%)	سیلیسیم (Si%)
۰/۶۹	۱/۱۵	۰/۰۵	۰/۸۵	۰/۵۵	۰/۳۹

شکل۲ قالب ساخته شده برای عملیات پرسینگ با مقاطع مربعی و دایره ای ، قالب باز



شکل۳ قالب ساخته شده برای عملیات پرسینگ با مقاطع مربعی و دایره ای ، قالب بسته

به منظور پرس کردن نمونه های آزمایش نیاز به طراحی و ساخت قالب بود که با توجه به طرح شماتیک نشان داده شده در شکل ۱ ، طراحی و ساخت قالب مورد نیاز انجام شد. شکل های ۲ و ۳ قالب ساخته شده را در حالت باز و بسته نشان می دهد همانطور که در شکل مشخص است هر دو حفره یعنی مقاطع گرد و مربعی در یک قالب ایجاد شده است. همچنین تعدادی پیچ و مهره مناسب به منظور محکم کردن و ثابت کردن مجموعه نمونه در حال پرس و قالب در نظر گرفته شده است.

۲-۳ - مشخصات و جنس قالب پرس

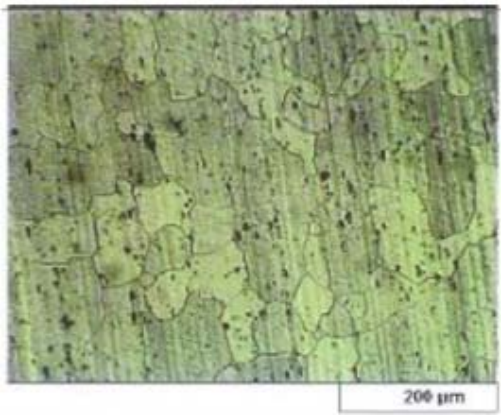
برای ساخت قالب از فولاد سردکار پرآلیاژ ، (30Cr Ni Mo 8) SPK استفاده شد که استحکام لازم ، برای مقاومت در برابر فشار بسیار زیادی که در حین پرس کردن و عبور مواد از داخل قالب وجود دارد را داشته باشد. مسئله و تصمیم مهمی که باید در طراحی و ساخت قالب مورد توجه واقع می شد زاویه قالب بود که برای این پروژه ۱۲۰ درجه لحاظ شده است و همچنین تعدادی پیچ مناسب جهت مونتاژ کفشک های بالا و پایین به منظور مقاومت مناسب در حین پرس کردن نمونه ها محاسبه و در ماشینکاری مقدمات و الزامات آن فراهم شد که در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده است.

۴- نتایج و بحث

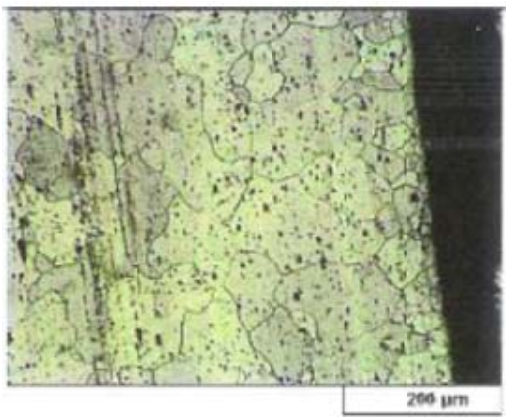
در ادامه جهت آنالیز و مقایسه تغییرات ساختاری تحت عملیات پرسینگ سریع با زاویه ۱۲۰ درجه برای نمونه های گرد و مربعی و همچنین بررسی اثر تغییر شکل هندسی و عملیات بر روی ریز ساختارها ، به بحث بر روی نتایج حاصله می پردازیم.

