



استفاده از خاک پرلیت در مواد خام سیمان

تهیه و تنظیم : سهیلا پوررحیم

مدیر کنترل کیفیت و آزمایشگاه

کارخانه سیمان آذرآبادگان خوی

بهار ۱۴۰۴

موضوع مقاله : استفاده از پرلیت در ترکیب خوراک کوره (در سیمان آذرآبادگان خوی)

چکیده :

دارا بودن معادن آهک و خاک با کیفیت و به تبع آن استفاده از مواد با حداقل نوسان آنالیزی و داشتن خواص مینرالوژی قابل قبول برای هرکارخانه تولید سیمان جهت تولید سیمان با کیفیت و مدیریت مصرف انرژی فسیلی و الکتریکی از اولویت های مهم بشمار می آید مواد اولیه مورد استفاده در سیمان آذرآبادگان خوی با توجه به شرایط مینرالوژی مواد خام معادن کارخانه و سخت پز بودن مواد دستیابی به این مهم را دشوار نموده است لذا جهت حل مشکل با افزودن خاک پرلیت به مواد اولیه سعی شده است تا مواد خوش پخت تر شده و مشکلات فرایندی تولید کاهش پیدا کند که در این راستا ابتدا معادن پرلیت همجوار شناسایی شده و دومورد پرلیت از دو معدن متفاوت بعد از آنالیز شیمیایی و تست های ساده آزمایشگاهی مقایسه شده و نمونه قابل قبول انتخاب شد سپس جهت مشاهده تاثیر پرلیت در پخت ، در اشل آزمایشگاهی نمونه هایی با افزودن ۳٪ پرلیت به خوراک کوره تهیه شده و در کوره آزمایشگاه در دماهای مختلف پخت انجام گرفت و از طریق اندازه گیری آهک آزاد و همچنین افت حرارتی نمونه های آماده شده و مشاهده روند تغییرات و مقایسه با نمونه های شاهد تهیه شده و پخت شده در همان شرایط تصمیم به استفاده از خاک پرلیت در اشل صنعتی نیز گرفته شد .

مواد اولیه مورد استفاده در سالن خاک به میزان حدود ۷۵-۸۰٪ سنگ آهک که از هردو معدن همجوار کارخانه تامین میشود و همچنین ۲۵-۲۰٪ نیز خاک ردسویل و شیبست توامان میباشد

جهت تنظیم مواد نیز با استفاده از بونکرهای چهارگانه به طور متوسط ۲-۳٪ سنگ آهن و ۱-۱/۵٪ سنگ سیلیس به عنوان تصحیح کننده استفاده میشود ، در ادامه مروری بر وضعیت مواد مصرفی از نظر آنالیز شیمیایی و میکروسکوپی خواهیم داشت .

مروری بر آنالیز مواد اولیه سیمان آذر آبادگان خوی :

معادن سنگ آهک سیمان آذرآبادگان خوی از نوع مرمریت بوده و دارای تنوع آنالیزی بسیار بالایی بوده ورگه های مارنی رسی کیفیت پایین بوفور در لابلای سنگ های تیترا بالا مشاهده میشود که غالبا جداسازی نیز بسیار مشکل میباشد ، وجود این رگه های تاثیر بسطایی در ناپایداری پری هیترا بدلیل نوسان دمایی لازم برای کلسینه با این حجم از تنوع آهک به کرات مشاهده میشود که به عنوان نمونه چند مورد آنالیز سنگ آهک از جبهه های مختلف به همراه مختصری از شرح نتایج مطالعات میکروسکوپی صورت گرفته آورده شده است



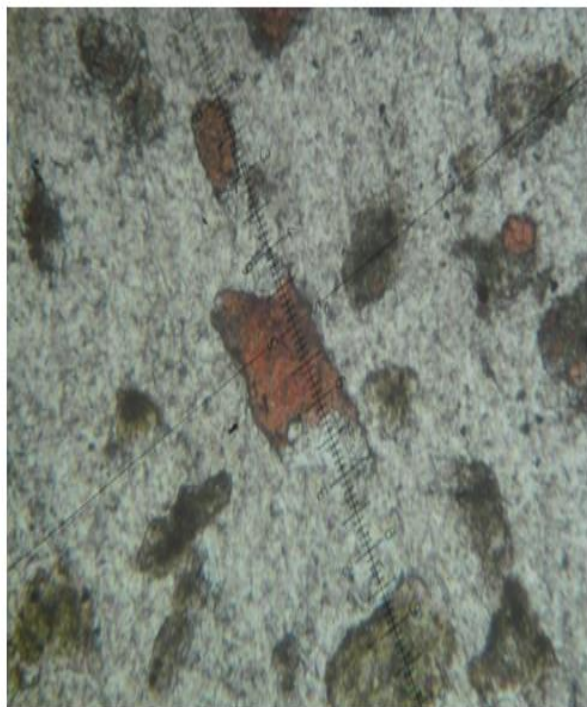
عکس معادن آهک

ALM	Si2O	AL2O3	Fe2O3	CaO	Mgo	LSF	SIM	
3.51	0.89	0.44	0.15	49.91	1.63	1606	2.06	Lime1
3.51	3.14	1.18	0.34	48.18	1.55	463	2.06	Lime2
3.03	5.32	1.7	0.56	47.45	1.34	275	2.35	Lime3
2.99	5.3	1.92	0.64	46.5	1.81	266	2.03	Lime4
2.83	7.8	2.1	0.74	44.55	3.26	179	2.74	Lime5
1.39	12.72	4.18	2.98	41.35	2.32	97.3	1.77	Lime6
3.01	32.37	10.63	3.48	35.22	2.67	33.39	2.29	Lime7
2.13	37.13	13.12	6.15	26.57	3.23	21.51	1.92	Lime8

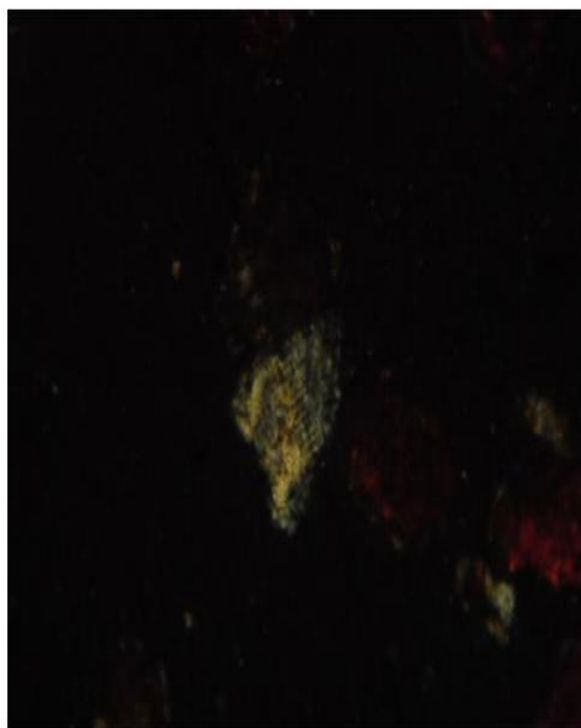
جدول آنالیز جبهه های مختلف سنگ آهک

در ترکیب مینرالی سنگ آهک هردو معدن ، نسبت در صد کربناتهای میکرایت به اسپارایت از مقادیر ۹۵:۰۵ شروع شده و تا ۷۰:۳۰ نیز ادامه دارد

