

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی مکانیک

تحلیل پدیده سوپرکاویتاسیون در جریان متقارن صفحه ای و متقارن محوری

آرش اسلام دوست

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک، گرایش تبدیل انرژی

استاد راهنما :

دکتر نوروز محمد نوری

اسفند 1385

تقدیم به پدر و مادر عزیزم به پاس حمایت های بی دریغشان

از جناب آقای دکتر نوری، استاد زندگی و دانش، بخاطر راهنمایی ها و کمک های گرانبهانشان
کمال سپاسگزاری را دارم.

با تشکر از دوستان خود در آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی که راهنمایی ها و تشویق هاشان همواره باعث دلگرمی من بود، موفقیت و سرفرازی در ادامه مسیر زندگی را برایشان آرزومندم.

آرش اسلام دوست

اسفند 1385

چکیده

سوپر کاویتاسیون به مرحله ای از پدیده کاویتاسیون گفته می شود که نسبت فشار استاتیکی سیال مایع به فشار دینامیکی آن تا حد بسیار پایینی افت می کند (تقریباً بین 0,3 و 0) و در نتیجه بجای حبابهای ریز که هنگام شروع پدیده کاویتاسیون از سطح جسم جامد جدا می شوند، حفره ای بزرگ در داخل میدان جریان حول جسم عامل کاویتاسیون شکل می گیرد پروژه حاضر با استفاده از فرض پتانسیل بودن جریان سوپر کاویتاسیون به مدل سازی این پدیده می پردازد. یکی از راه های مدل سازی جریان پتانسیل بوجود آمده ناشی از هندسه های پیچیده روش المان مرزی می باشد. در این تحقیق با کمک گرفتن از روش المان مرزی از الگوریتمی که بر پایه تکرار استوار می باشد، برای شناسایی مرز سوپر کویتی بوجود آمده ناشی از یک جسم دوبعدی و همچنین جسمی سه بعدی با تقارن محوری استفاده شده است. این الگوریتم برای شروع نیازمند حدس اولیه ای برای مرز کویتی می باشد. برای بسته شدن انتهای کویتی مدلی ارائه شده بر پایه بازیابی فشار ثابت روی مرز کویتی تا فشار جریان در بینهایت عمل می کند. مقایسه نتایج بدست آمده از روش المان مرزی با سایر نتایج بدست آمده از روش های حل تحلیلی و عددی و همچنین داده های آزمایشگاهی صحت نتایج گرفته شده را تایید می کند.

کلمات کلیدی: سوپر کاویتاسیون، جریان پتانسیل، روش المان مرزی، جریان دوبعدی متقارن، جریان سه

بعدی متقارن محوری

عنوان.....	فهرست
1 مفاهیم مربوط به پدیده سوپر کاویتاسیون و مروری بر کارهای انجام شده	2
1-1 کاویتاسیون.....	2
1-2 کاویتاسیون در یک جریان.....	4
1-3 انواع کویتی ها.....	9
1-3-1 کویتی های ثابت.....	9
1-3-2 کویتی های متحرک.....	12
1-3-3 کاویتاسیون در جریانهای برشی : دنباله ها.....	13
1-4 سوپر کاویتاسیون.....	15
1-4-1 سوپر کویتی ها.....	15
1-4-2 سوپر کاویتاسیون به عنوان روشی برای کاهش درگ.....	18
1-5 مروری بر کارهای انجام شده برای مدل سازی جریان سوپر کاویتاسیون.....	21
2 مدل سازی جریان سوپر کاویتاسیون	33
2-1 جریان های سطح آزاد.....	33
2-2 حل تحلیلی جریان کویتی بوجود آمده ناشی از گوه با زاویه رأس مختلف:.....	36
2-3 مدل های موجود برای شبیه سازی نواحی جدایش و بسته شدن کویتی.....	38
2-3-1 انواع مدل های بسته شدن کویتی.....	38
2-3-2 مدل های جدایش از سطح جسم.....	43
3 تحلیل جریان پتانسیل با روش المان مرزی	52
3-1 جریان چرخشی و غیر چرخشی.....	52
3-1-1 سیال ایده آل و حقیقی:.....	53
3-1-2 تابع پتانسیل.....	53
3-1-3 تحلیل میدان جریان با استفاده از تفکیک هلمهولتز.....	54
3-2 معادله لاپلاس در حالت دو بعدی.....	56
3-3 رابطه همانی اول و دوم گرین و رابطه برگشتی:.....	57
3-3-1 شکل انتگرالی رابطه برگشتی.....	58
3-4 توابع گرین:.....	59
3-4-1 تابع گرین فضای آزاد.....	60
3-5 نمایش انتگرالی:.....	62

