PUMPIRAN
پمپیران

پمپ

نشریه فنی و آموزشی شرکت صنایع پمپ سازی ایران

۴
آذر ۱۳۶۴

فهرست مطالب

۱ ـ کاویتاسیون	دکترحسن زاده
۲ ـ قنات	دکترمیراب زاده
۳ ـ پمپهای صنایع اتمی	احمدچراغ
۴ ـ علل ازکارافتادگی مته ها	مهندس زواره

بسمه تعالـــــــــــــی

با اتکأ به یاری پروردگار متعال امید است محتویات این نشریه علمی هرچه پربارتر وغنی تر در اختیار شما خواننده عزیز قرار گیرد .

از این طریق از همه محققینی که نسبت به خودکفائی کشور بی تفاوت نیستند وکسانیکه در این رابطه مقاله ای شایسته در اختیار دارند دعوت میشود ما را در این راه یاری نمایند ، شاید کـــــه قدمی هرچند کوچك در راه بالابردن آگاهی دانش پژوهان وکسانی که بطریقی باپمپ ویاتولیـــد پمپ در ارتباط هستند برداشته شود .

بعلت اینکه این نشریه وابسته به کارخانه صنایع پمپ سازی ایران میباشد مجموعه مقالات در رابطه با آب وهیدرولیك پمپ ومسائل مربوط به ساخت کارگاهی پمپ خواهد بود .

کاویتاسیون

از : دکتر یوسف حسن زاده

چکیده

در این مقاله ضمن تعریف پدیده مخرب کاویتاسیون ، علل بروز آن در تاسیسات هیدرولیکی وماشین های آبی موردبحث قرار گرفته وبرای احتراز ازوقوع آن ، راههای جلوگیری بیان وتوصیه شده است .

۱ ـ مقدمه :

پدیده کاویتاسیون* درجریان مایعات زمانی بوقوع میپیوندد که فشار مطلق بطورموضعی دردرجه حرارت موجود مایع مورد عمل ، بمقدار فشار بخار مایع P_v کاهش پیدا کند . فشار بخار مایع تابع نوع مایع ودرجه حرارت آن میباشد . دراثر کاهش فشار ، مایع بطورموضعی تبخیر شده وبعلاوه گازهای محلول درآن نیز متصاعد گشته وحفره های مربوط به حباب های بخار وگاز دربطن جریان مایع بوجودآمده ودرنتیجه باعث تغییرحالت درجریان مایع میشود (جریان مایع همگنی خودرا ازدست داده وازحالت یك فازی به دوفازی تبدیل میشود) . حباب های ایجاد شده تالحظه ای خیلی کوتاه خودرا درجریان مایع نگهداشته وحتی اگرتنزل فشار ادامه یابد حباب های مذکور اتساع پیدا کرده وسپس درمنطقه ایکه فشار دوباره افزایش میابد بطور ناگهانی متراکم گشته ، ترکیده وله میشوند . بدلیل غلیان موضعی وپیدایش همین حباب ها وحفره های ناشی ازخلاء دینامیکی است که این پدیده تحت عنوان کاویتاسیون (حفره زائی) ویا گاها" بنام خلاء زائی گفته میشود . عمل ایجاد بخار آب ویامتصاعد شدن گازهای محلول در آب ویامخلوط ایندو واتساع ومتراکم شدن وازبین رفتن آنها درمدت زمان بسیار کوتاهی در حدود یکصدم وحتی یکهزارم ثانیه انجام میگیرد . بنابراین طول عمرحبابها بسیار کوتاه و حالت کاویتاسیون نیز خیلی ناپایدار میباشد . حباب های مذکوربهمراه جریان مایع منتقل شده ودرتماس باجدارهای جامد متراکم میگردد . ذرات مایع درجستجوی پرکردن یك چنین خلاء های موضعی باسرعت زیادبمرکز این حفره هابرخورد کرده وباترکاندن وله کردن

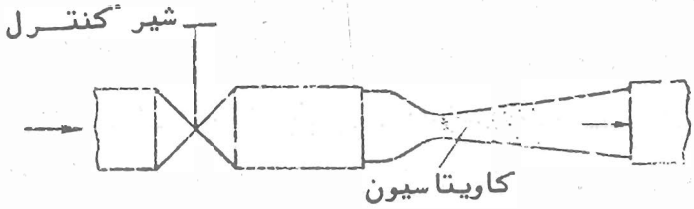
*Cavitation

آنها موجب ایجاد پدیده ضربه قوچی موضعی میگردند . یعنی فشار بطور موضعی سریعا" وبمقدار خیلی زیاد (تا ۱۰۰۰ اتمسفر) افزایش مییابد که درنتیجه نیروی خیلی زیاد بافرکانس بیشتر ، فرسایش وتخریب جدارهای جامد رابدنبال خواهد داشت . گفتنی است که فرسایش جدارها نه درمحل تشکیل حباب ها ، بلکه درمحل متراکم وله شدن وترکیدن آنها انجام میگیرد وقوع کاویتاسیون باصدا ، ارتعاش وتکان همراه بوده وعملا" باید درلوله ها ، ماشین های آبی و سایر سیستم های هیدرولیکی ازبروز آن جلوگیری نمود . زیرا که وقوع این پدیده اولا"تخریب وفرسایش قطعاتی راسبب میشود که کاویتاسیون درتماس باسطوح آنها انجام میگیرد ودرثانی ازقدرت وراندمان سیستم بمقدارقابل توجهی میکاهد . آثار کاویتاسیون دردستگاههایی که دارای قسمت های همگرا ـ واگرا هستند نظیر شیرها ، دریچه ها ، دیافراگم ها ، لوله وانتوری و نظایر آنها بیشتربچشم میخورد . زیرا که دراین قسمت ها ، سرعت جریان درجهت جریان بمقدار زیادی افزایش یافته ودرنتیجه طبق معادله انرژی ، فشاردرآنجا کاهش مییابد . در بعضی موارد حتی باثابت ماندن مقطع لوله وقتی که درامتداد جریان ، ارتفاع لوله افزایش میابد فشار کاهش پیدامیکند . کاویتاسیون درسرریزهای سدهای بلند نیز مخصوصا" در سطوح باشعاع انحنأ کمتر(گفتنی است که درمناطق باشعاع انحنأ بسیارکم ۲ شتاب گریز ازمرکز $\frac{V^2}{r}$ بمقدار زیادی افزایش یافته ومآلا" فشارموضعی بمقدارقابل توجهی کاهش میابد) ودرمحل هائیکه بعلت شرایط خاص ، رگه جریان ازجدارجدا میشود بروز میکند .

درماشین های آبی مخصوصاً درورودی مایع به پروانه پمپ ودرخروجی مایع ازچرخ متحرك توربین های باعکس العمل نظیر توربین فرانسیس وکاپلان ممکنست این پدیده ظاهر شود . در صورتیکه پمپ چند طبقه باشد دراینصورت پدیده کاویتاسیون درطبقه اول آن بروز میکند .

۲ ـ کاویتاسیون درلوله ها :

وقوع این پدیده در لوله ها ممکنست درنتیجه افزایش سریع سرعت ویاافزایش ارتفاع با ثابت ماندن قطر لوله انجام پذیرد . درحین جریان مایع درداخل لوله شکل ۱ ، مقطع تنگ شده آن ، سرعت V افزایش یافته درحالیکه فشارآن کاهش مییابد ($S\downarrow$, $V\uparrow$, $P\downarrow$) چنانچه فشارمطلق P_{abs} بمقدارفشاربخار مایع P_V دردرجه حرارت موجود برسد ($P_{abs} = P_V$) دراین منطقه ازجریان حباب های بخارآزادشده وگازهای محلول درآن نیز متصاعد میگردد . درقسمتی ازلوله که مقطع گشاد میگردد، سرعت کاهش یافته وفشار افزایش مییابد ($S\uparrow$, $V\downarrow$, $P\uparrow$) ودرنتیجه تبخیر متوقف شده ، حباب های بخار ایجاد شده بطور کامل یاجزئی متراکم گردیده وگازهای متصاعد شده کم کم ازبین میروند .



