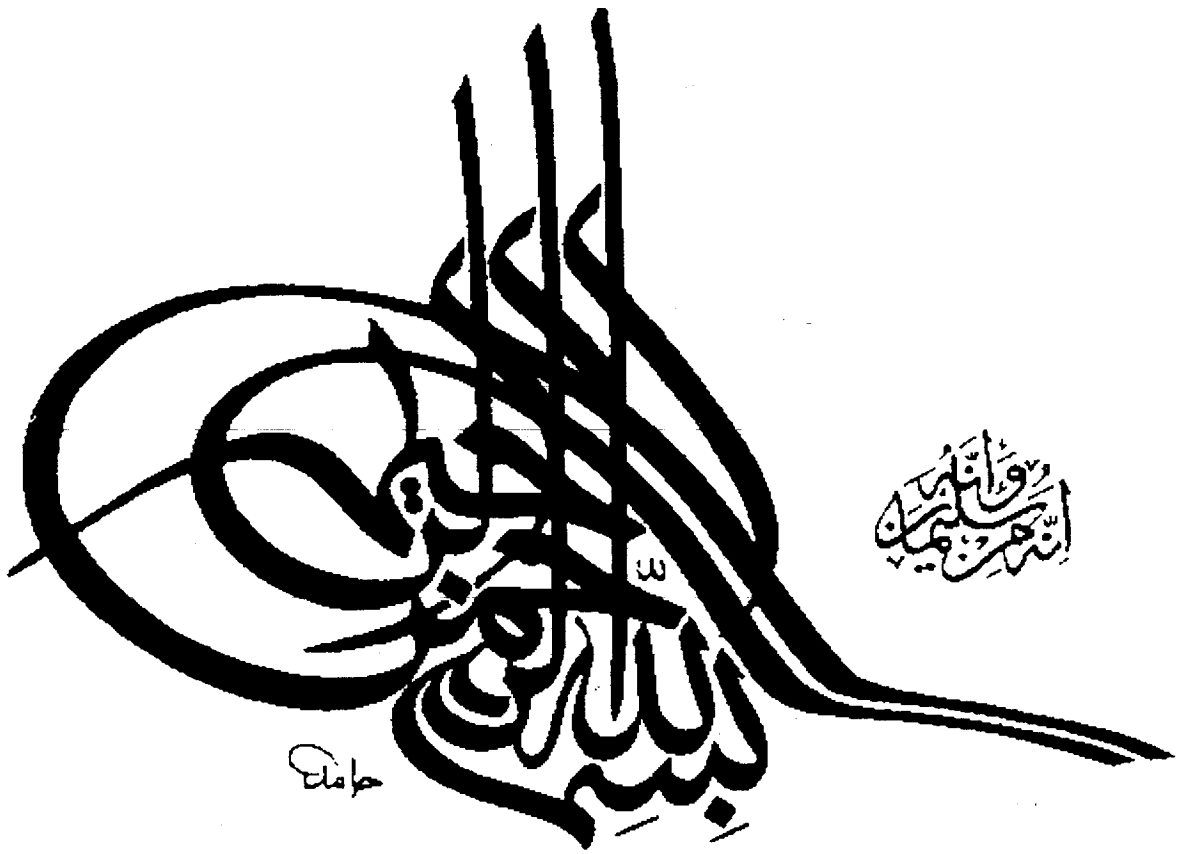
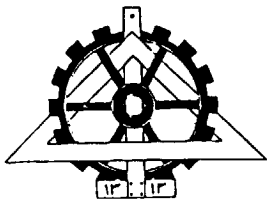


٣٣٢٩٩



دانشگاه تهران

۱۳۷۹ /۷/ ۲۵

افزایش ضریب انتقال حرارت در جریان آرام تکفاز با استفاده از نوار مارپیچ

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران
تهیه مدارک

توسط:

علیرضا طاهری

۱۰۳۹۲

استاد راهنما:

دکتر محمدعلی اخوان بهابادی

پایان نامه جهت دریافت مدرک کارشناسی ارشد

در مهندسی مکانیک تبدیل انرژی

دانشکده فنی

تابستان ۱۳۷۹

۳۳۲۹۹

دانشـــگاه تهـــران
دانشکده فنـــی
گروه مکانیک

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
مهندسی مکانیک - تبدیل انرژی

افزایش ضریب انتقال حرارت در جریان آرام تکفاز با استفاده از نوار پیچیده

از این پایان‌نامه د ر تاریخ ۷۹/۶/۳۰ در مقابل هیأت داوران د فاع بعمل آمد و مورد تصویب قرار گرفت.