۴-۱- ساختار متالوگرافی نمونه ها قبل از پرس کردن

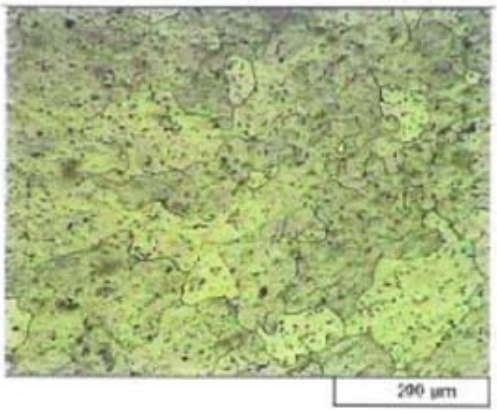
برای بررسی تغییرات حاصل شده در اثر پرس کردن مواد و نمونه ها لازم است قبل از شروع عملیات پرس کردن نمونه از نظر متالوگرافی بررسی شود. شکل های ۴ تا ۷ تصاویر متالوگرافی از ریزساختار نمونه ها پس از اچ با محلول ظاهر کننده نشان داده شده است.



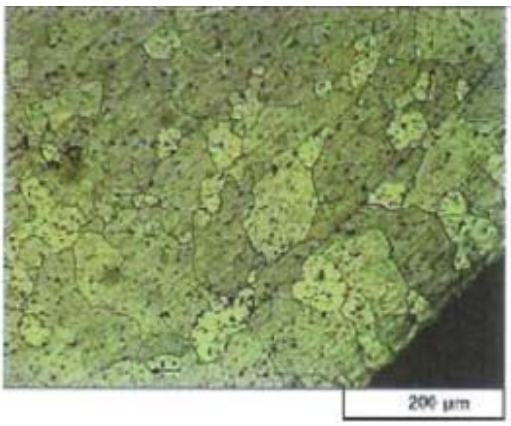
شکل۴ دانه های محلول جامد آلفا در نواحی بین سطح و مرکز نمونه (مقطع طولی)



شکل۵ دانه های محلول جامد آلفا در سطح نمونه



شکل۶ دانه های محلول جامد آلفا در نواحی بین سطح و مرکز نمونه مقطع عرضی



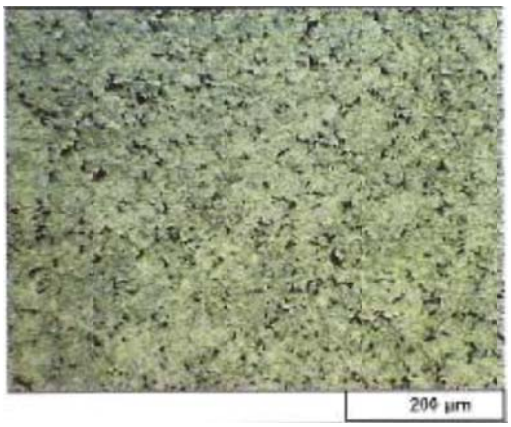
شکل ۷ دانه های محلول جامد آلفا در سطح نمونه مقطع عرضی

نتایج متالوگرافی در سطح و مغز قطعه قبل از عملیات فرم دهی سریع در قالب زاویه دار نشان از غیر یکنواخت بودن دانه بندیها دارد همانطور که در شکلهای ۴ تا ۷ مشاهده می شود بعضی از دانه ها ریز و بعضی درشت هستند بطوریکه اندازه دانه های درشت در جهت طولی حدود ۴۰۰ میکرومتر و اندازه عرضی همان دانه ها حدود ۲۰۰ میکرومتر است و دانه های کوچک با عرض و طول کمتر از ۵۰ میکرومتر نیز مشاهده می شوند این مسئله حاکی از غیر یکنواخت بودن ریز ساختار قبل از عملیات پرس سریع تحت زاویه می باشد.