"شکل ۱ ـ نمایش پدیده کاویتاسیون دریک لوله همگرا ـ واگرا"

اگرباثابت ماندن مساحت سطح مقطع جریان S ، ارتفاع Z لوله درجهت جریان افزایش یابد فشار P کاهش پید میکند ($Z\uparrow, P\downarrow$, S=cts) . برای بیان مطلب حالت های مختلف وضعیت قرار گرفتن لوله نسبت به خط پیزومتریك رامطابق شکل ۲ درنظر گرفته وچگونگی تغیرات فشار رادرداخل لوله مورد بررسی قرارمیدهیم . فرض میکنیم که مایع ازمخزن بزرگ R توسط لوله ای بامساحت سطح مقطع ثابت بمخزن بزرگ R' جریان دارد . باصرفنظر کردن ازافت انرژی وارتفاع نظیر انرژی سینتیك ، خط پیزومتریك نسبی تقریبی AA' راکه دوسطح آزادمایع مخازن مذکور رابهم وصل میکند ترسیم ونیز خط پیزومتریك مطلق BB' راکه بفاصله ارتفاع نظیر فشار اتمسفر $\frac{P_a}{\gamma} = h_a = 10/33\ m_{H_2O}$ ازخط پیزومتریك نسبی قراردارد رسم کرده وحالت های زیر رامورد بررسی قرارمیدهیم :

الف ـ درصورتیکه مثل حالت ۱ لوله R fR' کاملا" در زیرخط پیزومتریك نسبی AA قرارگیرد دراینصورت مقدارفشار درتمام طول مسیر جریان مثبت بوده وبمقدار $h=\frac{P}{\gamma}$ بیشتر از فشار اتمسفر خواهدبود .

ب ـ درصورتیکه وضعیت استقرار لوله مثل حالت ۲ یعنی بصورت R'abc R باشد درقسمت abc لوله واقع بین خط پیزومتریك نسبی AA' وخط بارکل نسبی ، فشار کمتر ازفشار اتمسفر بوده ودراین منطقه خلا وجودخواهدداشت .

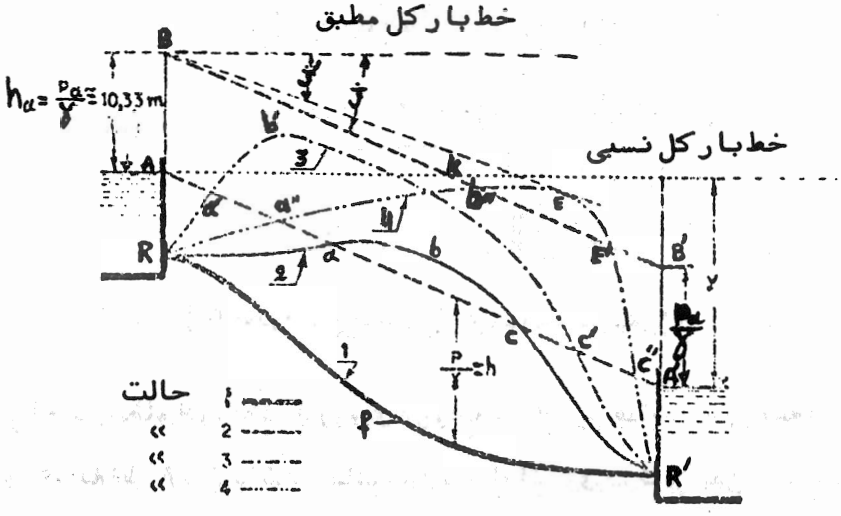
ج ـ درصورتیکه لوله مثل حالت ۳ یعنی R'a'b'c'R بوده وازخط بارکل نسبی مربوط به مخزن بالا دست R بلندترولی ازخط پیزومتریك مطلق پایین تر باشد دراینصورت لوله مثل سیفون عمل خواهد کرد ودرداخل لوله مایع بشرطی جریان خواهد داشت که لوله قبلا پر ازمایع بوده باشد . درانیحالت نیز درقسمت بالای خط پیزومتریك نسبی لوله یعنی a'b'c' خلا ایجاد خواهد شد .

د ـ درصورتیکه لوله مثل حالت ۴ یعنی بصورت R'a"b"c" R بین خط پیزومتریك مطلق BB' وخط بارکل نسبی واقع شود . دراینصورت بدون نیاز به عمل سیفون کردن ، مایع با

قسمتی از سطح مقطع تر شده لوله با دبی مربوط به شیب 'J بطور نامنظم جریان یافته و خط پیزومتریك مطلق بصورت BEE'B' درمیآید . بنابراین فشار مطلق بین E' و E برابر با صفر میشود .

ه ـ درصورتیکه قسمتی از لوله بالاتر از خط پیزومتریك مطلق BK قرار گرفته ولی از ارتفاع خط بار کل مطلق B تجاوز ننماید . در اینصورت با ایجاد مکش در سیفون میتوان مایع را با قسمتی از سطح مقطع تر شده وبطور کاملا" غیر منظم بجریان واداشت واگر چنانچه قسمتی از لوله از ارتفاع بار کل مطلق B تجاوز نماید در اینصورت امکان ایجاد جریان حتی از طریق مکش نیز مقدور نخواهد بود .

بطور کلی باید از بوجود آمدن مناطق بافشار منفی (خلأ) در طول مسیر جریان جلوگیری نمود زیرا که وجود یك درز کوچك در این مناطق موجب ورود اجسام خارجی بداخل لوله شده وآلودگی جریان مایع را سبب میگردد . واگر چنانچه مقدار فشار مطلق جریان مایع تا حد فشار بخار مایع در درجه حرارت موجود کاهش پیدا کند پدیده کاویتاسیون در لوله بروز خواهد کرد .



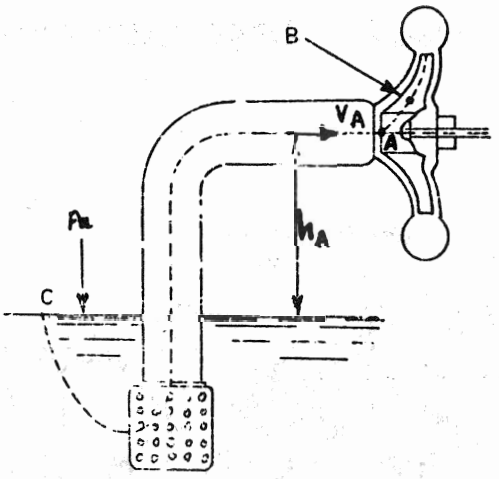
شکل ۲ ـ حالت های مختلف استقرار لوله نسبت به خط پیزومتریك

۳ ـ کاویتاسیون در پمپ ها

پدیده کاویتاسیون در ورودی پره های پروانه پمپ ، مخصوصا" اگر محور پمپ در ارتفاع بالاتر از سطح آزاد مایع مخزن مکشی قرار گیرد مشاهده میشود . آثار این پدیده باصدا و

ارتعاش همراه بوده وموجب کاهش مشخصه های راندمان ، دبی وارتفاع پمپ میگردد . در صورت تکرار وتداوم وقوع پدیده ، پس ازطی مدت زمان کوتاهی ، بافرسایش وتخریب تدریجی جدارهای قطعات فلزی ، ماشین ازحیز انتفاع میافتد . افزایش سرعت دوران و دبی پمپ ، افزایش سرعت جریان مایع و مآلا" کاهش فشارمطلق درورودی‌پروانه رابدنبال داشته ودرنتیجه شرایط ایجادکاویتاسیون مساعدتر میگردد .

