

همایش مدیران تولید و فنی صنعت کاشی و سرامیک ایران

بررسی تاثیر فاکتورهای "استحکام خشک" و "دانسیته کلی" بدنه پرس شده بر
روی کیفیت محصول نیمه ساخته و کاشی نهایی

ارائه : حسین ملایی

مکان : دانشگاه یزد

زمان : آذر ماه 1396

دلایل تعریف پروژه

1 - نوسانات شدید درجه بندی محصول با لعاب **glossy** .

2 - اقدام به تعویض فرمولاسیون بدنه از قرمز به روشن که سبب افت پلاستیسیته بدنه گردیده بود .

3 - وجود محدودیت های تکنولوژیکی شدید در خشک کن بعد از پرس .

4 - نیاز به افزایش استحکام ، صرفاً در بدنه های حاوی لعاب **glossy** و محصولات کاشی کف که در فصل سرما تولید می گردید .

دلایل پایین بودن استحکام خشک بدنه

- 1 - عدم دسترسی به خاکهای پلاستیک مناسب .
- 2 - تاکید مدیریت بر کاهش قیمت تمام شده .
- 3 - ظرفیت پایین بال میل ها و یا اسپری درایرها که بهره گیری از فرمولاسیون های غیرپلاستیک تر را تحمیل میکند .
- 4 - مصرف گرانول مستقیم .
- 5 - عدم کفایت فشارپرس اعمالی (پایین بودن دانسیته کلی بدنه خام) .
- 6 - سرعت تولید بالا .
- 7 - محدود بودن ظرفیت خشک کن بعد از پرس (عدم رسیدن به % رطوبت > 0.3) .
- 8 - نوسانات شدید دمای محیط .

روشهای افزایش استحکام خشک

- 1 - تغییر فرمولاسیون بدنه و استفاده از خاکهای پلاستیک تر .
- 2 - کاهش درصد مانده روی الک دو غاب بدنه (افزایش محدود) .
- 3 - افزایش % رطوبت گرانول زیر پرس (افزایش محدود و ایجاد مشکلات جانبی) .
- 4 - افزایش فشار پرس (افزایش محدود) .
- 5 - کاهش % رطوبت باقیمانده در بدنه خشک شده (درصد ایده آل صفر) .
- 6 - استفاده از بایندر بدنه .

معرفی بایندر بدنه

بایندرهای بدنه ، ترکیبات آلی هستند که در مرحله بال میل کردن و یا همزدن دوغاب بدنه به مقدار کم اضافه می گردد. این ترکیب در حین خشک کردن بدنه پرس شده، پلیمریزه شده و از طریق ایجاد زنجیره های پلیمری موجب افزایش استحکام خشک بدنه می گردد .

مزایای استفاده از بایندر :

