مجله آموزش مهندسی ایران، شماره ۱۹، سال پنجم، ص. ۹۰-۷۳

تحقیق و توسعه سرامیک‌ها در قرن بیستم

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

اسماعیل صلاحی

پژوهشکده سرامیک، پژوهشگاه مواد و انرژی

چکیده: صنعت سرامیک مبتنی بر به‌کارگیری مواد غیرآلی و غیرفلزی در ساخت قطعات است و سابقه بسیار طولانی در تاریخ بشر دارد. این صنعت نه تنها یکی از بزرگترین و مهمترین صنایع است، بلکه برای بسیاری از صنایع دیگر نیز پراهمیت و کلیدی می‌باشد. در کار پژوهشی حاضر تحقیق و توسعه صنعت سرامیک در قرن بیستم مورد بررسی قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: سرامیک، تحقیق و توسعه، صنعت، قرن بیستم.

۱. مقدمه

علم امروز ریشه در گذشته دیرین انسان دارد. نشانه‌هایی از دست‌ساخته‌های بشر پیدا شده که مربوط به دهها هزار سال پیش است. دسته‌ای از آثار باستانی نیز وجود دارد که مشخص نیست در اثر فرایندهای طبیعی شکل گرفته‌اند یا ساخته دست انسان هستند. اما بخش دیگری از این آثار بدون شک به دوره پارینه سنگی تعلق دارند و نقش انسان در ساخت آنها آشکار است. همچنین، نشانه‌هایی از سنگ چخماق تراشیده دیده شده است که بیانگر شناخت روش‌های ابتدایی فیزیکی و شیمیایی آن روز است. ماده دیگری که انسان از آن استفاده کرده استخوان است که با تراشیدن آن نیزه و ابزارهای تیز ساخته است. با کشف آتش فصل جدیدی در زندگی بشر آغاز می‌شود. آتش برای انسان هنر ذوب سنگ معدنی فلزات، ساخت ابزارهای جنگی، ساخت ظروف سفالی و از همه مهمتر گرما و روشنایی را به ارمغان آورد. مصریان به کمک آتش شمشیرهای خود را آبدیده کردند و شیشه گری، میناکاری و بسیاری از هنرهای دیگر را به کمک آن کشف کردند و توسعه دادند. کشف ظروف سفالی متعلق به دوره نوسنگی حکومت اندیشه را بر زندگی انسان آن روز نشان می‌دهد. شاید اغراق نباشد که کشف چرخ کوزه گری در صنعت سرامیک تحول شگرفی ایجاد کرده است. یکی از مهمترین ویژگی‌های صنعت سرامیک آن است که به‌طور چشمگیری در پیشرفت صنایع دیگر تأثیر داشته است. در واقع، این صنعت نه تنها بخش قابل توجهی از صنایع مهم را تشکیل می‌دهد، بلکه برای برخی از صنایع ارزشمند دیگر یک صنعت پراهمیت نیز محسوب می‌شود. سرامیک‌ها ترکیبات غیرآلی و غیرفلزی هستند که در زمینه‌های مختلف صنعتی به کار گرفته می‌شوند. شیشه، سیمان، کاشی، انواع چینی‌های مظروف، آزمایشگاهی و بهداشتی، دیرگدازها، آجر و ساینده‌ها موادی هستند که در زندگی روزمره بسیار به کار می‌روند. از طرف دیگر، سرامیک‌های ویژه یا مهندسی آن دسته از ترکیبات سرامیکی هستند که در صنایع الکترونیک، مخابرات، هسته‌ای، مغناطیسی، الکتریکی، زیستی و مکانیکی کاربرد دارند.

کار پژوهشی حاضر از دهه هشتاد در قرن نوزدهم تا دهه هشتاد قرن بیستم را مورد بررسی قرار می‌دهد. در این رهگذر نگارنده به برخی از اکتشافات و اختراعاتی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در تحقیق و توسعه صنعت سرامیک نقش داشته‌اند، اشاره کرده است. بدیهی است که امکان بررسی تمام تحولات، اکتشافات و اختراعات مرتبط با تحقیق و توسعه سرامیک‌ها

در قرن بیستم میسر نبوده و فقط بخش‌هایی از تاریخ معاصر سرامیک مورد بررسی قرار گرفته است. به ویژه به دلیل سرعت چشمگیر تحولات پدیدآمده در دو دهه آخر قرن بیستم، بررسی تحقیق و توسعه صنعت سرامیک در این بیست سال نیازمند کار پژوهشی دیگری است.

۲. دهه‌های هشتاد و نود در قرن نوزدهم

۱۸۸۰ - برای اولین بار از دولومیت به عنوان یک ماده دیرگداز استفاده شد [۱].

- آغاز استفاده از ترکیبات بور به مقدار چشمگیر در ساخت شیشه‌های نوری و آزمایشگاهی توسط شات و آبه [۲].

۱۸۸۲ - آغاز همکاری شات، آبه و چایس برای بنیانگذاری کارخانه ساخت شیشه در آلمان [۳].

۱۸۸۵ - کشف تصادفی پرتو X توسط رونتگن [۴].