بهمین جهت ازنقطه نظر کاویتاسیون ، دربعضی مواردمحدود کردن دبی وسرعت دوران پمپ ها ضرورت دارد . متاسفانه مکانیسم کاویتاسیون هنوزبخوبی شناخته نشده ولیکن میتوان شرایط ظهور آنرا تصریح نمود . دراینجا باتوجه به اهمیت موضوع ، چگونگی وقوع این پدیده رادرداخل یك پمپ سانتریفوژ درحالتی که محور پمپ مطابق شکل ۳ درارتفاع h_A ازسطح آزاد مایع مخزن مکشی قراردارد مورد مطالعه قرارمیدهیم .



شکل ۳ ـ ارتفاع مکش یك پمپ سانتریفوژ

اگر P_A فشارمطلق درنقطه A ورودی پروانه ، V_A سرعت درهمین نقطه و ΔH_{CA} افت انرژی بین نقاط A و C باشد بانوشتن معادله انرژی برنولی بین دونقطه A و C ازیك رشته جریان مایع خواهیم داشت : ؟

$$\frac{P_a}{\gamma} = h_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + \Delta H_{CA} \qquad (1)$$

که درآن P_a فشاراتمسفرویافشاروارد بر سطح آزادمایع مخزن مکشی ، γ وزن مخصوص مایع و g شتاب ثقل میباشد .

معادله (۱) رامیتوان بصورت های زیرنیز نوشت .

$$\frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_a}{\gamma} - h_A - \frac{V_A^2}{2g} - \Delta H_{CA} \qquad (2)$$

ویا (۳)

$$\frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_a}{\gamma} - h_A - KQ^2$$

که در آن مقدار K برای یك نوع تاسیسات معین ثابت میباشد . معادله اخیر نشان میدهد که دریك تاسیسات معین پمپاژ ، باثابت ماندن ارتفاع هندسی مکش h_A وفشار وارد بر سطح آزاد مایع مخزن مکشی P_a ، منحنی $\frac{P_A}{\gamma}=f(Q)$ بصورت یك سهمی بوده که تغییرات آن در شکل ۴ با P_1 نمایش داده میشود .

۱ـ۳ـ بار خالص مکشی ـ NPSH :

کارخانجات سازنده ومصرف کنندگان پمپ ها ، اصطلاح NPSH راکه میتوان آنرا بنام بارخالص مکشی نامید ، بکارمیبرند . NPSH* ارتفاع خط پیزومتریك در ورودی پمپ نسبت بمحورلوله مکش درمحل اتصال به پمپ میباشد که ازآن ارتفاع نظیرفشار بخارمایع کم شده است وبرحسب متر طبق رابطه زیرتعریف میشود :

$$NPSH = \frac{P_A}{\gamma} - h_V \qquad (۴)$$

$h_V=\frac{P_V}{\gamma}$ ارتفاع نظیر فشارمایع پمپاژ شده دردرجه حرارت موجود میباشد . دررابطه اخیر پس ازجایگزین کردن $\frac{P_A}{\gamma}$ ازرابطه (۲) خواهیم داشت :

$$NPSH = \frac{P_a}{\gamma} - h_A - \frac{V_A^2}{2g} - \Delta H_{CA} - \frac{P_v}{\gamma} = \frac{P_a}{\gamma} - H_s - \frac{P_v}{\gamma} \qquad (۵)$$

عبارت NPSH مستقل ازپمپ بکاررفته وتنها مشخصات تاسیسات پمپاژ نظیر طول وقطر لوله مکش ، افت انرژی درلوله مکش وارتفاع هندسی مکش میباشد ، که آنرا دقیقا تحت عنوان بارخالص مکشی موجود" NPSH موجود"نامیده وبصورت ساده زیر نمایش میدهند .

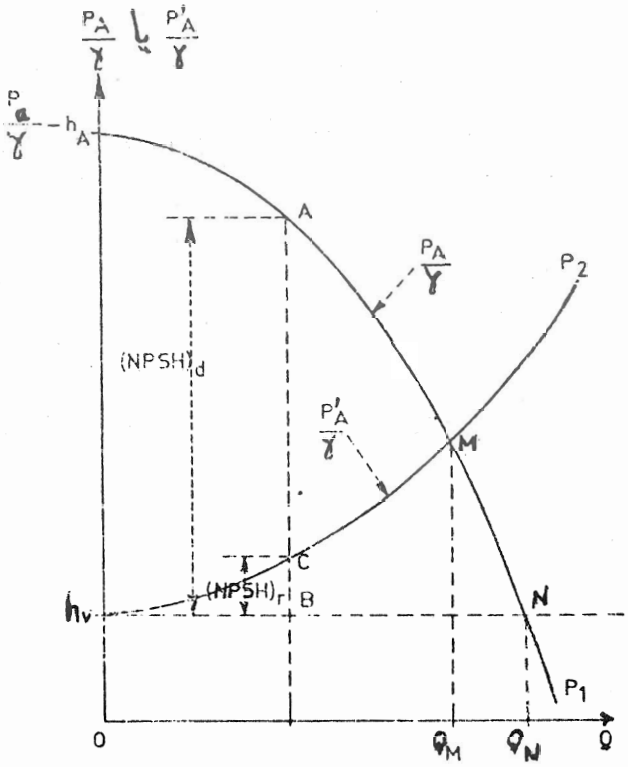
$$(NPSH)_d = \frac{P_A}{\gamma} - h_v \qquad (۶)$$

که در شکل ۴ بافاصله قائم AB ازسهمی P_1 تاخط افقی شاخص h_V ازمبدا مختصات نشان داده میشود .

محل تلاقی منحنی P_1 باخط h_V رابا N نشان میدهیم .

* Net Positive Suction Head انگلیسی

Charge Nette a'l' Aspriation فرانسه



شکل ۴ ـ منحنی تغییرات NPSH موجود ولازم

اما نقطه A نقطه ای نیست که درآن فشاربحداقل مقدارخود درطول رشته جریان موردنظر که ازداخل پروانه میگذرد رسیده باشد . بلکه اصولا " فشاردرنقطه ای مانند B در داخل پروانه بحداقل مقدارخود مطابق شکل (۴) خواهدرسید که اگرمعادله انرژی برنولی رابین دونقطه B و A بنویسیم خواهیم داشت :

$$h_A+\frac{P_A}{\gamma}+\frac{V_A^2}{2g} = h_B+\frac{P_B}{\gamma}+\frac{V_B^2}{2g}+\Delta H_{AB} \qquad (۷)$$

که درآن h_B ارتفاع نقطه B ازسطح آزاد مایع مخزن مکشی ، V_B سرعت مطلق دراین نقطه، P_B فشارمطلق درآن (واضح است که $V_B > V_A$ است) میباشد ΔH_{AB} افت انرژی از A تا B درداخل پروانه رانشان میدهد .

