

# ترمودینامیک و سینتیک واکنش مذاب آلیاژ حافظه دار نایتینول با بوتله گرافیتی در هنگام ذوب تحت پرتوالکترونی

التفات احمدی<sup>1</sup>، سید خطیب الاسلام صدرنژاد<sup>2</sup> و مهدیه ملک زاده<sup>3</sup>

1-2 و 3- دانشکده مهندسی و علم مواد - دانشگاه صنعتی شریف

E-mail: [Eltefat@Gmail.com](mailto:Eltefat@Gmail.com)

## چکیده

در این پژوهش از روش ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM) بدلیل کاهش میزان آلودگی و همگنی بسیار خوب آلیاژ برای تولید آلیاژ حافظه دار NiTi برای اولین بار در ایران استفاده شد. پارامترهای ترمودینامیکی و سینتیکی شامل دمای ذوب و مدت زمان نگهداری مذاب در بوتله گرافیتی بر میزان تشکیل ترکیبات غیر استوکیومتری مانند  $Ni_3Ti$ ،  $NiTi_2$  و میزان تشکیل کاربید (TiC) مورد بررسی قرار گرفت. آلیاژ NiTi در سه دمای 1350، 1380 و 1420 درجه سانتیگراد در زمانهای مختلف با استفاده از سیستم پرتو الکترونی با کاتد توخالی ذوب مجدد گردید. نتایج داده های سینتیکی نشان داد که واکنش بوتله با مذاب آلیاژ حافظه دار NiTi دارای معادله سینتیکی مرتبه اول با انرژی فعالسازی برابر  $225.8 \text{ kJ/mol}$  است. نمونه آلیاژ حافظه دار تهیه شده به روش ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM) به کمک متالوگرافی، الگوی پراش اشعه ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) بررسی و خصوصیات هر یک از ترکیبات و فازهای بین فلزی شناسایی و مشخص شد. واژه های کلیدی: ترمودینامیک، سینتیک، آلیاژ حافظه دار NiTi، ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM)

1- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد

2- استاد

3- دانشجوی کارشناسی

## مقدمه

آلیاژ حافظه دار نایتینول NiTi مهمترین خانواده از آلیاژهای حافظه دار می باشد. بدلیل خواص مطلوب حافظه داری، مقاومت به خوردگی بالا، رفتار فوق الاستیک، توانایی میرایی عالی و زیست سازگاری بسیار خوب با بدن کاربردهای فراوانی در صنایع هوافضا، صنایع نظامی و پزشکی دارد. یک نمونه از مهمترین کاربرد هوافضایی آلیاژ حافظه دار NiTi در هدایت دقیق موشک می باشد که بدلیل تغییر شکل دوقلویی در آلیاژ باعث تضعیف لرزش و هدایت بهتر موشک می گردد [5-1]. در سالهای اخیر ساخت آلیاژ نایتینول از روش سنتز احتراقی و ذوب القایی تحت خلاء (VIM) و ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM) مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است [5-9]. در روشهای مبتنی بر ذوب به دلیل ورود ناخالصی هایی نظیر کربن، اکسیژن و نیتروژن از اتمسفر ذوب به مذاب آلیاژ NiTi و تغییر خواص متالورژیکی آلیاژ، دانستن مکانیزم واکنشهای ایجاد ترکیبات و فازهای بین فلزی مانند Ni<sub>3</sub>Ti، TiC، NiTi<sub>2</sub> برای تهیه یک آلیاژ حافظه دار NiTi با خواص دلخواه از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در تحقیق حاضر از یک سیستم ذوب و لایه نشانی تحت خلاء که مجهز به سیستم ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM) می باشد، به دلیل کاهش میزان آلودگی و همگنی بسیار خوب آلیاژ در اثر تلاطم شدید مذاب استفاده شده است. در این روش مذاب دارای تلاطم بسیار شدیدی می باشد. مهمترین دلایل تلاطم مذاب در روش ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM) عبارتند از: 1- وجود یک کویل مغناطیسی در اطراف بوتله ذوب، 2- اختلاف دمایی بین مرکز و ناحیه کناری مذاب که این اختلاف دمایی باعث اختلاف در کشش سطحی و حرکت ماراگونی (Marangoni effect) می شود. 3- اختلاف در ترکیب شیمیایی که بواسطه تبخیر بیشتر عناصر در قسمت مرکزی ذوب در اثر برخورد الکترون بوجود می آید، باعث چرخش و تلاطم بواسطه اختلاف غلظت می شود [10]. آلیاژ NiTi تهیه شده به روش ذوب در اثر تماس مذاب با بوتله گرافیتی با بوتله گرافیتی در تماس بوده و کربن ناشی از بوتله با مذاب NiTi واکنش سطحی داده و در مذاب حل می شود و خواص فیزیکی و مکانیکی آلیاژ را تحت تاثیر قرار می دهد. تا کنون هیچگونه مطالعه ترمودینامیکی و سینتیکی در ارتباط با واکنش و انحلال کربن در مذاب آلیاژ NiTi در روش ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM) مورد مطالعه قرار نگرفته است. دیاگرام فازی سه تایی نیکل - تیتانیم - کربن نشان داده شده در شکل 1 تشکیل کاربرد TiC در آلیاژ NiTi را نشان می دهد. چنانچه مقدار کربن حل شده به حد انحلال و اشباع مذاب برسد، با افزایش میزان کربن اکتیویته ثابت بوده و مقدار فاز TiC افزایش یافته و با افزایش کربن در مذاب وسعت ناحیه L+TiC افزایش می یابد، که در ناحیه دو فازی اکتیویته کربن ثابت بوده و تنها درصد وزنی ذرات TiC افزایش می یابد. بنابراین کنترل میزان کربن ورودی به آلیاژ یک امر بسیار مهم در ساخت آلیاژ حافظه دار محسوب می گردد [9, 11-14].

