

اثر افزودن ماده اولیه اولیوین بر خواص جرم های تاندیش بر پایه منیزیا

محسن امین، مجید نادرپور، حسن لائح¹

مرکز تحقیقات شرکت فرآورده های نسوز پارس

چکیده

کیفیت و طول عمر لایه کاری دیر گدازهای مورد استفاده در تاندیش های فولاد سازی به عنوان محفظه نگهدارنده فولاد در عملیات ریخته گری پیوسته از اهمیت بالایی برخوردار می باشد در سال های اخیر استفاده از جرم های تاندیش اولیوینی بواسطه قیمت مناسب، فراوان بودن و مقاومت بالا در برابر خوردگی افزایش یافته است. در تحقیق حاضر از مقادیر مختلف اولیوین جهت افزودن به جرم های تاندیش بر پایه منیزیا استفاده شده و نقش آن بر خواص مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد افزودن اولیوین باعث بهبود خواص فوق شده و با تشکیل فازهایی چون فورستریت و دی کلسیم سیلیکات منجر به بهبود مقاومت به خوردگی این جرم ها گردیده است. [6]

کلمات کلیدی: جرم تاندیش، اولیوین، منیزیا، هدایت حرارتی

مقدمه:

تانديش در صنايع فولاد سازي ظرفي شبيه وان بين پاتيل خط ريخته گري قرار گرفته و براي تامين و توزيع مذاب به قالب‌هاي ريخته گري طراحي شده است. در واقع تانديش نقش توزيع کننده مذاب را در صنايع فولاد ايفا مي‌کند. از مهمترين وظايف تانديش، ذخيره مذاب در زمان تعويض پاتيل به منظور جلوگیری از توقف ريخته گري، ايجاد عايق حرارتي جهت حفظ دماي مذاب و تميز نگه داشتن مذاب مي‌باشد. به طور کلي ديرگدازهاي مورد استفاده در تانديش شامل لايه ايمني، لايه دائمي و آستر کاري مي‌باشد. جهت حفاظت ديرگدازهاي دائمي تانديش از خوردگي، يک لايه آستر به ضخامت تقريبي 40 ميليتر بر روي آن اسپري يا ماله کشي مي‌شود. به اين لايه، لايه کاري و يا فدا شونده مي‌گويند. اهميت آستر از آنجاست که در تماس مستقيم با مذاب فولاد مي‌باشد. يکي از مشکلات عمده ديرگدازهاي منيزيومي مورد استفاده در تانديش خوردگي بالاي آنها مي‌باشد که اين امر به دليل نفوذ SiO_2 و CaO از سرباره و تشکيل فازهاي با نقطه ذوب پايين همانند مونتسيوليت (1495°C) و مرونيست (1575°C) مي‌باشد. [1] اين فازها باعث انحلال دانه‌هاي پريکلاس در مذاب و خوردگي آستر مي‌گردند. استفاده از اوليوين بنا به دلایلي که اشاره خواهد شد مقاوت به خوردگي جرم را افزايش مي‌دهد علاوه بر اين کاهش هدايت حرارتي جرم در اثر استفاده از اوليوين منجر به عملکرد بهتر جرم مي‌گردد.

اوليوين يکي از کاني‌هايي است که منشأ آذرين دارد. اوليوين با فرمول شيميايي $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ داراي ساختار اورتورومبيک مي‌باشد که از فورستريت (Mg_2SiO_4) و فاياليت (Fe_2SiO_4) تشکيل شده است. ميزان فورستريت حدود 93% و فاياليت حدود 7% درصد مي‌باشد. در کاني اوليوين فاياليت به صورت محلول جامد در فورستريت مي‌باشد. فورستريت داراي نقطه ذوب 1890°C و فاياليت داراي نقطه 1205°C مي‌باشد. هرچه ميزان FeO در اوليوين بيشتري باشد در واقع نقطه ذوب آن پايين تر خواهد بود. نقطه ذوب اوليوين حد واسط بر اساس ترکيب شيميايي و يا به عبارت ديگر بر حسب مقدار جانشيني يون هاي بزرگتر Fe به جای يون هاي کوچکتر Mg مي‌باشد. اوليون‌هايي با درصد FeO مابين 10 الي 15 درصد براي مصارف ديرگداز مناسب مي‌باشند. وزن مخصوص اوليوين $3/22-4/29 \text{ gr/cm}^3$ و سختي آن 6/5-7 درمقياس ماوس مي‌باشد. [4] [5] در ساليان اخير اوليوين بنا به دلایلي همچون، ارزان بودن، فراوان بودن و همچنين اثر آن بر بهبود مقاوت به خوردگي جرم ها مورد توجه قرار گرفته است.