باتوجه به اینکه اختلاف ارتفاع نقاط A و B ازهمدیگر چندان زیادنیست میتوان بطور تقریب نوشت $h_A \simeq h_B$ واگرفشاردر B بمقداربخارمایع $h_V=\frac{P_B}{\gamma}$ برسد دراین صورت فشاردر A مقداربخصوص P'_A راخواهداشت درنتیجه معادله انرژی اخیر بصورت زیردرمیآید :

$$\frac{P'_A}{\gamma} = h_V+\frac{V_B^2}{2g}-\frac{V_A^2}{2g}-\Delta H_{AB} \qquad (۸)$$

بادرنظر گرفتن

$$\frac{V_A^2}{2g} = K_1 Q^2 \; ; \; \frac{V_B^2}{2g} = K_2 Q^2 \quad ; \quad \Delta H_{AB} = K_3 Q^2$$

$$K_1 - K_2 + K_3 = K'$$

که درآن $K_2 > K_1$ و $K' > 0$ ودرنتیجه معادله ۸ رامیتوان بصورت زیرنوشت :

$$\frac{P'_A}{\gamma} = h_v + K' Q^2 \qquad (۹)$$

بنابراین منحنی $\frac{P'_A}{\gamma} = f(Q)$ بصورت یك سهمی P_2 است که سهمی P_1 رادرنقطه M شکل ۴ قطع میکند . برحسب تعریف NPSH لازم عبارتست از :

$$(NPSH)_r = \frac{P'_A}{\gamma} - hv \qquad (۱۰)$$

که بافاصله قائم BC ازسهمی P_2 تاخط افقی شاخص h_V ازمبدامختصات نشان داده میشود گفتنی است که $(NPSH)_r$ لازم که میتوان آنراتحت عنوان "بارخالص مکش لازم " نامیده وبصورت $(NPSH)_r$ نمایش داد مستقل ازتاسیسات بوده وتنها تابع خودپمپ وآنچه که بین A و B میگذرد میباشد .

باتوجه به شکل ۴ یکی ازحالت های زیرممکنست دریك تاسیسات پمپاژ مشاهده گردد :

ـ اگر $Q < Q_n$ یعنی اگر $(NPSH)_d > (NPSH)_r$ بوده ویابعبارت دیگر $\frac{P_A}{\gamma} > \frac{P'_A}{\gamma}$ ویا $\frac{P_A}{\gamma} - h_V > \frac{P'_A}{\gamma} - h_V$ باشد فشارمطلق درهیچ یك ازنقاط داخل پمپ تاحد فشاربخار مایع P_V کاهش نخواهدیافت ودرنتیجه امکان وقوع کاویتاسیون وجودندارد .

ـ اگر $Q = Q_M$ یعنی اگر $(NPSH)_d = (NPSH)_r$ ویا $P_A = P'_A$ باشد دراینحالت فشار مطلق درنقطه B به حد P_V میرسد که در B کاویتاسیون مشاهده میشود . مایع درB به غلیان آمده وحباب های بخار تشکیل میگردد وضربات وارتعاش قابل توجه درپمپ ایجاد میشود .

ـ اگر $Q_M < Q < Q_N$ یعنی اگر $(NPSH)_d < (NPSH)_r$ باشد دراینحالت کاویتاسیون در اطراف B گسترش یافته وحباب های بخار بمقدارزیادی افزایش مییابد .

ـ اگر $Q = Q_N$ یعنی $(NPSH)_d = 0 < (NPSH)_r$ یا $\frac{P_A}{\gamma} = h_V$ باشد دراینصورت کاویتاسیون از A شروع شده وتابعد از B نیز توسعه مییابد .

بطورکلی برای احتراز ازوقوع پدیده کاویتاسیون یاخلا زائی ، همواره باید $(NPSH)_d$ موجود از $(NPSH)_r$ لازم بزرگتر باشد یعنی : $(NPSH)_d > (NPSH)_r$ لازم موجود گفتنی است که دردوپمپ متشابه (دارای سرعت مخصوص های متساوی) که درتحت شرایط تشابه مکانیکی کارمیکنند NPSH همانند سایر ارتفاع های پمپ بامجذور حاصلضرب

ND تغییر میکند که درآن D قطر و N تعداد دورپروانه دریك دقیقه متعلق به پمپ اول و D' و N' به ترتیب پارامتر های متناظر مربوط به پمپ دوم میباشد .

یعنی :

$$\frac{(NPSH)_{ND}}{(NPSH)_{N'D'}} = \frac{(ND)^2}{(N'D')^2}$$

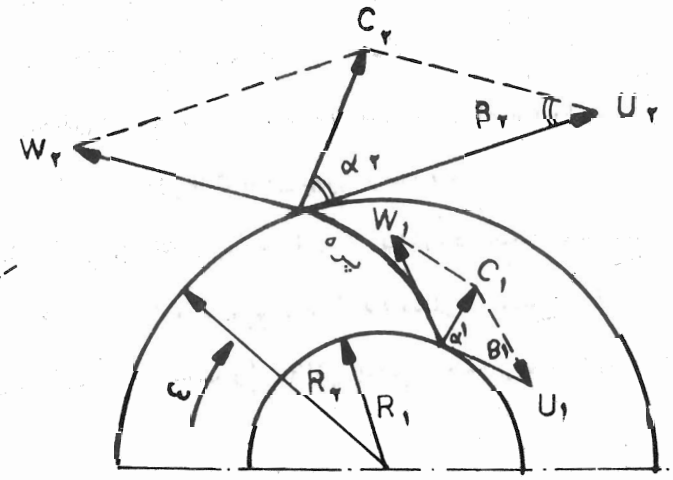
درصورتیکه D=D' باشد ویابعبارت دیگر یك پمپ درسرعت های مختلف کارکنـــد در اینصورت NPSH بامجذور سرعت دوران پمپ تغییر خواهدکرد یعنی :

$$\frac{(NPSH)_N}{(NPSH)_{N'}} = \left(\frac{N}{N'}\right)^2$$

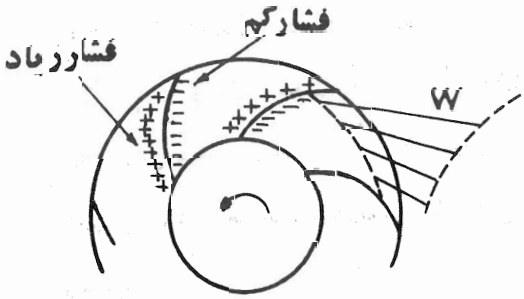
۲ ـ ۳ ـ ضریب کاویتاسیون :

اگرمعادله انرژی برنولی رابین سطح آزادمایع مخزن مکشی وورودی مایع به پروانه را بنویسیم ویابعبارت دیگر درمعادله (۱) بجای V_A سرعت مطلق درورودی پروانه C_1 را جایگزین کنیم خواهیم داشت :

$$\frac{P_a}{\gamma} = h_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{C_1^2}{2g} + H_{CA} \qquad (۱۳)$$



الف ـ دیاگرام مثلث سرعت ها



ب ـ توزیع سرعت نسبی بین دوپره متوالی

درشکل ۵ مثلث سرعت ها نشان داده شده است که درآن u_1 بنام سرعت کششی ویا سرعت محیطی ، W_1 سرعت نسبی و C_1 سرعت مطلق درورودی مایع به پروانه میباشد (اندیس ۱ بیانگر سرعت درورودی مایع به پروانه ویا سرعت درشعاع r_1 ازمحورپروانه واندیـــس ۲ پارامتر های متناظر درخروجی مایع ازپروانه ویادرشعاع r_2 رابیان میکند .)

ارتفاع نظیر کاهش فشار موضعی را نسبت به مقدار متوسط آن درنقطه B که درآنجا کاویتاسیون بروز میکند با $\lambda\frac{W_1^2}{2g}$ نشان میدهیم که درآن λ ضریب تجربی است که تابع پمپ مورد نظر میباشد . همین کاهش فشار موضعی ، از اختلاف فشار موجود دردو طرف پره (جلو وپشت پره) ناشی میشود . وقتی پره نیروئی بر روی جریان آب وارد میکند از طرف آب نیز عکس العمل مساوی ودرمخالف جهت به آن وارد میشود که بابروز اختلاف فشاردر دو طرف پره یعنی بایك خلأ دینامیکی همراه است .

