بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی مواد و متالورژی

پایان نامه تحصیلی برای دریافت درجه کارشناسی ارشد رشته مهندسی مواد گرایش شناسایی و انتخاب مواد

تاثیر عنصر نیکل و آهن بر ریز ساختار ریختگی آلیاژهای برنز آلومینیم

مولف:

سامان ولی‌نژاد

استاد راهنما:

دکتر دوست محمدی

استاد مشاور:

دکتر رامین رئیس زاده

بهمن ماه 1393

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط درجه کارشناسی ارشد به

بخش مهندسی مواد و متالورژی

دانشکده فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مذبور شناخته نمی‌شود

دانشجو: سامان ولی‌نژاد

استاد راهنما: دکتر حمید دوست‌محمدی

استاد مشاور: دکتر رامین رئیس زاده

داور1: غلامرضا خیاطی

داور2: احمد ایران نژاد

نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده در جلسه دفاع:

معاون آموزشی و پژوهشی دانشکده: دکتر مرتضی زندرحیمی

حق چاپ محفوظ و مخصوص به دانشگاه شهید باهنر کرمان است

تقدیم با بوسه بر دستان پدرم:

به او که نمی دانم از بزرگی اش بگویم یا مردانگی سخاوت، سکوت، مهربانی و .....

پدرم راه تمام زندگیست

پدرم دلخوشی همیشگیست

تقدیم به مادر عزیزتر از جانم:

مادرم هستی من ز هستی توست، تا هستم و هستی دارمت دوست

غم‌گسار جاودانی مادر است

چشم سار مهربانی مادر است

سپاسگزاری:

سپاس پروردگار یگانه را که در تمام مراحل زندگی مرهون الطاف کریمانه‌اش بوده‌ام و به من صبر و شکیبایی در برابر مشکلات و ناملایمات عنایت فرمود.

در این رهگذر به رسم ادب خود را ملزم می‌دانم که با تواضع تام و از صمیم قلب تشکر و سپاس خالصانه خود را از:

استاد راهنمای فرهیخته و فرزانه جناب آقای دکتر حمید دوست محمدی تقدیر و تشکر می‌کنم که همواره راهنما و راه گشای نگارنده در اتمام و اکمال پایان نامه بوده است.

از تمامی اساتید محترم بخش، که در طول این سال‌ها تلاش‌های بی شائبه‌ای را جهت کسب علم و اخلاق برای من نموده‌اند، کمال تقدیر و تشکر را دارم.

تقدیر از جناب آقای مهندس صابری و سرکار خانم مهندس افضلی‌پور به دلیل یاری‌ها و راهنمایی‌های بی چشم داشت ایشان که بسیاری از سختی‌ها را برایم آسانتر نمودند.

تقدیر و تشکر ویژه از دوستان عزیزتر از جانم مهندس عیسی خوران، مهندس محسن عبایی، مهندس بهنام مقیمی و کلیه دوستانی که به نحویی در انجام این تحقیق مرا یاری نمودند را دارم.