هدف از اين تحقيق بررسي ترموديناميك و سينتيك واكنش و انحلال كربن در مذاب آلياژ NiTi بوده است. در اين تحقيق دما و زمان ذوب آلياژ در بوته گرافيتي تغيير داده شده و ميزان انحلال و واكنش كربن در مذاب مشخص شده است.

### روش تحقيق

ذوب مجدد نمونه های NiTi با تركيب اوليه 55.34wt%Ni - Ti که دارای فاز اکسیدی  $Ti_4Ni_2O$  بودند به روش ذوب تحت پرتو الكترونی (EBM) با استفاده از سيستم ذوب و لایه نشانی مجهز به يك تفنگ الكترونی كاتد توخالی (Hollow Cathode Discharge Gun) انجام گرفت. جنس كاتد توخالی از تانتالم می باشد. شماتيك دستگاه ذوب تحت پرتو الكترونی به همراه تفنگ الكترونی KQ-HCD در شكل 2 (الف و ب) نشان داده شده است. نمونه های تهیه شده به روش ذوب القایی تحت خلاء (VIM) در زمانهای مختلف 5، 10، 15، 20، و 25 دقیقه در سه دمای 1350، 1380، 1420 درجه سانتیگراد ذوب مجدد گردید. برای اندازه گیری میزان كربن اشباع  $C_s$  در آلياژ مذاب TiNi سه نمونه در دماهای 1350، 1380 و 1420 درجه سانتیگراد برای زمان 25 دقیقه در بوته گرافيتي تهیه شده از الكتروود كوره قوس ذوب مجدد شدند. برای انجام ذوب مجدد، نمونه های NiTi با وزنهاي يكسان توزین و سپس با الكل و استن چربی زدایی و آلتراسونيك شدند و در بوته گرافيتي تحت فرآیند ذوب مجدد قرار گرفتند. شرایط ذوب مجدد برای تعداد 5 نمونه از آلياژ NiTi در دمای  $1350^{\circ}C$  در جدول 1 آورده شده است. كربن حاصل از واكنش بوته و مذاب آلياژ NiTi با استفاده از روش LECO آنالیز شد. برای كالیبراسیون دما و اندازه گیری دمای ذوب در سيستم ذوب تحت پرتو الكترونی (EBM) از يك پیرومتر مادون قرمز (*IR tec P2000*) استفاده گردید. با تغییر جریان و ولتاژ اعمالی به سيستم تغییرات دمایی میانگین مذاب ثبت شد. نتایج مربوط به كالیبراسیون دما در شكل 3 آورده شده است. نمونه های آلياژی پس از پولیش مکانیکی با استفاده از محلول استاندارد  $Distilled H_2O:HNO_3:HF$  به نسبت 1:4:5 و مدت زمان 10 الی 15 ثانیه اچ گردیدند. سپس هر يك از نمونه های آلياژی تهیه و ذوب مجدد شده به روش EBM با استفاده از يك میکروسكوپ الكترونی (SEM) مجهز به سيستم آنالیز شیمیایی (EDAX) فاز شناسی و تریکبات بین فلزی با تفرق اشعه ایکس (XRD) شناسایی و تریکبات و فازهای حاصل مشخص گردید.