حال اگر معادله انرژی برنولی رابین یك نقطه درسطح آزاد مایع مکشی ونقطه B درلحظه ای که کاویتاسیون درآن ایجاد میشود ($P_B=P_V$) بنویسیم ، بافرض اینکه $h_A-h_B=0$ و $\Delta H=0$ خواهیم داشت :

$$\frac{P_a}{\gamma} = h_A + h_v + \Delta H_{CA} + \frac{C_1^2}{2g} + \lambda\frac{W_1^2}{2g} \qquad (۱۴)$$

توما* خلأ دینامیکی کلی ($\frac{C_1^2}{2g} + \frac{W_1^2}{2g}$) راقسمتی از ارتفاع مفید ایجاد شده توسط پمپ H_n درنظر گرفته وفرض میکند :

$$\frac{C_1^2}{2g} + \lambda\frac{W_1^2}{2g} = \sigma \cdot H_n \qquad (۱۵)$$

σ همواره کوچکتر از یك بوده وبنام ضریب کاویتاسیون یاضریب توما گفته میشود . این ضریب بوسیله آزمایش تعیین میشود که اگر در معادله (۱۴) قراردهیم خواهیم داشت

$$\frac{P_a}{\gamma} = h_A + h_V + \Delta H_{CA} + \sigma H_n \qquad (۱۶)$$

$h_a=\frac{P_a}{\gamma}$ ارتفاع نظیر فشاردرسطح آزاد مایع مخزن مکشی است که اگر مخزن روباز باشد P_a برابر بافشار اتمسفر خواهدبود .

بنابراین ازمعادله (۱۶) مقدار σ محاسبه میشود :

$$\sigma = \frac{h_a - h_A - j_v - H_{CA}}{H_n} \qquad (۱۷)$$

یعنی عملا σ برابر است با :

$$\sigma = \frac{(NPSH)d}{Hn} \qquad (۱۸)$$

کاربرد ضریب کاویتاسیون σ اغلب درکارخانجات سازنده توربین عمومیت یافته ، در حالیکه NPSH نیز بیشتر درمورد پمپ ها بکاربرده میشود .

*Thoma

دریك پمپ با سرعت های مختلف ویادرپمپ های متشابه که دارای سرعت های مخصوص متساوی هستند ، سرعت های مطلق C ونسبی W به نسبت $H_n^{\frac{1}{2}}$ تغییر میکند . بشرط ثابت ماندن مقدار λ داریم :

$$\sigma = \frac{1}{H_n}\left(\frac{C_1^2}{2g} + \frac{W_1^2}{2g}\right) = cte \qquad (۱۹)$$

این رابطه اساس آزمایشات کاویتاسیون بر روی مدل ها راتشکیل میدهد . که مقدار آن برای تمام ماشین های آبی متشابه یکسان است ویابعبارت دیگر درجه کاویتاسیون ماشینهای آبی متشابه باهم برابر است یعنی :

$$(\sigma)_{\text{مدل}} = (\sigma)_{\text{پروتوتیپ}} \qquad (۲)$$

ضریب کاویتاسیون ، ظرفیت حداکثر مکش درنقطه کارموردنظر پمپ رابیان میکند ـ با استفاده ازمعادله (۱۷) میتوان پیش بینی های لازم رادرمورد شرایط جدید کار پمپ وقتیکه سرعت آن ویانقطه کارآن تغییر میکند بمنظورجلوگیری ازبروز کاویتاسیون بعمل آورد

۳ ـ ۳ ـ رابطه بین ضریب کاویتاسیون وسرعت مخصوص :

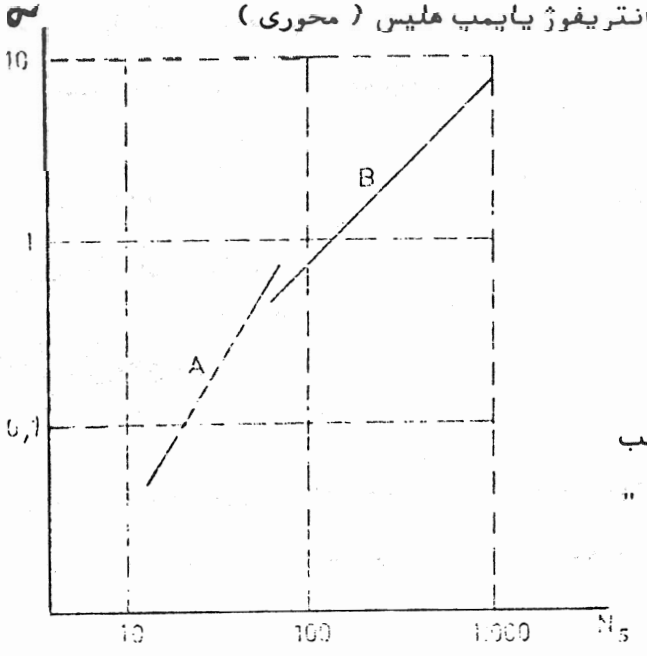
برای یك سری ازپمپ های متشابه درتحت شرایط کارتشابه مکانیکی یعنی بایك مقدارمساوی N_s میتوان نوشت :

$$\sigma = K N_s^{\frac{4}{3}} \qquad (۲۱)$$

این رابطه درمختصات لگاریتمی (σ ، N_s) درشکل (۶) داده شده است ـ ضریب K تابع تیپ پمپ میباشد .

خط A برای پمپ های چند طبقه (مطبق)

خط B برای پمپ های هلیکو سانتریفوژ یاپمپ هلیس (محوری)



" شکل (۶) ـ رابطه بین ضریب توماو سرعت مخصوص "

با استفاده از این منحنی ها ، با دانستن حد ارتفاع مکشی h_A (درنتیجه σ) ، مقدار حداکثر سرعت مخصوص مجاز N_s بدست میآید . با استفاده از همین مقدار N_s بدست آمده ، با دانستن Q و H میتوان سرعت ماکزیمم دوران N پمپ را جهت احتراز از وقوع پدیده کاویتاسیون محاسبه کرد .

از این مطالب چنین استنباط میشود که برای ارتفاع مکش معینی h_A وبرای یك مایع و درجه حرارت معین (بنابراین برای h_V معلوم) ، سرعت مخصوص N_s میتواند بهمان اندازه بزرگ گردد که σ بزرگ میشود ودرنتیجه ارتفاع بالادهی خالص(ارتفاع مفید) کم خواهد بود . بنابراین از پمپ هائیکه دارای ارتفاع بالا دهی کم وسرعت زیاد هستند استفاده میشود (مثل پمپ های هلیکو سانتریفوژ یاپمپ هلیس) ولیکن ظرفیت مکش این پمپ ها خیلی کم میباشد .

برعکس ، پمپ های با ارتفاع مکش زیاد یعنی باضریب کاویتاسیون کم σ ، دارای سرعت مخصوص کمترخواهدبود . حتی اگر ارتفاع ایجادشده توسط هریك از پروانه ها کم اهمیت باشد (مثل پمپ های سانتریفوژ خالص) .

