



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کیمیا

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶ www.Koureh.ir

بررسی آزمایشگاهی زمان رشد حباب و زمان انتظار و زاویه تماس آب خالص و اتانول خالص در جوشش استخری روی استوانه استیل افقی

سحر حافظی بیرگانی^۱، محمد جامی الاحمدی^۲، سید علی علوی فاضل^۳

دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ماهشهر، گروه مهندسی شیمی، ماهشهر، ایران

Saharhafezi.b@gmail.com

چکیده

در این پژوهش زاویه تماس و زمان رشد حباب و زمان انتظار برای تولید حباب را برای سیال‌های خالص آب و اتانول در شار حرارتی ۵۰۰۰ تا ۱۵۰۰۰ وات بر متر مربع مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل کاهش زاویه تماس و همچنین کاهش زمان رشد و انتظار را با افزایش شار حرارتی را نشان دادند. زمان رشد برای سیال آب به نسبت اتانول بیشتر است و همچنین بخاطر موازنه نیروها روی حباب و تاثیر خواص فیزیکی‌شان شکل حباب آب بیضوی گون و شکل حباب اتانول کروی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جوشش استخری، زمان رشد حباب، زمان انتظار، زاویه تماس، استوانه افقی فولادی

^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر

^۲ - عضو هیات علمی دانشکده نفت اهواز

^۳ - عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم‌اندیشان انرژی کیمیا

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶ www.Koureh.ir

۱- مقدمه

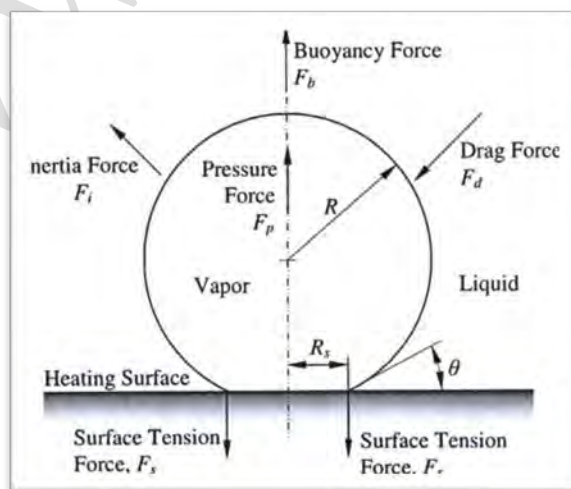
جوشش در سطح مشترک جامد - مایع، هنگامی که دمای سطح از دمای اشباع مربوط به فشار مایع به اندازه کافی بیشتر باشد، فرآیند جوشش اتفاق می‌افتد اصولاً برای اندازه‌گیری ضریب انتقال حرارت جوششی می‌توان از جوشش استخری استفاده نمود. در جوشش استخری مایع درون ظرف ساکن بوده و تنها از طریق اغتشاشات مربوط به حباب‌ها دچار تلاطم می‌شود. جوشش استخری فرآیندی است که در اغلب موارد سطحی که در دمای بالاتر از دمای مایع اشباع قرار دارد و در درون و در عمق مایع قرار می‌گیرد. مطالعه در این زمینه برای اولین بار توسط لیدن در سال ۱۷۵۶ انجام پذیرفت. او با ترتیب دادن آزمایش تولید فیلم بخار درون مایع روی سطح داغ موفق به ثبت نتایج آزمایش‌ها گردید.

زاویه تماس اندازه‌گیری توانایی سیال برای پخش شدن روی سطح می‌باشد. تاثیر زاویه تماس روی قطر حباب جدا شده را معمولاً با معادله فریتز نمایش می‌دهند.

$$D_b = 0.0208\theta \sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho_l - \rho_v)}} \quad (1)$$

زاویه به دو دسته استاتیکی و دینامیکی تقسیم می‌شود، در زاویه تماس استاتیکی سیال درون لوله باریک و زاویه تماس محاسبه می‌شود. ولی در زاویه تماس دینامیکی زاویه تماس حباب در حال جدا شدن از سطح را اندازه می‌گیرند. زاویه تماس در این پژوهش بصورت دینامیکی محاسبه شده است.

زمان رشد، فاصله زمانی از لحظه هسته زایی یک حباب تا لحظه جدایی از سطح را گویند و فاصله زمانی، از لحظه جدایی حباب قبلی تا لحظه هسته زایی حباب جدید، از یک چشمه مولد حباب را زمان انتظار حباب گویند. در جریان رشد حباب دو دسته نیروی متغیر حضور داشته و ایفای نقش میکنند، دسته اول نیروی بالابر (نیروهای بویانسی- فشاری-اینرسی) و دسته دوم نیروهای نگهدارنده (کشش سطحی یا چسبندگی-درگ). وقتی که نیروهای بالابر با نیروهای نگهدارنده متعادل شده و از آنها فراتر روند، جدایی حباب از سطح گرمکن صورت می‌گیرد. شکل (۱) به خوبی نیروهای مذکور را نمایش میدهد.





چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کیمیا

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶

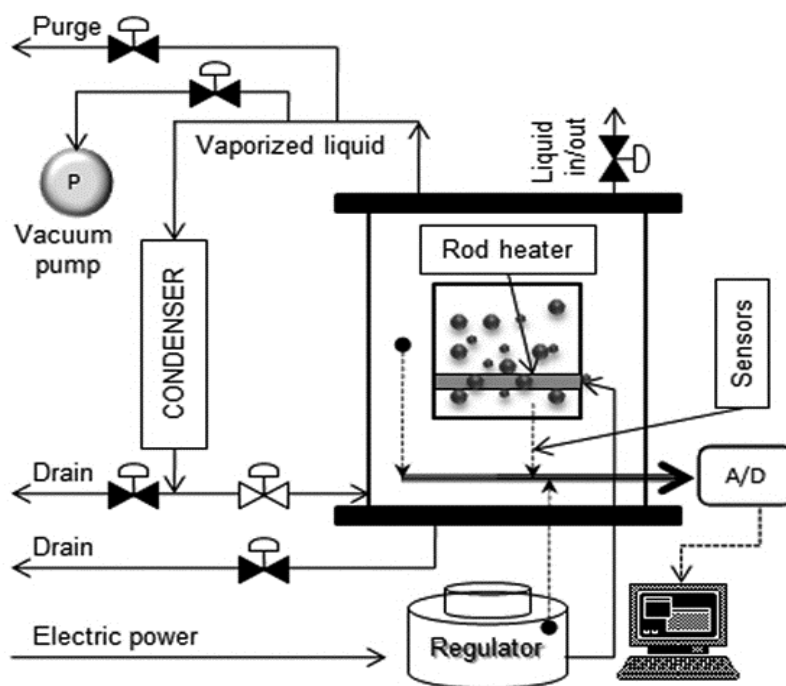
شکل (۱): نمایش نیروهای وارد بر حباب

در شکل (۱)، θ زاویه تماس می باشد.

با توجه اینکه کشش سطحی آب بیشتر از اتانول است پس زمان طولانی تری طول می کشد تا از سطح کنده شود بنابراین حجم حباب آب از اتانول بیشتر است.

۲- دستگاه آزمایشگاهی

دستگاه مورد استفاده برای جمع آوری و اندازه گیری داده ها موسوم به دستگاه جوشش استخری گارنفلو می باشد. این دستگاه از یک استوانه افقی با سطح صاف و از جنس فولاد ضد زنگ ساخته شده است که درون یک محفظه از جنس شیشه با قابلیت تحمل حرارتی بالا قرار دارد. در روی سطح این استوانه چهار عدد ترموکوپل قرار دارد که در هر لحظه میانگین حسابی دمای این چهار ترموکوپل پس از تصحیح نهایی نشان دهنده دمای سطح این استوانه می باشد. در مرکز این استوانه هیتر اصلی آزمایش قرار دارد که در نزدیکی نقطه جوش وارد عمل شده و پدیده جوشش استخری به کمک این هیتر صورت می گیرد. شکل شماره (۲) و (۳) جزئیات کامل دستگاه را نشان می دهد.



شکل (۲): جزئیات مربوط به دستگاه آزمایشگاهی

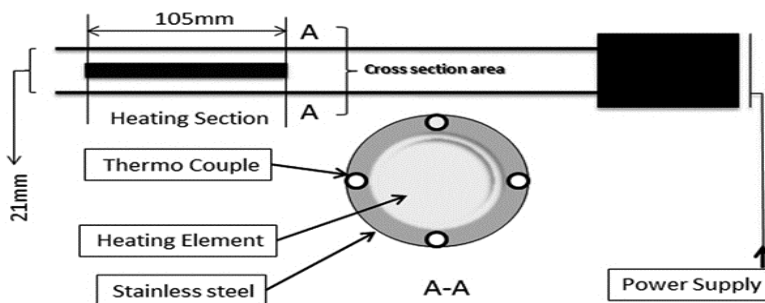


چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ هجری: هم‌اندیشان انرژی کیمیا

