مجموعه مقالات
شانزدهمین کنفرانس سالانه بین المللی

مهندسی مکانیک

۲۴ لغایت ۲۶ اردیبهشت ماه ۱۳۸۷
بخش مهندسی مکانیک دانشگاه شهید باهنر کرمان

ISME 2008

جلد

بررسی چگونگی بهبود معادلات رشد قطرات و نحوه تولید آزمایشگاهی آن در ورودی توربین بخار

ادریس یوسفی راد
دانشجوی کارشناسی ارشد تبدیل انرژی

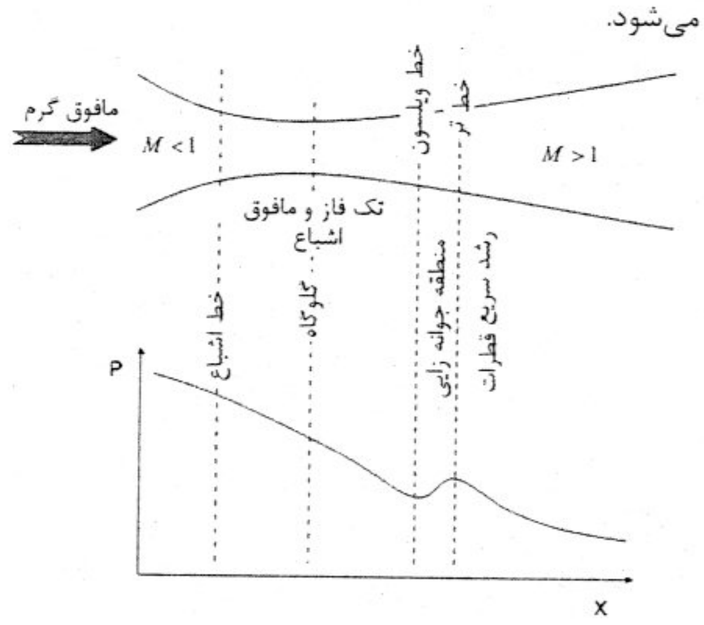
محمدرضا مه پیکر
دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده:
جریان دو فازی بخار مایع در توربین های بخار باعث تلفات ترمودینامیکی، آیرودینامیکی و مکانیکی(خوردگی پره ها) می گردد. با پاشش قطرات(فاز مایع) می توان باعث کاهش تلفات مذکور بالاخص تلفات ترمودینامیکی گردید. در این تحقیق مدل بهینه معادلات رشد قطرات و نحوه تولید آزمایشگاهی آن در ورودی به پره های ثابت توربین تشریح می گردد. به علت پیچیده بودن معادلات رشد قطره، در محیط های آزاد مولکولی و پیوسته جریان دو فاز بخار- مایع سعی بر این است مدلی انتخاب شود که تمام این رژیم ها را تحت پوشش قرار دهد. با استفاده از این مدل پیشنهادی و معادلات انتقال جرم و انتقال حرارت می توان شعاع و قطرات مایع را محاسبه نمود.

واژه‌های کلیدی : مدل دولایه ای- مافوق‌سرد - جوانه زایی- شعاع بحرانی - **رشد قطره**- توربین بخار

مقدمه

یکی از تجهیزات مهمی که در نیروگاه فسیلی مورد استفاده قرار می گیرد ، توربین ها هستند. در این نیروگاه ها در انتهای توربین فشار پایین[1] و در نیروگاههای هسته‌ای از همان ابتدا در اثر انبساط بخار، دمای بخار کاهش یافته و در نتیجه بخار مافوق گرم خط اشباع را قطع کرده و وارد منطقه دوفازی می‌شود.