چکیده

توسعه آلیاژهای برنزآلومینیم به‌دلیل استحکام بالا همراه با قابلیت شکل‌پذیری، مقاومت به خوردگی بالا در آب دریا و هدایت الکتریکی مناسب همراه با استحکام باعث شده امروزه مورد توجه محققین و صنعت‌گران قرار گیرد. درتحقیق حاضر آلیاژهایی با درصدهای وزنی متفاوت از عناصر آلیاژی آلومینیم، آهن و نیکل ریخته‌گری شد. پس از آن تاثیر عناصر آلیاژی آهن و نیکل بر ریزساختار وکسر حجمی فازهای تشکیل شده مورد بررسی قرار گرفت. همچنین سختی آلیاژها ریخته شده اندزه‌گیری شد. مورفولوژی نمونه‌های ریخته‌گری شده توسط میکروسکوپ نوری و میکروسکوپ الکترونی روبشی مشاهده شدند. جهت تعیین فازهای تشکیل شده از آنالیز تفرق اشعه ایکس استفاده گردید. همچنین به منظور بررسی ضریب انبساط حرارتی خطی نمونه‌ها از دستگاه دیلاتومتری مدل NETSCH استفاده شد.نتایج حاکی از آن است که اضافه کردن آهن سبب ریز شدن میکروساختار می‌شود. اگر عناصر نیکل و آهن هرکدام به‌طور مجزا در آلیاژ آلومینیم برنز استفاده گردند، باعث کاهش درصد فازآلفا (محلول جامد بین‌نشین آلومینیم در مس) و افزایش درصد فازهای حاصل از واکنش یوتکتوئید می‌شوند. هم‌چنین اگر این عناصر به‌طور همزمان درآلیاژ آلومینیم برنز استفاده شوند باعث افزایش درصد فاز آلفا می‌گردند. نتایج حاصل از سختی سنجی نشان داد که بیشترین سختی را آلیاژهای حاوی آهن دارند.علاوه بر این ضریب انبساط حرارتی خطی برای فاز آلفای تشکیل شده، محاسبه گردید که مقدار آن برابر $1/K\ 1 \times 10^{-5}$ 1/22 بود.