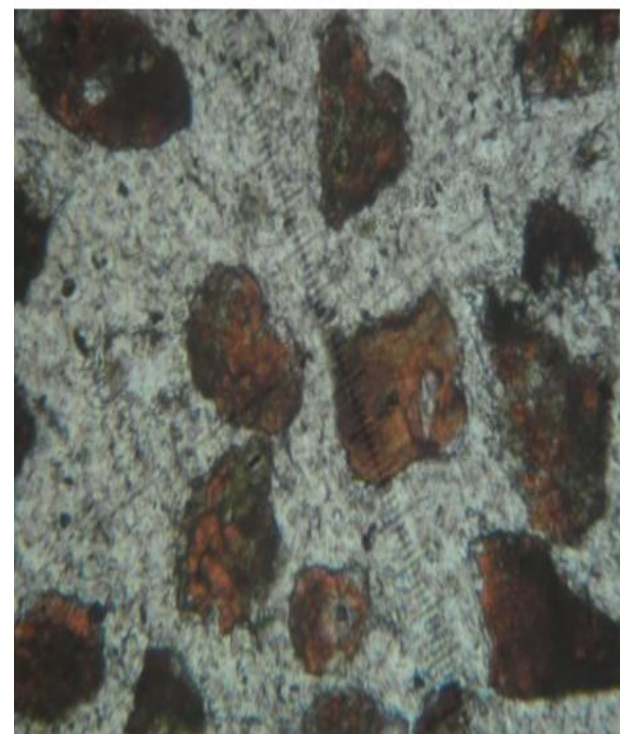
مقدار کوارتز آزاد نیز از ۷۶/۰٪ شروع شده تا ۲۴/۴٪ نیز یافت میشود لازم به ذکر است که اقلیت از نوع موزاییکی واکثریت از نوع میکروکریستالین میباشد



نمایی از کلسیت های رنگ آمیزی شده با آلزارین در مجاورت کانیه های رسی و مارلی. نور A



نمایی از وجود کوارتز در مجاورت کلسیت رنگ آمیزی شده. نور P



نمایی از کلسیت های رنگ آمیزی شده با آلزارین. نور A

خاک رس و سنگ سیلیس مصرفی نیز از معادن همجوار کارخانه تامین میشود که متاسفانه دارای سیلیس آزاد بالایی میباشد که نتایج مطالعات میکروسکوپی نیز تایید ی براین مورد میباشد



معدن ردسویل



معدن شیست

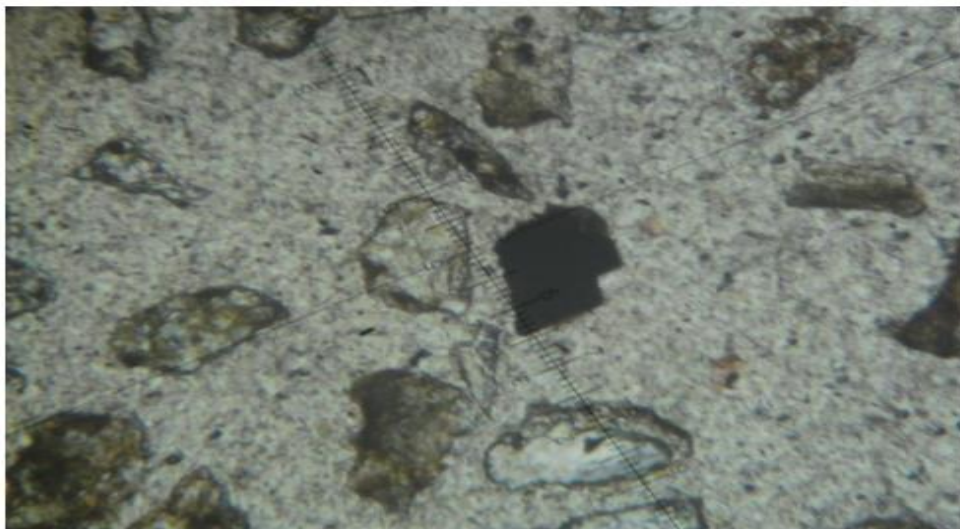


معدن سنگ سیلیس

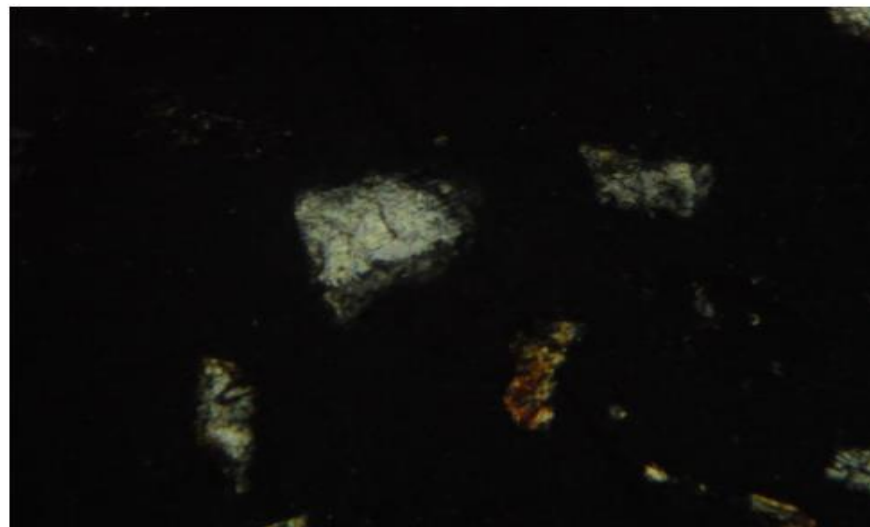
	Si2O	AL2O3	Fe2O3	CaO	Mgo	LSF	SIM	ALM
RedSoile	54	14.5	6.2	5.84	3.34	3.4	2.63	2.23
Shist	59.8	13.89	6.69	3.55	2.83	2	2.59	2.36
Silika	78	10	3.82	4.15	1.48	1.8	5.64	2.62

جدول آنالیز خاک و سنگ سیلیس

رد سویل مورد استفاده در تنظیم مواد دارای ۴۵٪ کوارتز آزاد میباشد که اکثریت از نوع موزاییکی و اقلیت از نوع میکروکریستالین میباشد



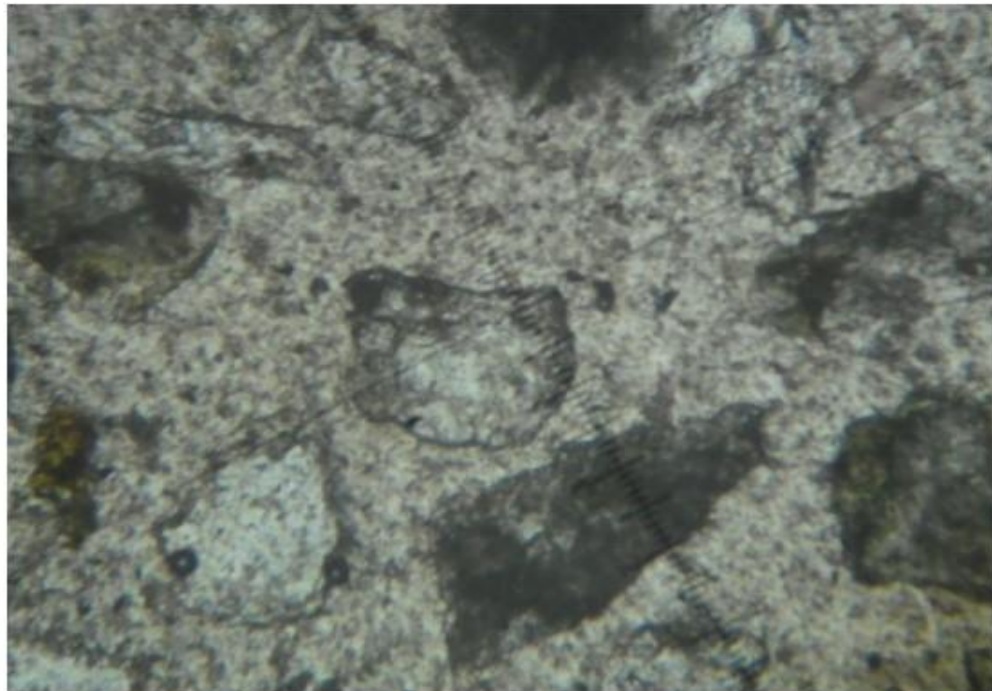
نمایی از وجود کانی کدر مابین کانیهای سیلیسی - A