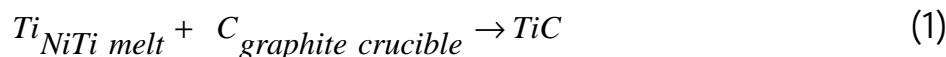
### یافته ها

در شكل 3 منحنی كالیبراسیون دمای سيستم ذوب تحت پرتو الكترونی بر حسب تغییرات جریان اعمالی بر حسب آمپر نشان داده شده است. شكل 3 نشان می دهد که با افزایش میزان جریان اعمالی به سيستم ذوب تحت پرتو الكترونی دمای میانگین مذاب افزایش می یابد. شكل 4 تغییرات میزان كربن انحلال

یافته در مذاب آلیاژ حافظه دار NiTi را بعد از زمان 25 دقیقه نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود با افزایش دمای ذوب میزان کربن اشباع ( $C_s$ ) افزایش می یابد. شکل 5 تغییرات میزان کربن انحلال یافته در مذاب آلیاژ NiTi را برای دماهای 1350، 1380 و 1420 درجه سانتیگراد و زمانهای 5، 10، 15، 20 و 25 دقیقه را نشان می دهد. با افزایش دما و زمان ذوب میزان کربن انحلال یافته در مذاب آلیاژ NiTi افزایش چشمگیری دارد. از آنجا که رابطه سینتیکی انحلال کربن در مذاب آلیاژ NiTi بصورت معادله مرتبه اول می باشد [11]، بنابراین تغییرات  $\ln[(C_s - C_0)/(C_s - C_t)]$  برحسب زمان ( $t$ ) برای نتایج حاصل از آنالیز کربن نمونه های ذوب مجدد شده تحت EBM به روش LECO در شکل 6 رسم و بصورت یک خطی تقریب زده شده است. شکل 7 نیز تغییرات ضریب زاویه ای (ثابت سرعت واکنش تشکیل کاربید TiC) محاسبه شده از شکل 6 را برحسب معکوس دما نشان می دهد. با محاسبه ضریب زاویه ای این نمودار مقدار انرژی فعالسازی ( $E_a$ ) با فرض رابطه آرنیوسی محاسبه می گردد. شکل 8 و 9 به ترتیب آنالیز شیمیایی EDAX آلیاژ حافظه دار NiTi و رسوبات کاربیدی TiC را نشان می دهد. ریز ساختار نمونه ی از ذوب NiTi در شکل 10 نشان داده شده است. فازهای TiC بطور واضح مشاهده می گردد. ریز ساختار نهایی یک نمونه از آلیاژ حافظه دار NiTi سنتز شده به روش ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM) در بوته با دانسیته بالا نیز در شکل 11 آورده شده است. نتایج نشان می دهد، فاز زمینه دارای ترکیب شیمیایی NiTi و فازها و رسوبات ثانویه دارای ترکیب شیمیایی Ni<sub>3</sub>Ti می باشد که در مرزخانه رسوبگذاری نموده است.

### بحث

هنگامی که ذوب و آلیاژ سازی در بوته گرافیتی انجام می شود، مقدار انرژی آزاد تشکیل ترکیب TiC برای واکنش مذاب NiTi با کربن بوته منفی بوده و کربن تمایل به واکنش با آلیاژ NiTi طبق واکنش انحلالی رابطه (1) را خواهد داشت. انرژی آزاد استاندارد ( $\Delta G^0$ ) واکنش تشکیل TiC در رابطه (2) آورده شده است [11].



$$\Delta G^0 = -186.6064 + 13.22144(T / 1000) \quad KJ / mol, \quad 1155 < T < 2000K \quad (2)$$

با فرض اینکه اکتیویته گرافیت و TiC برابر واحد باشد. انرژی آزاد تشکیل TiC در بصورت رابطه (3) بدست می آید.

