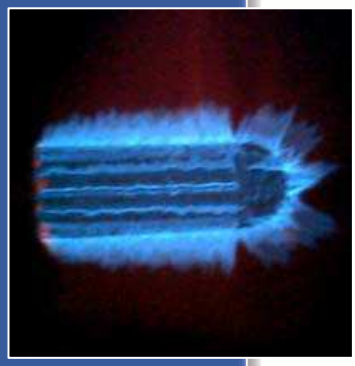
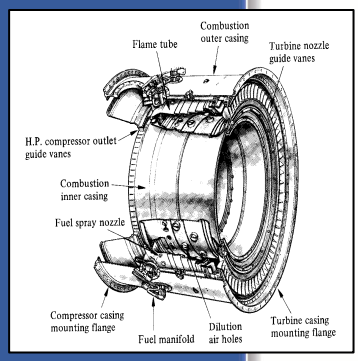
احتراق
خبرنامه انجمن احتراق ایران

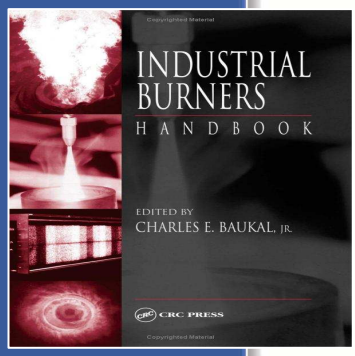
انجمن احتراق ایران

آنچه در این شماره می‌خوانید:

- مقاله پژوهشی
- یک چهره
- مسابقه علمی
- معرفی آزمایشگاه
- معرفی یک کتاب
- اخبار داخلی انجمن
- واژه‌های احتراقی
- همایش های آینده







مقاله پژوهشی

ژئوپلیمرها؛ نسل جدید مواد ساختمانی مقاوم در برابر آتش (بخش دوم)

علی الله وردی، ابراهیم نجفی کانی، سارا اسماعیل پور

دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران

در شماره قبل مقاله‌ای در رابطه با ژئوپلیمرها ارائه گردید که در این شماره بخش دوم آن را مطالعه خواهید کرد.

۳- بحث و نتایج

جدول ۱ نتایج آزمایش‌های انجام شده را نشان می‌دهد. نمونه ها بر اساس خواص فیزیکی (ترموپلاستیک های مهندسی) و خواص شیمیایی و یا کاربردهای نهایی (مقاومت در دماهای بالا و ترموپلاستیک ها) دسته بندی می‌شوند که میانگین مقادیر برای هر گروه بیان کننده خواص هر گروه می باشد. واضح است ترکیبات ژئوپلیمر غیر قابل احتراق هستند، در حالی که ترکیبات پلیمری آلی قابل سوختن و شعله پذیری می‌باشند. رزین‌های ژئوپلیمری تحت تاثیر آتش، سفید می‌شوند (کریستالیزه)، ولی شعله‌ور نمی‌گردند و حتی پس از ۱۰ دقیقه قرار گرفتن در کالریمتر دود از آنها بلند نمی‌شود. فهمیدن این موضوع که آیا پارامترهای احتراق محاسبه شده در جدول۱، که برای مقیاس های کوچک محاسبه شده اند، قابل انطباق با آتش سوزی‌های بزرگ که در واقعیت با آن سر و کار داریم هستند، نیز از اهمیت زیادی برخوردار است؛ چرا که در آتش سوزی‌های محلی تنها نمونه مورد آزمایش ما دچار سوختن نمی‌شود، موارد متفاوت دیگری هم در این امر دخیل هستند.

پیشنهاد شده است که آهنگ گرمای آزادشده در این آزمایش ها که در مقیاس کوچک و تحت شرایط خاص اندازه‌گیری شده، مهم‌ترین پارامتر در توصیف قابلیت آتش‌گیری مواد باشد. لکن اخیرا از پارامتر شاخص انتشار شعله استفاده می‌شود که نسبت آهنگ اوج آزادسازی گرما به زمان شعله ورسازی است و عامل دقیق‌تری برای پیش بینی زمان لازم برای آتش‌گیری می‌باشد، برای این منظور استفاده شود.

$$\text{Flame Propagation Index (FPI)} = \frac{\text{Peak Heat Release Rate}(kW/m^2)}{\text{Time}-\text{to}-\text{ignition (seconds)}}$$

این فاکتور مهمترین عامل در انتخاب مواد برای کاربردهای مختلف از جمله استفاده در کابین هواپیما وساختمان‌ها و غیره می‌باشد. در شکل ۳ زمان آتش‌گیری ترکیبات مواد مختلف با ضخامت ۸ میلیمتر نشان داده شده است. اگر این مواد به عنوان دیوارهایی به ابعاد ۸ فوت در ۱۲ فوت و ارتفاع ۸ فوت مورد استفاده قرار گیرند؛ از فرمول زیر می توان زمان آتش‌گیری را برای این مواد محاسبه نمود.

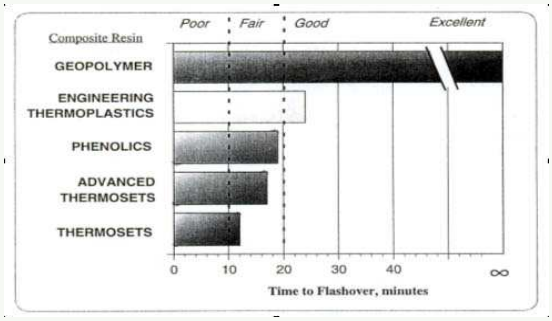
$$\text{Time}-\text{to}-\text{flashover(sec)} = 991 - 6291\text{Log}_{10}\,\text{FPI}$$

که برای ۱۳ نوع ماده مختلف و بر اساس استاندارد ISO 9705 زمان آتش‌گیری محاسبه شده است. نتیجه محاسبات در شکل ۳ ثبت شده است. در این شکل زمان آتش گیری بین ۱۰ تا ۱۲ دقیقه برای ورقه های ملامین تحت فشار روی صفحات غیر قابل احتراق، فولاد پوشیده شده توسط فوم پلیمری، کند کننده آتش PVC روی دیواره گچی و منسوجات کند کننده آتش روی صفحات گچی محاسبه گردید.