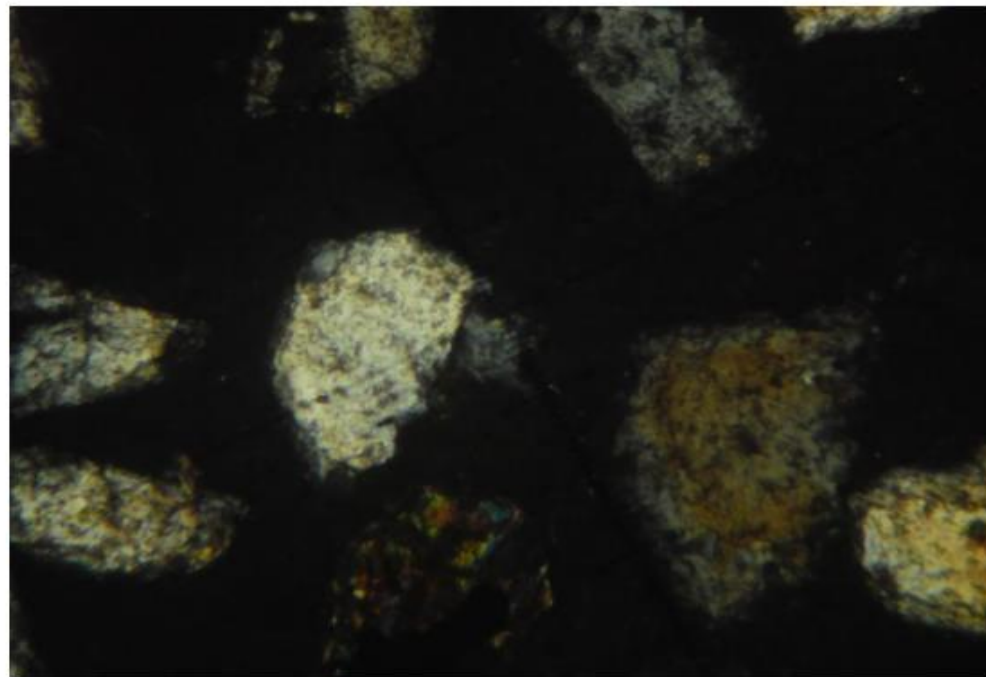
نمایی وجود قطعه کوارتز - P

عکس میکروسکوپی رد سویل

شیست مورد استفاده در تنظیم مواد دارای ۵۷٪ کوارتز آزاد میباشد که اکثریت از نوع موزاییکی و اقلیت از نوع میکروکریستالین میباشد



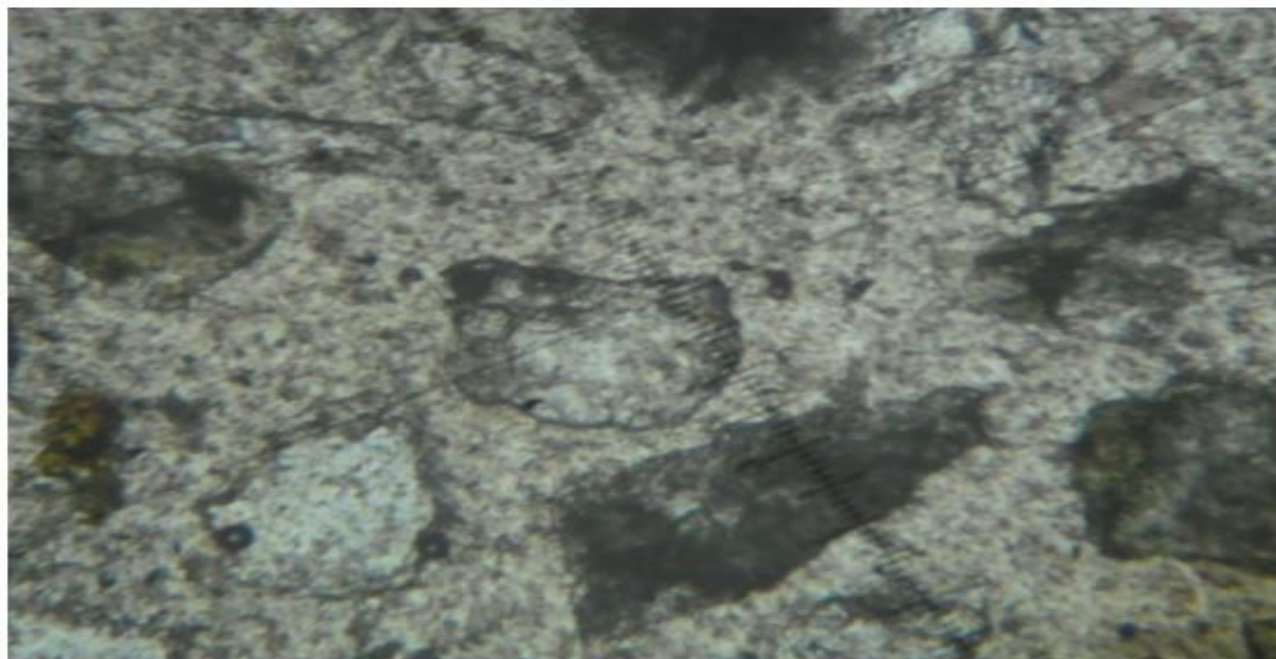
نمایی از وجود قطعات ولکانی مابین کانیه‌های سیلیسی - A



نمایی وجود قطعه کوارتز - P

عکس میکروسکوپی شیست

سنگ سیلیس مورد استفاده در تنظیم مواد دارای ۶۴٪ کوارتز آزاد میباشد که اکثریت از نوع موزاییکی و اقلیت از نوع میکروکریستالین میباشد



نمایی از وجود قطعات ولکانی مابین کانیهای سیلیسی - A

عکس میکروسکوپی سیلیس

سنگ آهن مورد استفاده در تنظيم مواد از نوع هماتيت بوده و از معادن شهرستان مهاباد خريداري ميشود

	Si2O	AL2O3	Fe2O3	CaO	Mgo	L.O.I
سنگ آهن	14.5	3.89	58.1	6.5	2.22	12.5

جدول آناليز سنگ آهن



معدن آهن

جهت تعیین قابلیت خردایش مواد اولیه از نمونه های مواد مصرفی به همراه یک نمونه از میکس (خروجی سنگ شکن) توسط یک آزمایشگاه معتبر قابلیت خردایش انجام ونتایج در جدول ذیل آورده شده است

قابلیت خردایش	نام سنگ
15.5	سنگ آهک
16.28	شیست
8.55	ردسویل
20.13	سنگ سیلیس
14.5	سنگ آهن
14.32	ورودی آسیاب

جدول قابلیت خردایش مواد اولیه

همچنین با انجام یک آزمایش ساده مقایسه سختی سنگ آهک انجام شده است ،بدین ترتیب که نمونه های سنگ آهک های جبهه های مختلف بایک وزن ثابت توسط دستگاه آسیاب دیسکی آزمایشگاه وبا معیار باقیمانده روی الک ۹۰ میکرون به میزان ۱۵-۱۷ % آسیاب شده وزمان دستیابی به این عدد ثبت ومقایسه شد که نتایج در جدول ذیل قابل مشاهده میباشد