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln\left(\frac{a_{TiC}}{a_{Ti_{melt}} \cdot a_{C_{graphite}}}\right) = \Delta G^0 - RT \ln(a_{Ti} = g_{Ti} \cdot X_{Ti}) \quad (3)$$

$a_{Ti}$  اکتیویته،  $X_{Ti}$  کسر مولی و  $g_{Ti}$  ضریب اکتیویته تیتانیم در مذاب آلیاژ NiTi می باشند. Ogasawara و همکارانش [12]، ضریب اکتیویته تیتانیم  $g_{Ti}$  در آلیاژ را بصورت  $g_{Ti} = \exp\left[\frac{b}{RT}(1 - X_i)^2\right]$  در نظر گرفته و مقدار عددی  $b$  در دمای حدود  $1773 \text{ }^\circ\text{K}$  برابر  $-151 \pm 13 \text{ KJ/mol}$  گزارش کرده اند [11, 15].

$$\Delta G \Big|_{T=1773} = -186606.4 + 13221.44T - RT \ln(x_{Ti} \times \exp\left[\frac{b}{RT}(1 - x_{Ti})^2\right]) \quad (4)$$

$$= -114 \text{ kJ/mol}$$

مقدار منفی انرژی آزاد تشکیل بدست آمده در رابطه (4) نشان می دهد که مقداری از تیتانیم آلیاژ مذاب TiNi با کربن بوته که در تماس با مذاب قرار دارد، واکنش داده و منجر به تشکیل کاربید تیتانیم (TiC) خواهد شد. Wedler و همکارانش [15]، رابطه سینتیکی (5) را برای اشباع کردن مذاب NiTi با کربن در سال 1982 پیشنهاد کرده اند.

$$\frac{dC(t)}{dt} = K(C_s - C(t)) \quad (5)$$

با استفاده از معادله سینتیکی مرتبه اول بالا می توان میزان غنی سازی کربن در مذاب آلیاژ  $\text{Ni}_{1-x}\text{Ti}$  را با دانستن میزان کربن اشباع ( $C_s$ ) در هر دما برای ترکیب ثابت مذاب NiTi مورد بررسی قرار داد. با افزایش کربن، غلظت کربن تا حد اشباع در آلیاژ افزایش و بعد از آن با افزایش زمان ذوب تنها میزان کاربید افزایش خواهد یافت و مقدار اکتیویته کربن در آلیاژ ثابت می باشد. نتایج مربوط به اشباع مذاب آلیاژ NiTi در شکل 4 آورده شده است. نتایج بیانگر آنست که با افزایش دمای مذاب میزان کربن اشباع ( $C_s$ ) در مدت زمان 25 دقیقه افزایش می یابد. نتایج بدست آمده از آنالیز کربن برای ذوب مجدد نمونه ها در دماها و زمانهای متفاوت در شکل 5 آورده شده است. نتایج نشان می دهد، با افزایش دما و زمان ذوب، میزان کربن در آلیاژ مذاب NiTi افزایش پیدا می کند. برای تخمین انرژی فعالسازی انحلال کربن و تشکیل کاربید می توان از معادله سینتیکی داده شده (رابطه 5) انتگرالگیری و تغییرات  $\ln\left[\frac{(C_s - C_0)}{(C_s - C_t)}\right]$  بر حسب زمان ( $t$ ) رسم نمود. شکل 6 تغییرات تقریبی خطی برای تخمین ثابت سرعت انحلال کربن و تشکیل کاربید TiC در مذاب NiTi را در سه دمای آزمایش نشان می دهد. با در نظر گرفتن رابطه آرنیوسی (شکل 7) مقدار کمی انرژی فعالسازی ( $E_a$ ) واکنش انحلالی برابر  $225.8 \text{ KJ/mol}$  بدست آمده است که با نتایج Frenzel و همکارانش [9]، تطابق خوبی دارد. بنابراین واکنش شیمیایی سطحی کربن و تیتانیم مذاب آلیاژ TiNi کنترل کننده واکنش شیمیایی انحلال کربن در مذاب آلیاژ NiTi می باشد. از این نتیجه سینتیکی می توان برای پیشگویی میزان کربن در آلیاژ TiNi تهیه شده به روش ذوب در بوته گرافیتی استفاده نمود. شکل 8 و 9 آنالیز شیمیایی EDAX آلیاژ تهیه شده به روش ذوب تحت پرتو الکترونی (شکل 10) را نشان می دهد، نتایج آنالیز فازی ریز ساختار شکل 10 نشان