جدول۱: نتایج آزمایش های انجام شده بر مواد مورد بررسی

RESIN	FIBER	Weight Loss	Time of Ignition	300s Peak HRR	Total Average HRR	Heat Release	Smoke
		%	Seconds	KW/m2	KW/m^2	MJ/m^2	m^2/kg
Isophtalic polyester	Glass	-	77	198	120	-	378
Vynil Ester	Glass	-	78	222	158	-	861
Vynil Ester	Glass	26	74	119	78	25	1721
Epoxy	Glass	-	105	178	98	30	580
Epoxy	Glass	19	18	40	2	29	566
Epoxy	Glass	28	49	181	108	39	1753
Epoxy	Glass	22	50	294	135	43	1683
Epoxy	Carbon	24	94	171	93	-	-
TERMOSETS		24	68	175	99	33	1077
Cyanate Ester	Glass	22	58	130	71	49	898
PMR-15 polyimide	Glass	11	175	40	27	21	170
Bismaleimide	Glass	25	141	176	161	60	546
ADVANCED THERMOSETS		24	124	115	86	43	538
Phenolic	Glass	-	210	47	38	14	176
Phenolic	Glass	12	214	81	40	17	83
Phenolic	Glass	6	238	82	73	15	75
Phenolic	Glass	10	180	190	139	43	71
Phenolic	Glass	3	313	132	22	12	143
Phenolic	Carbon	28	104	177	112	50	253
Phenolic	Carbon	9	187	71	41	14	194
PHENOLICS		11	206	111	66	23	142
Polypheaylenesulfide	Glass	13	244	48	28	39	690
Polypheaylenesulfide	Carbon	16	173	94	70	26	604
Polyarylsulfone	Carbon	3	122	24	8	1	79
Polyethersulfone	Carbon	-	172	11	6	3	145
Polyetheretherketone	Carbon	2	307	14	8	3	69
Polyetherketoneketone	Carbon	6	223	21	10	15	274
ENGINEERING PLASATICS		8	207	35	22	15	310
GEOPOLYMER	Carbon	0		0	0	0	0

این شکل یک رتبه‌بندی کیفی از ژئوپلیمرهای آلی در اختیار ما قرار می‌دهد. بر اساس شکل؛ ترموپلاستیک‌های مهندسی در ۲۰ دقیقه به زمان آتش‌گیری و شعله ورسازی خود نمی‌رسند، ولی دود قابل ملاحظه‌ای را در این مدت تولید می‌کنند درحالی‌که ژئوپلیمرها چنین خاصیتی ندارند. چنانچه ملاحظه می‌شود، تغییرات زیادی بین مقادیر شکل ۳ و جدول ۱ وجود دارد، که این مساله ناشی از محاسبه مقادیر شکل ۳ در حالت غیر آزمایشگاهی و واقعی است.

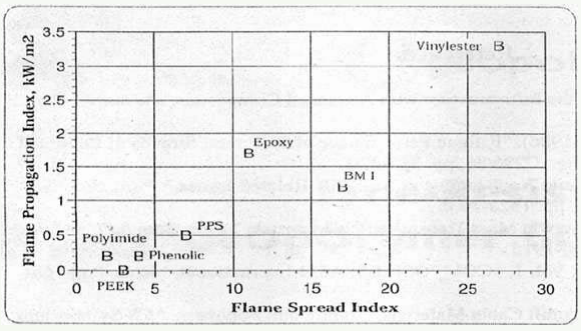


شکل ۳: زمان پیش بینی شده برای آتشگیری بر اساس ISO 9705 برای مواد مختلف ساختارهای متفاوت

شاخص انتشار شعله یک مقیاس حدودی از سرعت حرکت شعله در جلوی آتش می باشد و نتیجتا رتبه

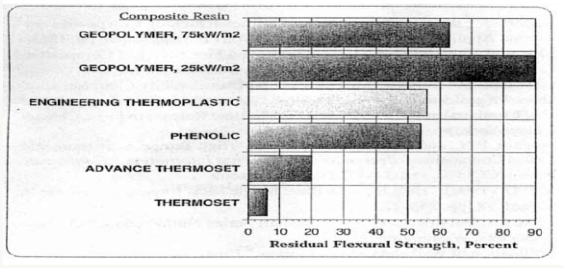
بندی کیفی از سرعت رشد آتش مواد مختلف را هم در اختیار ما قرار می‌دهد.

در شکل ۴ بر اساس مقادیر جدول ۱ نمودار FPI بر حسب شاخص انتشار شعله رسم شده است. در این شکل نیز قابلیت استفاده از ژئوپلیمرها به عنوان ماده‌ای مقاوم در برابر آتش مشهود است.



شکل ۴: ضریب انتشار شعله در آهنگ ۵۰ کیلووات بر متر مربع برای ترکیبات پلیمرهای آلی تقویت شده توسط شیشه

مهم‌ترین عامل جهت تشخیص مقاومت در برابر آتش مقاومت خمشی باقیمانده پس از قرار گرفتن در معرض آتش می‌باشد که در شکل ۵ برای دسته ای از مواد مختلف نشان داده شده است. چنانچه قبلاً ذکر شد، ژئوپلیمرهای تقویت شده توسط رشته های کربنی در معرض شرایط گرمایی خیلی سخت (۸۰۰ درجه سانتیگراد؛ ۷۵ کیلووات بر مترمربع) قرار گرفتند و همچنان ٪۶۳ از مقاومت ۲۴۵ مگاپاسکالی مقاومت خمشی اولیه خود را حفظ کردند.



شکل ۵: مقاومت خمشی باقیمانده ورقه های چند لایه‌ای پس از قرار گرفتن در معرض آتش

۴- نتیجه گیری

پاسخ حرارتی ساختارهای مرکب ژئوپلیمری در برابر آتش در مقایسه با مصالح مرسوم مورد استفاده در فضای داخلی ساختمان از قبیل شیشه یا کربن تقویت شده توسط پلی استر، وینیل استر، اپوکسی، سیانیت استر، پلی آمید، فنولید و ورقه های ترموپلاستیک مهندسی که به سادگی مشتعل می‌شوند و دود و حرارت قابل توجهی پخش می‌نمایند، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصله نشان می‌دهند که ترکیبات ژئوپلیمری که با رشته‌های کربنی تقویت می‌گردند حتی در اثر دماهای بسیار بالا و پرتودهی زیاد نیز مشتعل نمی‌شوند و نمی‌سوزند و دود ساتع نمی‌کنند. ژئوپلیمرها دارای مقاومت بسیار بالایی در برابر آتش سوزی بوده و نتیجتا قابل استفاده برای زیرسازی در ساختمان ها همراه با قیمت تمام شده مناسب هستند. این مواد در مقایسه با مواد پلیمری آلی دارای مقاومت بالاتری پس از قرار گرفتن در برابر آتش نیز هستند. ترکیبات ژئوپلیمری تقویت شده با رشته‌های کربنی ٪۶۳ مقاومت خمشی خود را حتی پس از موارد آتش‌گیری وسیع نیز حفظ می‌نمایند.

منابع و مراجع

1- T. Bakharev, Thermal behaviour of geopolymers prepared using class F fly ash and elevated temperature curing, Cement and Concrete Research 36, 1134–1147, 2006.

2- Ross A. Fletcher, Kenneth J.D. MacKenzie, Catherine L. Nicholsona, Shiro Shimada, The composition range of aluminosilicate geopolymers, Journal of the European Ceramic Society 25, 1471–1477, 2005.

3- Hongling Wang, Haihong Li, Fengyuan Yan, Synthesis and mechanical properties of metakaolinite-based geopolymer, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects 268, 1–6, 2005.

4- T. Bakharev, Geopolymeric materials prepared using Class F fly ash and elevated temperature curing, Cement and Concrete Research 35, 1224– 1232, 2005.