www.Koureh.ir

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶



شکل (۳): جزئیات مربوط به هیتر اصلی دستگاه آزمایشگاهی

برای کاهش مقاومت تماس حرارتی میان ترموکوپل و سوراخها از خمیر سیلیکون استفاده می‌گردد. ولتاژ لازم توسط منبع برق شهری تامین شده و به وسیله یک اتوترانس تنظیم می‌گردد. به منظور حذف زبری، سطح استوانه توسط کاغذ سمباده یکنواخت با زبری 400 میکرومتر پالیش شده و با روغن جلادهی ریز پالیش شده است و به منظور عملکرد دقیق سنسورهای دمایی، قطر این سنسورها 2 میلی‌متر و طول آنها 100 میلی‌متر در نظر گرفته شده است. ظرف آزمایش به طور تقریبی در حدود 4 لیتر حجم دارد. همچنین یک کندانسور جهت بازگردانی بخارات ناشی از فرایند جوشش در بالای آن تعبیه شده است. اساس انجام این آزمایش بر قانون سرمایش نیوتن رابطه (۲) استوار است.

$$q'' = \frac{q}{A} = h(T_w - T_{sat}) = h\Delta T_{excess} \quad \left(\frac{W}{m^2}\right) \quad (2)$$

که در آن T_w دمای استوانه T_{sat} دمای اشباع مایع اطراف استوانه می‌باشد. همچنین برای ثبت نتایج مربوط به قطر حباب از یک دوربین Camera High Speed با قابلیت فیلمبرداری 1200 فریم در ثانیه و قابلیت عکس برداری 60 فریم در ثانیه استفاده شده است که علاوه بر ثبت تصاویر دقیق و با کیفیت بسیار بالا امکان تحلیل تصاویر را توسط نرم افزارهای پیشرفته‌ای از قبیل Adobe Premiere Pro را به وجود می‌آورد.

۳- نتایج آزمایشگاهی

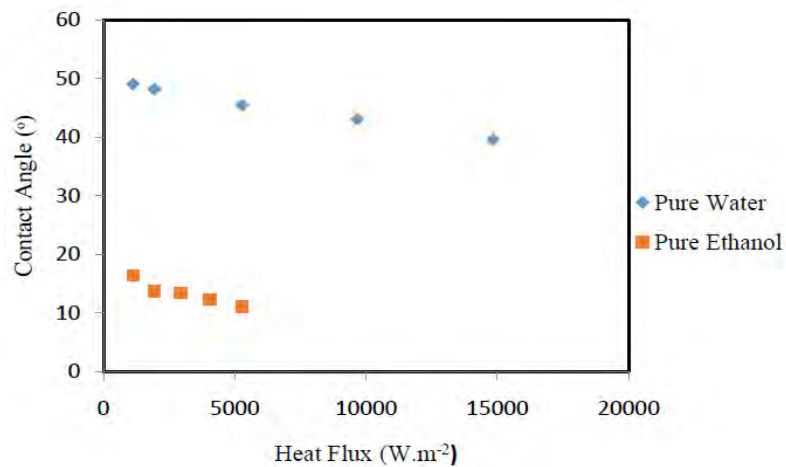
در نمودار شماره (۱) اثر شار حرارتی روی زاویه تماس سیال خالص آب و اتانول را در فشار اتمسفریک مشاهده می‌کنید. در نمودار شماره (۲) و شماره (۳) اثر شار حرارتی به ترتیب روی زمان رشد حباب و زمان انتظار را مشاهده می‌کنید. همان گونه که مشاهده می‌کنید زمان رشد حباب و زمان انتظار با افزایش شار حرارتی کاهش می‌یابد.



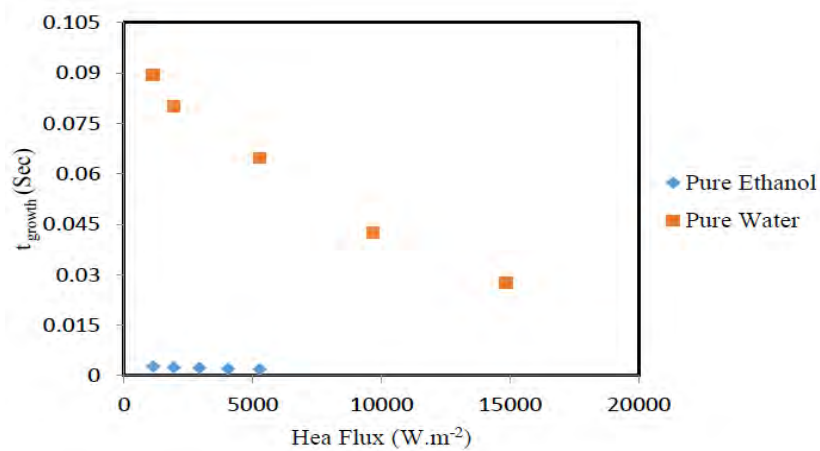
چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم‌اندیشان انرژی کیمیا