محل امضاء

۱-سرپرست کمیته تحصیلات تکمیلی دانشکده

۲-مدیر گروه آموزشی: دکتر سید احمد نوربخش

۳-نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر منصور نیکخواه بهرامی

٤-استاد راهنما: دکتر محمد علی اخوان

٥-استاد مشاور: دکتر حسن شریفی

٦-استاد ناظر: دکتر مهدی اشجعی

چکیده:

در این تحقیق مطالعات آزمایشی روی تغییرات ضریب انتقال حرارت و جابجایی و افت فشار ایزوترمال برای جریان آرام تک فاز در لوله صاف و لوله هایی با هفت نوع نوار با گامهای مختلف انجام شده است.

جهت بررسی این تغییرات، دستگاه آزمایشی ساخته شده است که در آن سیال مورد بررسی روغن بهران حرارت می‌باشد. این آزمایش یک مبدل حرارتی (گرم کن) دو لوله‌ای با جریان مخالف را شامل می‌شود که در آن لوله داخلی یک لوله مسی به قطر خارجی $۱\frac{۱}{۸}$ اینچ (قطر داخلی ۲۶/۰۳۵میلیمتر) و پوسته آن را با یک لوله استیل به قطر ۶ اینچ تشکیل می‌دهد.

نحوه اطلاعات برداری به این صورت می‌باشد که روغن در لوله جریان پیدا می‌کند و در طول مسیر توسط بخار اشباعی که بین دو لوله قرار دارد گرم می‌شود. دمای ورودی و خروجی روغن و دمای سطح خارجی لوله مسی ثبت می‌گردد. به منظور کسب مقادیر متوسط دقیق‌تر، دمای سطح خارجی لوله مسی در ۵ مقطع، هر مقطع دو نقطه قرائت می‌گردد.

در مجموع حدود ۱۲۰ آزمایش برای حالات مختلف انجام گرفت که محدودهٔ مطالعات آزمایشی به شرح زیر می‌باشد:

عدد رینولدز : $۱۰<Re<۱۷۰۰$

عدد پرانتل : $۱۲۰<pr<۳۰۰$

نسبت گام فنر به قطر لوله : $۴/۵<\frac{H}{d_i}<۲۴$

که با توجه به اطلاعات به دست آمده می‌توان ضرایب اصطکاک و انتقال حرارت را برای جریان آرام با تیوپ صاف و تیوپ با نوار داخلی محاسبه کرد.

برای جریان آرام در تیوپ صاف مشاهده گردید که ضرائب اصطکاک بدست آمده از آزمایش با رابطه $f=\frac{16}{Re}$ و همچنین ضرائب انتقال حرارت نیز با مقادیر پیش بینی شده توسط رابطهٔ سیدر-تیت همخوانی خوبی دارد.

اطلاعات ثبت شده در جریان آرام به دو منظور صورت گرفته است: ۱- مقایسه افزایش انتقال حرارت به دست آمده با نوارهای مختلف با تیوپ صاف ۲- اطمینان از صحت عملکرد دستگاه.

با آنالیز داده‌های به دست آمده مشاهده گردید که ضرائب انتقال حرارت تیوپهای با نوار داخلی به مراتب بیشتر از تیوپ صاف می‌باشد.

رابطه مورد استفاده رابطه‌ای است که توسط منگلیک و برگلز برای جریان آرام ارائه شده است.

$$Nu_{d,in}=۴.۶۱۲[[[۱+۰.۰۹۵۱Gz^{۰.۸۹۴}]^{۲.۵}+۶.۴۱۳*۱۰^{-۹}[Swpr^{۰.۳۹۱}]^{۳.۳۸۵}]^{۲}$$

$$+۲.۱۳۲*۱۰^{-۱۴}[Re_dRa]^{۲.۲۳}]^{۰.۱}[\frac{\mu}{\mu_w}]^{۰.۱۴}$$

ضرائب انتقال حرارت به دست آمده توسط رابطه فوق با ۲۵٪± خطا با مقادیر به دست آمده از آزمایش تطابق خوبی را نشان می‌دهد.