5- R. Cioffia, L. Maffucci b, L. Santoro, Optimization of geopolymer synthesis by calcinations and polycondensation of a kaolinitic residue, Resources, Conservation and Recycling 40, 27–38, 2003.
6- Valeria F.F. Barbosa, Kenneth J.D. MacKenzie, Synthesis and thermal behaviour of potassium sialate geopolymers, Materials Letters 57, 1477– 1482, 2003.
7- T.W. Cheng, J.P. Chiu, Fire-resistant geopolymer produced by granulated blast furnace slag, Minerals Engineering 16, 205–210, 2003.
8- Hua Xu, Jannie S.J. Van Deventer, Microstructural characterisation of geopolymers synthesized from kaolinite/stilbite mixtures using XRD, MAS-NMR, SEM/EDX, TEM/EDX, and HREM, Cement and Concrete Research 32, 1705–1716, 2002.
9- Joseph Davidovits, 30 Years of successes and failures in geopolymer applications. market trends and potential breakthroughs. Geopolymer 2002 Conference, October 28-29, 2002, Melbourne, Australia.
10- Allahverdi A. and Škvára F., Acidic Corrosion of Geopolymeric Cements, Proc. Int. Conf. on fly ash, silica fume, slag and natural pozzolans in Concrete 7th, CANMET/ACI, Madras, India, vol. 2, 561-579, 2001.
11- Allahverdi A. and Škvára F., Nitric Acid Attack on Hardened Paste of Geopolymeric Cements, Part I, Ceramics-Silikáty 45(3) 81-88, 2001.
12- Allahverdi A. and Škvára F., Nitric Acid Attack on Hardened Paste of Geopolymeric Cements, Part II, Ceramics-Silikáty 45(4) 143-149, 2001.
13- Allahverdi A. and Škvára F., Nitric Acid Attack on Hardened Paste of Geopolymeric Cements, Part I, Ceramics-Silikáty 45(3) 81-88, 2001.
14- Allahverdi A. and Škvára F., Nitric Acid Attack on Hardened Paste of Geopolymeric Cements, Part II, Ceramics-Silikáty 45(4) 143-149, 2001.
15- Xu, H. and van Deventer, J.S.J., The geopolymerisation of aluminosilicate minerals. International Journal of Mineral Processing, Vol. 59: pp. 247-266, 2000.
16- Barbosa, V.F.F., MacKenzie, K.J.D., and Thaumaturgo, C., Synthesis and Characterisation of Materials Based on Inorganic Polymers of Alumina and Silica: Sodium Polysialate Polymers. International Journal of Inorganic Materials, 2(4), pp. 309-317, 2000.
17- Davidovits, J. , Chemistry of Geopolymeric Systems, Terminology. Presented at the Geopolymer' 99 International Conference. France: 1999.
18- J. Davidovits, Process for obtaining a geopolymeric alumino-silicate and products thus obtained, US Patent, No.5,342,595, August 30, 1994.
19- J. Davidovits, Inorganic Polymeric New materials, Journal of Thermal Analysis Vol. 37, pp. 1633-1656, 1991.
20- R. E. Lyon, U. Sorathia, P.N. Balaguru, and A. Foden, Fire response of geopolymer structure composites, Proceeding of 1st International Conference on Fiber Composites in Infrastructure (ICCI 96), Tucson, 1996, Arizona, pp. 972-981.

یک چهره

در بخش یک چهره این شماره با تحقیقات و فعالیت های یکی دیگر از محققان علم احتراق کشورمان جناب آقای دکتر فرزاد بازدیدی تهرانی آشنا می‌شویم.

دکتر فرزاد بازدیدی تهرانی در سال ۱۳۴۰ متولد شدند و قبل از اتمام دبیرستان جهت ادامه تحصیل عازم کشور انگلستان گردیدند. مقاطع تحصیلی کارشناسی ارشد و دکتری را در دانشگاه لیدز سپری نمودند. در سال ۱۳۶۵ دوره کارشناسی ارشد تحت عنوان احتراق و انرژی و در سال ۱۳۶۹ رساله دکتری تحت عنوان خنک‌کاری لایه‌ای قطعات داغ در توربین گاز را با درجه عالی تکمیل نمودند.

دکتر بازدیدی تهرانی از سال ۱۳۷۰ در دانشکده مهندسی مکانیک – دانشگاه علم و صنعت ایران شاغل بوده‌اند و تاکنون نزدیک به ۴۰ عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد و ۲ عنوان رساله دکتری را راهنمایی نموده‌اند. ایشان مسئولیت‌های اجرائی متنوعی در سطح دانشگاه عهده‌دار بوده‌اند. (هم اکنون ایشان مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه علم وصنعت ایران می‌باشند). همچنین، نامبرده سال‌ها به عنوان مشاور علمی در سازمان‌های دولتی مانند صنایع هواپیمائی ایران و در بخش خصوصی فعالیت داشته‌اند. عضویت در مجامع علمی داخلی و

بین‌المللی، نظارت بر طرح‌های تحقیقات صنعتی، داوری طرح‌های جشنواره خوارزمی و داوری مقالات برای مجلات علمی- پژوهشی بین‌المللی مانند:

1- Heat and Mass Transfer – Springer

2- Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineers

3- Int. Journal for Numerical Methods inFluids – John Wiley & Sons

از جمله فعالیت‌های علمی ایشان می‌باشد. از ایشان تاکنون مقالات متعددی در مجلات علمی-پژوهشی داخلی و خارجی و همچنین همایش‌های علمی داخلی و بین‌المللی به چاپ رسیده است که تعدادی از این مقالات به شرح ذیل ارائه می‌گردد:

1- Bazdidi-Tehrani, F., and Jahromi, M., 2006, "Numerical Simulation of a Confined Swirling Flow in a Model Gas Turbine Combustor," J. Aerospace Science and Technology, Vol. 3, No. 2, Spring.

2- Bazdidi-Tehrani, F., and Nezamabadi, M., 2005, "Effect of Gr/Re on Mixed Convection and Combined Mixed Convection–Radiation Heat Transfer within a Vertical Channel", Scientia Iranica (Sharif University of Technology), Vol. 12, No. 2, pp. 178-189.

3- Bazdidi-Tehrani, F., Shahmir, A., and Haghparast-Kashani, A., 2004, "Numerical Analysis of a Single Row of Coolant Jets Injected into a Heated Crossflow," Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 168, Issues 1-2, pp. 53-63.

4- Bazdidi-Tehrani, F., and Jahromi, M., 2003, "Three-Dimensional Numerical Simulation of the Flow Inside a Model Gas Turbine Combustor," Int. J. Eng. Science, Iran Univ. of Science & Technology, Vol. 14, No. 3, pp. 161-173.

5- Bazdidi-Tehrani, F., and Zaman, S., 2002, "Two-Phase Heat Transfer on an Isothermal Vertical Surface : A Numerical Simulation," International Journal of Heat and Fluid Flow, Vol. 23, Issue 3, pp. 308-316.

6- Bazdidi-Tehrani, F., Zeinivand, H., 2008, "Numerical Solution of Reactive Swirling Flow in a Model Gas Turbine Combustor", The 7th Iranian Aerospace Society Conference, Sharif University of Technology.