شکل (۱) تغییرات فشار در طول نازل ما فوق صوت

در ابتدا بعلت سرعت بالای جریان سیال همچنان تک‌فاز می ماند، این حالت تا خط ویلسون ادامه دارد ،که بخار مافوق سرد گفته می‌شود. بعد از ویلسون بخار اشباع گرمای نهان خود را از دست می‌دهد و تبدیل به مایع اشباع می‌شود که این ناحیه، منطقه جوانه‌زایی[2] است. در جریان مافوق‌صوت در صورتی که حرارت به جریان داده شود باعث کاهش سرعت و افزایش فشار سیال می‌شود. این افزایش فشار که با نام شوک میعان نامیده می‌شود تا خط‌تر[3] ادامه دارد. در این قسمت افزایش سطح باعث کاهش فشار جریان و دادن گرما، باعث افزایش فشار می شود تا قبل از خط‌تر عامل گرما غالب است اما پس از آن، عامل سطح پیروز خواهد شد که باعث کاهش فشار می‌شود. از این به بعد تقطیر بر روی سطح قطرات اتفاق می افتد و شروع به رشد می‌کند[1].

به همین دلیل معادلات تشکیل قطرات دارای اهمیت ویژه بوده و در اینجا تحقیق مدل بهینه پیشنهاد می گردد و همچنین نحوه تولید آزمایشگاهی این قطرات بحث می شود.

مدل دو لایه ای رشد قطره

پس از جوانه زایی همگن، قطراتی که شعاع آنها از r^* کمتر باشد تبخیر می شوند و اگر شعاع بزرگتر از r^* باشد قطره رشد خواهد کرد و هر چه مقدار r^* کوچکتر باشد امکان تشکیل قطرات و جوانه‌زایی بیشتر می‌باشد.

برای تقسیم‌بندی جریان بخار تر به ناحیه‌های مختلف از پارامتر بی‌بعدی بنام عدد ندسن[4] استفاده می‌شود

$$K_n = \frac{1.88\mu_G}{2r\rho_G\sqrt{RT_G}} \qquad (1)$$

باتوجه به مقدار عدد ندسن می‌توان جریان را به چند ناحیه مشخص تقسیم نمود.

الف-اگر $K_n < 0.01$ باشد رژیم جریان پیوسته[5] نامیده می‌شود.

ب-اگر $0.01 < K_n < 0.18$ باشد جریان دارای رژیم لغزشی[6] خواهد بود.

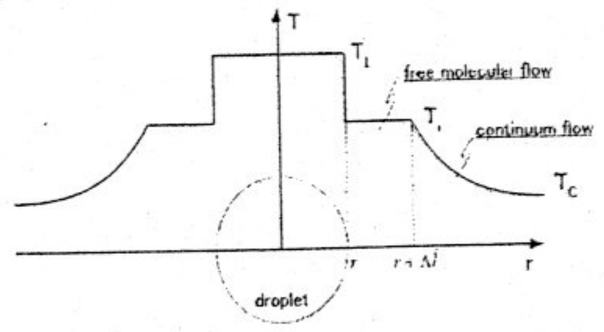
ج-اگر $0.18 < K_n < 4.5$ باشد جریان دارای رژیم گذرا[7] می‌باشد.

د-اگر $K_n > 4.5$ باشد رژیم جریان مولکولی آزاد[8] نامیده می‌شود.

بررسی ها بیشتر بر روی دو ناحیه پیوسته و مولکولی آزاد انجام شده است و روابط رشد قطره در این دو ناحیه موجود می باشد به دلیل پیچیدگی روابط در نواحی گذرا و لغزشی از مدل دو لایه ای رشد قطرات مطابق شکل(2) استفاده می شود که در نزدیکی قطره از رژیم مولکولی آزاد و در فاصله دورتر از قطره، از رژیم مولکولی پیوسته تبعیت می کند. هرچه مقدار Λ بیشتر باشد سهم ناحیه مولکولی آزاد نسبت به رژیم پیوسته در مدل دو لایه ای بیشتر است. گرماسی و یانگ رابطه زیر را پیشنهاد می نمایند[2].