روش تحقیق:

مواد اولیه مورد استفاده در این تحقیق شامل منیزیای 92 ایران و اولیوین کلسینه شده چینی می باشد که ترکیب شیمیایی آن در جدول (1) ارائه شده است. 4 ترکیب از مواد اولیه فوق با مقادیر مختلف اولیوین در مقایسه با نمونه مرجع (بدون اولیوین) بر اساس جدول (2) تهیه گردید. میزان الیاف کاعذی استفاده شده، بایندر و آب در همه نمونه ها یکسان می باشد.

نمونه ها پس از مخلوط سازی در قالب های $50 \times 50 \times 50$ میلیمتر شکل داده شد و پس از خشک شدن در دمای 110°C در دمای های 900 و 1650 درجه سانتیگراد به مدت 3 ساعت پخت گردید. اندازه گیری استحکام فشاری سرد، دانسیته و تخلخل نمونه ها بر اساس استاندارد JIS صورت گرفت.

تست خوردگی بوته و با استفاده از سرباره تاندیش در دمای 1650 درجه سانتیگراد و به مدت 5 ساعت انجام گرفت. مقایسه هدایت حرارتی مابین جرم منیزیایی و جرم منیزیا - اولیوینی در دمای 900 درجه سانتیگراد توسط دستگاه هدایت حرارتی با روش سیم داغ صورت گرفت.

نتایج و بحث:

در شکل های 1، 2، 3 و 4 نمودارهای مربوط به نتایج درصد تخلخل و دانسیته نمونه های پخت شده در دمای 900 و 1650 درجه سانتیگراد نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد در مورد نمونه های پخت شده در دمای 900 درجه سانتیگراد نمونه D دانسیته بالاتری از سایر نمونه ها دارد که احتمالاً به خاطر حضور جز پودر اولیوین می باشد. از آنجا که جز پودر منیزیا با افزودن آب قابلیت هیدراته شدن زیادی دارد در نتیجه با آب به سرعت واکنش کرده و فاز $\text{Mg}(\text{OH})_2$ تشکیل می دهد. این فاز با افزایش حجم قابل ملاحظه ای همراه است که باعث می گردد تا نمونه دچار تنش مکانیکی شده و باعث ایجاد تخلخل و ترک گردد. با جایگزینی جز پودر اولیوین به جای پودر منیزیا می توان جلوی هیدراته شدن را گرفت. همچنین همانگونه که مشاهده می گردد درصد تخلخل در نمونه D از همه کمتر می باشد. نتایج دانسیته و تخلخل در نمونه های پخت شده در دمای 1650 درجه سانتیگراد نشان می دهد که درصد تخلخل نمونه B و A از همه