64	3-6 معادلات انتگرالی
65	3-7 بررسی کلی مسائل برای استفاده از روش المان مرزی:
67	3-7-1 بررسی گوشه‌ها در مرز
69	3-8 مراحل انجام روش المان مرزی برای معادله لاپلاس در حالت دوبعدی:
69	3-8-1 گسسته سازی مرز بصورت المان های مرزی
70	3-8-2 گسسته سازی نمایش انتگرالی
71	3-8-3 المان های یکنواخت
73	3-8-4 المان های غیر تکین
73	3-8-5 المان های مستقیم
74	3-8-6 روش انتگرال گیری مربعی گوسی-لژاندر
75	3-8-7 المان های تکین
76	3-8-8 المان های مستقیم
77	3-9 روش المان مرزی نقاط کنترلی
79	3-10 محاسبه سرعت مماسی روی مرز
79	3-11 محاسبه سرعت در نقطه ای داخل میدان جریان
81	3-12 اعتبار بخشی به نتایج مربوط به حل برنامه المان مرزی بکار گرفته شده در دو بعد
82	3-12-1 حل تحلیلی جریان پتانسیل حول استوانه
84	3-12-2 مقایسه نتایج حل عددی با حل تحلیلی:
86	4 بکارگیری روش المان مرزی برای مدل سازی جریان سوپرکاویتاسیون دوبعدی
86	4-1 شناسایی مرز سوپرکوییتی با استفاده از روش المان مرزی:
87	4-2 الگوریتم بکار رفته شده برای میل دادن مرز کوییتی اولیه تا مرز کوییتی واقعی:
97	5 نتایج حاصل از تحلیل جریان سوپرکاویتاسیون ناشی از جسم گوه ای شکل
97	5-1 هندسه کوییتی های بدست آمده
101	5-2 ضریب فشار بدست آمده برای کوییتی های مختلف
103	5-3 تاریخچه همگرایی مرز کوییتی
107	5-4 مقایسه نتایج با حل های تحلیلی و عددی برای کوییتی های با طول محدود
110	5-5 میدان سرعت بوجود آمده ناشی از یک سوپرکوییتی
111	5-6 بررسی اثر طول ناحیه بسته شدن کوییتی در جریان بالادست این ناحیه
115	6 حل جریان پتانسیل متقارن محوری به روش المان مرزی
115	6-1 معادله لاپلاس در حالت سه بعدی
116	6-2 رابطه همانی اول و دوم گرین و رابطه برگشتی:
116	6-2-1 شکل انتگرالی رابطه برگشتی

117	6-3 توابع گرین:
119	6-3-1 تابع گرین فضای آزاد
119	6-3-2 تابع گرین در دامنه محدود
120	6-3-3 خواص انتگرال توابع گرین:
121	6-4 نمایش انتگرالی:
123	6-4-1 اتحاد سوم گرین
123	6-5 معادلات انتگرالی
124	6-5-1 بررسی گوشه‌ها در مرز
125	6-6 میدانهای متقارن محوری در ناحیه محاسباتی متقارن محوری
128	6-6-1 محاسبه تابع گرین متقارن محوری در فضای آزاد:
129	6-7 اعتبار بخشی به نتایج الگوریتم بکار رفته برای جریان پتانسیل متقارن محوری
132	7 تحلیل جریان سوپرکاویتاسیون متقارن محوری به روش المان مرزی و نتایج مربوطه ...
132	7-1 تحلیل جریان سوپرکاویتاسیون متقارن محوری:
134	7-2 نتایج تحلیل جریان سوپرکاویتاسیون متقارن محوری
134	7-2-1 هندسه کویتی های بدست آمده
138	7-2-2 ضریب فشار بدست آمده برای کویتی های مختلف
139	7-2-3 تاریخچه همگرایی مرز کویتی
142	7-3 مقایسه نتایج با حل های عددی و تجربی برای کویتی های با طول محدود
142	7-3-1 مقایسه نتایج با حل عددی
144	7-3-2 مقایسه نتایج با کارهای تجربی
147	بحث و نتیجه گیری
149	پیشنهادات برای ادامه کار
149	پیوست
151	الف: فشار بخار اشباع آب در دما های مختلف
152	ب: انتگرالهای تکین
157	ج -قضیه دیورژانس در صفحه :
159	مراجع :