۱۸۸۶ - انتشار فهرستی مشتمل بر ۴۴ ترکیب شیشه نوری توسط شات، آبه و چایس [۳].

۱۸۸۷ - کشف آرنیوس مبنی بر وابستگی نمایی سرعت واکنش به دما [۴].

۱۸۹۲ - کشف روش رشد تک بلور آلومینا توسط ورنویل [۵].

۱۸۹۳ - اچسون روش خود را در زمینه تهیه ترکیب SiC پتنت کرد. هدف او ساخت الماس صنعتی بود که رس و کک را در کوره الکتریکی حرارت داد، ولی ترکیب SiC به‌دست آورد [۱].

۱۸۹۶ - کشف پدیده رادیواکتیو توسط بکرل [۴].

- زیمان دریافت که میدان مغناطیسی بر طیف عناصر اثرگذار است. او پهن‌شدن خطوط طیف سدیم را زمانی که منبع نور در میدان مغناطیسی آهنربای الکتریکی نیرومندی قرار داده شد، مشاهده کرد [۴].

۱۸۹۷ - کشف ذره بنیادی الکترون توسط تامسون [۴].

۱۸۹۸ - تأسیس اولین انجمن سرامیک در ایالات متحده [۶].

۱۸۹۹ - آشنایی با ترکیبات سرامیکی به عنوان سوخت هسته‌ای پس از کشف نرنست [۷].

۳. قرن بیستم

۱۹۰۰ ـ کشف چند ترکیب رادیواکتیو توسط ماری اسکلودوسکا (مادام کوری) و شوهرش بر اساس کشف بکرل [۴].

۱۹۰۱ ـ بیان نظریه کوانتم توسط پلانگ [۳].

ـ آغاز کاربرد گسترده دولومیت به عنوان یک ماده دیرگداز [۱].

۱۹۰۲ ـ کشف ذرات باردار آلفا، بتا و گاما توسط رادفورد [۴].

ـ اعطای جایزه نوبل به رونتگن به دلیل کشف پرتو X [۴].

ـ اولین طرح تولید شیشه تخت به روش عمودی و کشش از مذاب توسط فورکلت پتنت شد [۲].

ـ تعیین جرم اتمی عنصر رادیم توسط خانم کوری [۴].

۱۹۰۳ ـ ساخت شمع اتومبیل از جنس تالک در شرکت بوش آلمان [۸].

ـ کوری و لابورد کشف کردند که ترکیبات رادیم همواره از خود حرارت تابش می‌کنند. آنها محاسبه کردند که یک گرم رادیم خالص حدود صد کالری حرارت در ساعت تابش دارد [۴].

۱۹۰۴ ـ اختراع لوله خلأ دیود در انگلستان توسط فلمینگ [۴].

ـ اولین طرح کارخانه ساخت بطری شیشه‌ای به روش اتوماتیک توسط آونز پتنت شد [۳].

ـ انتشار استانداردهای BS و ASTM در مورد سیمان پرتلند؛ ساخت این نوع سیمان در سال ۱۸۲۰ توسط آسپدین پتنت شده بود [۹].

۱۹۰۵ ـ بیان فرضیه نسبیت توسط انیشتین [۴].

۱۹۰۶ ـ رادفورد نسبت بار به جرم ذرات آلفا را به‌دست آورد [۴].

ـ ساخت اولین بوته از جنس آلومینای گداخته به‌منظور استفاده در ذوب فلزات [۱۰].

ـ ارائه نظریه گرمای ویژه جامدات توسط انیشتین [۴].

۱۹۰۸ ـ آغاز به‌کار شرکت شیشه‌سازی کورنینگ در ایالات متحده و تولید شیشه چراغ‌های الکتریکی [۳].

۱۹۰۹ ـ ساخت شیشه تخت توسط شرکت شیشه آساهی ژاپن [۲].

۱۹۱۰ ـ ساخت رشته‌های حرارتی از جنس SiC در آلمان در مقیاس تجاری [۱۱]
ـ تهیه فلز خالص تیتانیم [۱۲].
ـ مزلی ارتباط بین طول موج پرتو X و عدد اتمی عنصر را کشف کرد که منجر به شناسایی بسیاری از عناصر شد [۴].
ـ ورنویل روش خود را در زمینه تهیه تک‌بلور آلومینا پتنت کرد [۵].
۱۹۱۱ ـ کشف گایگر مبنی بر پراکنده شدن ذرات آلفا در برخورد با ماده [۴].
ـ کشف رادفورد در زمینه وجود یک بار متمرکز و مثبت در اتم که موجب انحراف ذرات آلفا می‌شود [۴].
۱۹۱۲ ـ تأیید پراش پرتو X توسط ترکیبات بلورین توسط لاوه [۲].
ـ کشف این نکته که پرتو ایکس از جنس امواج الکترومغناطیس با طول موج کوتاه است [۲].
ـ انتشار رابطه براگ در زمینه پراش پرتو X در انگلستان [۳].
ـ ساخت موفقیت‌آمیز شیشه‌های بوروسیلیکاتی سربی توسط شرکت کورنینگ [۲].
۱۹۱۳ ـ تولید ابزار قالب، میله و بدنه‌های آلومینایی در انگلستان توسط شرکت تامسون ـ هستون پتنت شد [۱۳].
ـ ارائه نظریه سیاره‌ای بور پیرامون ساختار اتمی مواد [۴].
ـ ساخت شیشه‌های بوروسیلیکاتی بدون سرب مشهور به پیرکس در ایالات متحده [۳].
۱۹۱۴ ـ شش ترکیب ساخت شیشه‌های با ضریب انبساط حرارتی کم و شیشه‌های پیرکس (شیشه‌های معروف به ۳/۳) توسط شرکت کورنینگ در ایالات متحده پتنت شد. در این زمان وجود بور برای به‌دست آوردن ضریب انبساط حرارتی کم در ترکیب شیشه واجب دانسته شد [۳].
ـ انتشار نظریه نسبیت توسط انیشتین [۴].
ـ کوره قوس الکتریکی پتنت شد [۱۴].
۱۹۱۵ ـ ساخت اولین کوره تونلی توسط شرکت نورتون [۱۰].
۱۹۱۸ ـ شروع همکاری شرکت آمریکایی ـ ژاپنی شیت گلاس با شرکت شیشه آمریکایی