باقیمانده روی الک ۹۰ میکرون %	زمان آسیاب(ثانیه)	نام نمونه
15	110	Lime1
17	140	Lime2
17	70	Lime3
15	110	Lime4
16	110	Lime5
16	80	Lime6
15.5	90	Lime7
15	40	Lime8

جدول تست باقیمانده روی الک ۹۰ میکرون

جدول فوق تفاوت زمان سایش پذیری برای رسیدن به باقیمانده روی الک یکسان را در نمونه های مختلف بخوبی نشان داده وجود رگه های مختلف به جهت تفاوت سختی وسایش پذیری معدن سنگ آهک را با یک آزمایش ساده تایید میکند

با توجه به نتایج میکروسکوپی مواد اولیه مورد استفاده در خوراک کوره و همچنین نتایج قابلیت خردایش و آسیاب شوندگی مواد مشاهده میشود که قابلیت خردایش مواد بسیار بالا بوده و همچنین عدم یکنواختی در سنگ آهک های مورد استفاده در میزان سایش پذیری نیز قابل مشاهده میباشد که همه این عوامل منجر به سخت پزی مواد و عدم یکنواختی پخت آهک های مورد استفاده شده و گاها منجر به ایجاد طوفانی از مواد سرکش در لایه های پری هیتر میشود

که همه این عوامل دست ب دست هم داده طوریکه منجر به تولید کلینکرهایی با وزن لیتری در بازه ۱۴۰۰-۱۴۵۰ شده است که در صورت پایین آوردن وزن لیتری آهک آزاد بشدت بالا رفته و کلا وضعیت کوره بهم ریخته و و کیفیت کلینکر بشدت افت پیدا میکند

لذا تصمیم براین شد جهت بهبود وضعیت پخت و کاهش وزن لیتری کلینکر از ماده ای (پرلیت) به عنوان کمک ذوب استفاده شود

پرلیت چیست؟

خاک پرلیت نوعی از سنگ آتشفشانی است که حاوی سیلیس میباشد این خاک در صورت حرارت دیدن به مقدار لازم حدود ۸۰۰ تا ۹۵۰ درجه سانتیگراد ، بین ۴الی ۲۰ درصد افزایش حجم پیدا میکند.

آنالیز
شیمیایی
پرلیت :

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	LOI
75	13.5	0.8	0.5	0.2	0.3	2.1	2.5	5

نکته قابل تامل اینکه آنالیز شیمیایی اکسید سیلیس و اکسید آلومینیوم خاک پرلیت مشابه خاک مصرفی مورد استفاده در سالن خاک بوده لذا استفاده از این افزودنی چالشی برای تنظیم مدولها ایجاد نکرده است.



افزایش حجم ناشی از حرارت در عکس شماره یک قابل مشاهده میباشد

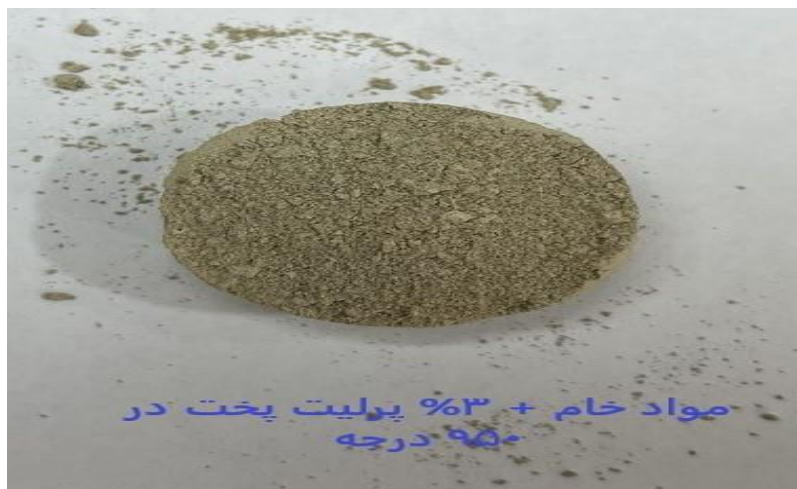
تشریح روش تحقیق :

جهت مشاهده تاثیر پرليت در پخت ، ابتدا در اشل آزمایشگاهی نمونه هایی با افزودن ۳٪ پرليت به خوراک کوره آماده شده در دماهای مختلف پخت شد همچنین جهت مقایسه در همان دما نمونه های شاهد نیز تهیه و پخت شد و با اندازه گیری آهک آزاد نتایج ذیل حاصل شد

جدول مقایسه مقادیر آهک آزاد و پرت حرارتی در خوراک کوره همراه با پرليت وبدون پرليت(نمونه شاهد) میباشد

	خوراک کوره بدون پرليت		خوراک کوره همراه ۳٪ پرليت	
	پرت حرارتی	آهک آزاد	پرت حرارتی	آهک آزاد
دمای پخت °C				
950	33.89	44.52	33.11	39.76
1000	34.46	42.28	33.62	38.36
1050	34.49	38.64	33.65	35.84
1100	34.54	35.84	33.71	33.88
1150	34.59	31.19	33.73	28.56
1200	34.65	21.11	33.81	18.76
1250	34.83	7.9	33.98	4.95
1300	34.95	4.25	34.11	1.65
1350	35.12	2.99	34.35	1.2
1400	35.2	1.8	34.5	0.82

در ذیل اشکال مواد خام بعد از پخت آزمایشگاهی مواد خام همراه با پرلیت و نمونه های شاهد بدون پرلیت جهت مقایسه ظاهری رفتار حرارتی آورده شده است