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶ www.Koureh.ir



نمودار (۱): اثر شار حرارتی روی زاویه تماس سیال خالص آب و اتانول



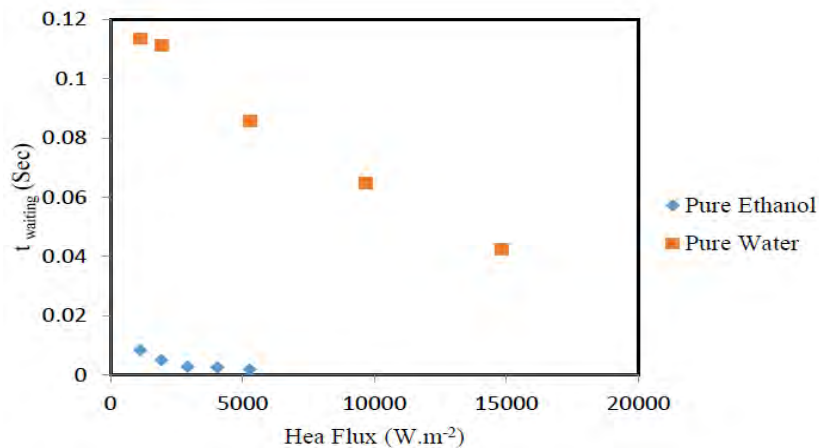
نمودار (۲): اثر شار حرارتی روی زمان رشد حباب سیال خالص آب و اتانول



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم‌اندیشان انرژی کیمیا

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶ www.Koureh.ir



نمودار (۳): اثر شار حرارتی روی زمان انتظار سیال خالص آب و اتانول

۴- نتیجه گیری

حباب‌های اتانول به نسبت آب کوچکتر می‌باشد به تبع آن زاویه تماس کوچکتری نیز دارد، بنابراین زمان کمتری هم برای رشد کردن و جدا شدن از سطح لازم دارد. خواص فیزیکی تاثیر بسزایی روی شکل حباب و رفتار حباب دارد. از آنجایی که آب کشش سطحی بیشتری از اتانول دارد بنابراین زمان بیشتری برای رشد حباب خود می‌برد. و چون حباب جدا شده بزرگ است گرمای بیشتری از سطح جدا می‌کند بنابراین زمان بیشتری لازم است که سطح گرم شود و حباب جدیدی تولید کند.



چهارمین کنفرانس مشعل و کوره‌های صنعتی

تهران، ۲۹ خرداد ۱۳۹۳ مجری: هم‌اندیشان انرژی کیمیا

تلفن تهران: ۸۸۶۷۱۶۷۶ www.Koureh.ir

مراجع

- [۱] Phan, H. T., Caney, N., Philippe Marty., Stephane Colasson., Jerome Gavillet., A model to Predict The Effect of Contact Angle on The Bubble Departure Diameter During Heterogeneous Boiling, 2010, vol.37, pp.964-969.
- [۲] Tong, S., Boiling Heat Transfer and Two Phase Flow, Two Edition, Taylor&Francis, 1997.
- [۳] Fritz, W., Maximum volume of vapour bubbles, Physik Zeitschr, 1935, vol.36, pp.379-384.
- [۴] Young, T., An Essay on The Cohesion of Fluids, Philos. Trans. R. Lond, 1805, vol.95, pp.65-87.
- [۵] Chai. L. H., Penga, X. F., Lee b, D. J., Interfacial Effects on Nucleate Boiling Heat Transfer of Binary Mixtures, 2001, vol.40, pp.125-132.
- [۶] Staniszewski, E., Nucleate Boliling Bubble Growth and Departure, 1959.
- [۷] Fujita, Y., Tsutsui, M., Experimental Investigation in Pool Boiling Heat Transfer of Ternary Mixture and Heat Transfer Correlation, 2002, vol.26, pp.237-244.
- [۸] Fugita, Y., Bai, Q., Critical Heat Flux of Binary Mixtures in Pool Boiling and its Correlation in Terms of Marangoni Number, 1997, vol.20, pp.616-622.
- [۹] Fritz, W., Berechnung Des Maximalvolume Von Dampfblasen, Phys. Z., 1935, vol.36, pp.379-378.

اختصارات

پارامترها		زیر نویس	
D	قطر حباب	b	حباب
σ	کشش سطحی	l	مایع
θ	زاویه تماس	v	بخار
g	شتاب گرانش	growth	رشد
ρ	دانسیتة	waiting	انتظار
A	سطح		
h	ضریب انتقال حرارت		
q''	شار حرارتی		