فهرست اشکال

عنوان.....	شماره صفحه
شکل (1-1): کاویتاسیون شکل گرفته ناشی از پروانه کشتی.....	2
شکل (1-2): انواع رژیم های مختلف جریان در حال کاویتاسیون.....	3
شکل (1-3): شروع کاویتاسیون روی یک جسم با دماغه ای به شکل نیم کره.....	5
شکل (1-4): عکسی که با سرعت معمولی از کاویتاسیون پشت یک دیسک گرفته شده.....	5
شکل (1-5): عکسی که با سرعت بالا از کاویتاسیون پشت یک دماغه کروی گرفته شده.....	5
شکل (1,6) دیاگرام پرسال.....	6
شکل (1,7): کویتی ثابتی که جسم را در بر گرفته.....	9
شکل (1,8): المان مایع که در امتداد سطح هدایت کننده جریان حرکت می کند.....	10
شکل (1,9): سقوط آزاد از روی تاج تیز سرریز آب.....	11
شکل (1-10): شکل شماتیکی جریان جت بازگشتی و فروپاشی حبابهای در حال گذر.....	12
شکل (1-11): الگوی میانگین خطوط جریان در داخل جریان یک دنباله.....	13
شکل (1-12): کاویتاسیون در داخل دنباله حاصل از کره 1 اینچی.....	14
شکل (1-13): دنباله سوپرکاویتیه شده پشت یک سیلندر دایروی 3/4 اینچی.....	16
شکل (1,14): جابجا کردن مایع در داخل دنباله هیدرودینامیکی با تزریق هوا.....	16
شکل (1-15): جریان بازگشتی در سوپرکویتی های مصنوعی پشت یک دیسک.....	18
شکل (1,16): روش های ممکن برای تزریق گاز.....	19
شکل (2-1): شکلی که اصطلاحات رایج را که در تحلیل کویتی ها بکار می روند، نشان می دهد.....	33
شکل (2-2): پروفیل خطوط جریان آزاد برای گوه هایی با زاویه رأس مختلف.....	37
شکل (2-3): انواع مدل های بسته شدن برای کویتی.....	40
شکل (2,4): مدل بسته شدن کویتی توسط جفت گردابه ها.....	42
شکل (2-5): نمادهایی که در بررسی نقطه جدایی خطوط جریان از سطح جامد برای تشکیل کویتی بکار می روند.....	44
شکل (2-6): مکان جدایی خطوط جریان از سطح جامد برای تشکیل کویتی.....	47
شکل (2-7): نقاط جدایی مشاهده شده در اعداد Re و کاویتاسیون مختلف.....	47
شکل (2-8): مقایسه دو پرفیل تجربی و محاسباتی بدست آمده در یک حفره کاملاً گسترش یافته پشت یک کره.....	49
شکل (2-9): مدل جریان در نزدیکی نقطه جدایی آرام خطوط جریان از سطح جامد برای تشکیل کویتی.....	49
شکل (2-10): عکسبرداری به روش سایه نگاری از جدایش لایه مرزی به همراه جدایی جریان آزاد.....	50
شکل (3-1): سطح کنترل در صفحه $x\text{-}y$ که با یک خط بسته یا مجموعه ای از خطوط بسته محدود شده باشد.....	58
شکل (3-2): یک دامنه مرزی گوه مانند با یک گوشه تند در نقطه X_0 و یک سطح کنترل با مرز دارای گوشه.....	67
شکل (3-3): نمایش جداسازی یک مرز دو بعدی به صورت مجموعه ای از المانهای مستقیم.....	69
شکل (3-4): چگونگی آرایش گره ها و نقاط کنترلی برای معرفی هندسه مربوط به مقطع یک استوانه دایروی.....	81
شکل (3-5): شماتیک جریان پتانسیل حول استوانه.....	81