۴ ـ کاویتاسیون درتوربین ها :

درمورد توربین های آبی ، این پدیده درقسمت خروجی چرخ متحرك توربین های با عکس العمل نظیر توربین فرانسیس وکاپلان که درآنجا خلأ کم وبیش قابل توجهی وجوددارد میتواند بروز کند . برای توضیح بیشتر کافی است که درشکل (۷) ، معادله انرژی رابین نقطه A واقع درخروجی توربین ونقطه C واقع درسطح آزاد مایع درکانال خروجی بنویسیم .

$$\frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_a}{\gamma} - h_A - \frac{V_A^2}{2g} + \Delta H_{AC} + \frac{V_c^2}{2g} \qquad (۲۲)$$

که درآن P_A فشارمطلق و V_A سرعت جریان درخروجی توربین ، h_A ارتفاع محورتوربین از سطح آزاد مایع کانال خروجی ، P_a فشار اتمسفر ، ΔH_{AC} افت انرژی بین A تا C وبالاخره V_C سرعت جریان درکانال خروجی رانشان میدهند . چنانچه ازافت انرژی وارتفاع نظیر انرژی سینتیك صرفنظر کنیم میبینیم که فشارنسبی $\frac{P_A}{\gamma} = -h_A$ میباشد یعنی درزیر چرخ متحرك توربین مکش وجود دارد . بنابراین برای احتراز ازوقوع پدیده مخرب کاویتاسیون لازم است که همواره فشارمطلق P_A درخروجی توربین ازمقدارفشاربخار مایع P_V دردرجه حرارت حاکم برجریان مایع مورد عمل بیشتر باشد ($P_A > P_V$)

باصرفنظر کردن ازسرعت کم جریان مایع درکانال خروجی $\frac{V_c^2}{2g}$ ، رابطه بالا

بصورت زیر درمیآید :

$$\frac{V_A^2}{2g} = \frac{P_a - P_A}{\gamma} + \Delta H_{AC} - h_A \qquad (۲۳)$$

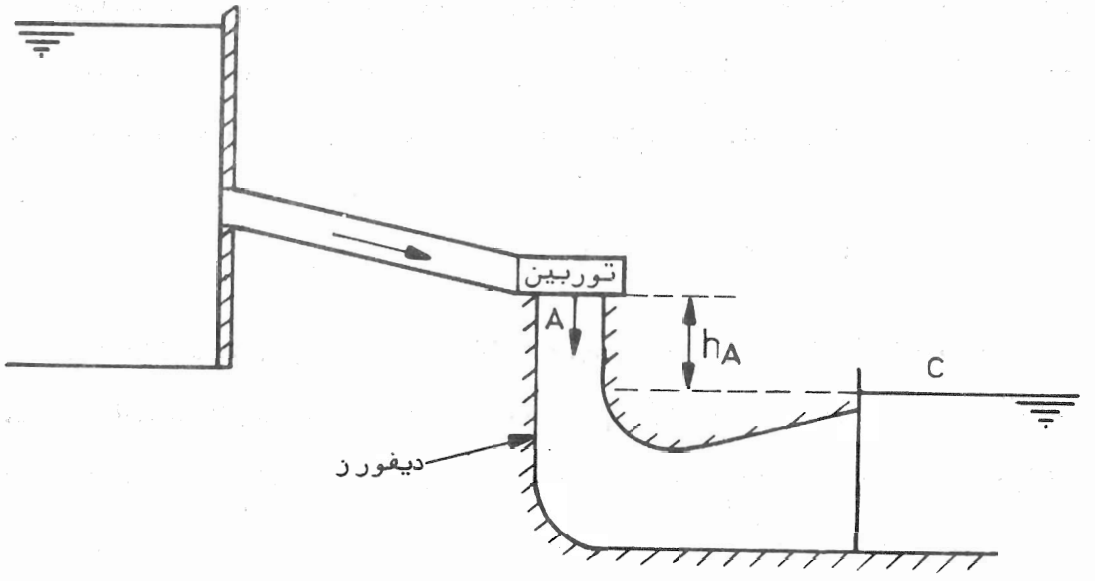
درلحظه کاویتاسیون فشار مطلق بحد فشار بخار مایع میرسد یعنی $P_A = P_v$ درنتیجه رابطه بالا با درنظر گرفتن تعریف ضریب کاویتاسیون توما بشرح زیر نوشته میشود :

$$\sigma_c = \frac{h_a - h_v + \Delta H_{AC} - h_A}{H_n} \qquad (۲۴)$$

بطور کلی میتوان رابطه ضریب کاویتاسیون رادرمورد ماشین های آبی اعم ازپمپ ها و توربین ها بصورت ساده زیر نشان داد :

$$\sigma_c = \frac{h_a - h_v - h'_s}{H_n} \qquad (۲۵)$$

که درآن $h'_s = h_A \mp \Delta H_{AC}$ (علامت مثبت (+) برای توربین ومنفی (ـ) برای پمپ میباشد) H_n درمورد توربین ها ارتفاع ریزش خالص ویا انرژی جذب شده توسطتوربین (درواحد وزن) ودرمورد پمپ ها ارتفاع ایجاد شده ویا ارتفاع مانومتریك رابیان میکند .



" شکل ۷ ـ ارتفاع h_A محورتوربین ازسطح آزاد کانال خروجی

بنابراین برای احتراز ازبروز پدیده کاویتاسیون درماشین های آبی باعکس العمل باید مقدارضریب کاویتاسیون که معیاروقوع این پدیده رابیان میکندخیلی بزرگتر ازمقدار بحرانی آن σ_c باشد . ضریب کاویتاسیون بحرانی معمولا" باانجام آزمایشاتی بر روی مدل

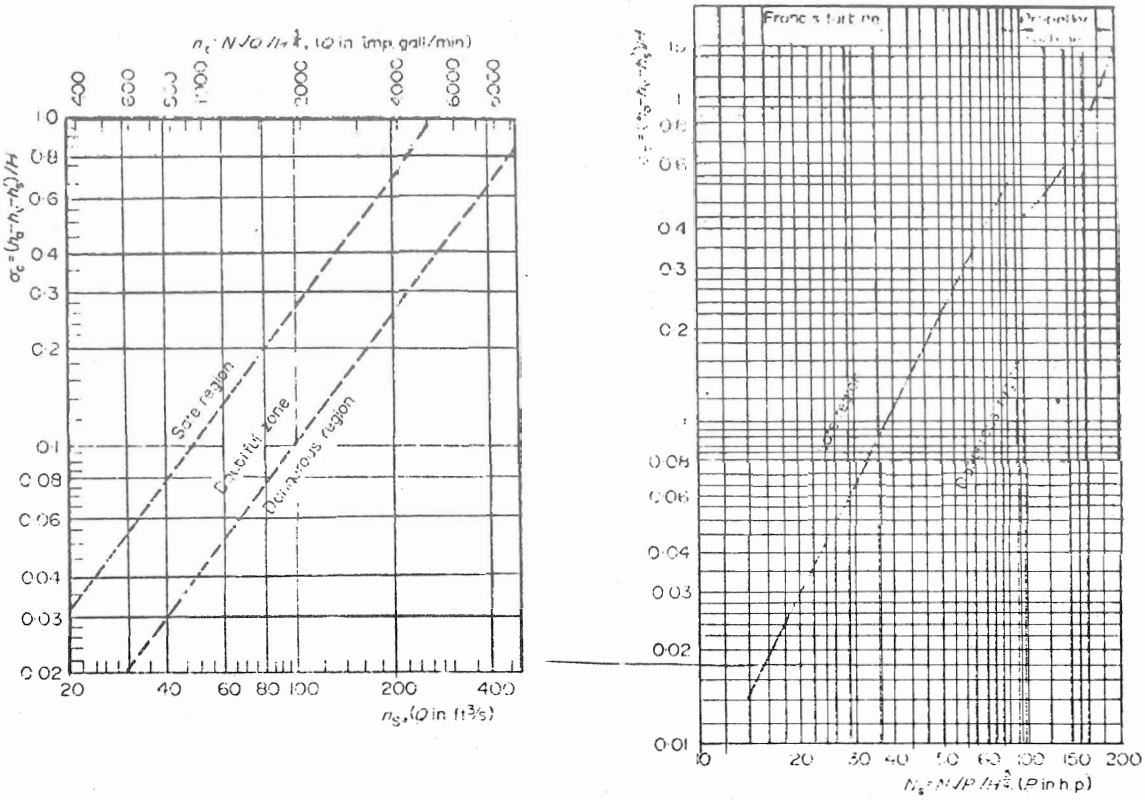
بدست میآید که مقدار آن درمورد سایر ماشین های آبی که ازنظر هندسی بامدل متشابه هستند یکسان میباشد . نتایج آزمایشگاهی بدست آمده درمورد یك پمپ سانتریفوژ یك طبقه وتوربین آبی درشکل ۸ داده شده است . بااستفاده ازاین دیاگرامها میتوان مقدار ضریب کاویتاسیون بحرانی σ_c رابدست آورد . سپس با دردست داشتن σ_c بکمك فرمول (۲۲) حداکثر ارتفاع هندسی مکش جهت جلوگیری ازوقوع پدیده کاویتاسیون رامحاسبه کرد .