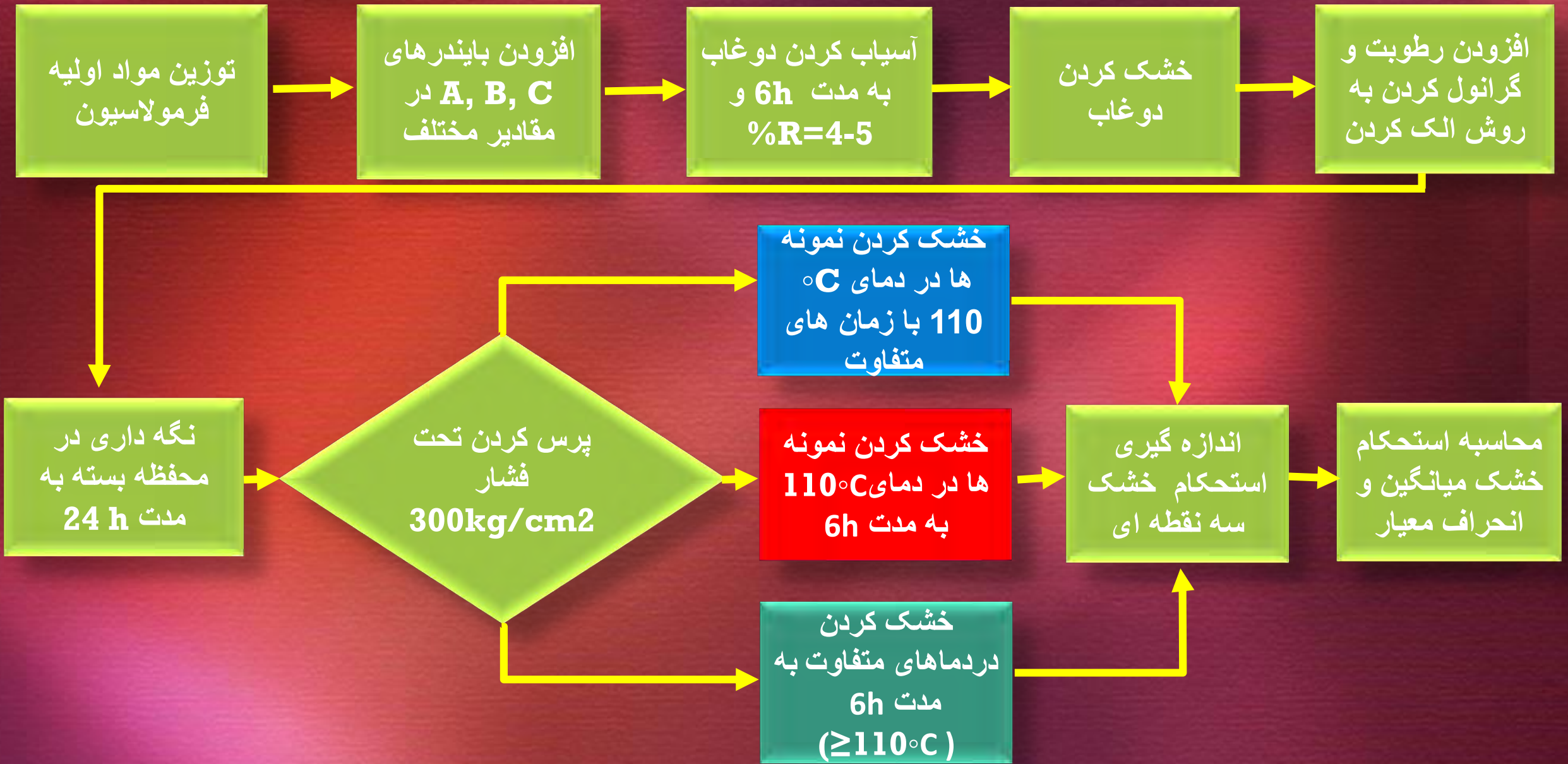
- 1 - افزایش استحکام خشک به میزان قابل توجه بدون نیاز به تعویض فرمولاسیون بدنه .
- 2 - عدم نیاز به تغییر پارامترهای فرآیندی که در یک سیستم جاری شده است .
- 3 - عدم ایجاد تاثیرات جانبی مخرب .
- 4 - قابلیت مصرف و یا حذف سریع آن متناسب با شرایط تولید .

محدودیت استفاده از بایندر :

- 1 - مصرف آن نیازمند ارائه توجیه اقتصادی است .