کلمات کلیدی: آلیاژ آلومینیم برنز، ریزساختار، دیلاتومتری، کسرحجمی

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فهرست شکل‌ها.....ی

فهرست جداول.....ل

فصل اول: مقدمه.....۱

فصل دوم: مروری بر منابع و تحقیق 4

2-1- کلیات مس 5

2-2- آلیاژهای مس 5

2-3- آلیاژهای دوتایی مس-آلومینیم 5

2-4- تاثیر عناصر آلیاژی بر آلیاژهای آلومینیم-برنز 7

2-5- سیستم‌های آلیاژی سه‌تایی.....10

2-5-1- سیستم Cu-Al-Fe.....10

2-5-2- تاثیر آهن بر میکرو ساختارآلیاژ Cu-Al-Fe.....12

2-6- سیستم آلیاژی مس- آلومینیم- نیکل. 13

2-6-1- تاثیرات نیکل.....13

2-7- سیستم Cu-Al-Ni-Fe.....16

2-7-1- آلومینیم برنز نیکل. 16

2-7-2- میکروساختار آلیاژ%80Cu-%10Al-%5Fe-%5Ni 18

2-8- دیلاتومتری. 21

فصل سوم: مواد و روش‌ها 25

3-1- مواد لازم برای تهیه آلیاژها 26

3-2- مراحل مختلف آماده سازی نمونه‌ها 26

عنوان.....صفحه

3-2-1- تهیه قالب.....26

3-2-2- آلیاژ سازی.....26

3-2-3- ذوب و باریزی.....27

3-3- روشهای شناسایی و تجزیه و تحلیل 27

3-3-1- آنالیز شیمیایی.....27

3-3-2- متالوگرافی 28

3-3-3- آنالیز فازی 28

3-3-4- میکروسکوپ الکترون روبشی 28

3-3-5- آنالیز تصویری.....28

3-4- دیلاتومتری 29

فصل چهارم: نتایج.....30

4-1- نتایج طیف سنجی فلورسانس پرتو ایکس.....31

4-2- تصاویر ریزساختار میکروسکوپ نوری 32

4-3- نتایج بدست آمده از پراش پرتو ایکس.....37

4-4- نتایج بدست آمده از آنالیز میکروسکوپ الکترونی 41

4-5- نتایج آنالیز تصویر.....56

4-6- نتایج تست سختی سنجی 57

4-7- بررسی نتایج آنالیز حرارتی.....58

فصل پنجم: بحث 63

5-1- بررسی ریزساختارها 64

5-2- نتایج کسر حجمی فازها و تست سختی 72

عنوان.....**صفحه**

5-3- بررسی نتایج آنالیز حرارتی.....73

فصل ششم: نتیجه گیری کلی و پیشنهادات.....75

6-1- نتیجه گیری.....76

6-2- پیشنهادات.....76

فهرست منابع.....77

فهرست اشکال

عنوان .....صفحه

شکل 2-1: دیاگرام تعادلی سیستم دوتایی مس و آلومینیم [3]. 7

شکل 2-2: تاثیر آلومینیم بر استحکام قراردادی و کششی و درصد ازدیاد طول[3]..... 9

شکل 2-3: تصویر میکروساختار آلیاژ Cu-%10Al [15]. 10

شکل 2-4: قسمتی از دیاگرام تعادلی Cu-Al-Fe [17] 11

شکل 2-5: میکروساختار آلیاژ Cu-%11Al-%5Fe [17]. 12

شکل 2-6: مقطع عمودی سیستم آلیاژی Cu-Al-Ni الف) 3 درصد وزنی نیکل، ب) 6 درصد وزنی نیکل[3]. 13

شکل 2-7: میکروساختار Cu-Al-Ni با مقادیر مختلف Al و Ni [24].....15

شکل 2-8: میکروساختار آلیاژ Cu-Al-Ni [25]. 16

شکل 2-9: مقایسه دیاگرام تعادلی Cu-Al-Ni-Fe با دیاگرام دوتایی[28]. 17

شکل 2-10: میکروساختار آلیاژ Cu-Al-Ni-Fe در هوا سرد شده از دمای 900 درجه‌سانتیگراد [17].....19

شکل 2-11: شماتیکی از مورفولوژی انواع کاپاها [27]. 19

شکل 2-12: میکروساختار آلیاژ Cu-%10Al-%5Ni-%5Fe [31]. 20

شکل 2-13: فازهای مختلف از آلیاژ آلومینیم برنز 5-5-10-80 [28]. 20

شکل 2-14: تغییرات ضریب انبساط حرارتی در آلیاژ A709 [32] 21

شکل 2-15: نمودار فرآیند سرد کردن آلیاژ A709[32].....22

شکل 2-16: ضریب انبساط حرارتی مس- روی تابعی از فشار و دما[33] 23

شکل 4-1: میکروساختار نمونه برنز آلومینیم در بزرگنمایی 200X.....33

شکل 4-2: ریزساختار آلومینیم برنز همراه با عنصر آلیاژی آهن و 9/89 درصد آلومینیم 34