دمای ۹۵۰ درجه



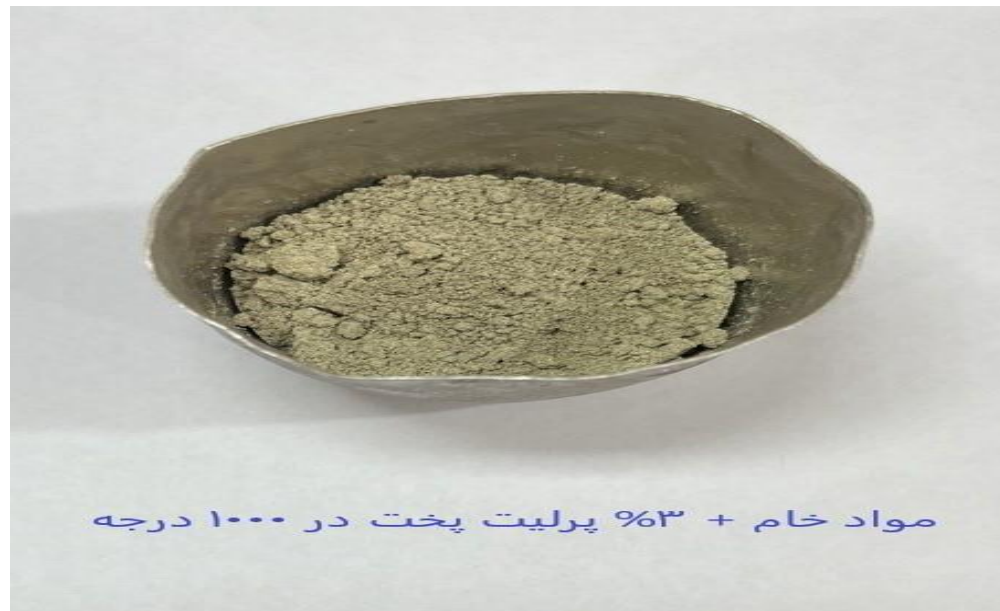
مواد خام پخت در ۱۰۰۰ درجه



مواد خام پخت در دمای ۱۰۰۰ درجه

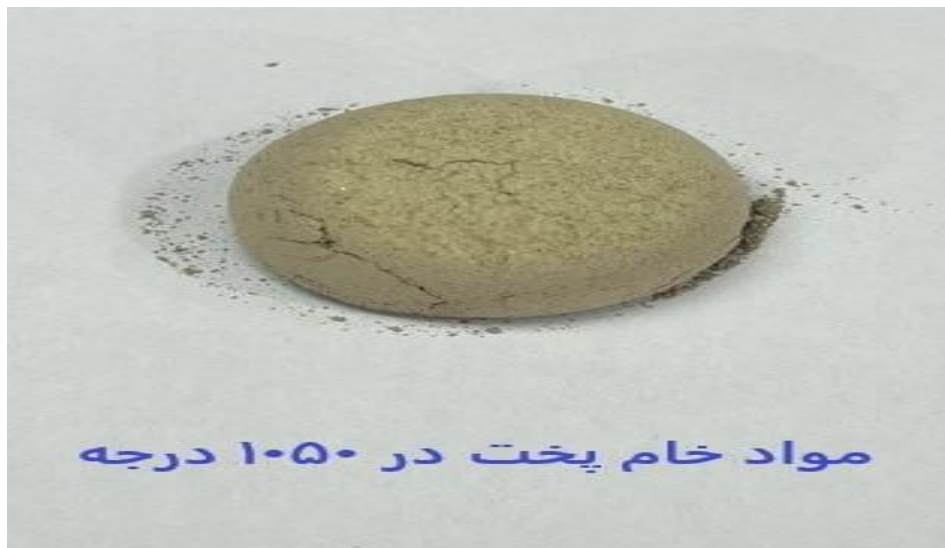


مواد خام + ۳٪ پرلیت پخت در ۱۰۰۰ درجه



مواد خام + ۳٪ پرلیت پخت در ۱۰۰۰ درجه

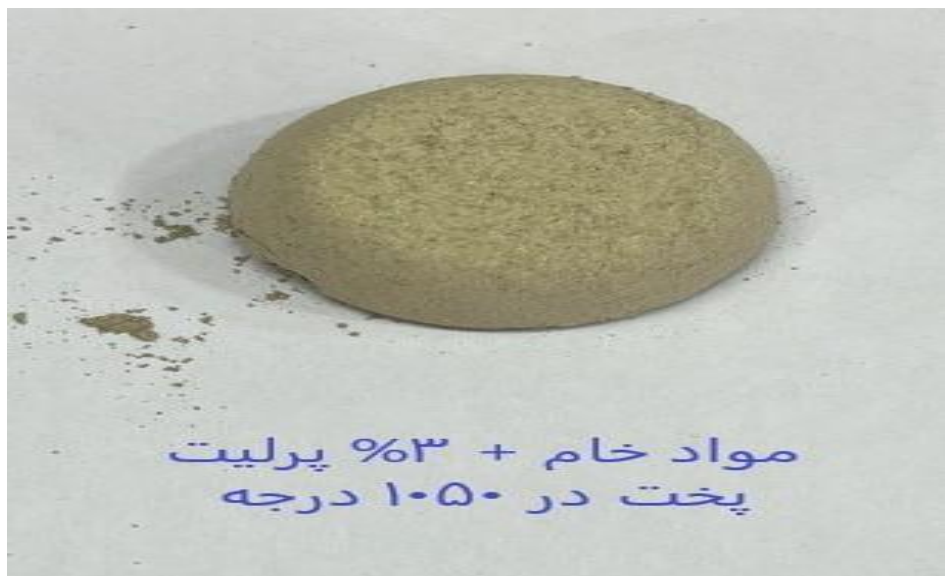
دمای ۱۰۰۰ درجه



مواد خام پخت در ۱۰۵۰ درجه



مواد خام پخت در ۱۰۵۰ درجه



مواد خام + ۳٪ پرلیت
پخت در ۱۰۵۰ درجه



مواد خام + ۳٪ پرلیت پخت در ۱۰۵۰ درجه

دمای ۱۰۵۰ درجه



مواد خام پخت در ۱۱۰۰ درجه



مواد خام پخت در ۱۱۰۰ درجه