7- Bazdidi-Tehrani, F., and Rajabi-zargarabadi M., 2003, "Numerical Simulation of Combustion Phenomenon in a Model Combustion Chamber," Proceedings of the Third Mediterranean Combustion Symposium, Marrakech, Morocco

8- Bazdidi-Tehrani, F., and Rajabi-Zargarabadi, M., 2003, "Numerical Simulation of Combustion Phenomenon in a Sample Combustion Chamber Together With Radiation Modelling," The 11th Annual Conference and the 7th International Conference of Iranian Society of Mechanical Engineers.

برای این محقق ارجمند آرزوی سلامتی و توفیق روز افزون را داریم.

مسابقه علمی

در هر شماره خبرنامه سؤالی با عنوان مسابقه علمی مطرح می‌شود. علاقمندان به پاسخگویی می توانند پاسخ خود را حداکثر ظرف مدت دو هفته پس از دریافت خبرنامه به صورت فایل Word یا Pdf با پست الکترونیکی به آدرس انجمن احتراق ایران ارسال فرمایند.

برنده هر مسابقه در شماره‌های بعدی خبرنامه معرفی می‌گردد و جایزه در نظر گرفته شده به برندگان طی مراسمی در مجمع عمومی سالانه انجمن احتراق ایران اعطا خواهد شد.

سوال این شماره :

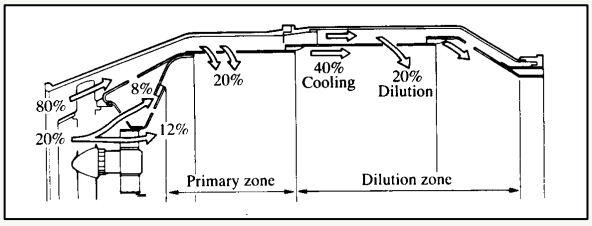
موتورهای دورانی چگونه کار می‌کنند و چه تفاوتی با موتورهای پیستونی دارند؟

جواب مسابقه خبرنامه شماره قبل:

در شماره قبل در مورد انواع محفظه‌های احتراق توربین‌های گازی مرسوم و محاسن و معایب به کارگیری، تحقیقات و مفاهیم جدید مطرح شده در این خصوص سوال شده بود. پاسخ سوال بصورت مختصر در این شماره ارائه می‌شود.

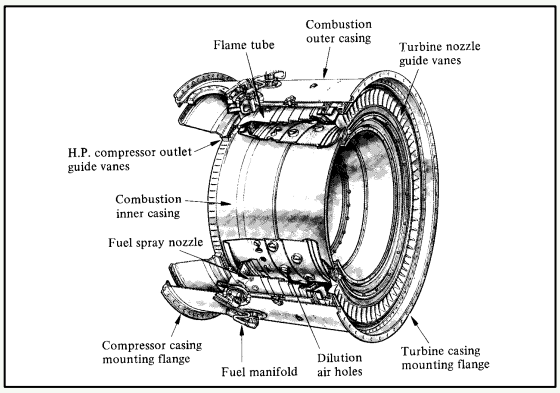
**انواع محفظه‌های احتراق توربین‌های گازی مرسوم و محاسن و معایب به کارگیری هر یک را بیان نمایید.
در حال حاضر چه تحقیقاتی در ارتباط با این محفظه‌ها انجام می‌پذیرد و مفاهیم جدید مطرح شده در این خصوص شامل چه مواردی است؟**

امروزه سه نوع عمده از محفظه‌های احتراق توربین‌های گازی بویژه در هوانوردی مورد استفاده واقع می‌شوند. این سه نوع شامل محفظه‌های حلقوی[1]، لوله ای[2]، و ترکیب آن‌ها که به محفظه‌های لوله ای-حلقوی[3] معروف هستند، می‌باشد. البته انواع مختلف دیگری از محفظه‌های احتراق توربین گاز نیز در صنایع نفت و گاز و تولید برق و ... استفاده می‌شوند. بخش احتراقی یک توربین گاز شامل محفظه احتراق، مشتعل کننده[4] و نازل‌های سوخت یا لوله های تبخیر بوده که خود محفظه نیز مشتمل از پوسته خارجی و لاینر داخلی می باشد . این بخش به صورتی طراحی می‌شود که مخلوط سوخت و هوا را سوزانده و گازهای احتراقی را در دمایی که از حد تحمل پره‌های توربین تجاوز نکند، به توربین برساند[۱، ۲، ۳]. در بالادست محفظه، سوخت از طریق نازل‌هایی به صورت کاملا اتمیزه شده، پاشیده می‌شود. هوای احتراق از اطراف نازل‌ها و با چرخش زیاد، جریان یافته تا نسبت هوا به سوخت مناسبی را ایجاد نماید. این هوا که در حدود ۲۰ - ۲۵ درصد از هوای ورودی به موتور می‌باشد را هوای اولیه می‌نامند. مابقی هوای ورودی که به آن هوای ثانویه گفته می‌شود، از طریق سوراخ‌ها و/یا شکاف‌های کرکره مانند روی لاینر به جریان درون محفظه اضافه می‌شود تا دمای محصولات احتراقی را از دمای °F ۳۵۰۰ به نصف آن کاهش دهد[۱] (شکل ۱).



شکل ۱: توزیع جریان هوا در یک موتور توربین گاز[۲]

محفظه های حلقوی که در شکل ۲ نمایش داده شده، در موتورهای کمپرسور محوری-شعاعی، استفاده می‌شود.



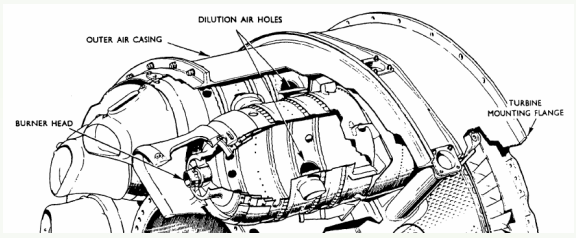
شکل ۲: محفظه احتراق حلقوی [۲]

از محاسن این محفظه‌ها، افت فشار کم، وزن پایین، حجم محفظه بالا و هم‌فشاری کامل را می‌توان برشمارد.

محفظه‌های لوله ای محفظه‌های مجزایی هستند که در یک توربین گاز به کار برده می‌شوند و در آن‌ها هوای کمپرسور از طریق یک ادپتور وارد هر یک از این محفظه‌ها می‌گردد. از محاسن این محفظه‌ها می‌توان به سادگی کنترل نسبت هوا به سوخت، هزینه‌های کم جایگزینی لاینر خراب شده، و نیاز به جریان هوای کم در آزمایشهای مربوط به توسعه این محفظه‌ها اشاره کرد و در مقابل وزن بالای محفظه‌ها

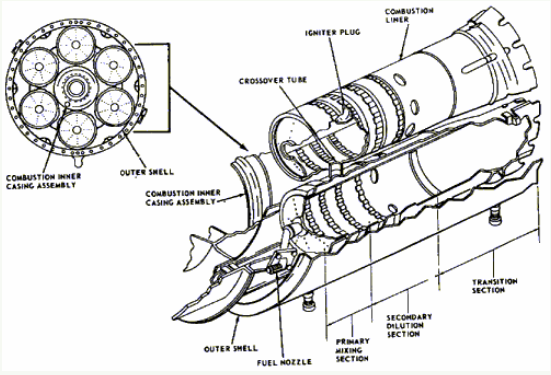
1- Annular
2- Can or Tubular
3- Can-Annular
4- Igniter plugs

در موتورهای بزرگ و افت فشار بالای آن از معایب این محفظه‌ها است[۲]. نمونه ای از این محفظه‌ها در شکل ۳ نمایش داده شده است.