شکل 4-3 : ریزساختار آلومینیم برنز همراه با عنصر آلیاژی نیکل.....36

عنوان .....صفحه

شکل 4-4: ریزساختار آلومینیم برنز همراه با عنصر آلیاژی آهن و نیکل. 37

شکل 4-5: تصاویر آنالیز XRD الف) آلیاژ1، ب) آلیاژ2، ج) آلیاژ3 38

شکل 4-6:تصاویر آنالیز XRD الف) آلیاژ4، ب) آلیاژ5، ج) آلیاژ6. 39

شکل 4-7 :تصاویر آنالیز XRD الف) آلیاژ7، ب) آلیاژ8، ج) آلیاژ9. 40

شکل 4-8 :تصاویر آنالیز XRD الف) آلیاژ10، ب) آلیاژ11. 41

شکل 4-9: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 1.....42

شکل 4-10: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 2. 43

شکل 4-11: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 2. 44

شکل 4-12: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 4.....45

شکل 4-13: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 5. 47

شکل 4-14: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 6.....48

شکل 4-15: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 7. 49

شکل 4-16: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 8.....51

شکل 4-17: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 9.....52

شکل 4-18: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 10.. 54

شکل 4-19: تصویر میکروسکوپ الکترونی آلیاژ شماره 11.. 55

شکل 4-20: نتایج سختی برای نمونه‌های ریخته‌گری شده 57

شکل 4-21: نمودار گرمایشی آلیاژ شماره یازده.. 59

شکل 4-22: تغییرات dL/dt برحسب تغییرات دما برای سرعتهای مختلف گرمایش. 60

شکل 4-23: مقاطع مختلف نمودار از سرعتهای مختلف گرمایشی 62

شکل 5-1: تصویر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی 500X.....69

فهرست جدول‌ها

عنوان.....صفحه

جدول 2–1: مقدار حلالیت عناصر در مس و تاثیر آنها بر مقاومت الکتریکی مس[5]..... 6
جدول 2–2: انحلال پذیری آهن در درون فازهای مختلف و دماهای مختلف[18].....11
جدول 2–3: ترکیب آلیاژهای مورد استفاده درتحقیق آقای سان[24].....14
جدول 2–4: مقایسه آلیاژهای آهسته سرد شده از دمای 1010 درجه سانتی گراد [29]. 17
جدول 2–5: دماهایی (درجه سانتی گراد) که برای اولین بار فازκ دیده خواهد شد[29]. 18
جدول 4–1: نتایج طیف سنجی فلورسانس پرتو ایکس نمونه‌های ریخته‌گری شده.....31
جدول 4–2: درصد حجمی فازهای تشکیل شده در آلیاژهای ریخته‌گری شده 56
جدول 4–3: شیب خط برای هر مقطع از نمودارهای شکل 4-23 62

فصل 1:

مقدمه

فصل اول: مقدمه

یکی از مهمترین عناصر مورد استفاده در صنعت ریخته‌گری غیر آهنی مس است که قدمت چند هزار ساله داشته و از پنج هزار سال پیش در صنایع مختلف جنگی و هنری و خانگی بکار رفته شده است. امروزه عنصر مس به دلایل هدایت حرارتی و الکتریکی بالا، قابلیت شکل‌پذیری خوب و هم‌چنین مقاومت در مقابل خوردگی بعداز عنصرآهن بیشترین موارد استعمال را در صنایع مختلف دارد[1]. مقاومت مطلوب در برابر خوردگی، رسانایی الکتریکی و گرمایی مناسب و همچنین تنوع رنگ از مهمترین خواصی است که نشان می‌دهد چرا مس یا آلیاژهای آن بیشتر از سایر فلزات انتخاب می‌شوند [2]. آلیاژهای مس به دو گروه، برنج ها و برنزها تقسیم می‌شوند. برنج‌ها آلیاهای مس و روی بوده و برنزها آلیاژهای مس- قلع، مس- آلومینیم، مس- سیلیسیم هستند که این آلیاژها به سبب کاربرد گسترده‌ای که در صنعت دارند، به صورت محصولات آماده و نیمه آماده تهیه می‌شوند [1].

برنز آلومینیم آلیاژهای پایه مس هستند که آلومینیم تا 14 درصد وزنی به مس اضافه می‌شود. عناصر دیگری به عنوان عنصر آلیاژی نظیر آهن، نیکل، منگنز و سیلیکون به منظور دستیابی به خواص مختلف از قبیل افزایش استحکام، تافنس، مقاومت به خوردگی و نفوذپذیری مغناطیسی به آلیاژهای برنز آلومینیم اضافه می‌شود [3]. آلومینیم برنزهای ریختگی به طور گسترده‌ای در صنایعی نظیر صنایع شیمیایی که نیازمند به مقاومت به خوردگی بالا، تجهیزات دریایی، بخش های از پمپ‌ها ، پروانه کشتی‌ها و چرخ دنده‌ها استفاده می شوند [4]. در سیستم دوتایی مس-آلومینیم با میزان کمتر از 8 درصد وزنی آلومینیم، فاز محلول جامد آلفای آلومینیم در مس تشکیل می‌شود. از ویژگی‌های این فازها مقاومت به خوردگی و قابلیت شکل‌پذیری بالا در دمای اتاق است. در مقادیر بالاتر از 8 درصد وزنی آلومینیم ریزساختار آلیاژ دو فازی بوده این آلیاژها داری استحکام بالا و مقاومت به خوردگی پایین‌تری نسبت به فاز آلفا می‌باشند [3].

در سالهای اخیر ریز ساختار آلومینیم برنزها مورد بررسی و تحقیق قرار گرفته و نتایج حاکی از آن بوده است که برنزها زمانی که عناصر آلیاژی از قبیل نیکل، آهن، منگنز و سیلیسیم به آنها اضافه می‌شود ساختاری شامل فاز آلفا (محلول جامد بین فلزی)، β' و چندین فاز بین فلزی تشکیل می‌گردد که به طور کلی کاپا نامیده می‌شوند. این فازهای تشکیل شده به‌شدت بر خواص تاثیر

گذار هستند [3].