۵ ـ راههای جلوگیری ازوقوع پدیده کاویتاسیون :

برای جلوگیری ازبروز پدیده مخرب کاویتاسیون درتاسیسات هیدرولیکی وماشینهای آبی همواره باید توجه نمود که فشارمطلق درهرنقطه ازجریان مایع بیشتر ازفشاربخارمایع دردرجه حرارت حاکم برآن جریان مایع باشد . بدین معنی که هرگز نباید مقدارحداقل فشار مطلق دردرجه حرارت موجود ازمقادیر جدول شماره (۱) فشاربخارمایع نسبت به درجه حرارت کمتر گردد درغیر اینصورت پدیده کاویتاسیون بوقوع خواهدپیوست .

درمورد پمپ های سانتریفوژ ، ارتفاع هندسی مکش h_A بیشتر ازمقدارتوصیه شده ازطرف کارخانه سازنده انتخاب نشود . این ارتفاع تابع فشاراتمسفر ، نوع پمپ ، درجه حرارت مایع مورد عمل ، سرعت متوسط جریان درلوله مکش ومقدارافت انرژی ومقاومت موضعی لوله مکش میباشد .

درمورد پمپاژ آب سرد درتحت شرایط عادی این ارتفاع مثبت بوده ولکن اگردرجه حرارت آب از 70^{oC} تجاوز نماید دراینصورت ارتفاع مکش منفی میگردد بدین معنی که محور پمپ درسطحی پایین تر ازسطح آزاد مایع مخزن مکشی نصب میشود (پمپ تحت بار). همچنین باید توجه نمود که ارتفاع مانومتریك پمپ کمتر ازارتفاع نظیر راندمان ماکزیمم نبوده وظرفیت آن نیز ، ازظرفیت پمپ درنقطه کارنظیر راندمان ماکزیمم بیشترنگرددو نیز دقت نمودکه سرعت پروانه ازسرعت توصیه شده توسط کارخانه سازنده تجاوزنکرده باشد .



الف ـ درمورد توربین های آبی باعکس العمل ب ـ درمورد پمپ های سانتریفوژ یك طبقه

" شکل ۸ ـ دیاگرام ضریب کاویتاسیون بحرانی نسبت به سرعت مخصوص "

درمورد توربین های آبی نیز ارتفاع نصب محور توربین h_A ازسطح آزاد مایع کانال خروجی نباید ازمقدار توصیه شده توسط کارخانه سازنده بیشتر انتخاب شود . عملا درتاسیسات هیدروالکتریك بمنظور افزایش ارتفاع ریزش و مآلا" بالابردن راندمان تاسیسات و رعایت نکات اقتصادی آن ، بین توربین وکانال خروجی ، یك لوله واگرای زانوئی (دیفوزر در توربین کاپلان) نصب میشود .

جدول شماره (۱) ـ مقادیر فشاربخار آب P_V نسبت به درجه حرارت T

درجه حرارت T^{OC} (برحسب سانتیگراد)		۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۸۰	۹۰	۱۰۰
فشار بخار آب P_V	$h_V = \frac{P_V}{\gamma}$ متر ارتفاع آب	۰/۰۹	۰/۱۲	۰/۳۴	۰/۴۳	۰/۷۵	۱/۲۶	۲/۰۲	۳/۱۸	۴/۸۳	۷/۱۵	۱۰/۳۳
	P_V KN/m^2	۰/۸۸	۱/۱۸	۲/۳۶	۴/۲۲	۷/۳۶	۱۲/۳۰	۱۹/۸۰	۳۱/۱۰	۴۷/۳۰	۷۰/۳۰	۱۰۱/۳۰

منابع مورد استفاده :

1 - M. CARLIER " MACHINES HYDRULIWUES " 1968

2- R. COMOLET " Mecanique Experimentale des Fluides "

3 - TYLER G. HICKS and THEODORE W. EDWARDS

" PUMP APPLICATION ENGINEERING " 1971

4- H. WARLET " TURBINES HYDRAULIQUES" ET

GROUPES HYDROELECTRIQUES " 1964

5- JONAS M.K. DAKE " ESSENTIALS OF ENGINEERING HYDRAULICS " 1974

۶ ـ یوسف حسن زاده جزوه ماشین های آبی ـ جلد اول پمپها ـ دانشکده فنی دانشگاه تبریز

قنـــات

گردآورنده : محمـــد بـــوذری

مطلب زیر برداشتی ازبررسی آقای دکترمیراب زاده استاد هیدرولیك گروه آبیـــــاری دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران درمورد قنات است .

سابقه حفر واستفاده ازقنات به عنوان روشی برای تامین آب درفلات ایران بـــه هزاران سال قبل برمیگردد . ایرانیان قدیم باابداع این روش درمنطقه ای که مشخصه اصلی آن خشکی است آب موردنیاز خودرافراهم می کرده اند .

درحال حاضر سیستم های موجود استفاده ازآب های زیر زمینی وظرفیت آنها درایران به قرار زیر است :

درایران مجموعا"۲۸ هزارحلقه قنات باآبدهی $۲۸۰\ m/s^3$ شناسائی گردیده است . از طریق این قناتها سالانه قریب ۹ میلیارد مترمکعب آب تخلیه میشود . همچنین حدود ۸ هـــزار چشمه بابده $۲۰۵m/s^3$ وتخلیه کل ۶/۵ میلیاردمترمکعب وجوددارد .

تعداد چاه های عمیق ونیمه عمیق حدود ۶۰ هزار حلقه است که باآبدهی $۱۲۵۰\ m/s^3$ سالانه ۱۳/۵ میلیاردمترمکعب آب راازسفره های زیر زمینی تخلیه میکنند .

درحالیکه بده لحظه ای چاهها ۶ برابر مجموع قناتها است بده کل سیستم چاه ۱/۵ برابـــر قنات است ، علت آن تخلیه طبیعی ومداومی است که ازطریق قنات صورت میگیرد درحالیکه چاه بطوردائمی مورد بهره برداری واقع نمیشود .

این خلاصه گردآوری مطالبی است که درچندین جلسه طرح شده وبه جهت اینکه مجددا توســط استاد بازبینی نشده ممکن است خالی ازاشکال نباشد که دراین صورت مسلما"نارسائی ویـــا احیانا" اشتباهات متوجه نقل کننده خواهد بود .