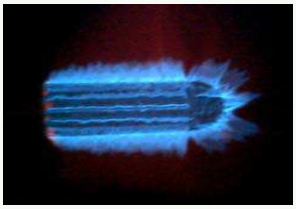
شکل ۳: محفظه احتراق لوله ای [۳]

شکل ۴ نمونه‌ای از محفظه‌های لوله ای حلقوی را نشان می‌دهد. این محفظه‌ها شامل یک پوسته خارجی و تعدادی لاینر مجزا که درون آن‌ها احتراق انجام می‌شود، می‌باشد(شکل ۴). از محاسن این نوع محفظه‌ها، افروزش ساده، و حداقل طول و وزن را می‌توان برشمرد. معایب آنها نیز دشواری ایجاد یکنواختی محیطی در توزیع نسبت هوا به سوخت و دما و نیاز به جریان هوای زیاد در آزمایش‌های مربوط به توسعه این محفظه‌ها می‌باشد[۲].



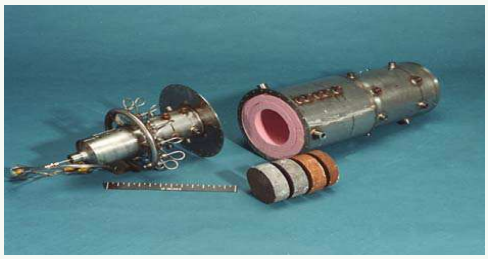
شکل ۴: محفظه احتراق پوسته- لوله ای [۱]

به دلیل مسائل زیست محیطی ناشی از آلایندگی توربین‌های گاز، در آوریل ۲۰۰۲ بخش کیفیت هوای سن جوآکین[1] قانون ۴۷۰۳ را بازبینی و اجبار به کاهش NO_x تولیدی توربین‌های گازی تا مقداری بین ۳ تا ۵ ppm نمود. تا قبل از این تاریخ روش مرسوم در کاهش آلاینده‌ها در توربین‌های گاز صنعتی، نصب سیستم بعد از احتراقی SCR[2] بود که دارای هزینه های بالایی بود. دیگر تکنولوژی های مورد استفاده در این خصوص شامل مشعل سطحی آلزتا[3] (شکل ۵)، احتراق رقیق کاتالیستی سزی[4] (شکل ۶) و پاشنده با چرخش کم می‌باشد. اکنون و بعد از بازبینی قانون ۴۷۰۳ شرکت GE[5] تکنولوژی DLN+1[6] را جایگزین محفظه‌های احتراق توربین های گاز موجود نموده است. در DLN+1 آخرین تکنولوژی در طراحی لاینر، سیستم مجزاء سوخت پیلوت، سیستم کنترل مدار بسته همراه با اختلاط دقیق و حساب شده و رقیق سازی توسط هوا، مورد استفاده واقع شده است. این تکنولوژی امکان کاهش میزان NO_x به ۳ تا ۵ ppm را ایجاد نموده است. علاوه بر این هزینه‌های ارتقاء توربین‌های گاز و تجهیز آن‌ها به این تکنولوژی پایین است. آخرین ویرایش تکنولوژی DLN+1 در مقایسه با ویرایش های قبلی این تکنولوژی، موجب کاهش ۴۵ تا ۶۷ درصدی تولید NO_x شده است[۴].



شکل ۵: مشعل Alzeta [۴]

1- San Joaquin Air Quality district
2- Selective Catalytic Reduction
3- Alzeta Surface Burner
4- CESI Lean Catalytic Combustion
5- General Electric Company
6- Dry Low NOx Combustion System



شکل ۶: مشعل CESI [۴]

1- “Fundamentals of Aircraft Gas Turbine Engines,” Content Provider: U.S. Army, Publisher: SweetHaven Publishing Services, 2005.
2- Hill, P. G., and Peterson, C. R., “Mechanics and Thermodynamics of Propulsion,” 2nd edition, Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
3- Lefebvr, A. H. “Gas Turbine Combustion,” 2nd edition, Taylor & Francis, 1999.
4- Khanna, V., “Near-Zero Nox Gas Turbine Combustion,” 2nd Distributed Energy Peer Review, Washington D. C., U.S.A. Dec. 2003.

معرفی آزمایشگاه دینامیک گازها دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس

آزمایشگاه دینامیک گازها در سال ۱۳۸۱ تحت نظارت دکتر کیومرث مظاهری تاسیس گردید.

هدف اصلی از تاسیس این آزمایشگاه جهت دهی به تحقیقات در زمینه دینامیک و فیزیک انفجار در کشور در دو بعد شبیه سازی عددی و تجربی بود. بنابر این، این آزمایشگاه در این دو زمینه فعالیت خود را آغاز کرد. این آزمایشگاه در دو فضای مختلف (مجموعا حدود ۱۵۰ متر مربع) در دانشکده فنی دانشگاه تربیت مدرس واقع شده است.

با توجه به محدودیت های موجود در محیط دانشگاه مطالعات تجربی در این آزمایشگاه به انفجار مخلوط های گازی محدود می‌شود. آزمایش‌های مربوط به مواد شدید الانفجار در محیط‌های صنعتی انجام می‌گیرد.

از جمله امکانات مهم واحد تجربی این آزمایشگاه می‌توان از تجهیزات زیر نام برد:

۱- لوله تراک (Detonation Tube) ۴ متری (شکل ۱)

۲- دوربین ویدئویی سرعت بالای دیجیتالی (با سرعت ۱۰ هزار تصویر در ثانیه)

۳- حسگر های پیزو الکتریک فشار Kistler (بیشینه فشارقابل اندازه گیری ۱۰ هزار psi)

۴- کارت برداشت اطلاعات سرعت بالا National Instrument (با سرعت ۱۰ میلیون نمونه در ثانیه)

۵- پمپ خلا (تا خلا ۲×۱۰-۳ mbar و با دبی m^3/h ۵/۷)

۶- انواع شیر های فشار بالا

شکل ۱- نمای کلی لوله تراک آزمایشگاه دینامیک گاز دانشگاه تربیت مدرس

از جمله پروژه‌های انجام شده در این واحد می‌توان به ثبت ساختار سلولی دتونیشن در مخلوط‌های گازی استیلن- اکسیژن در شرایط مختلف اشاره کرد. (شکل ۲).

شکل ۲- یک نمونه از ساختار سلولی امواج دتونیشن ثبت‌شده در آزمایشگاه دینامیک گازها دانشگاه تربیت‌مدرس

در واحد شبیه سازی عددی این آزمایشگاه بطور

متوسط حدود ۱۰ دانشجوی کار شناسی ارشد و دکتری به طور همزمان به فعالیت علمی مشغول می‌باشند. این واحد شامل بیش از ۱۵ کامپیوتر شخصی و دو کلاستر (شامل ۶ و ۱۰ واحد محاسباتی) و سایر تجهیزات مورد نیاز می‌باشد.