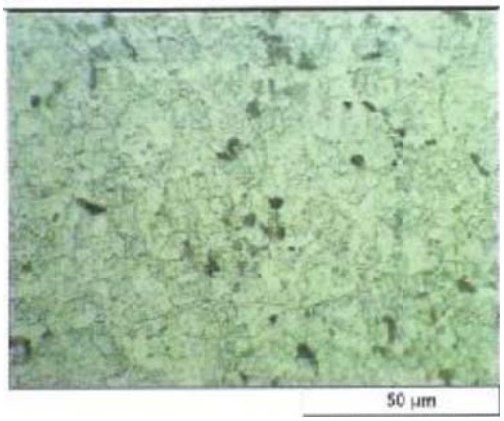
۲-۴- ساختار متالوگرافی نمونه های گرد بعد از پرس

در شکل های ۸ تا ۱۱ تصاویر میکروسکوپ نوری از سطح و مغز نمونه های گرد پس از عملیات پرس سریع و مقطع زنی و انجام عملیات آماده سازی و اچ با محلول ظاهر کننده poloton و keller نشان داده شده است.

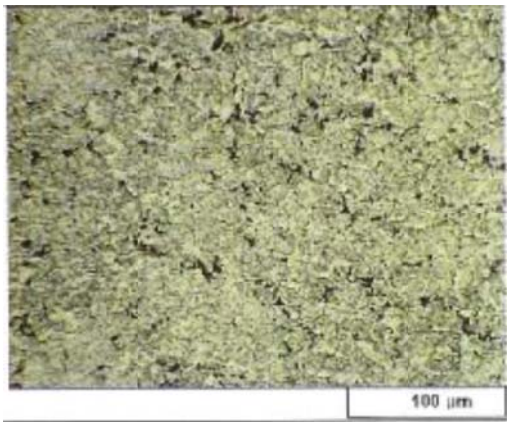
همانطور که در تصاویر ریزساختار در شکل های ۸ تا ۱۱ ملاحظه می شود ریز ساختار پس از عملیات پرس سریع نمونه های گرد تحت زاویه ۱۲۰ درجه کاملاً یکنواخت شده و ظهور مرزهای فرعی بین دانه های درشت سبب شده اندازه دانه ها در یک حدود و با طول و عرض تقریباً برابر در حدود ۲۰ میکرومتر را داشته باشیم.



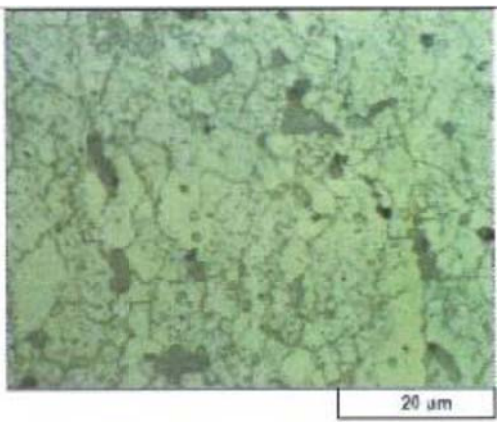
شکل ۸ دانه های محلول جامد آلفا به همراه توزیع ترکیبات بین فلزی در مرکز محلول ظاهر کننده



شکل۹ دانه های محلول جامد آلفا به همراه توزیع ترکیبات بین فلزی نامحلول در زمینه محلول ظاهر کننده



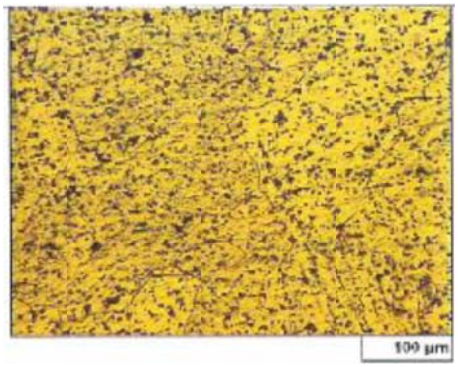
شکل۱۰ دانه های محلول جامد آلفا به همراه توزیع ترکیبات بین فلزی در مرکز محلول ظاهر کننده