لیبی‌آونز برای ساخت شیشه‌های تخت به روش کشش از مذاب [۳].

۱۹۱۹ - آغاز به کار اولین دستگاه طیف‌سنج جرمی [۸].

- کشف رادرفورد مبنی بر پدید آمدن تبدیل‌های اتمی در عنصری مانند نیتروژن به دلیل بمباران آن با ذرات آلفا [۴].

دهه بیست

۱۹۲۰ - انتشار نظریه شکست ترد توسط گریفیث [۸].

- جانشینی کامل روش پرس دستی در ساخت محصولات دیرگداز در ایالات متحده [۱].

- آغاز ساخت دیرگدازها به روش ذوب و ریخته گری [۱].

۱۹۲۱ - توسعه ساخت و کاربرد دیرگدازهای ذوب و ریخته گری در ساخت محصولات شیشه‌ای توسط شرکت شیشه گوردن [۳-۱].

۱۹۲۳ - ارائه نظریه پراکندگی امواج در برخورد با ذرات توسط کامپتون [۴].

- کشف عنصر هافنیم [۱۲].

۱۹۲۴ - کشف ویژگی دیرگدازی آلومینا و کاربرد سیستم دوتایی $Al_2O_3-SiO_2$ توسط باون و گریک در ساخت مواد دیرگداز و دیرگدازهای آلومینا بالا [۱].

۱۹۲۵ - ارائه نظریه هایزنبرگ در زمینه مکانیک کوانتم [۴].

- ساخت اولین جیگر دستی برای ساخت چینی مظروف [۱۵].

- نامگذاری فازهای آلفا و گاما آلومینا توسط هابر [۱۳].

۱۹۲۶ - ارائه نظریه شرودینگر مبنی بر تشکیل نقاط مادی در دستگاه موجی [۴].

- بیان اصل طرد توسط پایولی [۴].

- شروع تحقیقات فرمی پیرامون مکانیک آماری ذراتی که از اصل طرد پایولی تبعیت می‌کنند [۴].

- ساخت مولایت گداخته توسط شرکت کورنینگ پتنت شد [۱۴].

- کشف استعداد شیشه‌سازی اکسیدهای سیلیسیم، ژرمانیم، بور، سرب، آرسینک و آنتیموان توسط گلداسمیت [۲].

۱۹۲۷ - ساخت عایق‌های الکتریکی بسامد بالا از جنس استیاتیت [۱۵].
- نمایش پراش باریکه الکترون توسط ترکیبات بلورین در ایالات متحده توسط دیویسون و گرمر [۴].

دهه سی

۱۹۳۰ - اختراع فریت‌های مس - روی و فرومگنت‌های کبالتی در ژاپن [۱۶].
- ساخت عایق‌های الکتریکی از جنس مولایت به عنوان عایق شمع اتومبیل [۱۵].
- تأیید این واقعیت که حرکت ذرات باردار اتم را نمی‌توان بر اساس دینامیک نیوتنی توجیه کرد که منجر به حذف فرضیه سیاره‌ای مدارهای الکترونی از مفهوم فیزیک شد [۴].
- تهیه و کاربرد ترکیب اسپینل ($Al_2O_3.MgO$) به عنوان یک ماده دیرگداز [۱].
- کشف پدیده جدایش شیشه‌های بورسیلیکاتی در اثر عملیات حرارتی [۲].
- آغاز کاربرد وریستورهای سرامیکی از جنس کاربید سیلیسیم به عنوان جانشین یکسوکننده‌های سلنیمی به منظور استفاده در دستگاه تلفن توسط شرکت بل [۱۷]
- کشف اثر ظرفیت عناصر بر پدیده رنگی شدن شیشه‌ها [۳].