دراین تحقیق آلیاژ آلومینیم برنز با درصدهای مختلف آلومینیم ریخته‌گری شد. پس از آن بار اول عنصر نیکل و بار دیگر عنصر آهن هر کدام به صورت جداگانه و به مقدارثابت به مذاب آلیاژهای برنز آلومینیم اضافه شدند. در پایان آلیاژ برنز آلومینیم با درصدهای مختلف آلومینیم همراه با اضافه کردن همزمان عناصر آلیاژی نیکل و آهن ریخته‌گری شدند. پس از انجام عملیات ریخته‌گری جهت مشاهده مورفولوژی و شناسایی فازهای ایجاد شده در ساختار ریخته‌گری از میکروسکوپ نوری[1](LOP)، دستگاه آنالیز فازی[2](XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)[3] مجهز به سیستم [4](EDS) استفاده شد. بعد از شناسایی فازها توسط نرم افزارهای Pixcavator و Image J کسر حجمی فازها محاسبه شدند و در ادامه تست سختی هر آلیاژ اندازه-گیری شد. همچنین از آنالیز حرارتی دیلاتومتری برای بدست آوردن ضریب انبساط حرارتی آلیاژ در دماهای مختلف استفاده شد.

1-Light Optical Microscopy

2-X-Ray Diffraction

3 Scanning Electron Microscope

4-Energy-Dispersive X-Ray Spectroscopy

فصل2:

مروری بر منابع تحقیق

فصل دوم: مروری بر منابع و تحقیق

2-1- مس

مس با جرم اتمی 63/54 g/mol و قطر اتمی 2/5511 آنگسترم هیچ‌گونه تغییرات آلوتروپیکی تا 1083 $^{\circ}C$ در ساختمان FCC مس وجود ندارد. ثابت کریستالی این عنصر 3/6080 آنگستروم و به دلیل احراز کلی شرایط حلالیت از جمله ظرفیت، ردیف الکتروشیمی و اندازه اتمی و قرار گرفتن در میانه جدول تناوبی اندازه اتمی حلال‌ترین فلزات شناخته می‌شود. تقریبا کلیه عناصر به استثناء چند عنصر محدود مانند سرب تا حدودی در مس قابلیت انحلال دارند. از این رو آلیاژهای مختلف و متنوع مس و سایر عناصر مانند برنج‌ها (مس و روی)، مس - قلع، مس - آلومینیم و مس - سلیسیم تحت عنوان کلی برنزها و آلیاژهای مس و نیکل تحت عنوان نقره آلمانی (ورشو[1]) از اهمیت فراوان برخوردارند [1].

2-2- آلیاژهای مس

برای بهره‌گیری از خواص مکانیکی مس معمولا می‌توان با اعمال کارسرد، سخت‌کردن رسوبی و تشکیل محلول جامد استحکام مس را بهبود بخشید. مهم‌ترین عناصر آلیاژی که با مس محلول جامد می‌سازند به همراه حد حلالیت آن‌ها در جدول (2-1) آمده است. عناصر آلیاژی که جدول (2-1) آمده است، برخی آلیاژهای اصلی مس را بوجود می‌آورند. این آلیاژهای اصلی مس به دو گروه کلی برنزها و برنج‌ها طبقه بندی می‌شوند. برنزها به آلیاژهایی گفته می‌شود که در آن‌ها مس و سایر عناصر بجز روی وجود داشته باشد [5].

2-3- آلیاژهای دوتایی مس-آلومینیم

دیاگرام تعادلی مس-آلومینیم از دیاگرام‌های پرکاربرد در مهندسی متالورژی است که به دلیل اهمیت آن، قسمتی از این دیاگرام در شکل (2-1) نشان داده شده است. این آلیاژ شامل مناطق