در خصوص تغییرات ضریب اصطکاک نیز مشاهده شد که ضریب اصطکاک در اعداد رینولدز پایین نسبتاً کم بوده و با افزایش رینولدز به علت به وجود آمدن سرعت مماسی که ناشی از چرخش سیال می‌باشد در جریان اغتشاش به وجود آمده و ضریب اصطکاک افزایش می یابد.

فهرست مطالب

عناوین | شماره صفحه

مقدمه ۱

فصل اول: روشهای مختلف افزایش انتقال حرارت ۳

۱.۱ مقدمه ۳

۱.۲ روشهای افزایش انتقال حرارت ۶

۱.۲.۱ روشهای غیرفعال ۶

۱.۲.۲ روشهای فعال ۱۴

۱.۲.۳ روش برحسب حالت ۱۶

۱.۳ فوائد افزایش ۱۷

۱.۴ کاربردهای تجاری سطوح افزایش انتقال حرارت ۱۹

۱.۴.۱ انواع مبدلهای حرارتی مورد توجه ۱۹

۱.۴.۲ تشریح لوله‌های با سطوح افزایشی ۲۲

۱.۴.۳ هندسه فین‌های افزایش دهنده انتقال حرارت در گازها ۲۶

۱.۴.۴ مبدلهای حرارتی صفحه‌ای ۲۶

۱.۴.۵ ساختار داخلی برج خنک کن ۲۷

۱.۴.۶ ساختار داخلی برجها و ستونهای تقطیر ۲۷

۱.۴.۷ عوامل مؤثر در توسعه روشهای افزایشی تجاری ۲۸

۱.۵ تعریف سطح انتقال حرارت ۳۲

۱.۶ پتانسیل افزایشی ۳۲

۱.۷ اصطلاحات ۳۳
فصل دوم: اصول انتقال حرارت ۳۵
۲.۱ مقدمه ۳۵
۲.۲ ملاحظات هیدرودینامیکی در جریانهای داخلی ۳۷
۲.۲.۱ شرایط جریان ۳۷
۲.۲.۲ سرعت متوسط ۳۸
۲.۲.۳ پروفیل سرعت در ناحیه کاملاً توسعه یافته ۳۹
۲.۲.۴ گرادیان فشار و ضریب اصطکاک در جریان کاملاً توسعه یافته ۴۱
۲.۳ ملاحظات حرارتی ۴۲
۲.۳.۱ دمای متوسط ۴۳
۲.۳.۲ قانون سرمایش نیوتن ۴۴
۲.۳.۳ شرایط کاملاً توسعه یافته ۴۵
۲.۳.۴ موازنه انرژی ۴۸
۲.۴ تئوری طراحی مبدل حرارتی ۵۳
۲.۴.۱ آنالیز حرارتی ۵۳
۲.۴.۲ روشهای طراحی مبدل حرارتی ۵۷
۲.۴.۳ مقایسه روشهای طراحی NTU و LMTD ۵۹
۲.۵ ضرایب انتقال حرارت و اصطکاک ۶۰
۲.۵.۱ جریان آرام روی سطح صاف ۶۰
۲.۵.۲ جریان آرام در کانالها ۶۰

۲.۵.۳ جریان مغشوش در کانالها ۶۳
۲.۶ تصحیح تغییر خواص سیال ۶۴
۲.۶.۱ تأثیر تغییر دمای سیال ۶۵
۲.۶.۲ تأثیر تغییر خواص محلی ۶۵
۲.۷ تشابه رینولدز ۶۹
۲.۸ نتایج ۷۱
۲.۹ اصطلاحات ۷۲
فصل سوم: تجهیزات قابل نصب در داخل لوله در جریان تکفاز ۷۵
۳.۱ مقدمه ۷۵
۳.۲ نوار پیچیده شده ۸۱
۳.۲.۱ جریان آرام ۸۳
۳.۲.۲ روشهای پیش بینی در جریان آرام ۹۲
۳.۲.۲.۱ شار حرارتی ثابت ۹۴
۳.۲.۲.۲ دیواره با دمای ثابت ۹۵
۳.۴ اصطلاحات ۹۸
فصل چهارم : دستگاه آزمایشی و جمع آوری اطلاعات ۹۹
۴.۱ ملاحظات طراحی ۹۹
۴.۲ ساختار آزمایش ۹۹
۴.۲.۱ گرم کن روغن ۱۰۱
۴.۲.۲ کولر روغن ۱۰۳