- شکل (3-6): مقایسه نتایج بدست آمده از روش المان مرزی با حل تحلیلی جریان پتانسیل حول استوانه 84
- شکل (4-1): شماتیک صورت مساله حل شده توسط روبل 87
- شکل (4-2): شماتیک مساله سوپرکوییتی ناشی از یک صفحه تخت و مدل بسته شدن ریاپوچینسکی 90
- شکل (4-3): نمودار شماتیکی بیان کننده ارتباط بین تغییر مکان مرز و سرعت روی کوییتی 92
- شکل (4-4): حدس اولیه برای مکان مرز کوییتی هنگام استفاده از مدل تابع نمایی برای بسته شدن کوییتی 94
- شکل (5-1): مقایسه مرز کوییتی بوجود آمده ناشی از صفحه تخت عمود در برابر جریان با حل مجانبی تحلیلی 98
- شکل (5-2): مقایسه پرفیل کوییتی های بوجود آمده ناشی از کویتیتور صفحه تخت عمود در برابر جریان 99
- شکل (5-3): مقایسه پرفیل کوییتی های بوجود آمده ناشی از کویتیتور گوه ای شکل 99
- شکل (5-4): خطوط جریان حول کوییتی ایجاد شده ناشی از صفحه تخت 100
- شکل (5-5): خطوط جریان حول کوییتی ایجاد شده ناشی از گوه با زاویه راس 90 درجه 100
- شکل (5-6) نمودار ضریب فشار روی کوییتی و کویتیتور صفحه تخت عمود در مقابل جریان در دو عدد کاویتاسیون 101
- شکل (5-7) مقایسه نمودار ضریب فشار روی کوییتی و کویتیتور گوه ای شکل دو عدد کاویتاسیون مختلف 102
- شکل (5-8): موقعیت و مسیر حرکت گره های روی مرز کوییتی بوجود آمده از کویتیتور صفحه تخت 103
- شکل (5-9): موقعیت و مسیر حرکت گره های روی مرز کوییتی بوجود آمده از یک گوه تا همگرایی 104
- شکل (5-10): نمودار تاریخچه همگرایی مرز کوییتی برای صفحه تخت عمود در برابر جریان 104
- شکل (5-11): نمودار تاریخچه همگرایی مرز کوییتی برای گوه با زاویه راس 90 درجه 105
- شکل (5-12): مقایسه طول بی بعد کوییتی با حل های تحلیلی و عددی مشابه 107
- شکل (5-13): مقایسه عرض ماکزیمم بی بعد کوییتی با حل های تحلیلی و عددی مشابه 108
- شکل (5-14): عرض ماکزیمم بی بعد کوییتی های با طول های بی بعد مختلف برای گوه های با زاویه راس متفاوت 109
- شکل (5-15): طول بی بعد کوییتی در برابر اعداد کاویتاسیون مختلف برای گوه هایی با زاویه های راس متفاوت 109
- شکل (5-16): کانتورهای سرعت در داخل میدان حل ناشی از سوپرکوییتی بوجود آمده از صفحه تخت 110
- شکل (5-17): کانتورهای سرعت در داخل میدان حل ناشی از سوپرکوییتی بوجود آمده از گوه با زاویه راس 90 111
- شکل (5-18): پرفیل کوییتی بدست آمده ناشی از صفحه تخت و تغییرات C_p روی مرز با تغییر طول ناحیه بسته شدن 112
- شکل (5-19): پرفیل کوییتی بدست آمده ناشی از گوه و تغییرات C_p روی مرز با تغییر طول ناحیه بسته شدن 113
- شکل (6-1): سطح کنترل در صفحه xy که با یک خط بسته یا مجموعه ای از خطوط بسته محدود شده باشد 126
- شکل (6-2): یک دامنه مرزی مخروط مانند با یک گوشه تند در نقطه X_0 126
- شکل (6-3): شماتیک سطح متقارن محوری که کانتور c حاصل ردگیری یک نقطه روی آن در راستای ϕ می باشد 126
- شکل (6-4): مقایسه حل بدست آمده از روش المان مرزی با حل تحلیلی برای سرعت مماسی روی کره 130
- شکل (7-1): مرز نهایی سوپرکوییتی های متقارن محوری بوجود آمده ناشی از یک دیسک با شعاع واحد 134
- شکل (7-2): مرز نهایی سوپرکوییتی های متقارن محوری بوجود آمده ناشی از یک مخروط با طول وتر واحد 134
- شکل (7-3): نمای کلی از سوپرکوییتی متقارن محوری بوجود آمده ناشی از یک دیسک به شعاع واحد 135
- شکل (7-4): نمای کلی از سوپرکوییتی متقارن محوری بوجود آمده ناشی از یک مخروط با طول وتر واحد 136
- شکل (7-5): خطوط جریان حول سوپرکوییتی متقارن محوری بوجود آمده ناشی از دیسکی به شعاع واحد 137
- شکل (7-6): خطوط جریان حول سوپرکوییتی متقارن محوری بوجود آمده ناشی از مخروطی با طول وتر واحد 137
- شکل (7-7): پرفیل کوییتی متقارن محوری بوجود آمده ناشی از دیسکی به شعاع واحد و توزیع C_p روی آن 138
- شکل (7-8): پرفیل کوییتی متقارن محوری بوجود آمده ناشی از مخروطی با طول وتر واحد و توزیع C_p روی آن 139