می دهد که رسوبات تشکیل شده  $TiC$  و زمینه فاز  $NiTi$  می باشد. شکل 11 تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) آلیاژ حافظه دار سنتز شده به روش EBM در بوته گرافیتی با دانسیته بالا را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، ساختار آلیاژ کاملاً همگن با زمینه فاز  $NiTi$  و اندکی رسوبهای ثانویه  $Ni_3Ti$  در مرز دانه است. بنابراین، نتایج حاصل نشان می دهد که تولید آلیاژ حافظه دار با استفاده از روش ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM) امکان پذیر می باشد.

### نتیجه گیری

- 1- با افزایش کربن، غلظت کربن تا حد اشباع در آلیاژ افزایش و بعد از آن با افزایش زمان ذوب تنها میزان کاربرد افزایش خواهد یافت و مقدار اکتیویته کربن در آلیاژ ثابت می باشد.
- 2- مقدار کمی انرژی فعالسازی ( $E_a$ ) واکنش انحلالی برابر  $225.8 \text{ KJ/mol}$  بدست آمده است.
- 3- واکنش شیمیایی سطحی کربن و تیتانیم مذاب آلیاژ  $TiNi$  کنترل کننده واکنش شیمیایی انحلال کربن در مذاب آلیاژ  $NiTi$  می باشد و از نتایج سینتیکی می توان برای پیشگویی میزان کربن در آلیاژ  $TiNi$  تهیه شده به روش ذوب در بوته گرافیتی استفاده نمود.
- 4- نتایج حاصل نشان می دهد که تولید آلیاژ حافظه دار با استفاده از روش ذوب تحت پرتو الکترونی (EBM) امکان پذیر می باشد.

### تشکر و قدر دانی

بدینوسیله از همکاری بیدریغ مسئولین آزمایشگاههای سازمان انرژی اتمی ایران بخصوص آقایان دکتر عبدالجواد نوین روز و هوشیار سیدی و خانم سعیده وطنخواه تشکر و قدردانی می شود.

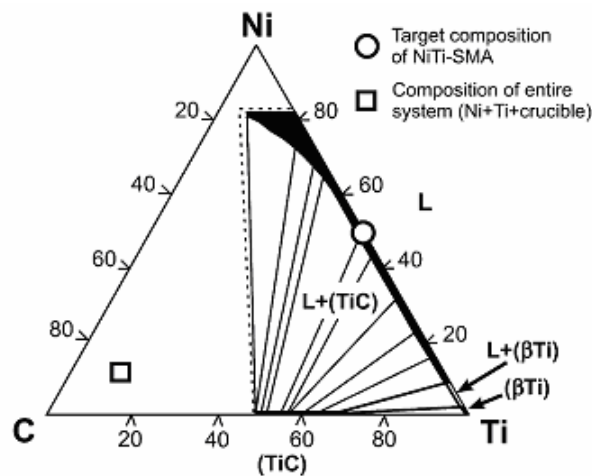
### منابع و مراجع

- [1]- التفات احمدی، خطیب الاسلام صدر نژاد و هوشیار سیدی، " تولید آلیاژ  $Ni_{1-x}Ti$  به روش ذوب تحت پرتو الکترونی"، نهمین کنگره سالانه انجمن مهندسين متالورژی ایران، آبان 184، صفحات 213 تا 223.
- [2]- C. L. Chu, C. Y. Chung and S. D. Wang, Materials Science Engineering A 366 (2004) 114-119.
- [3]- B. Y. Li, L. J. Rong and V. E. Giunter, Acta mater. 48 (2000) 3895-3904.
- [4]- G. Song, B. Kelly and B. N. Agrawal, Smart mater. Struct 9 (2000) 711- 716.
- [5]- C.l. Yeh, W.Y. Sung; J. Alloys and Compounds 376(2004) 79-88
- [6]- S. K.Wu, H. C. Lin, Materials Chemistry and Physics 64 (2000) 81-92
- [7]- J. Otubo, O. D.; Materials Research, Vol. 7, No. 2 (2004) 263-267.
- [8]- S. Badakhshan Raz and S. K. Sadrnezhaad, Material science and Technology Vol. 20, May (2004) 593- 598
- [9]- J. Frenzel, Z. Zhang, K. Neuking, G. Eggeler, Journal of Alloy and Compounds 330-332 (2004) 517-521