۴.۲.۳ وسائل اندازه‌گیری ۱۰۳
۴.۳ تعیین نقاط نشتی ۱۰۴
۴.۴ کالیبره کردن ترموکوپلها ۱۰۴
۴.۵ تهیه و قرار دادن نوارهای مارپیچ در تیوب ۱۰۵
۴.۶ روش آزمایش ۱۰۷
۴.۷ جمع آوری اطلاعات انتقال حرارت ۱۰۷
فصل پنجم: نتایج و بحث و بررسی ۱۰۹
۵.۱ انتقال حرارت ۱۰۹
۵.۲ ضریب اصطکاک ۱۱۴
۵.۳ نتایج ۱۱۹
۵.۴ اصطلاحات ۱۲۱

مقدمه:

انتقال حرارت جریان آرام در بسیاری از کاربردهای مهندسی وجود دارد و برای مایعات لزجی[1] که گرم یا سرد می‌شوند از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. چونکه ضریب انتقال حرارت در این نوع جریانات معمولاً پائین می‌باشد احتیاج به روشی برای افزایش آن داریم. در زمینه روشهای افزایش انتقال حرارت چه بصورت فعال و غیرفعال (فصل اول) مطالعات زیادی انجام شده است. یکی از روشهای غیرفعالی که معمولاً مورد توجه است استفاده از تجهیزات داخل لوله‌ای می‌باشد، که انواع مختلف آن در فصل ۳ توضیح داده شده‌اند. این نوع وسائل دارای قیمت نسبتاً پائینی بوده و براحتی در داخل لوله‌ها قرار می‌گیرند. از اینرو بطور وسیعی در صنعت استفاده می‌شوند.

تجهیزات داخل لوله‌ای می‌توانند ترکیبی از یک یا چند حالت زیر، که برای افزایش انتقال حرارت مناسب می‌باشند را بهمراه افزایش ضریب اصطکاک جریان بوجود آورند:

۱ـ جلوگیری از توسعه لایه مرزی جریان و افزایش میزان اغتشاش آن

۲ـ افزایش سطح مؤثر انتقال حرارت (در صورتیکه تماس این نوع وسائل با دیواره تیوپ خوب باشد)

۳ـ تولید جریان گردابه‌ای یا ثانویه

لیکن با توجه به اینکه رژیم بیشتر جریانات موجود در مبدلهای صنعتی مغشوش می‌باشد، تمام توجهات به افزایش ضریب انتقال حرارت این جریان معطوف شده است. از اینرو مقالات کمی در زمینه افزایش انتقال حرارت جریان آرام موجود می‌باشد.

در این پروژه مطالعات آزمایشی روی افت فشار ایزوترمال و ضریب انتقال

1- VISCOUS LIQUIDS

حرارت جابجائی روغن بهران حرارت در جریان آرام برای تیوب صاف و هفت نوع مختلف از سیم نوار های پیچیده شده داخلی به دو منظور انجام شده است:

۱ـ تعیین میزان افزایش ضریب انتقال حرارت و ضریب اصطکاک با استفاده از نوارهای پیچیده شده نسبت به تیوبهای صاف

۲ـ مقایسه نتایج بدست آمده با روابط تئوری

لیکن قبل از پرداختن به موضوع فوق لازم است خلاصه‌ای از اصول انتقال حرارت، تئوری مبدلهای حرارتی، و روابط تجربی موجود بمنظور درک بهتر عملکرد نوارهای پیچیده شده بیان شوند که این مهم در فصول ۱ الی ۳ انجام شده است و سپس در فصول ۴ و ۵ دستگاه آزمایشی و نتایج بدست آمده تشریح خواهند شد.