- شکل (7-9): موقعیت و مسیر حرکت گره های روی مرز کویتی متقارن محوری بوجود آمده از دیسک تا همگرایی 140
- شکل (7-10): موقعیت و مسیر حرکت گره های روی مرز کویتی متقارن محوری بوجود آمده از مخروط تا همگرایی ... 140
- شکل (7-11): نمودار تاریخچه همگرایی مرز کویتی برای دیسک با شعاع واحد و عمود در برابر جریان 141
- شکل (7-12): نمودار تاریخچه همگرایی مرز کویتی برای مخروط با طول وتر واحد و عمود در برابر جریان 141
- شکل (7-13): طول بی بعد کویتی متقارن محوری بر حسب عدد کاویتاسیون 143
- شکل (7-14): قطر ماکزیمم بی بعد کویتی متقارن محوری بر حسب طول بی بعد کویتی 143
- شکل (7-15): طول بی بعد کویتی بر حسب عدد کاویتاسیون برای دیسکی با شعاع واحد 144
- شکل (7-16): قطر ماکزیمم بی بعد کویتی بر حسب عدد کاویتاسیون برای دیسکی با شعاع واحد 144
- شکل (7-17): طول بی بعد کویتی بر حسب عدد کاویتاسیون برای مخروط با زاویه راس 90 145
- شکل (7-18): عرض ماکزیمم بی بعد کویتی بر حسب عدد کاویتاسیون برای مخروط با زاویه راس 90 145
- شکل (7-19): کانتورهای سرعت در داخل میدان حل ناشی از سوپر کویتی بوجود آمده از دیسکی به شعاع واحد 146
- شکل (7-20): کانتورهای سرعت در داخل میدان حل ناشی از سوپر کویتی بوجود آمده از مخروطی با طول وتر واحد 146
- شکل (1): نمایش تابع $\ln|x|$ 153
- شکل (2): نمایش طرح انتگرالگیری 154
- شکل (3): نمایش توابع تکین 156

فصل اول:

مفاهیم مربوط به پدیده سوپر کاویتاسیون و مروری بر کارهای

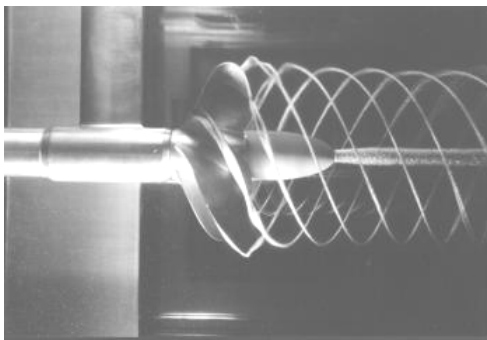
انجام شده

1 مفاهیم مربوط به پدیده سوپر کاویتاسیون و مروری بر کارهای انجام شده

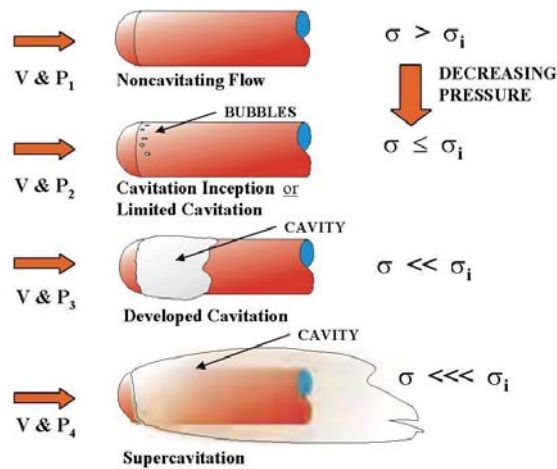
1-1 کاویتاسیون

کاویتاسیون خاصیتی بنیادی برای مایعات می باشد که باعث می شود مایعات در مقابل یک تنش در حال افزایش مقاومتی از خود نشان ندهند. همانطور که معلوم است، عملاً آب غیر قابل تراکم می باشد که ویژگیهای مربوط به آن بندرت تحت تاثیر صدها و هزارها اتمسفر فشار محیط تغییر می کند. با این وجود، وقتی که فشار در مایع تا پایین تر از میزان فشار بخار اشباع (پیوست الف) می رسد، به علت تنشهای در حال افزایش، ناپیوستگی در محیط پیوسته به شکل حبابها و کویتی ها که با بخار آب پر شده اند، در داخل آب دیده می شود. برای نخستین بار فرود در مورد این پدیده تحقیق کرد و آنرا کاویتاسیون نامید که از لغت یونانی *Cavity* سرچشمه می گیرد. کاویتاسیون علاوه بر کاهش کارایی پروانه ها، توربینها و پمپها، باعث ایجاد خرابی شدید در آنها می شود. بهمین دلیل تا مدتها کاویتاسیون به عنوان پدیده ای مخرب و نامطلوب شناخته شده بود.

شکل (1-1) عکسی از تشکیل کاویتاسیون در نوک پروانه کشتی می باشد.



شکل (1-1): کاویتاسیون شکل گرفته ناشی از پروانه کشتی



شکل (1-2): انواع رژیم های مختلف جریان در حال کاویتاسیون [1]

با توجه به میزان گسترش کاویتاسیون می توان آنرا به سه بخش زیر تقسیم بندی کرد :

کاویتاسیون اولیه مرحله تشکیل حبابها است که همراه با صدای فروپاشی حبابها می باشد و از ویژگیهای این مرحله ایجاد تخریب در اجسام جامد می باشد. برای مثال در پروانه کشتیها، پمپها و توربینها. کاویتاسیون جزئی¹ زمانی اتفاق می افتد که حباب های ایجاد شده روی بخشی از جسم را می پوشانند. این حباب ها نوسان می کنند و ناپایدارند.

کاویتاسیون کاملاً گسترش² یافته - سوپرکاویتاسیون³ مرحله ای است که ابعاد حفره ایجاد شده بزرگتر از ابعاد جسم می باشد.

انواع رژیم های مختلف جریان در حال کاویتاسیون بیان شده، در شکل (1-2) دیده می شود.

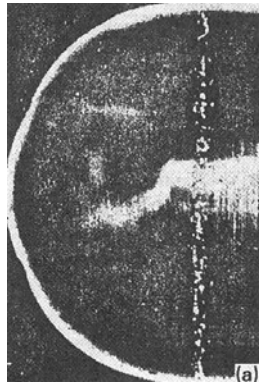
¹ Partial Cavitation
² Developed Cavitation
³ Supercavitation

2-1 کاویتاسیون در یک جریان [2]

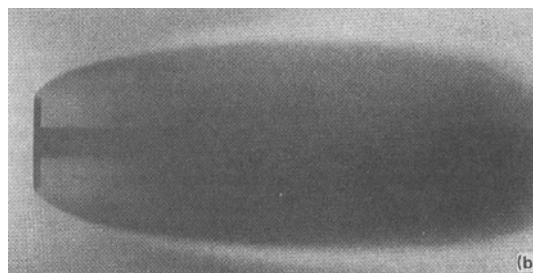
پدیده کاویتاسیون شامل ترمهای رشد حباب و فروپاشی آن می باشد. در جریان یک سیال وقوع کاویتاسیون به شتاب محلی آن بستگی دارد. در نقطه ای که سرعت ماکزیمم رخ می دهد، فشار کاهش یافته و حتی منفی می شود و حبابهای ریزی حاوی هوا یا بخار تشکیل می شوند (شکل (3-1)). سپس این حبابها توسط جریان به نقاطی با فشار بالاتر منتقل می شوند و به همین دلیل فرو می پاشند که این امر باعث ایجاد صدای هیسمانندی میشود.