1- Warszawa

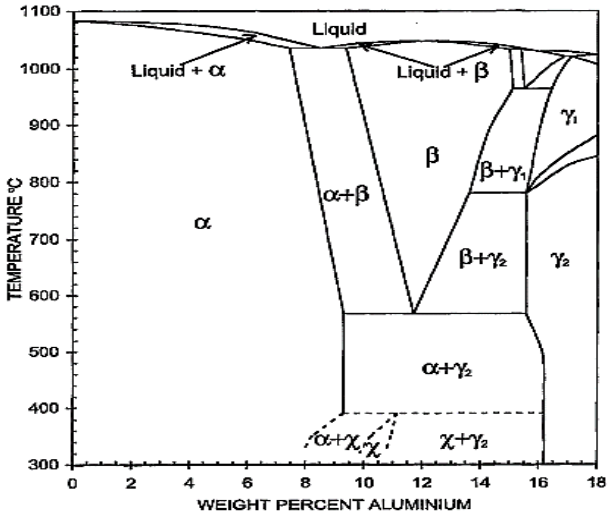
تک فاز و دوفاز می‌باشد که توضیح مختصری از آن‌ها در ادامه ذکر شده است.

جدول 2–1: مقدار حلالیت عناصر در مس و تاثیر آن‌ها بر مقاومت الکتریکی مس[5].

عنصر	حد حلالیت در 293 کلوین (درصد وزنی)	افزایش مقاومت به ازای یک درصد وزنی μ.Ω.cm
آلومینیم	9/4	2/22
آرسنیک	6/5	5/67
نقره	100	0/185
کرم	0/03	4/9
آهن	0/14	10/6
منگنز	24	3/37
نیکل	100	1/2
سرب	0/02	1/02
سیلسیم	2	7
قلع	1/2	1/65
تیتانیوم	0/4	21/6
زیرکونیم	30	0/286

مذاب آلیاژی که شامل 7 درصد وزنی آلومینیم و 93 درصد وزنی مس باشد در بالاتر از 1060 $^{\circ}C$ هموژن بوده، در 1060 $^{\circ}C$ انجماد شروع شده و نهایتاً در دمای 1045 $^{\circ}C$ انجماد پایان می‌پذیرد. این آلیاژ شامل محلول جامد آلومینیم در مس بوده که با فاز (α) شناخته می‌شود. در صورتی که آلیاژ شامل 8 درصد وزنی آلومینیم باشد انجماد در دمای 1040 $^{\circ}C$ شروع شده که شامل محلول جامد فاز α و محلول جامدی که نسبت به α از آلومینیم بیش‌تری برخوردار است(β). آلیاژی با مقدار 10 درصد وزنی آلومینیم و 90 درصد وزنی مس در 1045 $^{\circ}C$ شروع به انجماد کرده و در 1040 $^{\circ}C$ انجماد پایان می یابد. دردماهای بالا تنها فاز β تشکیل می‌شود ولی در صورتی که آلیاژآهسته سرد شود در دمای 900 $^{\circ}C$ فاز α شروع به جوانه‌زنی و رشد کردن می کند و آلیاژ شامل دو فاز $\alpha+\beta$ می‌باشد. فاز β یک فاز ناپایدار است و در دمای محیط به β' تبدیل می‌شود. در آلیاژهای 10 درصد آلومینیم در صورتی که آلیاژ از دمایی بین 900 $^{\circ}C$ و 565 $^{\circ}C$ تا

دمای محیط آهسته سرد شوند فازβ به فاز منظم $\alpha+\gamma_2$ تبدیل می‌شود. با آهسته سرد کردن آلیاژ یوتکتیوئید (β)، β طی تحول یوتکتیوئید تبدیل به $\alpha+\gamma_2$ می‌شود. فاز یوتکتیکوئید دارای خاصیت سایشی خوبی بوده ولی در صورتی که فاز γ_2 شامل مقداری بیش‌تری آلومینیم، نسبت به فاز α باشد (خاصیت آندی پیدا می‌کند) خورده می‌شود. با کم کردن مقدار آلومینیم در این آلیاژها تا 9 درصد وزنی، می‌توان از اثر زیان‌بار فاز یوتکتیکوید جلوگیری کرد [5].



شکل 2–1: دیاگرام تعادلی سیستم دوتایی مس و آلومینیم[3].