۱۹۳۱ - ساخت عایق شمع اتومبیل از جنس آلومینا در آلمان [۱۵].
- انتشار نظریه هدایت الکتریکی نیمه‌رساناها در انگلستان توسط ویلسون [۱۷].
- تهیه اکسید منیزیم در مقیاس صنعتی از آب دریا توسط شرکت شیمیایی کالیفرنیا در ایالات متحده [۱].

۱۹۳۲ - ساخت رشته‌های حرارتی از جنس SiC در ایالات متحده و اروپا که تا دمای ۱۵۰۰°C با اطمینان به کار می‌رفتند [۱۱].
- ساخت اولین پرس ایزواستاتیک سرد[1] توسط جفری [۱۱].
- کشف عنصر دوتریم توسط یوری [۱۲].
- کشف ذره بنیادی نوترون توسط چادویک [۴].

---

۱. Cold Isostatic Press

- ارائه مفاهیم نظم برد کوتاه و نظم برد بلند در ساختار شیشه‌ها توسط وارن [۳].

۱۹۳۳ - انتشار ۱۷۸ نمودار فازی توسط اینسلی و هال در مجله انجمن سرامیک آمریکا [۱۹].

۱۹۳۴ - تهیه آلومینای ورقه‌ای پتنت شد [۱۴].

- ساخت شیشه‌های تلسکوپ توسط شرکت کورنینگ [۳].

۱۹۳۵ - آغاز تولید فریت‌های نرم توسط شرکت TDK در ژاپن [۱۶].

- کشف رابطه غیرخطی وابستگی ولتاژ به مقاومت الکتریکی در بدنه‌های SiC که با رس سینتر شده بودند توسط کورتشاتوف. کشفی که منجر به اختراع وریستورها شد [۱۷].

- کشف عنصر اورانیم ۲۳۵ [۱۲].

۱۹۳۶ - کاربرد چینی‌های دارای TiO_2 و MgO در ساخت لوله‌های خلأ توسط شرکت اسرام در آلمان [۱۵].

- انتشار مفاهیم مربوط به ساختار شیشه‌ها توسط زاکاریاسن [۲].

- تولید شیشه کوارتزی به روش ورنویل با انجام تغییراتی در این روش پتنت شد [۵].

۱۹۳۷ - شروع ساخت بدنه‌های از جنس SiC در ژاپن [۱۱].

- کاربرد سرامیک‌ها به عنوان سوخت هسته‌ای توسط باور و پرایس [۷].

۱۹۳۸ - روش تامپسون در زمینه ساخت رشته‌های حرارتی از جنس SiC به روش سینتر واکنشی پتنت شد [۱۴].

- تکمیل اولین میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) ساخته شده در آلمان [۸].

- تهیه شیشه کوارتزی از شیشه بوروسیلیکاتی جدایش یافته توسط هود و نوردبرگ پتنت شد [۲].

- ارائه اولین طرح صنعتی تهیه مواد دیرگداز توسط شرکت استیتلی [۱].

- استفاده از چسب‌های ترموست توسط شوارتزوالدر پتنت شد [۱۴].

۱۹۳۹ - ارائه نظریه آماری شکست مواد توسط ویبول در سوئد [۸].

دهه چهل

۱۹۴۰ ـ کاربرد وسیع آلومینای گداخته در صنعت دیرگداز [۱].

ـ کاربرد اکسید بریلیم به عنوان ماده جاذب نوترون [۸].

ـ ساخت جیگرهای اتوماتیک برای ساخت چینی مظروف [۱۵].

۱۹۴۱ ـ شروع تولید شمع جرقه‌زن از جنس آلومینا با چگالی بالا در شرکت هیتاچی ژاپن [۸].

۱۹۴۲ ـ آغاز کارهای پژوهشی بر سنتز میکا در ژاپن [۱۱].

۱۹۴۳ ـ شروع مطالعه ساخت ضبط صوت‌های مغناطیسی در ژاپن [۱۶].

ـ تولید لوله‌های خلأ از جنس آلومینا در آلمان [۸].

ـ کشف ویژگی فروالکتریکی تیتانات باریم در ایالات متحده و اتحاد جماهیر شوروی به طور همزمان [۱۶].

۱۹۴۴ ـ کشف ویژگی فروالکتریکی تیتانات باریم در ژاپن [۱۷].

ـ تعیین جرم و نوع بار الکتریکی ذرات بتا، پروتون، نوترون و آلفا [۴].

ـ روش ساخت آجرهای سیلیسی باکاربرد ویژه توسط هاروی و بیرچ پتنت شد [۱۴].

ـ تهیه فلز خالص پولونیم [۱۲].

ـ آغاز تولید رشته‌های حرارتی از جنس SiC توسط شرکت توشیبا [۸].

۱۹۴۵ ـ پیشنهاد مدل اتمی در فرایند سینتر مواد توسط فرنکل [۱۰].

ـ تک بلور روتایل توسط روش ذوب شعله رشد داده شد. تا قبل از این زمان فقط تک بلور آلومینا و اسپینل ($AlMgO_4$) با این روش رشد داده شده بودند [۵].

۱۹۴۶ ـ بررسی ویژگی نیمه رسانایی تک بلور SiC در آلمان [۸].