در این واحد در چند سال گذشته ده ها پروژه صنعتی، پایان نامه کار شناسی ارشد و رساله دکتری به پایان رسیده است. از جمله پروژه های انجام شده در واحد شبیه سازی این آزمایشگاه می‌توان به عناوین زیر اشاره کرد:

۱- توسعه کدهای یک بعدی و دو بعدی برای تحلیل انتشار امواج تراک (Detonation Waves) در مواد شدید الانفجار

۲- توسعه کد های یک بعدی و دو بعدی برای انتشار امواج تراک و ساختار سلولی مخلوطهای انفجار پذیرگازی

۳- توسعه کدهای یک بعدی و دو بعدی برای انتشار امواج ضربه‌ای (Shock Waves) در مواد جامد با معادلات حالت و معادلات متشکله مختلف

۴- توسعه کد های یک بعدی و دو بعدی برای انتشار امواج بلاست در محیطهای گوناگون (هوا، آب، ...)

۵- توسعه کد تعادلی برای مواد شدید الانفجار

۶- توسعه کد دو بعدی انتشار شعله با استفاده از سینتیک کامل شیمیایی

بدون شک حمایت جدی مسئولین مربوطه می‌تواند زمینه ساز توسعه هرچه بیشتر این مجموعه تحقیقاتی در جهت خودکفایی این شاخه مهم علمی- صنعتی در کشور باشد.

معرفی کتاب

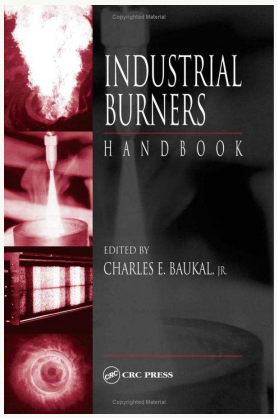
عنوان: هندبوک مشعل‌های صنعتی

Industrial Burners – Handbook

تدوین توسط: چارلز ای. بوکال

تاریخ نشر: سال ۲۰۰۳ میلادی

ناشر: CRC



خلاصه کتاب: طراحان مشعل و کوره، پژوهشگران، تدوین کنندگان مقررات و کاربرانی که به نوعی در زمینه احتراق صنعتی فعالیت می‌کنند، حتماً با این هندبوک و ویژگی‌های آن آشنا هستند. تمرکز اصلی این کتاب بر روی مشعل‌های صنعتی است و به‌طور کلی جنبه کاربردی دارد، اما منبع خوبی برای تدریس و مطالعه دانش احتراق نیز هست.

کتاب سه بخش دارد. بخش اول به مبانی احتراق در کاربردهای صنعتی می‌پردازد. این بخش شامل ۵ فصل در زمینه انتقال حرارت، جریان سیال، احتراق و شبیه‌سازی رایانه‌ای است. نویسندگان در بخش دوم، اصول مشعل را توضیح داده‌اند. این بخش نیز متشکل از ۵ فصل و شامل انتقال حرارت در مشعل، سر و صدای مشعل، کنترل‌ها و تست‌های مشعل و شبیه‌سازی فیزیکی آن‌هاست. در بخش سوم، طراحی ۱۱ مشعل مخصوص مورد بررسی قرار گرفته است. مشعل‌های سرعت بالا، باز تولید، تشعشع حرارتی، لوله تشعشعی، دیوار تشعشعی و سوخت / اکسیژن- هوا از جمله این مشعل‌ها هستند.

این هندبوک بر مبنای احتراق اتمسفر یک نوشته شده است که در صنعت به طور گسترده‌ای کاربرد

دارد. در این کتاب مشعل‌هایی که کاربرد کم و محدود دارند مورد توجه قرار نگرفته‌اند.

امروزه ملاحظات زیست محیطی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از این‌رو طراحی اکثر مشعل‌های صنعتی با هدف کاهش میزان آلایندگی در حال تغییر و بهبود است. به‌رغم آنکه طراحی و توسعه مشعل‌های صنعتی به صورت مداوم در حال تحقیق و تغییر است، اما ملاحظات اساسی طراحی در این کتاب طوری بیان شده است که در آینده نیز قابل استفاده و خدشه‌ناپذیر باشد.

کتاب‌های زیادی در زمینه مشعل‌های صنعتی نگاشته شده است که از آن جمله می‌توان به هندبوک احتراق آمریکای شمالی (دوجلد: جلد اول، ویرایش سوم، ۱۹۸۶ و جلد دوم، ویرایش سوم، ۱۹۹۷، منتشر شده به وسیله گروه سازندگان آمریکای شمالی) اشاره کرد.

اما ویژگی اصلی هندبوک مشعل‌های صنعتی جامعیت آن است و ضمن آن‌که طیف وسیعی از انواع مشعل‌ها (سوخت گاز طبیعی، سوخت مایع و ...) مورد بررسی قرار داده است، که در جای خود منحصربفرد است. ارائه لیستی از تأمین‌کنندگان برجسته مشعل برجنبه کاربردی این کتاب افزوده است. بررسی مشعل‌های تشعشعی از دیگر نقاط قوت این هندبوک است که در سایر کتاب‌ها این موضوع کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این هندبوک به همت جمعی از متخصصان احتراق نگاشته شده است. چارلز ای. بوکال آن را ویرایش کرده است. وی مدیر تحقیق و توسعه مرکز آزمایشات مؤسسه جان زینک است.

علاقمندان برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد این کتاب می‌توانند با دبیرخانه انجمن احتراق ایران تماس بگیرند.

برگزاری دوره‌های آموزشی انجمن احتراق ایران

کمیته تخصصی مشعل انجمن احتراق ایران، جهت ارتقاء سطح آموزشی دانشجویان و کارشناسان صنایع، دوره‌های آموزشی مرتبط با سوخت و احتراق برگزار می‌نماید. انجمن احتراق تاکنون چندین دوره در زمینه« آشنایی با مشعل در دستگاههای حرارت ساز صنعتی» و «آشنایی با مشعل در صنعت سیمان» برگزار کرده است که با استقبال زیاد صنایع مواجه شد. انجمن در پاییز ۸۷ دوره‌های آموزشی ذیل را برگزارمی‌نماید:

۱- دوره آموزشی مشعل تک فاز دو مرحله‌ای و به کارگیری آن در سیستم‌های حرارتی (موتورخانه‌ها و ...). این دوره برای تکنسین‌هایی که با مبانی برق و تاسیسات آشنایی دارند، مناسب می‌باشد.

محتوی دوره:

- آشنایی با تجهیزات موتورخانه
- اصول مقدماتی برق
- اصول مقدماتی احتراق
- سیستم سوخت‌رسانی
- دودکش
- آشنایی با مشعل و قطعات آن
- نصب و راه‌اندازی مشعل
- عیب‌یابی، تعمیرات و سرویس نگهداری
- اصول مقدماتی روشهای بهینه‌سازی مصرف سوخت و تنظیم مشعل

۲- دوره آموزشی آشنایی با مشعل‌های دو مرحله‌ای و مدولار صنعت تاسیسات (تا ظرفیت اسمی ۳میلیون

کیلوکالری).