2-4-تاثیر عناصر آلیاژی بر آلیاژهای آلومینیم-برنز

آلومینیم مهم‌ترین عنصر که بر آلیاژهای آلومینیم برنز تاثیر می‌گذارد، آلومینیم است که باعث مقاومت به خوردگی آلیاژ می‌شود. شکل (2-2) تاثیر آلومینیم را بر خواص مکانیکی از جمله استحکام کششی و تغییر طول را نشان می‌دهد.

آهن سبب اصلاح ساختار آلومینیم- برنز و بهبود تافنس آلیاژ می‌شود. مقدار آهن تا 3/5 درصد وزنی سبب بهبود ساختار دانه می‌شود ولی بیش‌تر از این مقدار تاثیری بروی ساختار دانه ندارد [6]. اضافه کردن نیکل و آهن سبب اصلاح ساختار سیستم و افزایش قابلیت رسوب سختی را در پی دارد. در طی عملیات رسوب سختی رسوبات ریز آهن سبب ریزتر شدن ساختار می‌شوند. افزودن

مقادیر کم نیکل و آهن سبب افزایش مقدار استحکام بدون کاهش مقدار داکتیلیته می‌شوند [7].نیکل همیشه سبب افزایش استحکام قراردادی و استحکام کششی می‌شود. مقصود اصلی اضافه کردن نیکل به آلیاژ Cu-Al-Ni، بالا بردن مقاومت به خوردگی آلیاژ است. رابطه بین نیکل و آلومینیم جهت بهینه بودن مقدار مقاومت به خوردگی به صورت معادله 2-1 تعریف می‌شود [8, 9].

1-2

منگنز اثراتی مشابه همانند آلومینیم بر خواص مکانیکی دارد، با این تفاوت که برای یک اثر مشابه باید مقدار منگنز 6 برابر آلومینیم باشد. منگنز سبب بهبود قابلیت ریخته‌گری این آلیاژ شده و همچنین سبب به تعویق افتادن تشکیل فاز β می‌شود [10-12]. سیلیکون نیز اثری مشابه آلومینیم دارد و هر 1 درصد وزنی سیلیکون، اثری برابر با 6 درصد وزنی آلومینیم دارد. سیلیکون سبب بهبود خاصیت ماشینکاری و بهبود سختی می‌شود ولی مقاومت به ضربه را کاهش می‌دهد [13]. شاید مهم‌ترین ناخالصی آلومینیم برنز، روی به مقدار1 درصد وزنی یا بالاتر باشد. این عنصر خواص مضری بر خواص مکانیکی و مقاومت به خوردگی دارد. سرب به عنوان عنصرآلیاژی به آلومینیم- برنز افزوده نمی‌شود و به عنوان ناخالصی در نظر گرفته می‌شود و خواص آلیاژ را ضعیف می‌کند. در صورتی که در آلیاژ سرب حضور داشته باشد سبب تخریب خاصیت جوشکاری می‌شود. افزایش سرب سبب بهبود خاصیت ماشینکاری می‌شود ولی از طرفی تاثیرات منفی بر خواص مکانیکی دارد. قلع نیز بر خواص مکانیکی تاثیر منفی دارد اما درصورتی که حداکثر 2 درصد وزنی باشد، مضر محسوب نمی‌شود. منیزیم هر چند خاصیت دی‌اکسیداسیون دارد ولی حتی به مقدار 0/01 درصد وزنی نیز بر چکش‌خواری اثر منفی دارد. فسفر شهرت خاصی در اثرات مضر دارد اما اگر کمتر از 0/08درصد وزنی نگه داشته شود اثر مضری بر خواص مکانیکی ندارد. اگر چه در صورتی که بیش‌تر از 0/01درصد وزنی باشد سبب ترک داغ می‌شود [3]. آلیاژ Cu-8%Al برای شکل‌دهی سرد مناسب می‌باشد. آلیاژ با 10% آلومینیوم برای ریخته‌گری در قالب ماسه‌ای مناسب می‌باشد. آلیاژ با 10درصد وزنی آلومینیوم بعد از ریخته‌گری دارای میکروساختار α و β' می‌باشد [14].