۱۹۴۷ ـ انتشار مفهوم الکترون ظرفیت در مواد نیمه‌رسانا در هلند [۴].

ـ شروع ساخت رشته‌های کوارتزی از روش هود و نوردبرگ که در سال ۱۹۳۸ پتنت شده بود [۲].

ـ انتشار نتایج موفقیت‌آمیز تولید قطعات نازک سرامیکی توسط هووات به‌منظور ساخت خازن [۲۰].

ـ تأیید ویژگی پیزوالکتریکی تیتانات باریم در آمریکا [۱۶].

۱۹۴۸ - انتشار نظریه نیل در باره فریت‌های اکسیدی [۱۶].
- کشف ترانزیستور ژرمانیم در ایالات متحده [۸].
۱۹۴۹ - انتشار نظریه کوچینسکی در باره سرعت سینتر مواد و پدیده ایجاد گردنه در بین ذرات [۱۰].
- انتشار ۵۰۷ نمودار فازی در مجله انجمن سرامیک آمریکا توسط اینسلی و هال و تکمیل کار قبلی [۱۸].

دهه پنجاه

۱۹۵۰ - شروع بررسی در زمینه ساخت مدارهای مجتمع IC[1] در انگلستان [۸].
- آغاز تحقیقات بر روی فرایند سینتر ترکیبات سرامیکی و ورود واژه سینتر به فرهنگ سرامیک [۱۹].
- ساخت کوره‌های دما بالا و توسعه اندازه گیری مدول گسیختگی و خزش سرامیک‌ها در دماهای بالا [۸].
- توجه عمومی به اهمیت کاربرد فریت‌ها به دلیل کاربرد آنها در ساخت رادیو، تلویزیون و رایانه [۱۶].
۱۹۵۲ - روش Doctor-Blade برای ساخت لایه‌های نازک توسط هووات پتنت شد [۲۰].
- آغاز کاربرد امواج کوتاه بر اساس اثر فارادی و نظریه فرومغناطیسی فریت‌ها [۱۶].
۱۹۵۴ - کشف میزر[2] توسط تاونز به دلیل تهییج مولکول‌های ترکیب NH_3 [۴].
- کاربرد یاقوت آلاییده شده با اکسید کروم در صنعت میزر [۴].
- اعطای جایزه نوبل به پایولینگ به دلیل کشف او در مورد قوانین حاکم بر پیوندهای شیمیایی در ساختار اتمی مواد [۴].
۱۹۵۵ - بیان عقاید کینگری و برگ در ایالات متحده در مورد بدنه‌های از جنس نیترید سیلیسیم که به کمک روش سینتر واکنشی پدید آمده بودند و معرفی آنها به عنوان یک

---

۱. Integrated Circuit

۲. Maser

دیرگداز با تأکید بر جنبه‌های نیتریده‌کردن مستقیم فلز سیلیسیم [۲۱].
- ساخت الماس مصنوعی در ایالات متحده توسط شرکت جنرال الکتریک [۸].
۱۹۵۶ - آغاز تحقیقات بر پایدارسازی ترکیب اکسید زیرکونیم [۸].
- انتشار اولین کتاب نمودار فازی با عنوان نمودارهای فازی برای سرامیست‌ها که مشتمل بر ۸۰۰ نمودار تعادلی فازی بود. این کتاب توسط لوین، مک موردی و هال منتشر شد [۱۹].
- ساخت فریت‌های نوع گارنتی (YIG) گزارش شد [۱۶].
- انجام کارهای تجربی بر میزان تخلخل موجود و استحکام خمشی بدنه‌های آلومینایی سینتر شده توسط کوبل و کینگری [۲۲].
۱۹۵۷ - جانشینی پیزوالکتریک‌های PZT به‌جای ترکیب تیتانات باریم [۱۶].
- کاربرد کامپوزیت‌های آلومینایی در ساخت پره توربین [۱۳].
- کشف محلول جامد اکسید زیرکونیم پایدارشده به عنوان الکترولیت جامد [۸].
- کشف کوبل در مورد استفاده از اکسید منیزیم به عنوان افزودنی سینتر آلومینا که به ایجاد قطعات متراکم آلومینایی بدون رشد افراطی دانه منجر شد. شرکت جنرال‌الکتریک فرایند تهیه این نوع آلومینا را لوکالوکس نامید و تولید چراغ‌های بخار سدیم به‌منظور ایجاد روشنایی آغاز شد [۲۲].
۱۹۵۸ - گسترش تولید هدهای مغناطیسی فریتی [۱۶].
- شروع مطالعه و بررسی ویژگی‌های آجرهای نیترید آلومینیم در انگلستان [۲۳].
- اثبات وجود فازهای آلفا و بتا در ترکیب نیترید سیلیسیم توسط پراش پرتو X در انگلستان [۲۳].
- معرفی نیترید سیلیسیم به عنوان ماده مناسبی برای ساخت توربین‌های گازی در انگلستان [۲۳].
۱۹۵۹ - انتشار اولین مقاله کینگری در زمینه سینتر در حضور فاز مایع [۶].
- تولید ضبط صوت‌های مغناطیسی در ژاپن [۶].
- سینتر موفقیت‌آمیز ترکیب نیترید آلومینیم به کمک روش پرس داغ که منجر به کاربرد وسیع روش شکل‌دهی توسط پرس داغ شد [۲۳].