مواد خام + ۳% پرلیت
پخت در ۱۱۰۰ درجه



مواد خام + ۳% پرلیت پخت در ۱۱۰۰ درجه

دمای ۱۱۰۰ درجه



مواد خام پخت در ۱۱۵۰ درجه



مواد خام پخت در ۱۱۵۰ درجه

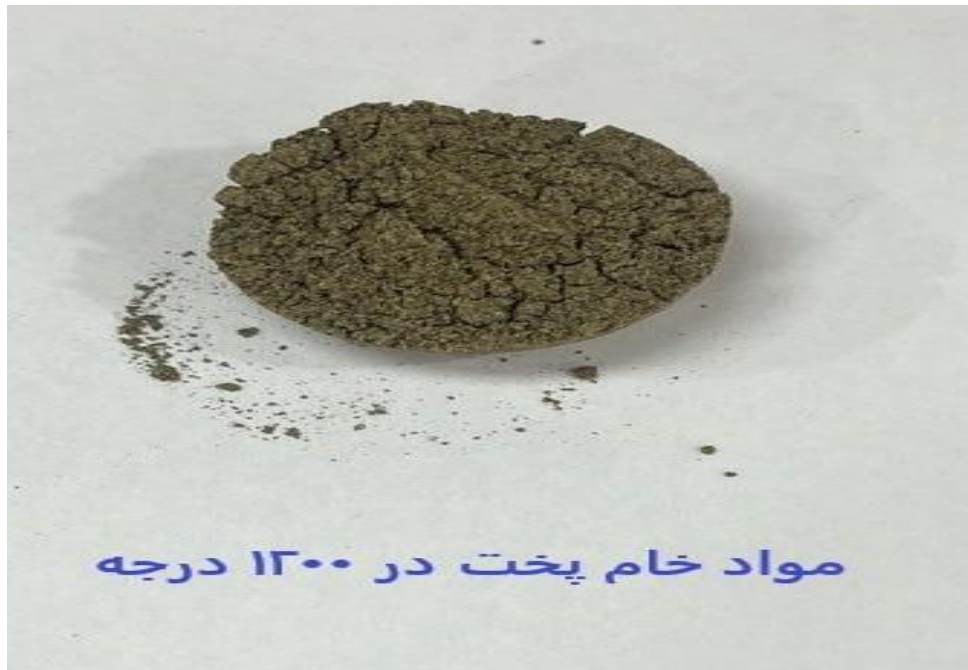


مواد خام + ۳% پرلیت
پخت در ۱۱۵۰ درجه

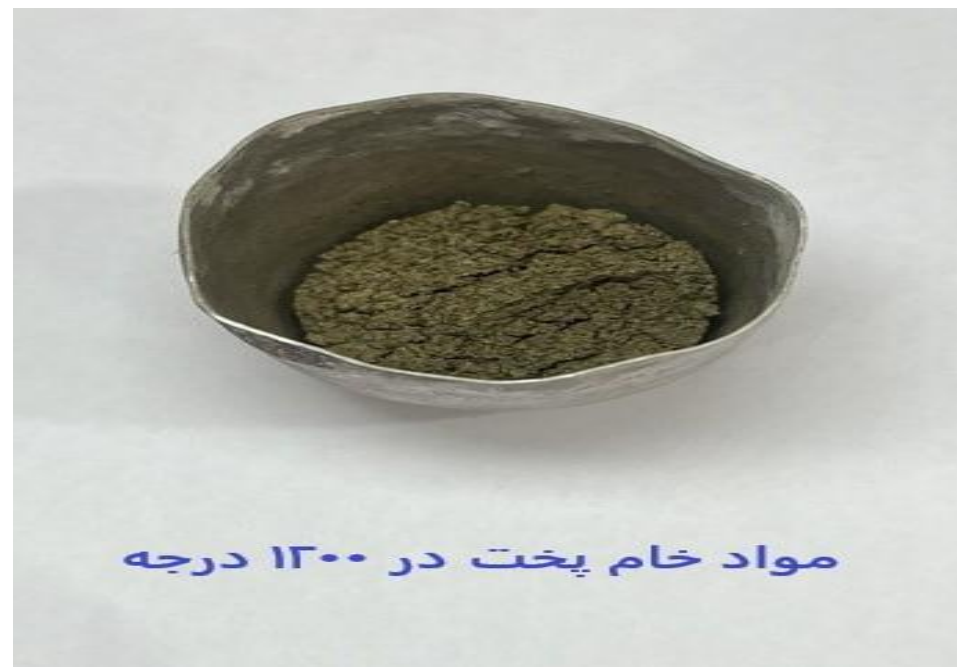


مواد خام + ۳% پرلیت
پخت در ۱۱۵۰ درجه

دمای ۱۱۵۰ درجه



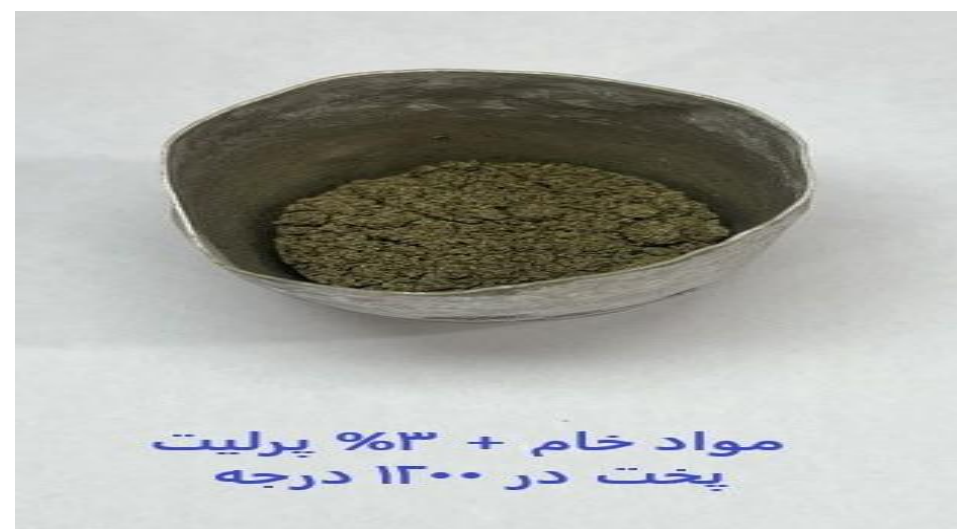
مواد خام پخت در ۱۲۰۰ درجه



مواد خام پخت در ۱۲۰۰ درجه

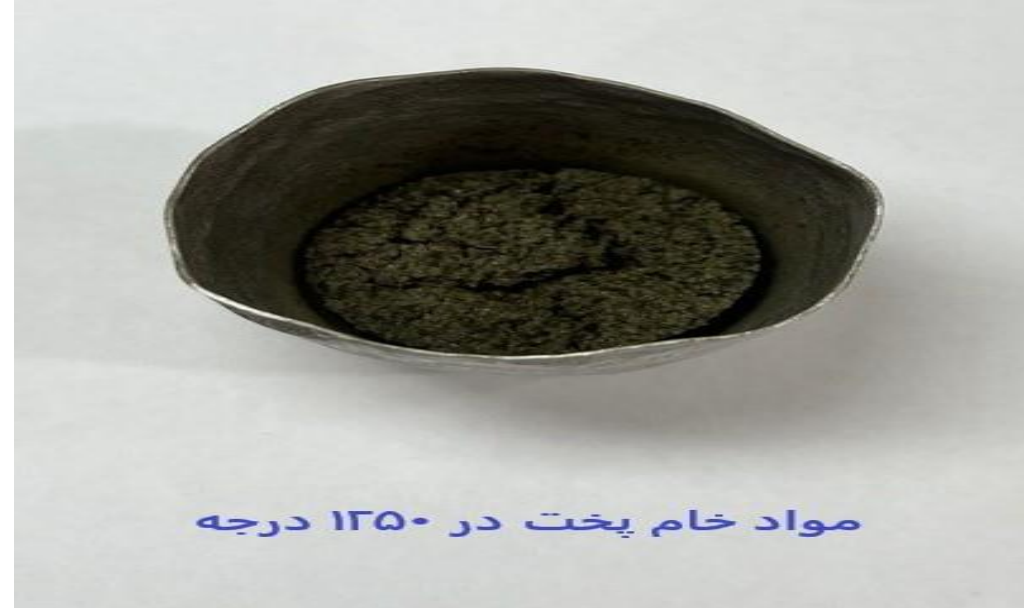
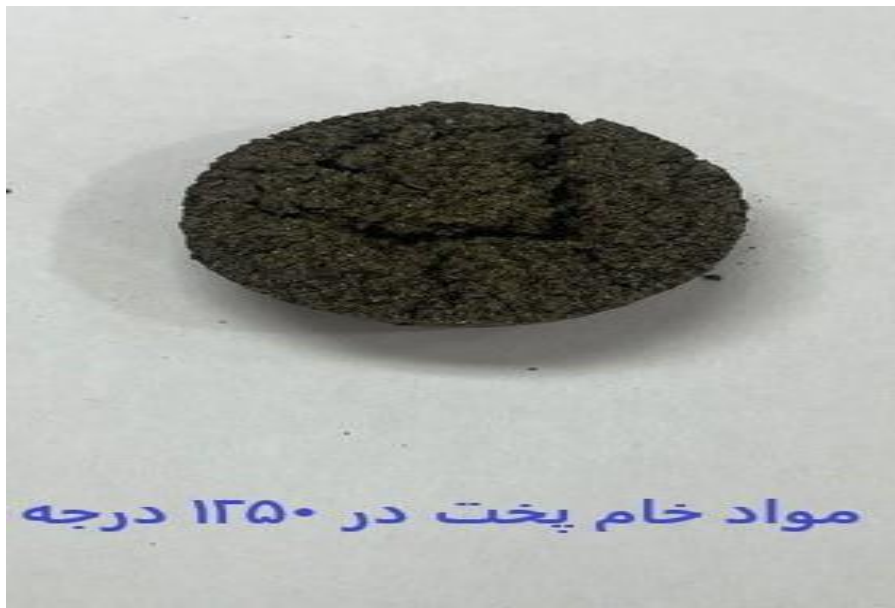