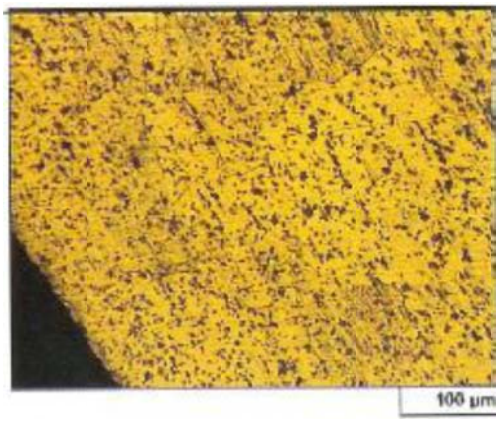
شکل ۱۱ دانه های محلول جامد آلفا به همراه توزیع ترکیبات بین فلزی نامحلول در زمینه محلول ظاهر کننده

۳-۴- ساختار متالوگرافی نمونه های مربعی بعد از پرس

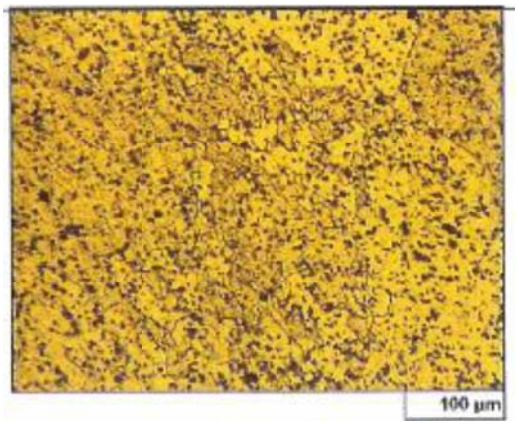
ریز ساختار نمونه با مقطع مربعی پس از عملیات پرس سریع تحت زاویه ۱۲۰ درجه در شکل های ۱۲ تا ۱۶ نشان داده شده است این ریز ساختارها هم تقریباً یکنواخت شده و ظهور مرزهای فرعی بین دانه های درشت سبب کاهش یکسان اندازه دانه ها با طول و عرض تقریباً مشابه در اندازه های متفاوت ۵۰ تا ۱۰۰ میکرومتر را داشته باشیم دلیل این امر احتمالاً به کرنش غیر یکنواخت در جهت های مختلف در نمونه های مربعی مرتبط باشد اما در نمونه های گرد کرنش پلاستیک در جهت های مختلف یکنواخت تر است.



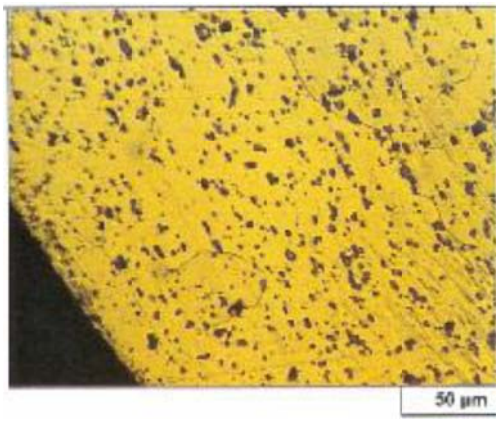
شکل ۱۲ دانه های محلول جامد آلفا به همراه توزیع ترکیبات بین فلزی نامحلول در مرکز محلول ظاهر کننده



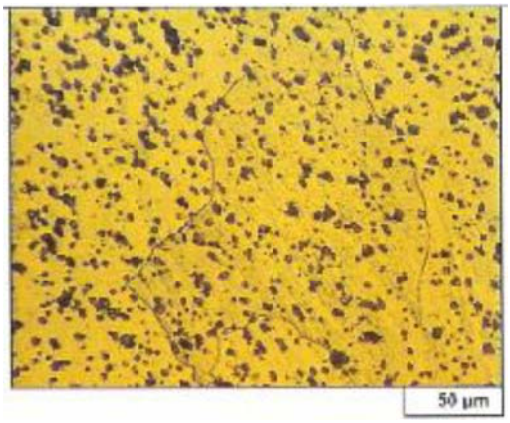
شکل۱۳ دانه های محلول جامد آلفا به همراه توزیع ترکیبات بین فلزی نامحلول در سطح محلول ظاهر کننده