فصل اول

روشهای مختلف افزایش انتقال حرارت

۱.۱ مقدمه

موضوع افزایش انتقال حرارت تا مرحله‌ای جلو رفته است که در مورد مبدلهای حرارتی بطور جدی مورد توجه قرارگرفته است. صنایع یخچال سازی و اتومبیل سازی بطور معمول از سطوح افزایشی در مبدلهای حرارتی خود استفاده می‌کنند. صنایع فرآیندی [۱] بطور جدی برای ترکیب کردن مبدلهای حرارتی خود با سطوح افزایش دهنده انتقال حرارت[۲] کار می‌کنند. درواقع هر مبدل حرارتی نامزد بالقوه‌ای برای افزایش انتقال حرارت می‌باشد. اما برای اینکه یک عامل بالقوه بتواند بعنوان افزایش دهنده انتقال حرارت تلقی شود، باید مورد آزمایش قرار گیرد. معیار تعیین کننده بعداً گفته می‌شود.

مبدلهای حرارتی در ابتدا با استفاده از سطوح انتقال حرارت ساده (صاف)[۳] ساخته می‌شدند. یک "سطح افزایش دهنده انتقال حرارت"دارای هندسه خاصی می‌باشد که می‌تواند مقادیر بالاتری برای hA به ازاء واحد سطح پایه[۴] نسبت به سطح صاف تولید کند. عبارت "نسبت افزایش" [۵] (E_h) بصورت نسبت hA سطح افزایش یافته به سطح صاف تعریف می‌شود. از این رو داریم:

$$E_h = \frac{hA}{(hA)_p} \qquad ۱.۱$$

یک مبدل حرارتی دو سیالی جریان مخالف را در نظر بگیرید. مقدار انتقال

1- PROCESS INDUSTRY
2- ENHANCED HEAT TRANSFER SURFACES
3- PLAIN (SMOOTH)
4- BASE SURFACE AREA
5- ENHANCEMENT RATIO

حرارت برای این مبدل حرارتی توسط رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$Q=UA\,\Delta Tm \qquad ۱.۲$$

برای توضیح فوائد افزایش، این معادله را در طول کل تیوب (L) ضرب و تقسیم می‌کنیم.

$$Q=\frac{UA}{L}\,L\,\Delta Tm \qquad ۱.۳$$

عبارت $\frac{L}{UA}$ کل مقاومت حرارتی به ازاء واحد طول تیوب می‌باشد و توسط رابطه زیر داده می‌شود.

$$\frac{L}{UA}=\frac{L}{\eta_1 h_1 A_1}+\frac{Lt_w}{k_w A_w}+\frac{L}{\eta_2 h_2 A_2} \qquad ۱.۴$$

که زیرنویسهای ۱ و ۲ به سیالهای اول و دوم و w به جداره لوله اشاره می‌کنند. عبارت η راندمان سطح[1] می‌باشد و برای سطوح توسعه داده شده بکار می‌رود. برای سادگی، در معادله ۱.۴ مقاومت رسوب[2] که مهم نیز می‌باشد در نظر گرفته نشده است. عملکرد مبدل حرارتی در صورت ازدیاد عبارت $\frac{UA}{L}$ افزایش خواهد یافت. از سطوح افزایشی می‌توان بمنظور افزایش یک یا هر دو عبارت $\frac{hA}{L}$ نسبت به حالت سطح صاف استفاده کرد. این کار باعث کاهش مقاومت حرارتی به ازاء واحد طول تیوب ($\frac{L}{UA}$) می‌گردد. این کاهش $\frac{L}{UA}$ بمنظور انجام یکی از سه اهداف زیر صورت می‌گیرد:

۱ـ کاهش سایز: اگر میزان انتقال حرارت (Q) ثابت نگه داشته شود، طول مبدل حرارتی می‌تواند کاهش یابد. که این امر منجر به کوچکتر شدن مبدل حرارتی می‌گردد.

۲ـ افزایش UA: این خاصیت می‌تواند به دو منظور استفاده شود:

a. کاهش ΔT_M: اگر Q و طول کل تیوب (L) ثابت باشند، ΔT_M می‌تواند کاهش یابد. این امر باعث افزایش راندمان ترمودینامیکی فرآیند و در نتیجه کاهش هزینه‌های کاربری می‌گردد.

1- SURFACE EFFICIENCY

2- FOULING RESISTANCE

b. افزایش حرارت مبادله شده: با ثابت نگه داشتن L، افزایش UA/L منجر به افزایش مقدار حرارت مبادله شده برای حالت دماهای ورودی ثابت می‌شود.