- [10]- A. Mitchell; Materials Science and Engineering A263 (1999) 217-223.  
 [11]- Z. Zhang, J. Frenzel, G. Eggeler; Acta Materialia, 53 (2005) 3971-3985  
 [12]- Y. Ogasawara and S. H. Tabaian; ISIJ. Int. Vol. 38, No. 8 (1998) 789-793.  
 [13]- J. Frenzel, K. Neuking and G. Eggeler; Mat.-wiss. u. Werkstofftech, Vol. 35, No. 5 (2004) 352-358.  
 [14]- A. M. Ortega, J. Tyber, C. P. Frick, K. Gall and H. J. Maier, Advanced Engineering Materials; Vol. 7, No. 6 (2005) 492-4507.  
 [15]- Wedler. G. Lehrbuchder Physikalischen Chemie. Weinheim: Verl. Chem. 1982.

جدول 1- شرایط ذوب مجدد نمونه های NiTi در دمای 1350 درجه سانتیگراد.

پارامتر/ زمان ذوب (دقیقه)	5	10	15	20	25
خلأ قبل از ذوب (Pa)	$3/4 \times 10^{-3}$	$3/25 \times 10^{-3}$	$3/25 \times 10^{-3}$	$3/4 \times 10^{-3}$	$4/0 \times 10^{-3}$
خلأ در هنگام ذوب (Pa)	$5/8 \times 10^{-2}$	$5/7 \times 10^{-2}$	$5/8 \times 10^{-2}$	$5/3 \times 10^{-2}$	$5/2 \times 10^{-2}$
جریان پرتو تفنگ الکترونی (A)	100	100	100	100	100
دبی گاز آرگن (cc/min)	30	30	30	30	30
خلأ زیر دیفیوژن (Pa)	2/8	2/8	2/9	2/9	3/2

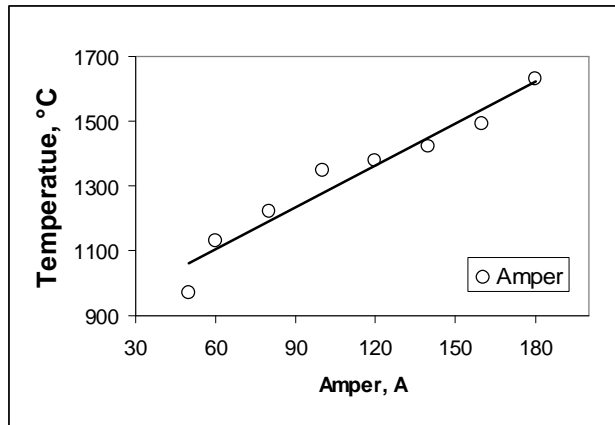


شکل 1- دیاگرام سه تایی تیکل - تیتانیوم - کربن در دمای 1500 درجه سانتیگراد [9].



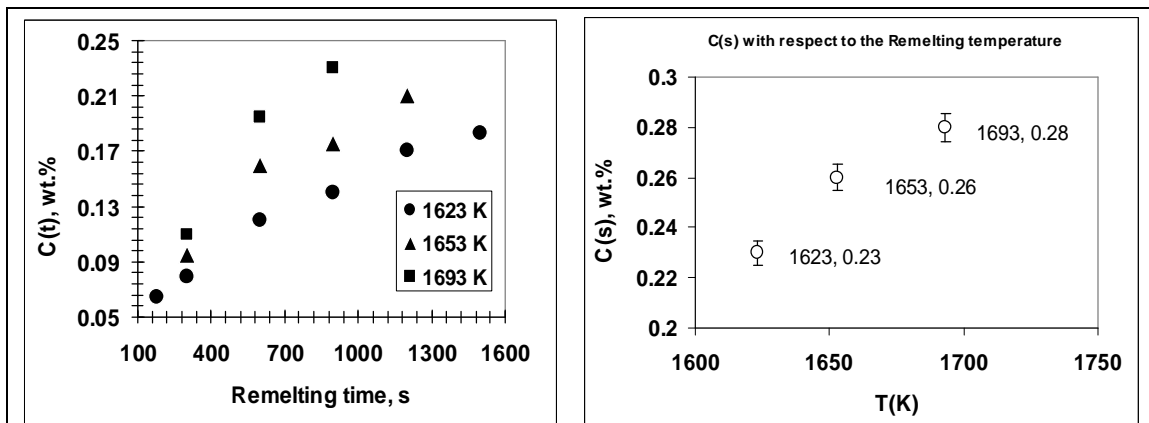
شکل 2- نمای سیستم ذوب تحت پرتو الکترونی با کاتد توخالی (EBM-HCD-Gun)