۳- دوره آموزشی دینامیک سیالات محاسباتی در جریان‌های واکنشگر به کمک نرم افزار FLUENT در سه دوره : مقدماتی، دوره پیشرفته ۱، دوره پیشرفته ۲ برگزار می‌گردد.

الف- دوره مقدماتی شامل:

- مقدمه‌ای بر دینامیک سیالات محاسباتی
- مقدمه ای بر FLUENT , GAMBIT

ب- دوره پیشرفته ۱ شامل:

- اصول مدلسازی جریان‌های آشفتگی و واکنشی و بررسی پارامترهای کلیدی
- مدلسازی آشفتگی در نرم افزار FLUENT با استفاده از مدل‌های کاربردی
- مدل‌سازی احتراق غیرپیش‌آمیخته در نرم افزار FLUENT با استفاده از مدل‌های کاربردی
- مدل‌سازی احتراق پیش‌آمیخته در نرم افزار FLUENT
- مدل‌سازی اکسیدهای نیتروژن NOX-

ج- دوره پیشرفته ۲ شامل:

- مدل‌سازی جریان واکنشی در نرم افزار FLUENT با استفاده از مدل‌های پیشرفته احتراقی
- مدل‌سازی تا حدودی پیش‌آمیخته در نرم افزار FLUENT
- مدل‌سازی انتقال حرارت تشعشعی در نرم افزار FLUENT
- مدل‌سازی فازهای مجزا
- مدل‌سازی اکسیدهای گوگرد
- مدل‌سازی دوده

علاقمندان جهت کسب اطلاعات بیشتر می‌توانند با شماره تلفن دبیرخانه انجمن احتراق ایران تماس حاصل نمایند: ۰۲۱-۸۲۸۸۳۹۶۲

معرفی پایان نامه‌ها و رساله‌های احتراقی

هیات تحریریه خبرنامه انجمن احتراق ایران در نظر دارد در هر شماره از خبرنامه به معرفی یکی از پایان نامه‌ها و رساله‌های دانشگاهی در زمینه احتراق بپردازد. در بخش معرفی پایان نامه‌ها و رساله‌های احتراقی این شماره با پایان نامه جناب آقای مهندس حامد زینی‌وند از دانشگاه علم و صنعت ایران که در اسفند ۱۳۸۶ از آن دفاع شده است آشنا می‌شویم.

عنوان: شبیه سازی عددی جریان واکنشی سوخت مایع با تاکید بر انتقال حرارت تشعشعی

استاد راهنما: دکتر فرزاد بازدیدی تهرانی

چکیده:

امروزه روش‌های حل عددی به دلیل هزینه های بالای آزمایش‌های تجربی، جایگاه ویژه‌ای در طراحی سیستم‌های احتراقی به خود اختصاص داده‌اند. با این حال همچنان این روش‌ها دارای کمبودها و ضعف‌های فراوانی هستند. لذا اعتبار دهی مدل‌های مورد استفاده در موارد صنعتی همچنان به صورت یک نیاز می‌باشد. مدل‌های ریاضیاتی مختلفی جهت پیش‌بینی آشفتگی جریان، آزاد سازی انرژی، انتقال حرارت، جریان‌های دو فاز و برهمکنش این موارد با یکدیگر ارائه شده است و همچنان در تمام موارد فوق محققان بسیاری سرگرم تلاش و آزمایش به منظور افزایش دقت و جامع‌تر شدن مدل‌ها می‌باشند.

در رسالهٔ حاضر به حل عددی فرآیند احتراق و انتقال حرارت به طریقه تشعشع در محفظه احتراق توربین گاز با سوخت گاز و مایع پرداخته شده است. جریان

به صورت سه بعدی، پایا، آشفته و دائم می‌باشد و نتایج حاصل از حل عددی به کمک نرم افزار FLUENT با نتایج تجربی استخراج شده توسط منابع معتبر مورد مقایسه قرار گرفته است. برای محفظه احتراق سوخت مایع، نحوه توزیع قطرات مشخص و از پیش تعیین شده می‌باشد. معادلات حاکم بر مسئله شامل معادلات پیوستگی، انرژی، اجزاء ، اندازه حرکت و انتقال حرارت تشعشعی می‌باشد که با حل همزمان، میدان‌های سرعت، فشار، دما، اجزاء مشخص می‌شود. از مدل‌های دو معادله ای ایزوتروپیک و مدل غیر ایزوتروپیک تنش‌های رینولدز (RSM) برای مدل‌سازی آشفتگی جریان استفاده شده است و ضعف مدل‌های دو معادله‌ای در پیش‌بینی جریان چرخشی نشان داده شده است. از مدل اضمحلال ادیها (EDC) و تابع احتمال جرم مخصوص فرضی (pre-PDF) برای پیش بینی فرآیندهای واکنش بهره گرفته شده است و با مقایسه نتایج آن‌ها توانمندتر بودن مدل تابع احتمال جرم مخصوص نتیجه گرفته شده است.

از مدل‌های انتقال تابش مجزاء(DTRM)، جهات مجزاء(DO) و مدل تشعشعی p-1 برای آشکار سازی نقش تشعشع در انتقال حرارت داخل محفظه استفاده شده است و مشخص شد که مدل تابش مجزاء برای پیش بینی انتقال حرارت تشعشعی در احتراق سوخت‌های سبک و گازی بسیار دقیق می‌باشد. هر چند به عنوان یک مدل وقت‌گیر شمرده می‌شود و از در نظر گرفتن پراکنش ذرات عاجز می‌باشد. مدل p-1 اگرچه دارای همگرایی مطلوبیست ولی برای فضاهای با ضخامت نوری کم میزان شار تشعشعی وارد بر دیواره ها را بیش از میزان حقیقی تخمین می‌زند. مدل جهات مجزاء دارای دقت خوبی است و از امکان خوبی در مدل‌سازی تشعشع غیر خاکستری و دیواره های شفاف برخوردار است. همچنین دیده شد تشعشع در میزان شار حرارتی وارد بر دیواره و همچنین محاسبه میزان آلاینده اکسید نیتروژن نقشی حیاتی ایفا می‌کند.

مقالات استخراج شده:

بازدیدی تهرانی و زینی وند "تحلیل جریان واکنشی چرخشی در محفظه احتراق مدل توربین گاز با تاکید بر فرآیند تشعشع" دومین کنفرانس احتراق ایران، دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، ۲۳ و ۲۴ بهمن ۱۳۸۶.

Tehrani, F. B. and Zeinivand, H., ‘Numerical solution of reactive swirling flow in a model gas turbine combustor’ The 7th Conference of the Iranian Aerospace Society, Tehran,19-21 Feb, 2008.

از مولفین پایان نامه‌ها کارشناسی ارشد و رساله‌های دکتری در زمینه احتراق، پایان‌یافته در ۵ سال گذشته، درخواست می‌گردد چکیده و مشخصات پایان‌نامه (شامل نام و نام خانوادگی نگارنده، اساتید راهنما و مشاور، مقطع تحصیلی، سال دفاع از پایان-نامه، موضوع و مشخصات مقالات مستخرج چاپ شده) خود را به منظور معرفی در خبرنامه انجمن احتراق ایران (در یک صفحه) به دبیرخانه انجمن احتراق ایران ارسال نمایند.