فعالت آزمائشگاهي

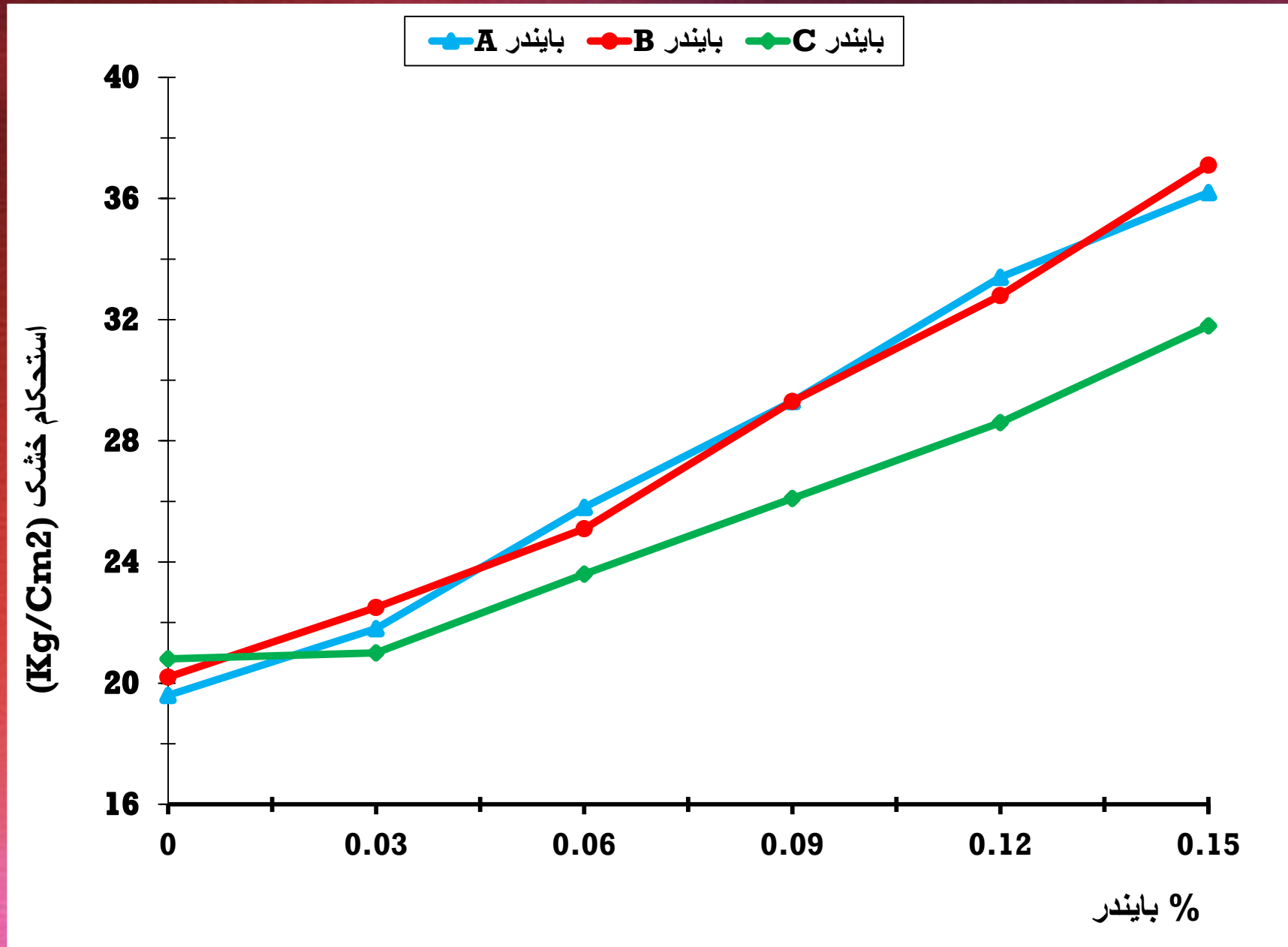
روند نمای تهیه بدنه حاوی بایندرهای گوناگون در مقادیر مختلف



جدول 1 : مقادیر استحکام خشک بدنه فاقد بایندرو بدنه های حاوی مقادیر مختلف بایندره های A , B , C

انحراف معیار			استحکام خشک میانگین (3P-10S) (kg/cm2)			% بایندر	شماره آزمایش
بایندر C	بایندر B	بایندر A	بایندر C	بایندر B	بایندر A		
4.2	4.8	5.1	20.8	20.2	19.6	0	1
4.1	3.5	3.4	21	22.5	21.8	0.03	2
3	2.4	2.8	23.6	25.1	25.8	0.06	3
2.6	2.3	2	26.1	29.3	29.5	0.09	4
2.1	2	1.8	28.6	32.8	33.4	0.12	5
2.3	2	2	31.8	37.1	36.2	0.15	6