- ساخت اولین ترکیب شیشه - سرامیک به‌طور اتفاقی توسط استوکی [۲].
- تولید شیشه سرامیک‌های شفاف توسط استوکی در ایالات متحده که آنها را پیروسرام نامید [۳].
- کشف MgO به عنوان مؤثرترین افزودنی سینتر در روش پرس داغ نیترید سیلیسیم در انگلستان [۲۳].
- معرفی فرایند سینتر پودرهای سرامیکی با مدل دیفوزیونی توسط کوبل در ایالات متحده [۲۲].
- کشف شیشه‌های فتوکروم توسط استوکی [۳].

دهه شصت

۱۹۶۰ - پذیرش دیرگدازهای یکپارچه در صنعت دیرگداز [۱].
- آغاز اندازه‌گیری چقرمگی محصولات سرامیکی، کمیتی که تا این زمان اندازه‌گیری نمی‌شد [۸].
- انتشار اولین پالس لیزر با تک بلور آلومینا آلاییده شده با کروم در ایالات متحده [۱۳].

۱۹۶۲ - روش تهیه آلومینای شفاف توسط کوبل پتنت شد [۲۲].
- کوره تونلی عمودی توسط اسمیت پتنت شد [۱۴].
- کشف نیمه‌هادی‌های از جنس آرسنات گالیم توسط شرکت جنرال الکتریک و آی.بی.ام در ایالات متحده [۸].

۱۹۶۳ - ارائه مدلی در زمینه اثر مرزدانه بر فرایند کنترل دیفوزیونی در آلومینا و نظریه خزشی بدنه‌های آلومینایی توسط کوبل [۲۲].
- کینگتون روش فلوت را در تولید شیشه تخت پتنت کرد [۲].

۱۹۶۴ - مطالعه رشته‌های نوری در صنعت ارتباطات [۳].
- ارائه نظریه ساز و کار انتقال جرم در خلال سینتر توسط کوبل [۲۲].

۱۹۶۵ - شروع آزمایش‌های زیست‌سازگاری سرامیک‌های آلومینایی به عنوان استخوان مصنوعی در مفصل ران، ریشه دندان و... در ژاپن [۲۴].

- ارائه مدل دیفوزیون شبکه‌ای در خلال سینتر توسط کوبل [۲۲].
- شروع مطالعه بر روی افزودنی‌های سینتر، محیط سینتر، سینترپذیری و استحکام خمشی نیترید سیلیسیم در ژاپن [۲۲].
- کشف تایلور مبنی بر عدم امکان سینتر بدنه‌های کربید سیلیسیم بدون حضور افزودنی و پتنت چند نوع افزودنی [۲۳].

۱۹۶۶ - بیان مزایای کاربرد شیشه کوارتزی در ساخت رشته‌های نوری در صنعت مخابرات در انگلستان [۳].
- کشف باتری‌های بتا - آلومینا با هدایت غالب یون سدیم و ساخت باتری سدیم - سولفور در شرکت فورد [۱۳].
- تولید موفق تک بلور آلومینا به قطر یک دهم میلی‌متر به روش چوکرالسکی [۵].
- ارائه ساز و کار چگالش در خلال پرس داغ توسط کوبل [۲۲].
- کشف پدیده ساخت مواد توسط فرایند SHS [۲۵].

۱۹۶۷ - موفقیت در رشد تک بلور آلومینا به صورت رشته‌ای به روش چوکرالسکی در ایالات متحده [۵].

۱۹۶۸ - توسعه ساخت وریستورهای اکسید روی [۱۷].
- توسعه ساخت نمایشگرهای کریستال مایع در ایالات متحده [۸].

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

دهه هفتاد

۱۹۷۰ - تولید وسیع باتری‌های الکترولیت جامد بتا - آلومینا [۱۳].
- ساخت آشکارساز بر اساس هدایت الکتریکی ناشی از جذب گاز SnO_2 متخلخل [۱۱].

۱۹۷۱ - موفقیت در ساخت لایه‌های از جنس سیلیکون برای کاربرد در باتری‌های خورشیدی [۲۳].
- کشف اکسید ایتریم به عنوان افزودنی مناسب برای سینتر نیترید آلومینیم [۲۳].
- اندیشه جدی استفاده از قطعات سرامیکی از جنس نیترید سیلیسیم در ساخت توربین‌های گازی [۲۳].

۱۹۷۲ - کاربرد نیمه‌رساناهای از جنس تیتانات باریم در وسایل خانگی مانند پلوپز، اجاق‌گاز و... [۱۶].

- درک این نکته که مقاومت به شوک حرارتی زیرکونیای نیمه‌پایدار شده به دلیل وجود بلورهای ریز فاز زیرکونیای مونوکلینیک است [۸].

- موفقیت آزمایش‌های زیست سازگاری قطعات آلومینایی به عنوان مواد بیوسرامیک [۲۴].