مواد خام + ۳% پرلیت
پخت در ۱۲۰۰ درجه



مواد خام + ۳% پرلیت
پخت در ۱۲۰۰ درجه

دمای ۱۲۰۰ درجه



دمای ۱۲۵۰ درجه



دمای ۱۳۰۰ درجه



دمای ۱۳۵۰ درجه



مواد خام پخت در ۱۴۰۰ درجه



مواد خام پخت در ۱۴۰۰ درجه



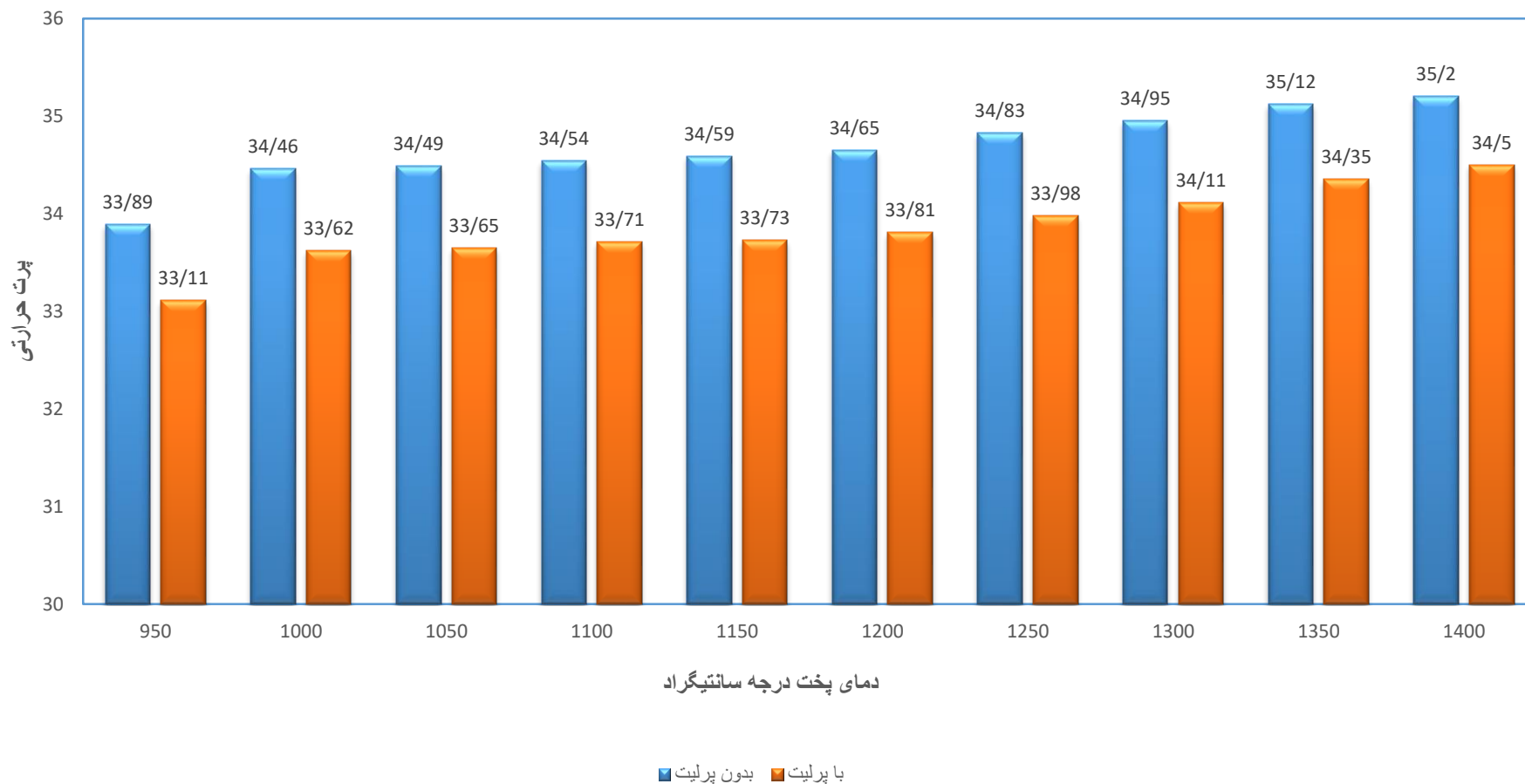
مواد خام + ۳% پرلیت
پخت در ۱۴۰۰ درجه



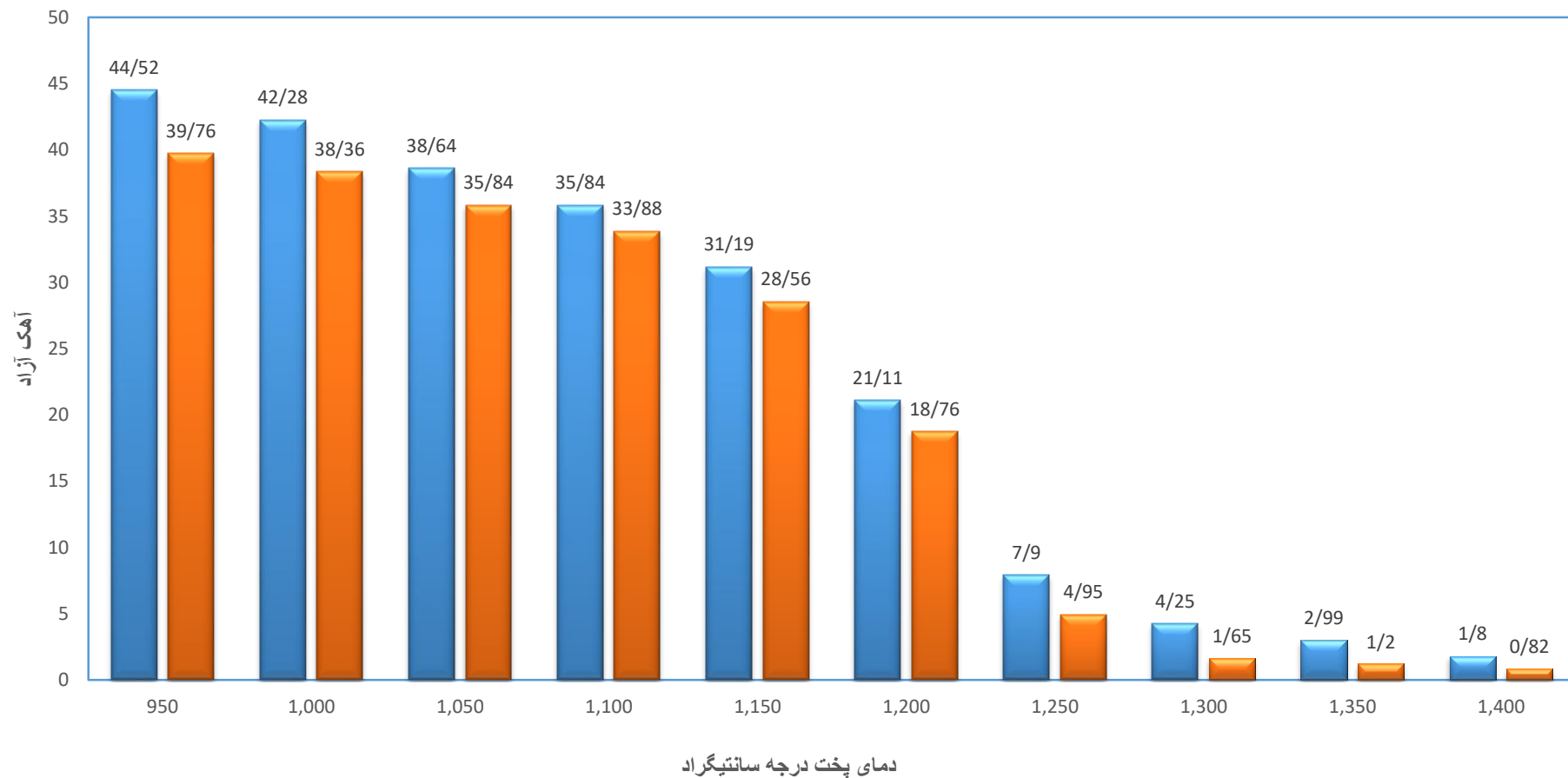
مواد خام + ۳% پرلیت
پخت در ۱۴۰۰ درجه

دمای ۱۴۰۰ درجه

با توجه به نتایج بدست آمده در صورت استفاده از پرلایت مواد سهل پخت تر میشود و آهک آزاد در دماهای پایین کاهش مییابد



نمودار نتایج پخت آزمایشگاهی (پرت حرارتی)



نمودار نتایج پخت آزمایشگاهی (آهک آزاد)

با توجه به مطلوب بودن نتایج آزمایشگاهی و با استناد برنتایج تصمیم به استفاده از پرلیت درمواد خام گرفته شد و برای پایین آوردن ریسکهای احتمالی آسیب ناشی استفاده از پرلیت برروی نسوز کوره زمان استفاده موکول به زمان نزدیک به پرپود زمانی توقف کوره جهت تعمیرات اساسی ونسوزکاری شد جهت تست صنعتی در مرحله اول با افزودن ۱٪ خاک پرلیت به مواد اولیه شروع کرده وبه تدریج در پایل های بعدی تا ۳٪ رسانده شد که به مرورمنجر به کاهش وزن لیتری ، افزایش تناژ کوره گردید .