شکل ۱۴ دانه های محلول جامد آلفا به همراه توزیع ترکیبات بین فلزی نامحلول در ناحیه ای دیگر از مرکز و مشاهده غیریکنواختی اندازه دانه ها محلول ظاهر کننده



شکل ۱۵ دانه های محلول جامد آلفا به همراه توزیع ترکیبات بین فلزی نامحلول در بزرگنمایی بالاتر محلول ظاهر کننده



شکل ۱۶ دانه های محلول جامد آلفا به همراه توزیع ترکیبات بین فلزی نامحلول در ناحیه ای دیگر از مرکز و مشاهده غیریکنواختی اندازه دانه ها محلول ظاهر کننده

۵- نتیجه گیری

با توجه به بررسی های به عمل آمده نشان داده شد که عملیات پرس تحت زاویه ۱۲۰ درجه سبب بهبود دانه بندی و ریز و یکنواخت شدن ساختار می گردد و همانطور که در بخش نتایج و بحث و عکس های متالوگرافی نشان داده شد در حالتی که نمونه ها گرد باشند بهبود و یکنواخت شدن ریز ساختار مشهودتر است و دلیل آن را در یکنواخت شدن توزیع نیرو می توان جستجو کرد.

۶- مراجع

[1] C.D. Marioara, S.J. Andersen, J. Jansen, H.W. Zandbergen, The influence of temperature and storage time at RT on nucleation of the β phase in a 6082 Al-Mg-Si alloy, Acta Mater 51 (2003) 789-796.

[2] N.C.W. Kuijpers, W.H. Kool, P.T.G. Koenis, K.E. Nilsen, I. Todd, S. van der Zwaag, Assessment of diffrent techniques for quantification of α-Al(FeMn)Si and β-AlFeSi intermetallics in AA 6xxx alloys, Materials Characterization 49 (2003) 409-420.

[3] Aluminium. Properties and Physical Metallurgy. Ed. Hatch J.E., ASM Metals Park, Ohio 1984.

[4] S. Zajac, B. Bengtsson , Ch. Jönsson, Influence of cooling after homogenization and reheating to extrusion on extrudability and final properties of AA 6063 and AA 6082 alloys, Materials Science Forum, 396-402 (2002) 399-404.

[5] G. Mrówka-Nowotnik, J. Sieniawski, Influence of heat treatment on the micrustructure and mechanical properties of 6005 and 6082 aluminium alloys, Journal of Materials Processing Technology 162-163 (2005) 367-372.

[6] A.K. Gupta, P.H. Marois, D.J. Lloyd, , Hradec nad Moravicí, Review of the techniques for the extraction of second-phase particles from aluminium alloys, Materials Characterization 37: 61-81 (1996) 61-80.

[7] Tomáš Kovaríka, Jozef Zrnik, Miroslav CieslarGRAIN REFINEMENT IN ALUMINIUM ALLOY AlMgSi1DURING ECAP AT ROOM TEMPERATURE 19. – 21. 5.Metal 2009

[8] Kazuko Furuno a, Hiroki Akamatsu a, Keiichiro Oh-ishi a, Minoru Furukawa b, Zenji Horita a, Terence G. Langdon c. Microstructural development in equal-channel angular pressing Using a 60 ° die, 2004.

[9] Microstructural evolution of dilute Al–Mg alloys during processing by equal channel angular pressing and during subsequent annealing M.A. Muñoz-Morris, C. Garcia Oca, G. Gonzalez-Doncel, D.G. Morris∗.