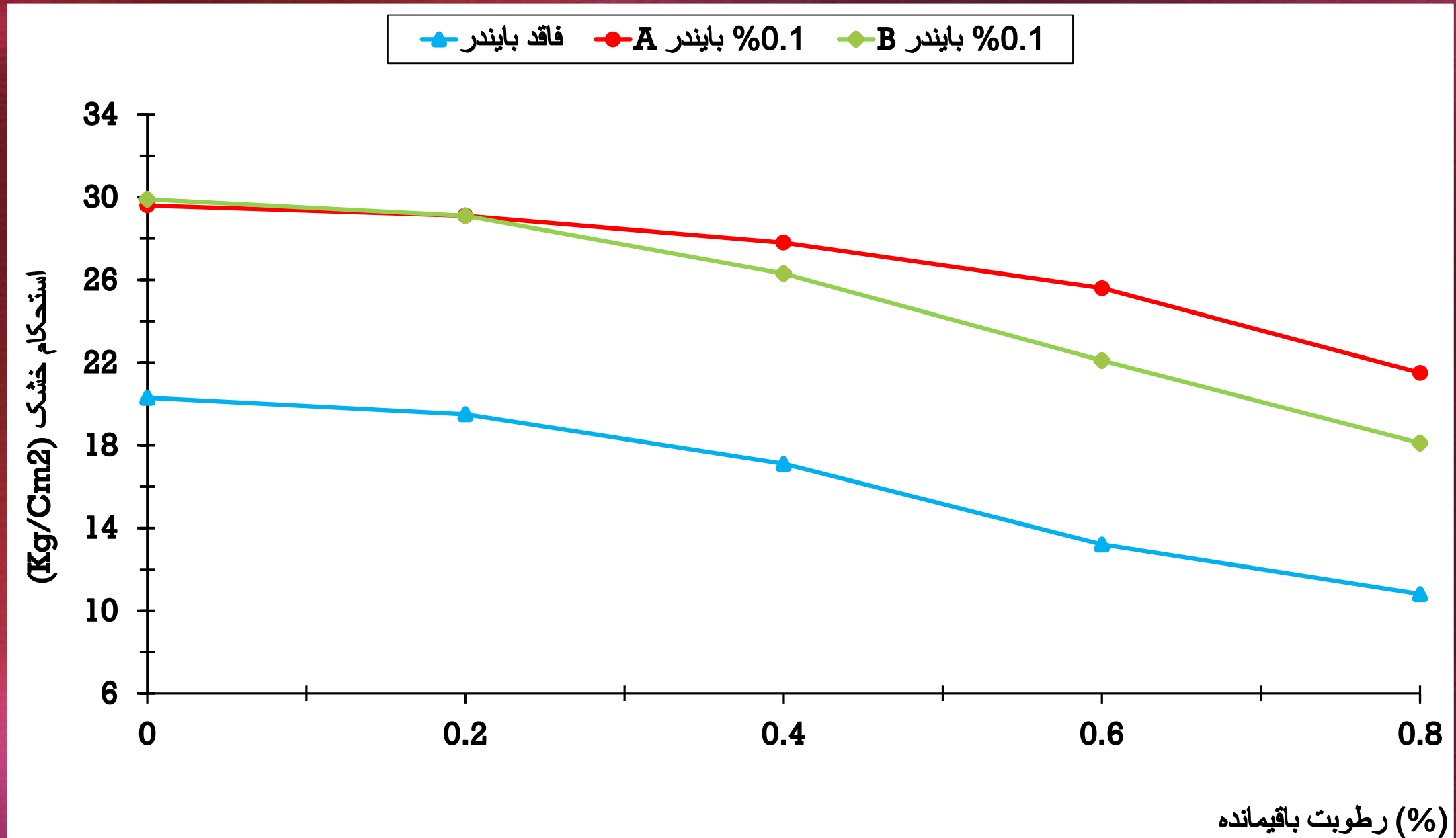
نمودار 1: تاثیر درصدهای مختلف بایندره‌های A , B , C بر روی استحکام خشک بدنه پرس شده



جدول 2 : مقادیر استحکام خشک بدنه فاقد بایندر و بدنه های دارای 0.1% بایندهای A, B حاوی درصد رطوبت باقیمانده مختلف .

انحراف معیار			استحکام خشک میانگین (kg/cm ²) (3P – 10S)			% رطوبت باقیمانده	شماره آزمایش
0.1% A	0.1% B	-	0.1% A	0.1% B	-		
2.05	1.95	2.65	29.6	29.9	20.3	0	1
1.9	1.8	2.05	29.1	29.1	19.5	0.2	2
1.6	1.6	1.85	27.8	26.3	17.1	0.4	3
1.9	1.7	1.9	25.6	22.1	13.2	0.6	4
1.8	1.6	1.4	21.5	18.1	10.8	0.8	5