واژه‌های احتراقی

از خوانندگان گرامی درخواست می‌گردد نظرات و پشنهادات خود را در رابطه با واژه‌های زیر و سایر واژه‌های احتراقی به دبیرخانه انجمن ارسال نمایند.

پس از دریافت پیشنهادها و اظهار نظرهای مختلف در مورد هر واژه، مجموعه‌ای از واژه‌های احتراقی انگلیسی و معادل فارسی آنها که مورد تایید انجمن

احتراق ایران است به فرهنگستان زبان فارسی ارائـه و پس از تایید منتشر خواهند شد.

1- Mixer	آمیزنده، مخلوط کن، همزن
2- Mixing	آمیزش
3- Mixture	آمیزه، مخلوط
4- Mixture Fractio	کسر مخلوط، کسر آمیزه
5- Molecularity	مولاریته
6- Multi- Component	چند جزئی
7- Naphthenes	نافتین‌ها
8- Oxidation	اکسایش
9- Paraffin	نفت سفید، هیدروکربن های پارافینی
10- Partial Equilibrium	تعادل جزئی
11- Peat	زغال سنگ نارس، تورب
12- Petrol	بنزین
13- Plug	جریان قالبی
14- FlowPlume	تنوره، کاکل

همایش‌های آینده

The 2009 Spring Technical Conference of the ASME Internal Combustion Engine Division will be held in beautiful Milwaukee,Wisconsin, from May 3-6th. In addition to a stimulating two-day technical program, the conference will include a tour of Waukesha Engine manufacturing, assembly and production test facilities.

Topics of Interest include:

1- Large Bore Engines (all aspects)

2- Fuels:

-Alternate Fuels and Hydrogen

-Alternative Fuel Properties and their Effects on Engine Performance and Emissions

3- Advanced Combustion

-Low Temperature Combustion (HCCI, "Clean Diesel Combustion")

-Fuel Injection and Sprays

4- Emission Control Systems

-Technologies for Light- and Heavy-duty Diesel Engines

5- Instrumentation, Control & Hybrids

-Advanced Sensors and Engine/Vehicle monitoring

6- Numerical Simulation

-Engine Simulation and Diagnostics

-Combustion Modeling

7- Engine Design, Lubrication & Applications

-Components, Materials, Dynamics and Wear

-Lubrication and Friction

-User Experiences

Publication Schedule

This is the overall publication schedule for ICES09. For specific details and questions regarding these dates, please contact the

appropriate volunteer Organizer.

Submission of Abstract: October 10, 2008

Author Notification of Abstract Acceptance: November 14, 2008

Submission of Full-Length Draft Paper for Review: December 5, 2008

Author Paper Review Complete; Acceptance Notification: January 5, 2009

Submission of Copyright Form: February 6, 2008

Submission of Final Paper: February 27, 2009

Website:http://www.asmeconferences.org/ICES09/

ISME 2009

هفدهمین کنفرانس سالانه (بین المللی) مهندسی مکانیک اردیبهشت ۱۳۸۸

دانشکده مهندسی مکانیک-پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران

دبیر کنفرانس: وحید اصفهانیان

زمینه‌های کنفرانس

- مکانیک سیالات
- مکانیک جامدات
- ترمودینامیک و انتقال حرارت
- سیستم‌های دینامیکی، کنترل و ارتعاشات
- انرژی و محیط زیست
- مکانیک محاسباتی
- میکرو و نانو مکانیک
- نیازهای توسعه‌ای مهندسی مکانیک
- زمینه‌های میان رشته‌ای و IT مرتبط با مهندسی مکانیک

زمان‌های کنفرانس

آخرین تاریخ ارسال مقاله فشرده:	۱۳۸۷/۷/۳۰
اعلام پذیرش مقالات فشرده:	۱۳۸۷/۹/۱۶
آخرین تاریخ ارسال مقاله کامل:	۱۳۸۷/۱۰/۲۱
اعلام پذیرش مقاله کامل:	۱۳۸۷/۱۲/۱
تاریخ برگزاری کنفرانس:	اردیبهشت ۱۳۸۸

Email: ISME2009@isme.ir

Website: www.ISME2009.ir

اولین کنفرانس ملی هیدروژن و پیل سوختی

تهران – دانشگاه علم و صنعت ایران

اول و دوم بهمن ۱۳۸۷

با یاری خداوند منان و همکاری اندیشمندان و فرزانگان بخش پیل سوختی و هیدروژن کشور، اولین کنفرانس ملی هیدروژن و پیل سوختی با ارائه آخرین دستاوردهای محققین کشور در بهمن‌ماه سال شکوفایی و نوآوری، برگزار می‌شود.

محورهای اصلی:

- کاربرد، طراحی، ساخت، مدل‌سازی و شبیه‌ساز پیل‌های سوختی
- تحقیق و توسعه در زمینه تولید، خالص‌سازی و ذخیره‌سازی هیدروژن
- توسعه و تکمیل نظام ملی نوآوری پیل سوختی در کشور
- راهبردهای توسعه‌ی فناوری هیدروژن و پیل سوختی در کشور و جهان
- موانع و چالش‌های پیش‌روی توسعه‌ی فناوری پیل سوختی در کشور و جهان

زمان‌های کلیدی:

مهلت دریافت مقالات کامل: ۸۷/۷/۱۵

مهلت دریافت پیشنهاد کارگاه‌های آموزشی: ۸۷/۸/۱۵

اعلام نتایج داوری مقالات: ۸۷/۹/۱

مهلت دریافت مقالات نهایی: ۸۷/۱۰/۱

ثبت نام در کنفرانس و نمایشگاه: ۸۷/۱۰/۱۵

اطلاعیه مهم

با کمال مسرت، کسب مجوز انتشار نشریه علمی- پژوهشی انجمن احتراق ایران، با عنوان "سوخت و احتراق"، از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری به اطلاع جامعه علمی کشور بخصوص متخصصین احتراق رسانده می‌شود.

بدینوسیله از کلیه پژوهشگرانی که در زمینه سوخت و احتراق فعالیت دارند تقاضا می‌شود با ارسال مقالات کیفی خود مسئولین این نشریه را برای انتشار یک نشریه وزین علمی- پژوهشی یاری نمایند.

علاقمندان به کسب اطلاعات بیشتر در مورد این نشریه می‌توانند به سایت انجمن احتراق ایران مراجعه نمایند.

سردبیر: دکتررضا ابراهیمی

هیات تحریریه: مهندسین محمد رضا رجایی، کبری ملکی، مهنوش جودی، محبوبه زمانی‌نژاد

کار گرافیکی : مهندس فاطمه برزگر، کبری ملکی

چاپ : مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن

خبرنامه انجمن احتراق ایران

آدرس: تهران - صندوق پستی ۱۴۱۱۵/۳۱۱

دبیرخانه انجمن احتراق ایران

پست الکترونیکی: Combustion@modares.ac.ir

تلفکس : ۸۲۸۸۳۹۶۲

Website:www.ici.org.ir/khabarname.htm