پایین تر است و همچنین نمونه B دارای بالاترین دانسیته می باشد. نمودار شماره 5 و 6 استحکام فشاری سرد را در دماهای 900 و 1650 درجه سانتیگراد نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در دمای 900 درجه سانتیگراد استحکام مکانیکی نمونه ها تفاوت محسوسی ندارند. دمای سطح Hot face جرم و در تماس با مذاب حدود 1650 درجه سانتیگراد است که این دما در منطقه cold face به 900 درجه سانتیگراد می رسد. بنابراین استحکام پایین در 900 °C برای تخلیه جرم و جدا شدن از لایه دائمی مطلوب است. نتایج استحکام پس از پخت در دمای 1650 درجه سانتیگراد نشان می دهد که استحکام نمونه A تقریباً با نمونه B برابر است و این دو دارای بالاترین میزان استحکام می باشند. در مورد نمونه A با توجه به نسبت C/S که به مقدار 0/8 است فازهایی مانند فورستریت و مونتسلیت را تشکیل شود که هر دو فاز در بین دانه قرار گرفته تخلخل های بین دانه ای را پر کرده و استحکام را افزایش می دهد. [3][1] همچنین نمونه B به دلیل حضور آهن بالا در اولیوین و تشکیل فازهایی مانند فیالیت که دارای قابلیت پرکنندگی تخلخل می باشد می تواند باعث افزایش استحکام گردد. باید توجه داشت که تشکیل فاز فورستریت و همچنین فازهایی مانند $MgFe_2O_4$ که با افزودن اولیوین ایجاد می گردند به دلیل تفاوت ضریب انبساط حرارتی با فاز پریکلاس باعث ایجاد شکاف هایی در اطراف دانه های منیزیا می گردد که این امر می تواند منجر به کاهش استحکام شود. ولی در مواردی که مقدار اولیوین اندک می باشد به دلیل وجود فازهایی مانند فیالیت و خاصیت پرکنندگی تخلخل ها می تواند افت استحکام ناشی از وجود شکاف های بین دانه ای را جبران کند. [5][4]

نتایج مقایسه هدایت حرارتی در دمای 900 درجه سانتیگراد نشان می دهد که نمونه A (فاقد افزودنی اولیوین) دارای هدایت حرارتی $1.643 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ و نمونه D با افزودن 20 درصد اولیوین دارای هدایت حرارتی $1/565 \text{ kcal/mh}^\circ\text{C}$ می باشد. اضافه شدن اولیوین به جرم های لایه کاری تاندیش منیزیا می تواند به دلایل مختلف باعث کاهش هدایت حرارتی این جرم ها گردد و در نهایت موجب حفظ دمای فولاد مذاب گردد. اولیوین مورد استفاده دارای دانسیته $2/79 \text{ gr/cm}^3$ و منیزیا ایران دارای دانسیته $3/3 \text{ gr/cm}^3$ می باشد. دانسیته تمامی نمونه ها پس از پخت از دانسیته جرم منیزیایی کمتر می باشد. پس از پخت فاز های عمده شامل پریکلاس و فورستریت می باشد. از یک سو پریکلاس دارای هدایت حرارتی بالاتری نسبت به فورستریت می باشد و از سوی دیگر تبدیل ساختار جرم از تک فازی به دو فازی باعث کاهش هدایت حرارتی می شود. بنابراین به علت دانسیته پایین تر، هدایت حرارتی پایین تر فورستریت و همچنین چند فازی بودن هدایت حرارتی کاهش می باید. [2]

شکل 7 نتایج پس از تست خوردگی نشان داد که نمونه A دارای بیشترین میزان خوردگی و نمونه B دارای کمترین میزان خوردگی می باشد. دلیل آن اینست که جرم های پلاستر منیزیا - اولیوینی شکاف بازیسته میان سرباره و پلاستر را کاهش داده و در نتیجه خوردگی را کاهش می دهد. دلیل دیگری که می تواند ذکر گردد این است که حضور MgO و اولیوین به صورت همزمان می تواند در تماس با سرباره فاز هایی مانند فورستریت و دی کلسیم سیلیکات با نقطه ذوب بالا بر روی سطح MgO تشکیل دهد که این پدیده از حمله سرباره جلوگیری می کند. بواقع این فاز های دیرگداز به عنوان سطح مشترک کنترل کننده نفوذ سرباره به درون جرم عمل خواهند کرد. [6]

نتیجه گیری:

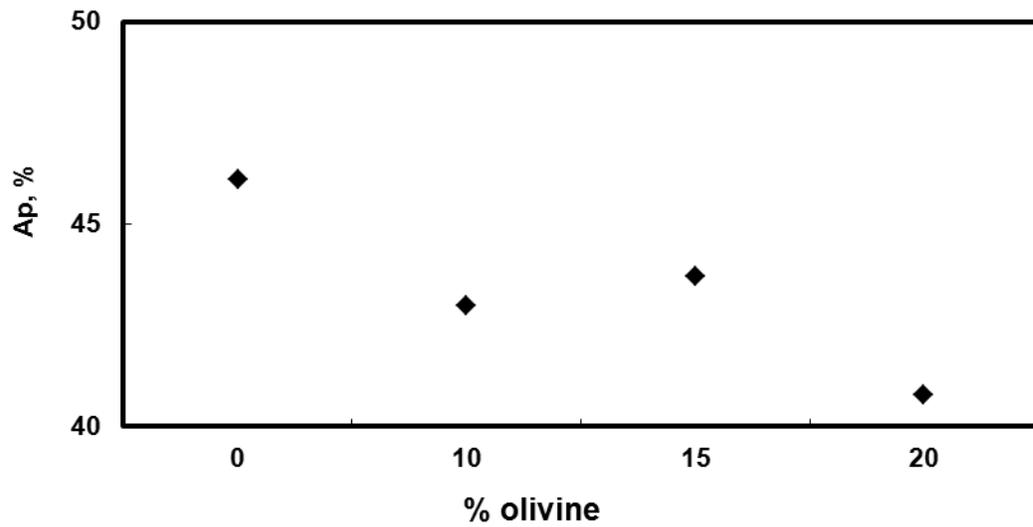
افزودن اولیوین می تواند به دلیل کاهش فاصله بازیسته مابین جرم و سرباره تاندیش باعث افزایش مقاومت به خوردگی جرم گردد. افزودن اولیوین می تواند باعث کاهش هدایت حرارتی و در نتیجه اتلاف حرارتی مذاب فولاد گردد که این امر به دلیل وجود فاز فورستریت، تنوع فازهای مختلف و همچنین دانسیته کمتر اولیوین می باشد. استحکام فشاری سرد با افزودن اولیوین تغییر چندانی نمی کند.

جدول شماره 1: فرمولاسیون جرم های لایه کاری تاندیش با استفاده از مقادیر مختلف اولیوین

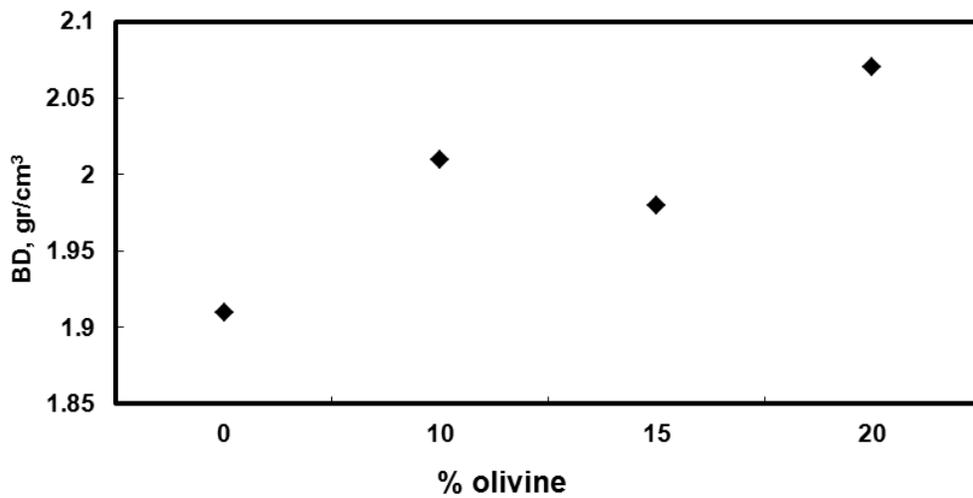
formula		A	B	C	D
92 iran	<1	55	50	55	50
	P	45	40	35	30
olivine	<1	-	5	-	5
	P	-	5	15	15