---

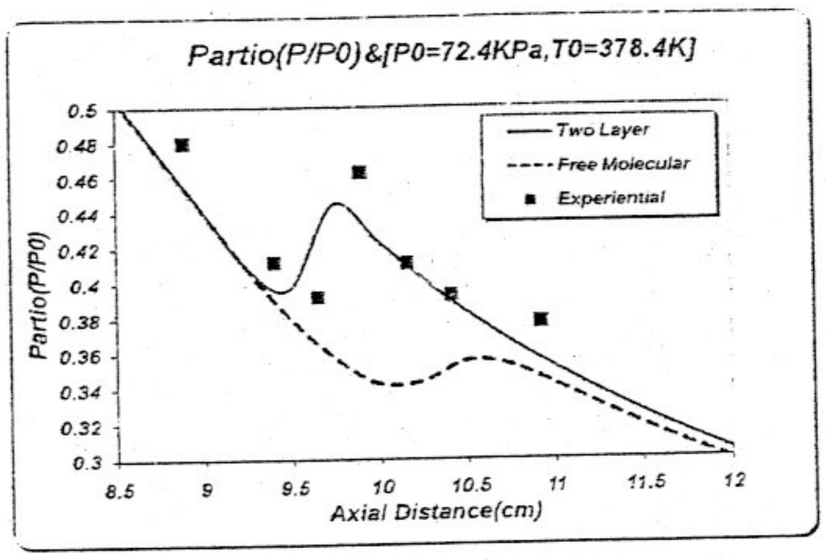
1 . LP Turbine
2 . Nucleation Zone
3 . Wet line
4 . Knudsen Number.
5 . Continuum regime.
6 . Slip regime.
7 . Transition regime.
8 . Free molecule regime.



شکل (2) توزیع دما در اطراف قطره(مدل دولایه ای)

$$\alpha_{two-layer} = \frac{\lambda_G / r}{\frac{1}{1+2\Lambda Kn} + 3.78\frac{Kn}{\mathrm{Pr}_G}} \qquad (2)$$

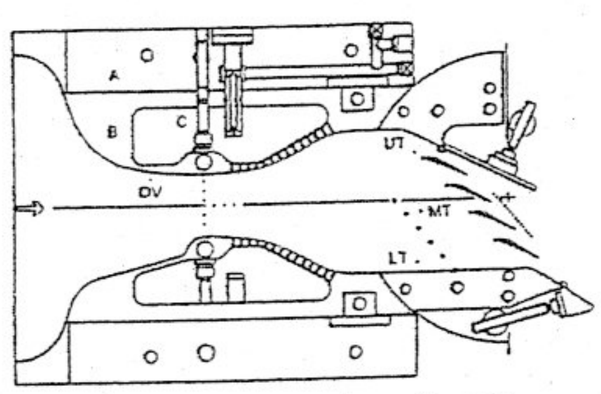
که در این رابطه وایت بر اساس آزمایش و به صورت تجربی مقدار $\Lambda = 0.75$ را پیشنهاد کرده است که به مقایسه نتایج این پیشنهاد می پردازیم. نسبت فشار استاتیکی در امتداد کانال با استفاده از دو مدل، دولایه ای و مولکولی آزاد محاسبه شده است در شکل(3) نتایج حاصل از دو مدل و مقادیر تجربی رسم شده است. با مقایسه مشخص است که استفاده از مدل دو لایه ای بهتر نتایج تجربی را تعقیب می کند[2].