۱۹۷۳ - کاربرد ترکیب زیرکونیای نیمه‌پایدار شده به عنوان حسگر گاز اکسیژن [۱۱].

- توسعه استفاده از ترکیب اکسید ایتریم به عنوان افزودنی سینتر نیترید سیلیسیم [۲۳].

- اثر افزودن اکسید ایتریم بر افزایش استحکام نیترید سیلیسیم پرس داغ شده در دمای بالا انتشار یافت [۲۳].

۱۹۷۴ - پیشرفت ساخت پایه‌های از جنس آلومینا در ساخت مدارهای مجتمع [۱۳].

- توسعه ساخت خازن‌های تیتانات باریم برای کاربرد در بسامدهای بالا [۲۳].

- تبلور فاز مرز دانه‌ای در بدنه‌های نیترید سیلیسیم به کمک افزودنی‌هایی مانند اکسید ایتریم و آلومینا که منجر به افزایش چشمگیر استحکام آنها در دمای بالا شد [۲۳].

- شروع تحقیقات جدی در زمینه ساخت سیالون‌ها در ژاپن و انگلستان [۲۳].

- موفقیت شرکت جنرال الکتریک برای ساخت کربید سیلیسیم سینتر واکنشی با استفاده از فاز بتا - کربید سیلیسیم [۸].

- آغاز مطالعه ساخت یاتاقان‌های گلوله‌ای و میله‌ای از جنس نیترید سیلیسیم [۲۳].

۱۹۷۵ - به‌دست آمدن چقرمگی چشمگیر از زیرکونیای نیمه‌پایدار شده ناشی از جذب انرژی تنش به دلیل وجود زیرکونیای تتراگونال ریزدانه که به‌طور نیمه‌پایدار در ریزساختار وجود دارد و به فاز مونوکلینیک استحاله می‌یابد [۸].

۱۹۷۶ - موفقیت جارکو در تهیه بیوسرامیک‌های هیدروکسی آپاتیتی به روش رسوب‌گیری از محلول و پتنت این روش [۲۴].

- موفقیت شرکت کربوراندم در تهیه فاز آلفا - کربید سیلیسیم که تا دمای ۱۶۵۰°C استحکام خود را حفظ کرد [۲۳].

- کاربرد سرامیک‌ها در ساخت موتورهای احتراقی به منظور به کارگیری در وسایط

نقلیه مانند کامیون‌ها و اتوبوس [۸].

۱۹۷۷ ـ موفقیت در ساخت بدنه‌های از جنس نیترید سیلیسیم با استحکام بالا و توسعه ساخت آنها [۲۳].

ـ آغاز فروش پودر نیترید سیلیسیم مناسب برای ساخت بدنه‌های نیترید سیلیسیمی در ایالات متحده [۲۳].

۱۹۷۸ ـ توسعه تولید چراغ‌های بخار سدیم از جنس آلومینای شفاف به‌منظور ایجاد روشنایی [۲۳].

۱۹۷۹ ـ توسعه سنتز ترکیب سیالون در ژاپن [۲۳].

ـ تلاش موفق در تهیه شیشه‌های از جنس اکسید ژرمانیم و عبور دهنده طیف فروسرخ [۲].

ـ آغاز تولید پایه مدارهای مجتمع از جنس کربید سیلیسیم به عنوان جانشین اکسید بریلیم در شرکت هیتاچی ژاپن [۸].

ـ اولین آزمایش موفق شرکت ایسوزو در ساخت سیلندر سرامیکی از جنس نیترید سیلیسیم [۲۳].

ـ تولید تک بلور LaB_6 به عنوان کاتد انتشار گرمایونی برای کاربرد به عنوان تولید کننده الکترون و استفاده در میکروسکوپ‌های الکترونی [۲۶].

ـ پایداری قطعات نیترید سیلیسیم در دمای $1200^{\circ}C$ در توربین‌های گازی و ارجحیت کاربرد آنها بر ۲۵ فلز مورد آزمایش [۲۳].

ـ تولید یاتاقان‌های سرامیکی از جنس کربید سیلیسیم و نیترید سیلیسیم [۸].

ـ شروع استفاده از قطعات سرامیک‌های مهندسی در موتورهای احتراقی، ابزار برش، یاتاقان‌ها و قطعات شوک‌پذیر [۲۳].

نتیجه‌گیری

در تاریخ بشری همواره برخی از اختراعات و اکتشافات نقش اساسی در اکتشافات و اختراعات بعد از خود داشته‌اند. به عنوان مثال، کشف و اختراع بسیاری از دستاوردهای علمی و صنعتی بشر در گرو کشف الکتریسیته توسط ادیسون است. بی‌گزاف چنین نقش بنیادی در

علم و مهندسی مواد را می‌توان به دستاوردهای رونتگن، لاوه، براگ و براوه نسبت داد، زیرا پس از کشف پرتو ایکس مطالعات این پژوهشگران افق‌های تازه‌ای را در راه شناسایی ساختار اتمی، آرایش اتم‌ها و سیستم‌های تبلور به علم مواد هدیه کرد. همچنین، به جرأت می‌توان گفت که پیشرفت سرامیک‌ها در دهه‌های اخیر مرهون تجهیزات شکل‌دهی پیشرفته مانند پرس ایزواستاتیک سرد (CIP[۱])، پرس ایزواستاتیک گرم (HIP[۲]) و پرس داغ (HP[۳]) است. همچنین، نباید مطالعات ارزشمند میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM[۴])، میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM[۵]) و روش‌های آنالیز حرارتی را از نظر دور داشت. توانایی پدید آوردن دماهای بالاتر از ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد از جمله مهمترین دلایل برای ساخت سرامیک‌های مهندسی است، بنابراین کشف و کاربرد دیرگدازها را نباید در توسعه و کاربرد سرامیک‌های مهندسی فراموش کرد.