در ذیل نتایج بدست آمده ومشهود در زمان استفاده از پرلیت جمع بندی شده ارایه میگردد

- ۱- با توجه به اینکه سنگ آهک استخراج شده ازدو معدن جداگانه وهمجوار کارخانه صورت میگیرد ویکی از معادن آهک دارای سختی بالایی بوده و مطالعات میکروسکوپی نیز گویای این موضوع میباشد ، قبل از استفاده از پرلیت امکان استفاده بیش از ۳۰٪ ازمواد معدن مذکور برای تشکیل پایل بدلیل نوسانات پروسه ای مقدور نبود ولیکن بعد از استفاده از پرلیت استفاده از آهک این معدن تا ۶۰٪ نیز افزایش یافت که یک فرصت خوب برای بهره برداری هر چه بیشتر از این معدن با توجه به نزدیکی معدن به کارخانه شد
- ۲ - تناژ ورودی به کوره از ۲۲۰ تن به ۲۳۰ الی ۲۳۵ افزایش یافت
- ۳ - نوسانات فشاری موجود در پری هیتر با وجود افزایش تناژ بحالت نرمال در آمد
- ۴ - کاهش CO موجود در خروجی پری هیتر به تبع آن شرایط احیا بطور محسوس کاهش پیدا کرد
- ۵ - پایداری شرایط کوره با مقادیر کمتر دمایی سیکلون ۵

۶ - میزان مصرف سوخت گاز از ۱۰۴ متر مکعب در ساعت به ازای هرتن کلینکر به ۱۰۰ متر مکعب کاهش یافت

۷ - میزان تولید کلینکر از ۳۰۰۰ تن به ۳۲۵۰ تن در روز افزایش یافت

۸ - نرمالتر شدن دمای بدنه کوره در منطقه پخت

۹ - بهینه شدن دانه بندی کلینکر

۱۰ - بهبود رنگ کلینکر تولیدی

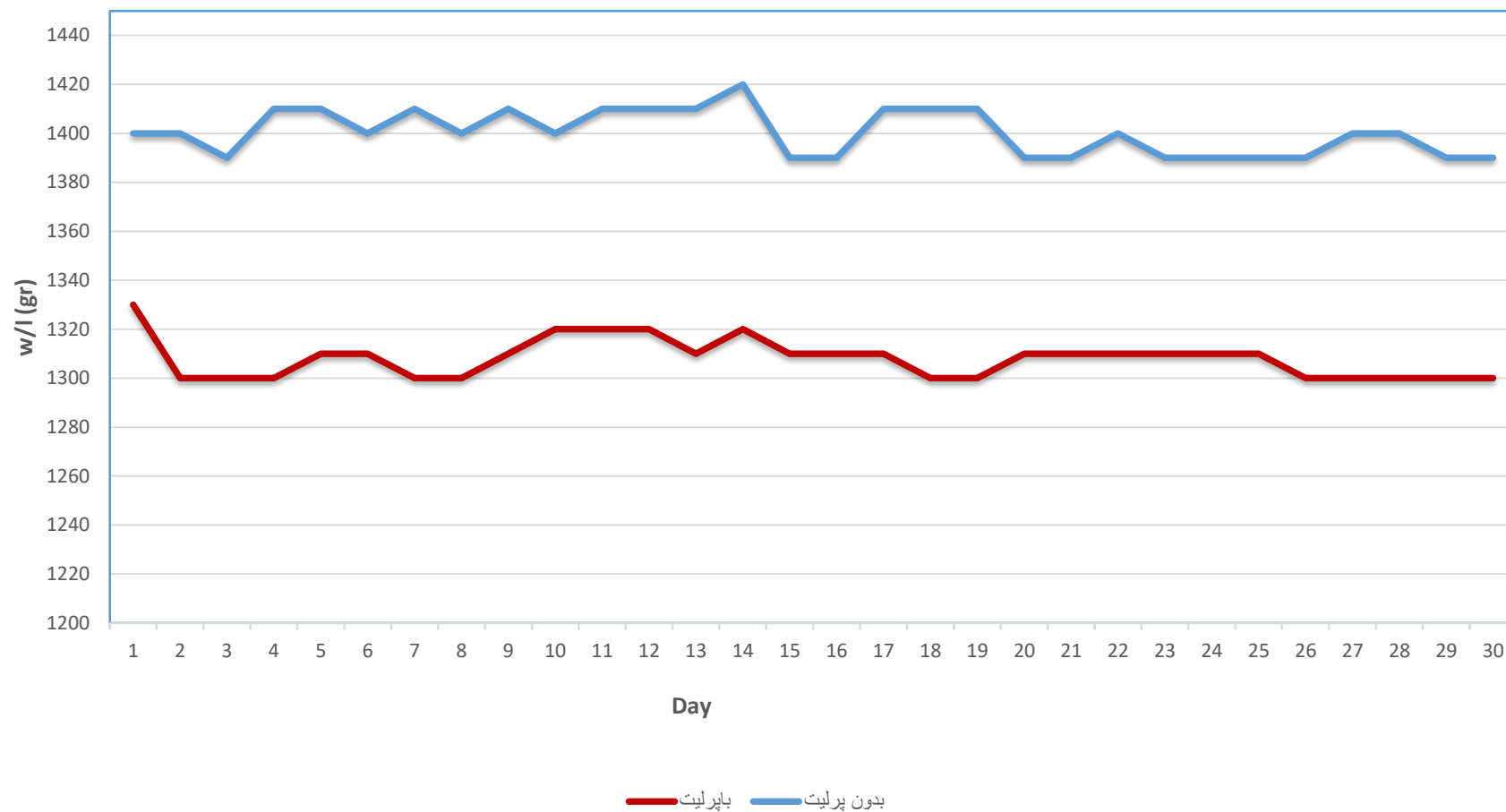
۱۱ - یکنواختی کوتینگ های کوره

۱۲ - وزن لیتری از ۱۴۰۰-۱۴۱۰ به ۱۳۳۰-۱۳۰۰ کاهش پیدا کرد که منجر به :

۱۲-۱) کاهش نرخ سایش گلوله و لاینرهای داخلی آسیاب سیمان

۱۲-۲) افزایش راندمان آسیاب سیمان از ۹۵ تن در ساعت به ۱۱۰ تن در ساعت

۱۲-۳) یکنواختی بلین والک سیمان



نمودار مقایسه وزن لیتری

در ادامه به مشکلاتی که در زمان استفاده از پرلیت ملموس تر بود و به شرح ذیل می باشد نیز اشاره میشود

۱- تشکیل کوتینگ های ناپایدار و گاهای ضعیف

۲ - کاهش ضخامت کوتینگ

۳- عدم وجود معادن پرلیت در نزدیکی کارخانه

۴- آلودگی محیطی ناشی از دانه بندی بسیار ریز به جهت دیوسازی و نیز استفاده در پایل

توصیه آخر و مهم اینکه با توجه به شرایط هر کارخانه امکان استفاده از پرلیت باید از تمامی جوانب بررسی شود
کما اینکه گاهای کاهش حتی یک در صد از انرژی فسیلی و الکتریکی میتواند معایب استفاده از پرلیت را پوشش

دهد