۳ـ کاهش قدرت پمپاژ[1] برای انتقال حرارت ثابت: اگر چه عجیب به نظر می‌رسد که سطوح افزایشی بتوانند قدرت پمپاژ را کاهش دهند اما از نظر تئوری این کار امکان‌پذیر است. لیکن این امر مستلزم آن است که مبدل حرارتی افزایش یافته[2] در سرعت پائین‌تری نسبت به نوع مشابه با سطوح صاف کار کند. که این کار با افزایش سطح جلوئی[3] که معمولاً نیز مطلوب نمی‌باشد قابل انجام است.

اصل مهمی که باید به یاد داشته باشیم این است که یک سطح افزایشی می تواند هر یک از ۳ نوع افزایش عملکردی راکه در بالا ذکر شد فراهم آورد. اینکه کدام بهینه سازی بدست می‌آید بستگی به نظر طراح دارد. از این رو طراح A ممکن است بخواهد مبدل حرارتی راکوچکتر کند در حالیکه طراح B می‌خواهد راندمان ترمودینامیکی فرآیند را افزایش دهد.

اگر چه کاهش سایز (هدف اول) می تواند با ارزش باشد لیکن هدف مهم‌تر کاهش هزینه است. در بسیاری موارد طراح می‌خواهد که کاهش سایز را به همراه کاهش قیمت داشته باشد. عامل دیگری که در مورد هدف اول (کاهش سایز) بایستی در نظر گرفته شود آن است که حجم سیال داخل مبدل حرارتی نیز کاهش خواهد یافت که این امر می‌تواند برای سازندگان وسائل تبریدی حائز اهمیت باشد چون که حجم کمتری از یک مبرد گران لازم است.

اهداف ۲ و ۳ در صورتیکه هزینه جاری مد نظر باشد اهمیت پیدا می‌کنند. برای مثال، با در نظر گرفتن هدف ۲ برای کندانسورها و اواپراتورهای سیکل تبرید هزینه توان کمپرسور کاهش می‌یابد. هدف ۳ برای افزایش ظرفیت یک مبدل حرارتی موجود مهم

1- PUMPING POWER
2- ENHANCED HEAT EXCHANGER
3- FRONTAL AREA

می‌باشد که خود منجر به افزایش توان خروجی نیروگاه می‌گردد.

افت فشار (یا قدرت پمپاژ) همواره برای طراح مبدل حرارتی اهمیت دارد. از این رو یک سطح افزایشی واقعی می‌بایست علاوه بر تأمین انتقال حرارت مورد نیاز، محدودیتهای دبی جریان و افت فشار را نیز برآورده سازد. در فصل ۳ روی چگونگی رسیدن به این اهداف برای جریان تک فاز بحث خواهیم کرد. سطحی که بتواند افزایش انتقال حرارت مورد نیاز را با کمترین افت فشار تأمین کند یقیناً ارجح‌تر است.

۱.۲ روشهای افزایش انتقال حرارت

سیزده روش برای افزایش انتقال حرارت توسط برگلس[۱] و همکارانش [۱۹۸۳] معرفی شده است. این روشها به دو دسته تقسیم می‌شوند: روشهای غیرفعال[۲] و فعال[۳]. در روشهای غیرفعال از سطوح با هندسه‌های خاص یا سیالهای افزودنی برای افزایش استفاده می‌شود. در روشهای فعال به یک نیروی خارجی نظیر میدانهای برقی یا آکوستیک[۴] و لرزش (ارتعاش) سطح احتیاج داریم. این روشها در جدول 1.1 لیست گردیده و در ذیل توضیح داده شده‌اند.

۱.۲.۱ روشهای غیرفعال

سطوح پوشش داده شده[۵]: این روش شامل پوشش‌های فلزی یا غیرفلزی سطح می‌باشد. برای مثال پوشش غیر مرطوب شونده[۶] مانند تفلون برای افزایش تقطیر قطره‌ای و پوشش متخلخل با مقیاس ریز[۷] برای افزایش جوشش هسته‌ای[۸] استفاده

1- BERGLES
2- PASSIVE
3- ACTIVE
4- ACOUSTIC
5- COATED SURFACE
6- NONWETTING COATING
7- FINE - SCALE POROUS COATING
8- NUCLEATE BOILNG