مراجع

1. W.E. Lee, Evolution of in Situ Refractories in the 20th Century, J. Am Ceram. Soc. 81, 6, pp. 1385-1410, 1998.
2. C.R. Kurkjian and W.R. Prindle, Perspectives on the History of Glass Compositions, J. Am. Ceram. Soc. 81, 4, pp. 795-813, 1998.
3. M. Cable, A Century of Developments in Glass Melting Research, J. Am. Ceram. Soc. 81, 5, pp. 1083-1094, 1998.
4. Concepts of Modern Physics, Editted by A. Beiser, McGraw Hill Book Company, 1987.

---

۱. Cold Isostatic Press

۲. Hot Isostatic Press

۳. Hot Press

۴. Scanning Electron Microscopy

۵. Transmission Electron Microscopy

5. M. Ultzen, The Verneuil Flame Fusion Process: Substances, J. Cryst. Grow. 132, pp. 315-328, 1993.

6. K.L. Woodard, Profiles in Ceramics: W.D. Kingery, Father of Modern Ceramics, Am. Ceram. Soc. Bul. 78, 1, pp. 46-52, 1999.

7. N.Q. Minh, Ceramic Fuel Cells, J. Am. Ceram. Soc. 76, 3, pp. 563-588, 1993.

8. What Every Engineer Should Know about Ceramics, edited by S. Musikant, Marcel Deker Inc. 1991.

9. G.K. Moir, Cement Production, State of the Art, Br. Ceram. Trans. 95, 5, pp. 204-212, 1997.

10. A History of the Development of Science of Sintering, edited by J.E. Burke in Ancient Technology of Modern Ceramics, By W.D. Kingery, the American Ceramic Society Inc. Columbus, Ohio, 1984.

11. Engineered Materials Hand Book, Vol. 4, Ceramics and Glasses, S.J. Schneider, ASM International, Hand Book Committee, 1987.

12. H. Heystek, Annual Materials Review, Am. Ceram. Soc. Bull. 69, 5, pp. 843-890, 1990.

13. Alumina as Ceramic Material, from alumina Ceramics, AFML-TR-66-13 prepared for the materials information branch, materials support division, air force materials laboratory, wright-patterson, air force base, Ohio, 1980.

14. Ceramic Patents, a History of Development, edited by O.J. Whittemore in Ancient Tehnology of Modern Ceramics, By W.D. Kingery, The American Ceramic Society Inc. Columbus, Ohio, 1984.

15. W.M. Carty and U. Senapati, Porcelain Raw Materials; Processing, Phase Evolution and Mechanical Behaviour, J. Am. Ceram. Soc. 81, 1, pp. 3-20, 1998.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

16. M. Sugimoto, The Past, Present and Future of Ferrites, J. Am. Ceram. Soc. 82 [2], pp. 269-280, 1999.

17. D.R. Clarke, Varistor Ceramics, J. Am. Ceram. Soc. 82, 3, pp. 485-502, 1999.

18. Introduction to Phase Equilibria in Ceramics, edited by C.G. Bergron and S.H. Risbud, 2nd ed., The American Ceramic Society Inc. Columbus, Ohio, 1984.

19. Phase Diagram for Ceramics, edited by E.M. Levin, C.R. Robbins and H.F. McMurdie, The American Ceramic Society Inc. Columbus, Ohio, 1964.

20. R.E. Mistler, Tape Casting: Past, Present Potential, Am. Ceram. Soc. Bull. 77, pp. 82-86, 1998.

21. Introduction to Ceramics, edited by W.D. Kingery, H.K. Bowen and D.R. Uhlmann, John Wiley and Sons, 1975.

22. C.A. Hadverker et al., Robert L. Coble: Aretrospective, J. Am. Ceram. Soc. 77, 2, pp. 293-297, 1994.

23. Non-oxide Technical and Engineering Ceramics, edited by S. Hampshire, Elsevier Applied Science, 1986.

24. L.L. Hanch, Bioceramics, J. Am. Ceram. Soc. 81, 7, pp. 1705-1727, 1998.

25. A.G. Merzhanov, History and Recent Development in SHS, Ceram. Int. 21, pp. 371-379, 1995.

26. Instrumental Methods of Analysis, edited by H.H. Willard et. al., 6th edition, Wads Worth Publishing Company, 1981.

(تاریخ دریافت مقاله: ۸۱/۱۰/۷)