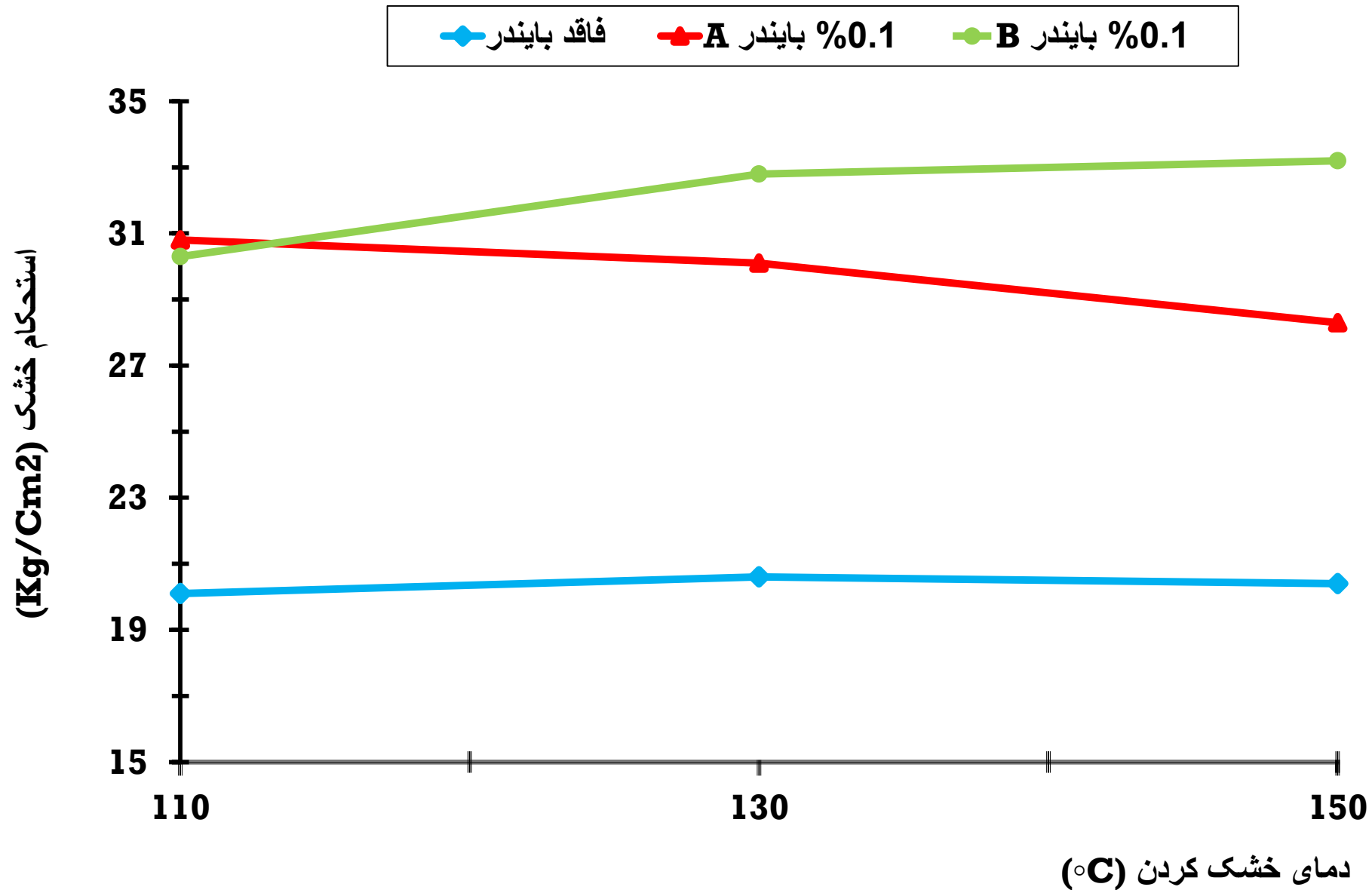
نمودار 2: تاثیر درصد رطوبت مانده بر روی استحکام خشک بدنه های فاقد بایندر و حاوی 0.1% بایندره های A , B



جدول 3 : مقادیر استحکام خشک بدنه فاقد بایندر و بدنه های حاوی 0.1% بایندهای A, B با دمای خشک کردن متفاوت .