اگر سرعت جریان افزایش یابد حبابها بزرگتر میشوند و جدایش جریان در مقابل محل کاویتاسیون اتفاق می افتد. همچنین برای جریانهایی با سرعت بیشتر حبابها بهم می پیوندند و پوششی حول جسم ایجاد می کنند که به آن کویتی های ثابت می گویند.

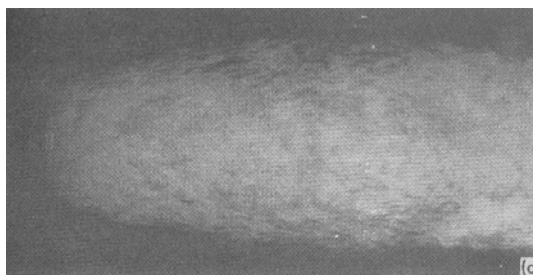
شکل (4-1) عکسی مربوط به همین فرآیند می باشد که به شیوه معمولی گرفته شده است و به صورت یک سطح هموار و سفید دیده می شوند. علت این امر هم این است که در طول عکاسی حبابها ثابت نیستند و مسیری را طی می کنند (در $1/50$ ثانیه، 1 سانتیمتر را طی می کنند). عکاسی های سرعت بالا (با زمان $s \cdot 10^{-4}$) پوشش بوجود آمده روی سطح جسم را بصورت یک پوشش ابری و توربولان نشان می دهند (شکل (5-1)).



شکل (1-3): شروع کاویتاسیون روی یک جسم با دماغه ای به شکل نیم کره. جریان از چپ به راست می باشد (آزمایشگاه تحقیقات کاربردی، دانشگاه پنسیلوانیا)



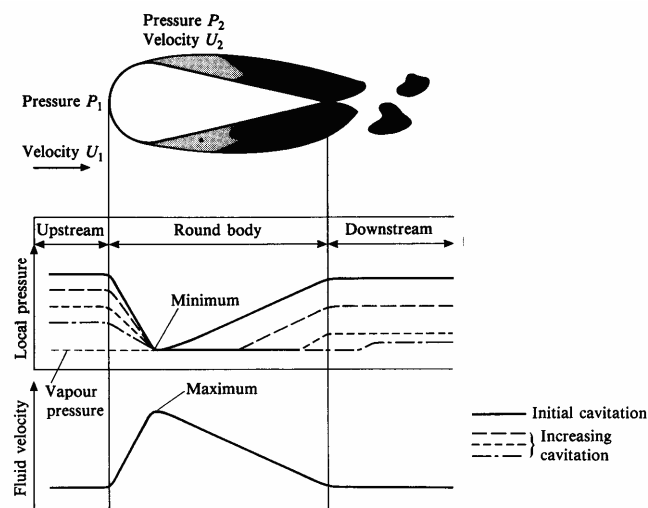
شکل (1-4): عکسی که به صورت معمولی از کاویتاسیون پشت یک دیسک داخل تونل آب گرفته شده. جریان از چپ به راست می باشد. (مرکز دریایی رزم سطحی، ایالات متحده)



شکل (1-5): عکسی که با سرعت بالا از کاویتاسیون پشت یک دماغه کروی داخل تونل آب گرفته شده. جریان از چپ به راست می باشد. (مرکز دریایی رزم سطحی، ایالات متحده)

اگر سرعت جریان از این هم بیشتر باشد بویژه وقتی که سطح مانع موجود در مقابل جریان کاملاً صاف بوده و گوشه های تیزی داشته باشد، اغتشاشات جریان آزاد و میزان هوای موجود در جریان کم باشد، دیواره کویته بصورت هموار، آشکار و واقعاً پایدار دیده می شود.

البته کویته زمانی شکل می گیرد که فشار پایین جریان برابر و یا در نزدیکی فشار بخار آن مایع باشد. پرسال¹ [3] در شکل (1,6) بوجود آمدن چنین کاویتاسیونی را حول جسمی که در داخل جریان مایعی قرار دارد، بصورت یک دیاگرام نشان داد. در این دیاگرام ارتباط فشار با شکل گیری کویته می بینیم.