شکل (3) مقایسه نسبت فشار بین مدل دو لایه ای و مولکولی آزاد با مقادیر تجربی

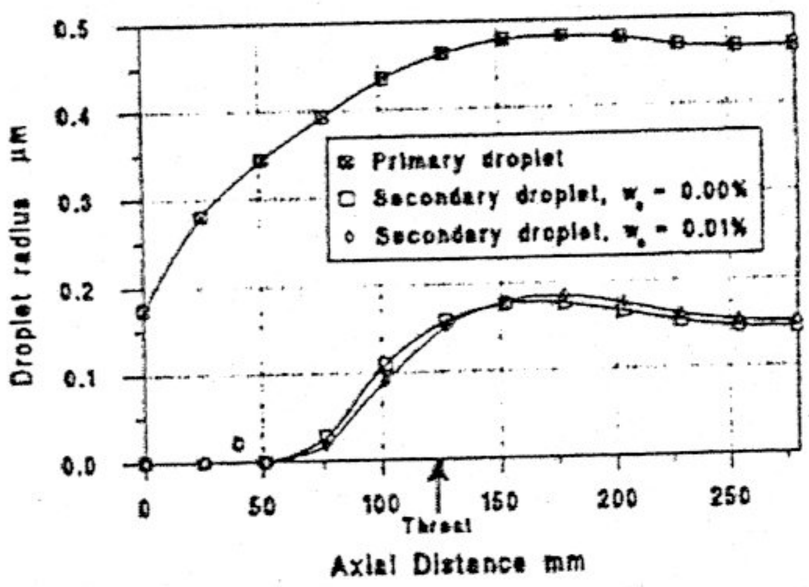
نحوه تولید آزمایشگاهی قطرات در ورودی توربین

همچنین در این مقاله نحوه تولید قطرات در ورودی طبقه آخر توربین بررسی می گردد. برای اینکه بتوان قطرات با اندازه های مختلف داشته باشیم از دو نوع شیپوره (نازل همگرا واگرا استاندارد و سریع[9]). که در شکل(4) نوع استاندارد نشان داده شده است[3]. برای اینکه بتوان از معادلات گاز ایده ال استفاده کرد، باید لایه مرزی روی دیواره را از بین برد، در مقاله از روش مکش استفاده شده که در قسمت واگرا حفره هایی در دیواره بدین منظور ایجاد شده است.



شکل (4) جریان عبوری از مقطع آزمایش

در صورت وجود ناخالصی در آب تقطیر روی ناخالصی انجام می گیرد و در نتیجه باعث ایجاد قطراتی با قطر بزرگتر از قطر تئوری می شود. در این مقاله تاثیر وجود ناخالصی در شیپوره استاندارد بررسی شده است که در شکل (5) نحوه تغییرات مشخص می باشد[3].



شکل (5) اثر ناخالصی در خواص سیال- نوع استاندارد

جمع بندی :

به دلیل اینکه بدست آوردن رابطه‌ای بین ناحیه‌های مختلف جریان دو فازی پیچیده می‌باشد، نتیجه می‌گیریم که استفاده از فرضیه دولایه‌ای و انطباق بهتر نتایج آن با مقادیر تجربی باعث بهبود معادلات رشد قطره می شود. در این مقاله همچنین به بررسی نحوه تولید قطرات با اندازه مشخص در کانال همگرا- واگرا پرداخته شده است. از تولید قطرات مایع با اندازه مشخص در انتهای کانال همگرا-واگرا یا ورودی به کسکید، می توان جهت طراحی بهینه پره های توربین (دارای جریان دو فازی بخار مایع) استفاده کرد.

References

1. F.Bakhtar , M.R.Mahpeykar and K.K.Abbas, On An Investigation of Nucleating Flows of Steam In a Cascade of Turbine Blading- Thearetical Treatment, ASME (1995).

2. AlexanderJ.White, Shigeki Senoo, Numerical Simulations of Unsteady Wet Steam Flow with Equilibrium Condensation in the Nozzle and the steam turbine ,ASME Joint U.S.-European Fluid Engineering Summer Meeting (2006).

۳ . F.Bakhtar,H Mashmoushy and J R Buckley on the performance of a cascade of turbine rotor tip section blading in wet steam ,c05796 IMechE(1997).

[9] .Fast