انحراف معیار			استحکام خشک میانگین (kg/cm2) (3P – 10 S)			دمای خشک کردن (°C)	شماره آزمایش
0.1% A	0.1% B	-	0.1% A	0.1% B	-		
1.8	2.1	2.8	30.8	30.3	20.1	110	1
2.1	1.8	2.6	30.1	32.8	20.6	130	2
2.4	2	3.2	28.3	33.2	20.4	150	3

نمودار 3 : تاثیر دمای خشک کردن بر روی استحکام خشک بدنه های فاقد بایندر و حاوی 0.1% بایندره های A , B



نتایج بررسی بایندر ها

1 - افزودن هر سه بایندر **A** , **B** , **C** باعث تقویت بدنه شده است .

2 - میزان افزایش استحکام خشک بدنه توسط بایندهای **A** , **B** در % رطوبت های مانده ≤ 0.3 مشابه بوده ولی بایندر **C** ضعیف تر است .

3 - میزان افزایش استحکام خشک بدنه در % رطوبت بالا (≥ 0.4 %) افت کرده و بایندر **B** بیشتر تحت تاثیر قرار می گیرد (در % رطوبت های مانده بالا بایندر **B** ضعیف تر از **A** است .

4 - با افزایش دمای خشک کردن و رسیدن به % رطوبت های مانده کم (≤ 0.3) ، قدرت تقویت بایندر **B** افزایش یافته و در بایندر **A** در حوالی 150°C شروع به کاهش می کند .

5 - در صورتیکه دمای خشک کردن بالا باشد ولی % رطوبت مانده در بدنه کم نباشد (≥ 0.4 %) ، انتخاب بایندر بهینه نیاز به آزمایش تکمیلی دارد.

نتیجه عملی مصرف بایندر B در تولید انبوه

1. افزایش استحکام خشک بدنه به میزان 25-30%
2. کاهش دمای بدنه خروجی از خشک کن به میزان $10-15^{\circ}\text{C}$
3. کاهش وزن آب اسپری شده روی بدنه گرم به میزان 7-10%
4. افزایش دانسیته انگوب و لعاب بدلیل کاهش در صد آب آنها به میزان 2-3%
5. کاهش بخار آب متصاعد شده از سطح بدنه که چکه قطرات آب از کابین اسپری آب، **Bell** انگوب و لعاب را کمتر کرده و برای چاپهای دیجیتال مفیدتر است.
6. کاهش سوراخهای انگوب و لعاب در حالت خام که در اثر داغ بودن بیش از حد بدنه ایجاد می گردد.

7. کاهش ضایعات خط لعاب بویژه در بدنه های با ابعاد بزرگ ، مستطیلی و دارای بافت شیاردار و عمیق

8. کاهش تاب مقعر بدنه خام قبل از ورود به کوره که برخورد لبه بدنه های مقعر شده به رولرهای واگن های ذخیره را تقلیل داده و لذا بدنه های سالمتری وارد کوره می گردند.

9. کاهش تاب تقعر بدنه قبل از ورود به کوره ، آرایش بدنه ها در داخل کوره را نیز منظم تر کرده و لذا احتمال برخورد لبه آنها، روی هم رفتن بدنه ها و ... کاهش می یابد .

10. کاهش تعداد سوراخهای موجود در سطح لعابهای شیشه ای (glossy) که منشاء بروز آنها ریز ترک هایی است که در اثر برخوردهای مکانیکی بدنه در آن ایجاد می گردد، در صورتیکه استحکام خشک افت شدید داشته باشد تمرکز این سوراخها روی نواری در مرکز کاشی نهایی قابل رویت است. نتایج مصرف بایندر بدنه بر روی کیفیت محصول نهایی در فاصله زمانی 7 روز در جدول 4 خلاصه گردید.

جدول 4 : مقایسه میانگین درجه بندی تولید با بدنه فاقد بایندر و بدنه حاوی 0.1% بایندر B در مدت زمان 7 روز

خواص نمونه	ابعاد	استحکام خشک میانگین (kg/cm ²)	درجه 1	درجه 2	درجه 3	درجه 4	ضایعات کل
تولید بدون بایندر	600*600 mm	16-18	24	25	28	17	6
تولید حاوی بایندر (0.1% B)	600*600 mm	26-29	32	38	18	9	3