الف- نمای کلی سیستم ذوب، ب- بوته و تفنگ الکترونی



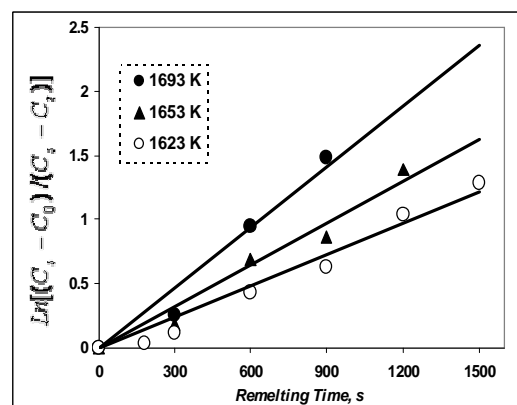
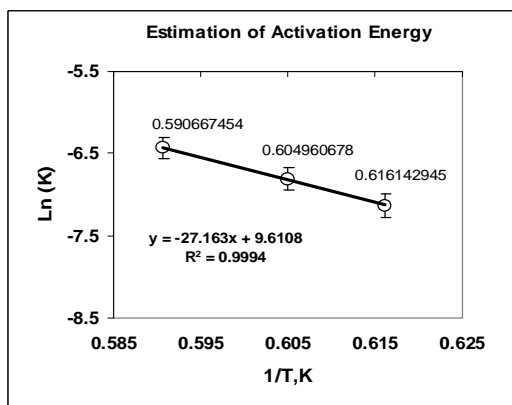
شکل 3- منحنی کالیبراسیون دمای سیستم ذوب تحت پرتو الکترونی، ثبت دمای میانگین مذاب آلیاژ NiTi در سیستم ذوب

تحت پرتو الکترونی (EBM) با پیرومتر IR tec P2000



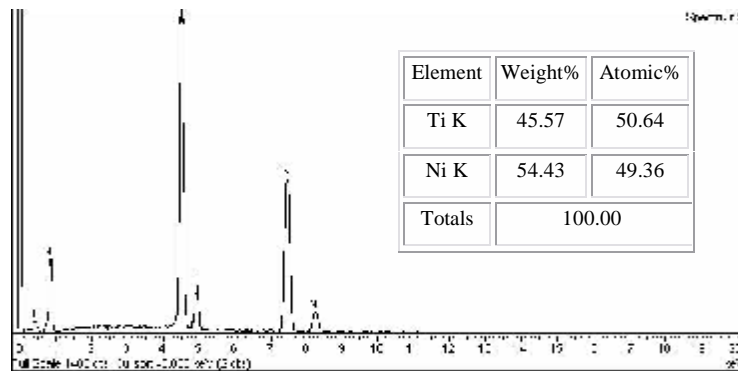
شکل 5- تغییرات میزان کربن (C<sub>t</sub>) با دما و زمان ذوب