جدول شماره 2: آنالیز شیمیایی مواد اولیه مورد استفاده

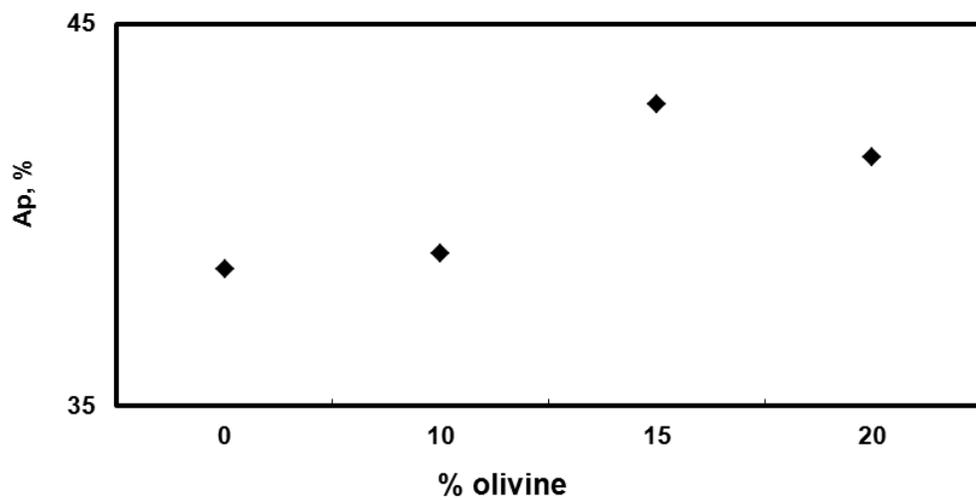
Phase % /sample	92 iran	Calcined olivine
SiO ₂	4	43
Fe ₂ O ₃	0.3	8.8
Al ₂ O ₃	0.2	0.52
CaO	3.2	1.1
MgO	92	44.4
LoI	0	1.72
BD(gr/cm ³)	3.3	2.79
C/S	0.8	-



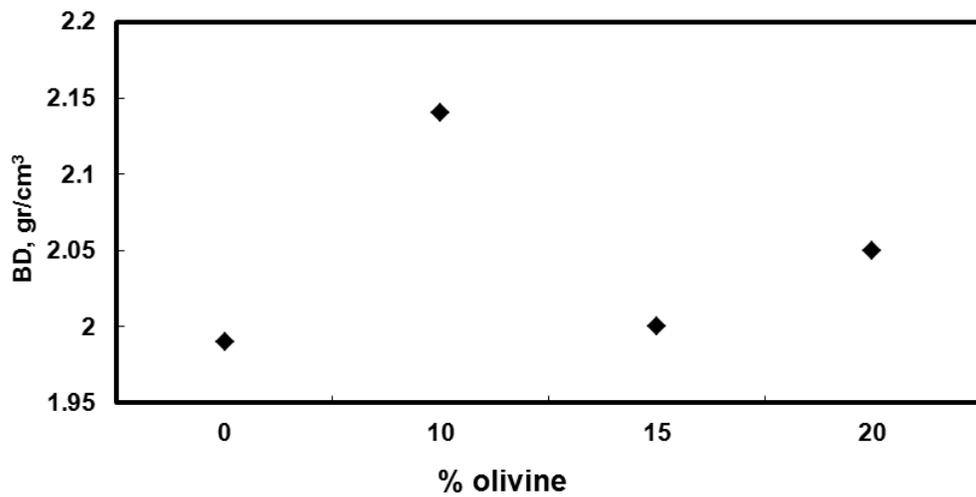
شکل 1: نتایج تخلخل پس از پخت در دمای 900 درجه سانتیگراد:



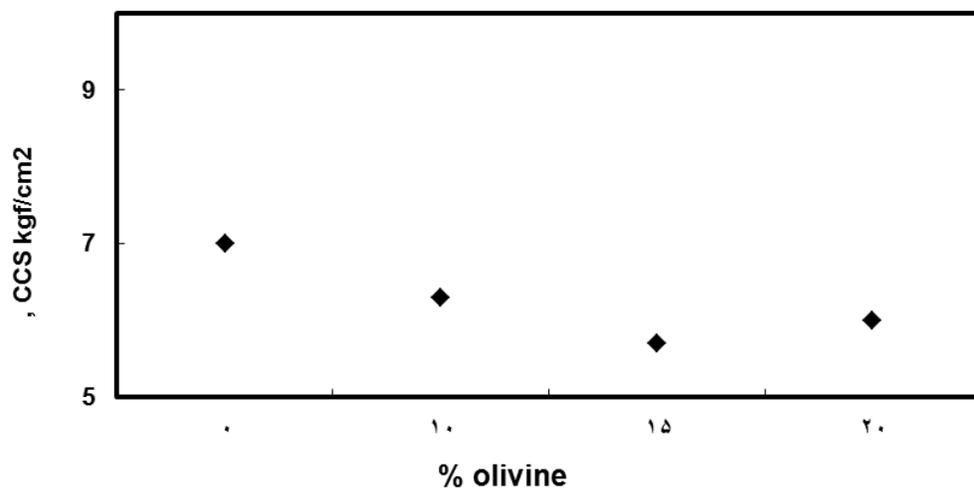
شکل 2: نتایج دانسیته پس از پخت در دمای 900 درجه سانتیگراد:



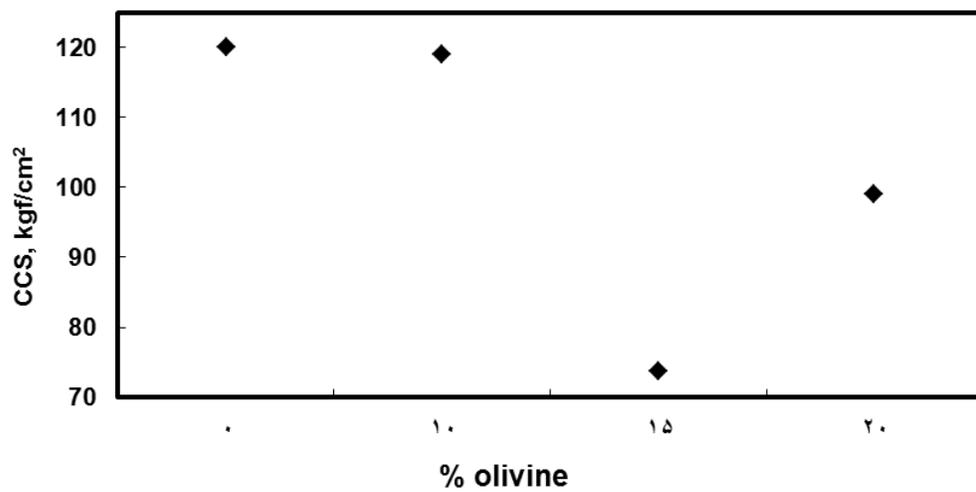
شکل 3: نتایج تخلخل پس از پخت در دمای 1650 درجه سانتیگراد:



شکل 4: نتایج دانسیته پس از پخت در دمای 1650 درجه سانتیگراد



شکل 5: نتایج استحکام فشاری سرد پس از پخت در دمای 900 درجه سانتیگراد:



شکل 6: نتایج استحکام فشاری سرد پس از دمای 1650 درجه سانتیگراد:



شکل 7: تست خوردگی بوته در دمای 1650 درجه سانتیگراد

مراجع:

- 1- زیارتعلی نعمتی، دیرگداز های سرامیکی، منیزیا و فاز پریکلاس
- 2- محمد رضا رحیمی پور، اسماعیل صلاحی، آشنایی با خواص فیزیکی مواد
- 3- بهزاد میرهادی، مواد دیرگداز، جرم های تاندیش

4- Juy Tu," microstructure , phase composition and properties of and olivine-based castable" , UNITECR 93

5- M.Koltermann , "olivine as a refractory material in the steel industry " international conference on refractories ,87 Tokyo , nov.10-13,1987 ,Vol.1

6- Hannu Nevala,"experiences of different Tundish lining materials in continuous casting "