دلایل ضرورت کنترل دانسیته کلی بدنه

- 1- کنترل شرایط کارکرد پرس و اطمینان از ثبات آن .
- 2- دستیابی به دانسیته کلی حداکثر از طریق کنترل پارامترهای زبره دوغاب، توزیع دانه بندی گرانول، درصد رطوبت گرانول و فشار پرس .
- 3- اطمینان یافتن از یکنواختی تراکم یک بدنه و یکنواختی تراکم بدنه های با ابعاد مشابه که توسط حفره های مختلف و یا پرس های گوناگون شکل داده میشوند (یکنواخت نمودن خواص بدنه های ورودی به کوره) .
- 4- شناسایی منشا بروز عیوبی همچون دوزنقه شدن ، گوشه افتادگی و تابهای متنوع و غیرمتعارف که میتواند ناشی از پرس و یا کوره باشد .
- 5- کاهش درصد انقباض پخت ، یکنواخت کردن آن و دستیابی به ثبات ابعادی بیشتر .
- 6- دقت بالاتر این روش در قیاس با فرآیند اندازه گیری نفوذپذیری بدنه (penetrametry) .

مراحل فرآیند کنترل دانسیته کلی

طراحی و ساخت دستگاه دانسیته متر جیوه ای با استفاده از امکانات موجود در کارخانه

اندازه گیری و کنترل دانسیته کلی بدنه های پرس شده در خط تولید و ثبت آنها بر روی شکل طراحی شده برای این منظور