شکل 4- تغییرات میزان کربن اشباع (C<sub>s</sub>) مذاب با دمای ذوب

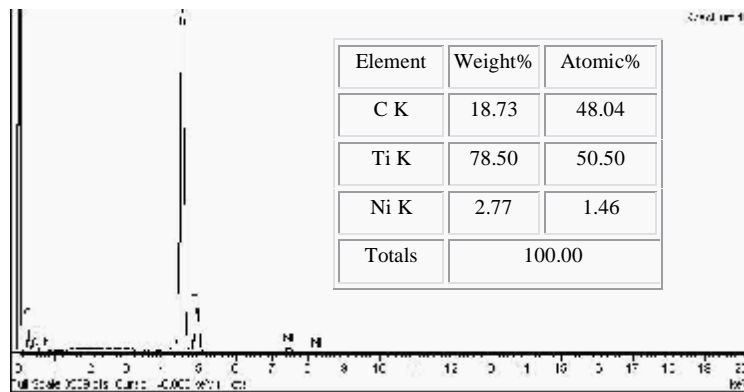




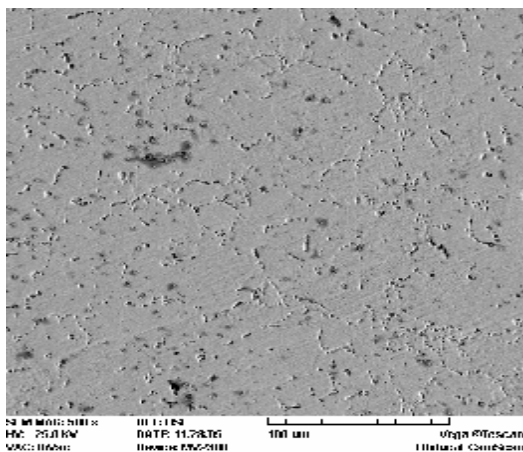
شکل 6- تغییرات میزان کربن بر حسب دما و زمان و تقریب خطی شکل 7- نمودار نیمه لگاریتمی ثابت سرعت بر حسب عکس دما



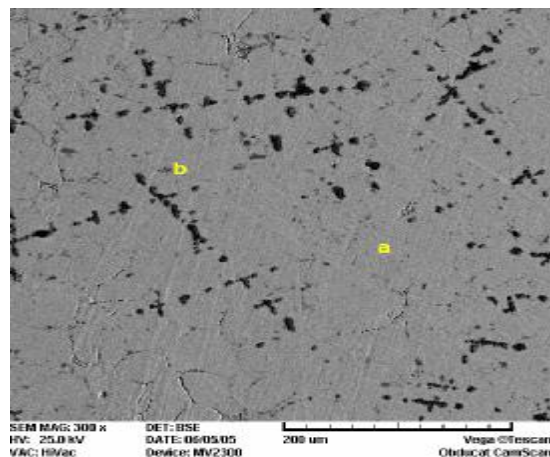
شکل 8- آنالیز شیمیایی EDAX فاز زمینه که دارای ترکیب TiNi است.



شکل 9- آنالیز شیمیایی EDAX نقطه c (فاز ستاره ای شکل) که TiC را نشان می دهد.



شکل 11- ریز ساختار آلیاژ NiTi ذوب شده در بوته گرافیتی با دانسیته بالا، ریز ساختار NiTi با اندکی فاز  $Ni_3Ti$



شکل 10- ریز ساختار آلیاژ NiTi ذوب شده در بوته گرافیتی  
a- فاز زمینه و b- کاربید TiC

## Thermodynamic and Kinetics Reactions of NiTi Melts with Graphite Crucible during the Electron Beam Melting (EBM)

**E. Ahmadi<sup>1</sup>, S. K. Sadrnezhad<sup>2</sup> and M. Malekzadeh<sup>3</sup>**

1, 2 and 3- Department of Materials Science and Engineering,  
Sharif University of Technology  
**E-mail: [Eltefat@gmail.com](mailto:Eltefat@gmail.com)**

### **ABSTRACT**

In this research, electron beam melting (EBM) was used for production of NiTi SMAs. This is a useful method because of reduction of contamination and excellent chemical homogeneity of NiTi alloy. Influence of thermodynamic and kinetics parameters such as melting temperature and holding time of the NiTi melt in a graphite crucible on formation of equilibrated compound such as Ni<sub>3</sub>Ti, Ti<sub>2</sub>Ni and formation of TiC is investigated. NiTi SMAs remelted at three different temperatures: 1623, 1653 and 1693 K by HCD- Gun system. Kinetic results show that reaction between the NiTi SMA melts and graphite crucible is a first order chemical reaction. The activation energy of this reaction was  $E_a=225.8$  kJ/mol. Scanning electron microscopy (SEM), x-ray diffraction (XRD), energy dispersion analysis by x-ray (EDAX) methods were used to determine the chemical analysis and characteristics of compounds and intermetallic phases.

**KEY WORDS:** Thermodynamics, Kinetics, NiTi, Electron Beam Melting (EBM).