شکل (1,6): در این شکل کاویتاسیون حول جسمی مانند هیدروفویل داخل جریان مایع را می توان بصورت دیاگرام دید. جریان سیال از که چپ به راست می باشد بعد از مانعی که جسم مورد نظر می باشد شتاب می گیرد و در گلوگاه به سرعت ماکزیمم و در نتیجه کمترین فشار خود می رسد. اگر فشار سیال در بالادست جریان به اندازه کافی بالا باشد فشار مایع در نقطه گلوگاه تا اندازه فشار مربوط به فشار بخار اشباع برای این مایع افت نمی کند، ولی اگر فشار بالادست افت کند کاویتاسیون شروع می شود و گسترش می یابد. (پرسال [3])

¹ Pearsall

همانطور که دیده می شود فروپاشی کویتی بصورت ناپایدار اتفاق می افتد و انتهای آن تمایل به فروپاشی و جدایش دارد؛ این امر یک انتهای نوسانی به کویتی ایجاد شده می دهد.

با توجه به معادله برنولی می توان تغییرات فشار در طول سطح جسمی که در داخل جریان مایع قرار گرفته است را به صورت زیر بیان کرد.

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho u_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho u_2^2 = H(\text{const.}) \quad (1-1)$$

که u نشان دهنده سرعت در نقطه ای است که فشار P می باشد. از این رابطه می توان به معادله (1-2) رسید :

$$\left(u^2 + \frac{2p}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{2H}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1-2)$$

و اگر سرعت مایع از $\left(\frac{2H}{\rho} \right)^{\frac{1}{2}}$ تجاوز کند فشار در داخل مایع تراکم ناپذیر باید منفی شود. در این شرایط مایع تمایل به ایجاد کویتی در خود را دارد که گسترش می یابد و در نتیجه فشار منفی از بین می رود. این اتفاق در بعضی مواقع کاویتاسیون بدنه ای¹ نامیده می شود. در شرایط واقعی وجود بسته های گاز محبوس در داخل ترک های موجود روی سطح جسم و یا به بیان دیگر ذرات خارجی، به تشکیل کویتی در جریان مایع کمک می کند.

معادله برنولی ما را قادر به بیان یک پارامتر بی بعد بنام عدد کاویتاسیون (σ) می کند که میزان تمایل جریان مایع را به کاویتاسیون نشان می دهد. این عدد را می توان متناسب با نسبت فشار استاتیک (P) به سرعت جریان (U) دانست. عدد کاویتاسیون می کند که افت فشار در یک جریان، متناسب خواهد بود با

¹ Body cavitation

ضرب دانسیته در مجذور سرعت مایع در حال جریان، با تقسیم فشار استاتیکی موجود، $P_0 - P_v$ ، بر فشار دینامیکی جریان می توان به عدد کاویتاسیون (σ) رسید :

$$\sigma = \frac{P_0 - P_v}{\frac{1}{2} \rho U^2} \quad (1-3)$$

که در این رابطه P_0 فشار استاتیکی محیط، P_v فشار بخار و $\frac{1}{2} \rho U^2$ فشار دینامیکی می باشد. عدد کاویتاسیون (σ) نشان دهنده مقاومت جریان مایع به کاویتاسیون می باشد. هر چقدر مقدار این عدد بیشتر باشد، امکان تشکیل کویتی کمتر است و هر چقدر کمتر باشد این امکان بیشتر است. زمانیکه که کاویتاسیون اتفاق می افتد کاهش عدد کاویتاسیون توسط کاهش فشار استاتیکی امکانپذیر است. همچنین افزایش سرعت جریان می تواند باعث افزایش کاویتاسیون شود. افزایش عدد کاویتاسیون ممکن است کاویتاسیون را به کلی از بین ببرد.

چنین کاویتاسیونی در پروانه کشتیها، هیدروفویلها، روغن کاری، داخل یاتاقانها، ماشینهایی که با مایع در ارتباط هستند، سازه های هیدرولیکی، شیرهای کنترل، قسمت های آب بندی، ونتوریها و میله های دوار با سرعت بالا دیده می شود. همچنین کاویتاسیون توسط سیمهای تولید کننده گرما و قوس های الکتریکی تشکیل شده در زیر آب تولید می شود.