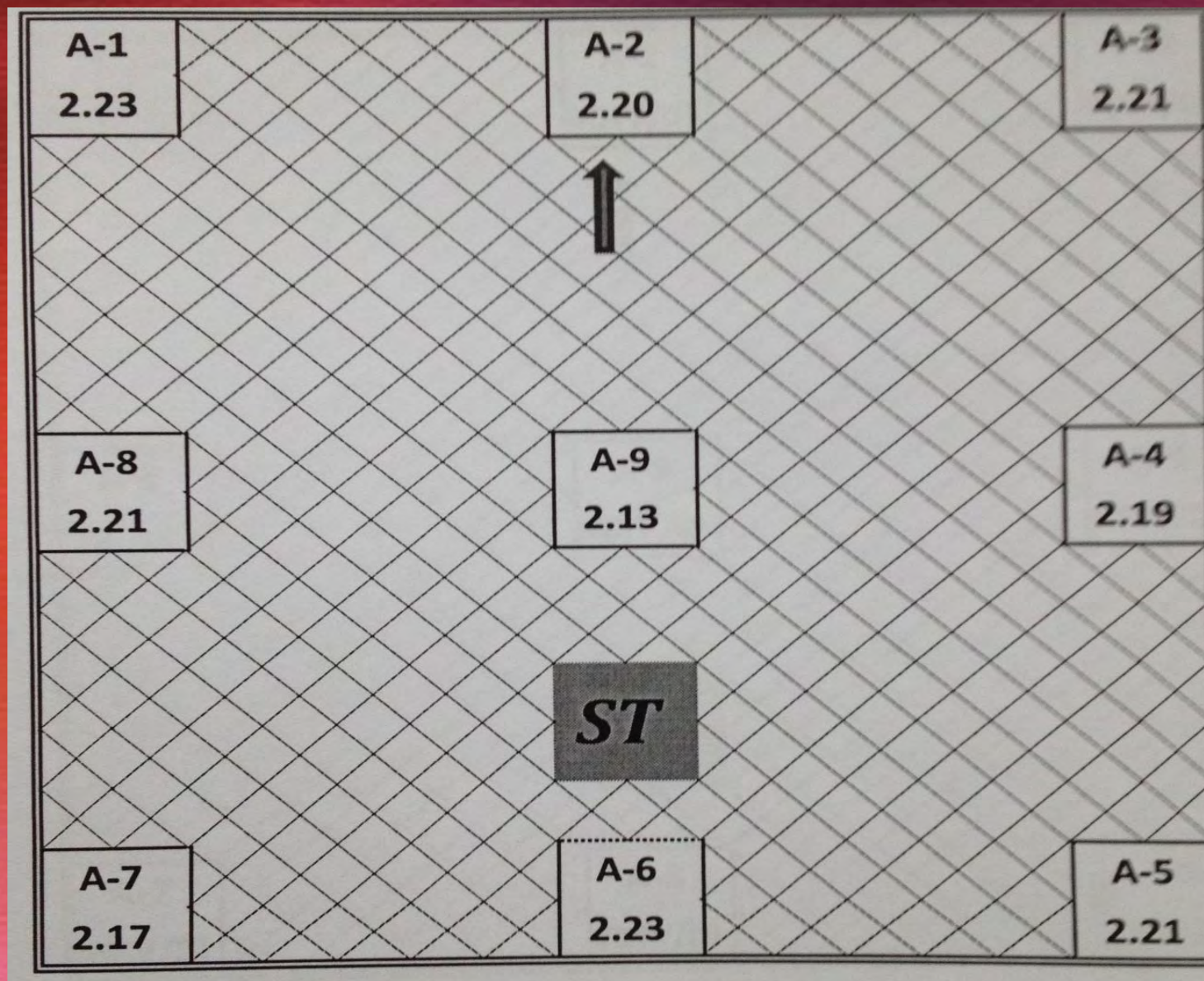
بررسی و تحلیل داده های ثبت شده

ارائه راهکارهای متناسب با عیب موجود در راستای یکنواخت تر نمودن دانسیته کلی بدنه ها

شکل 1 : دستگاه دانسیته متر جیوه ای



شکل 2 : نمایش شماتیک موقعیت، کمیت و پراکندگی دانسیته کلی یک بدنه پرس شده



نتایج اولیه کنترل دانسیته کلی

1. دانسیته نقاط مختلف یک بدنه $600 \times 600 \text{ mm}$ در حین تولید در محدوده 2.05 – 2.25 gr/cm^3 قرار دارد. که این اختلاف زیاد بوده و لازم است، کاهش داده شود.
2. الگوی چیدمان اعداد دانسیته متغیر بوده که بیانگر عدم ثبات فرآیند خاکریزی داخل قالب است. (در برخی نمونه ها، دانسیته مرکز قطعه حتی از گوشه ها بیشتر بوده است، که کاملاً غیر عادی است).
3. تعویض شبکه خاک گیری پرس و تغییر شکل آن از حالت کرکره ای به لانه زنبوری منجر به کاهش اختلاف دانسیته از 0.2 به $0.1 \leq$ گردید. در هیچ نمونه ای دانسیته مرکز قطعه از نقاط اطراف آن بیشتر نگردید. بعلاوه اختلاف وزن میان بدنه های مختلف به $100 \text{ gr} \leq$ کاهش یافت.

4. افزایش رطوبت گرانول در محدوده ≥ 4.5 ، باعث افزایش دانسیته بدنه شده، اما اختلاف دانسیته در یک بدنه را نیز افزایش میدهد، علت این امر را می توان به کاهش سیالیت گرانول نسبت داد.

5. کاهش رطوبت گرانول در محدوده $\leq 3.5\%$ سبب کاهش دانسیته بدنه می گردد.

6. اختلاف دانسیته 0.25 – 0.2 میان بدنه های پرس شده توسط دو پرس یکسان و شرایط تنظیم شده مشابه، در حالیکه منبع تغذیه گرانول آنها نیز یکسان است، بر یافتن دلایل اختلاف تاکید می کند (شارژ بدنه ها در یک کوره با منحنی ثابت محصول مشابهی را بویژه از نظر ابعاد ارائه نمی دهد) .

نتایج عملی فرآیند کنترل دانسیته کلی

1 - ایجاد ثبات ابعادی بیشتر و کاهش تعداد دفعات تغییر منحنی کوره در هر شیفت .

2 - کاهش عیوب مرتبط با تاب کاشی بویژه گوشه افتادگی .

3 - کاهش محدوده زمانی آزمایش پشت نمایی از 17 – 230 دقیقه به 90 – 60 دقیقه
با روش آزمایش داخلی .

جمع بندی نهایی

در تولید کاشی با ابعاد بزرگ، جهت دستیابی به محصولی با کیفیت مطلوب و با ثبات، لازم است تلاش شود تا استحکام خشک بدنه به $\geq 30 \text{ kg/cm}^2$ و اختلاف دانسیته کلی بدنه به $\leq 5\%$ برسد. در صورتیکه بدنه تولیدی سفید یا پرسلان و لعاب مصرفی **glossy** باشد، رسیدن به کمیت های مذکور یک **ضرورت** است.



از بذل توجه حضار و زحمات برگزارکنندگان همایش سپاسگزارم