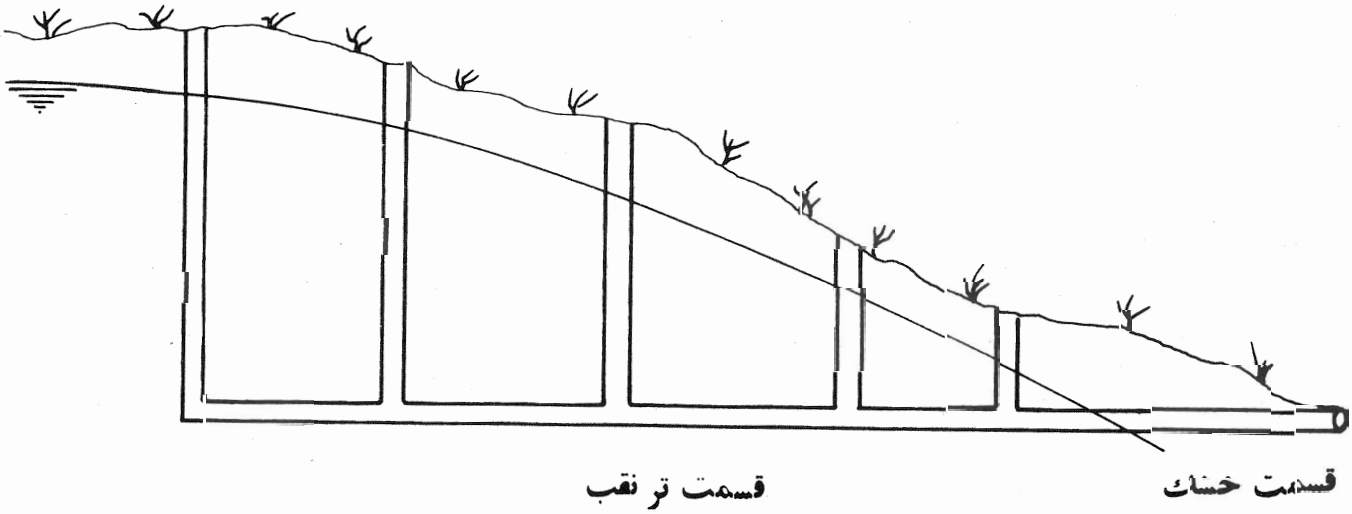
پدیده آبدهی قنات عبارت از هدایت آب سفره های زیر زمینی به داخل مجرا یانقبی است که با استفاده از نیروی ثقل آن را به سطح زمین جاری میسازد .

به غیر از سفره های مسدود معمولا" در سفرهای گسترده آب در زیر زمین و از میان خلل و فرج خاك درحال جریان دائمی است . جریان آب در اثر شیب لایه غیرقابل نفوذی است که سفره بر روی ان قرار دارد .

برای حفر قنات لازم است که مشخصات حوزه وجهت جریان آب در آن معین شود. برای حفر قنات جهت نقب اصلی انتقال آب را منطبق برجهت خط جریان قرار میدهند امتداد نقب وجریان آب عمود برخطوط پیزومتر است . این خطوط نقاطی را در سطح زمین معین میکنند که در آنها عمق اب سفره یکسان است .

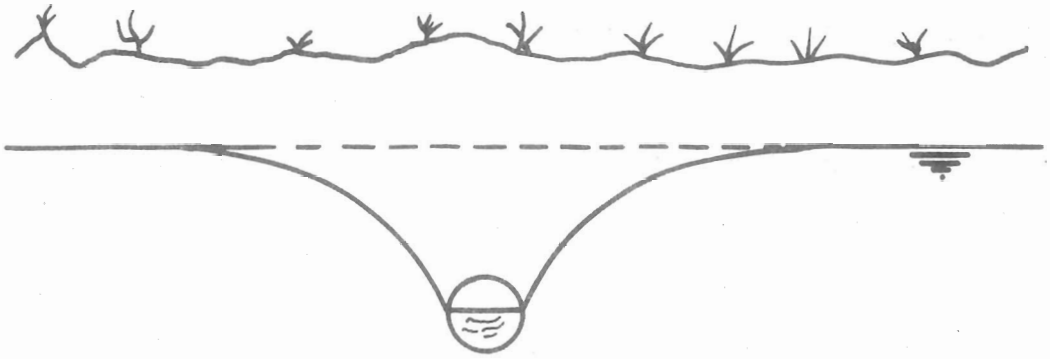
قنات از یك نقب اصلی تشکیل شده که دربعضی موارد طول آن به چند کیلومتر میرسد برای حفر یك چنین نقب زیر زمینی از چاههائی کمك میگیرند که نقب را به سطح زمین مرتبط میکند . گل ولای ناشی از حفاری وهوای مورد نیاز از طریق این چاهها منتقل میشود .

بلندترین چاه که معمولا انتهای نقب را به سطح زمین وصل میکند به مادرچاه موسوم است .

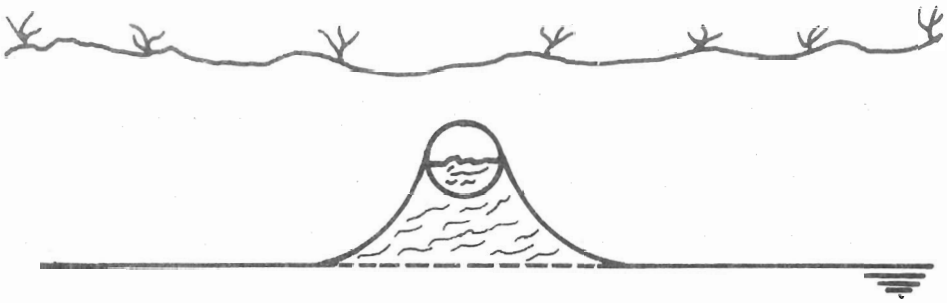


شکل ۱ ـ مقطع طولی یك قنات بطور شماتیك

نقب قنات شامل دوقسمت خشکه وتر است ، خشکه آن قسمتی ازنقب است که بالاتر از سطح آب سفره قرار میگیرد . به مرور زمان طول خشکه بعلت افت سطح آب زیر زمینی افزایش مییابد وهر ساله بخش بیشتری از آب جاری شده به داخل نقب را بصورت نفوذی تلف میکند . هرچند که کاهش آبدهی قنات در اثر افت سطح آب گریز ناپذیر است ولی با پوشش دادن کف قسمت خشکه میتوان تلفات نفوذی را کاهش داد .



شکل ۲ ـ مقطع عرضی قنات درقسمت تر ـ وجریان آب به داخل نقب



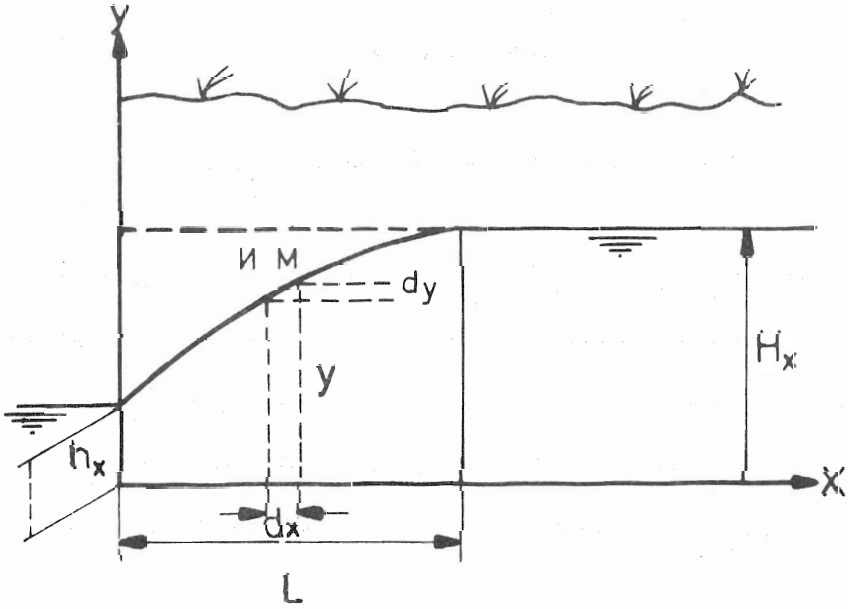
شکل ۳ ـ نفوذ آب ازنقب به زمین درقسمت خشکه قنات

بر آورد آبدهی قنات

حرکت آب در زیر زمین بوسیله رابطه دارسی توضیح داده میشود برمبنای این رابطه سرعت آب درهر مقطع مثل M (ش ۴) عبارت است از : $V=K.I$

K ـ ضریب آبگذاری است وبستگی به بافت خاك دارد .

I ـ شیب آبی است که طبق رابطه $I=\frac{dy}{dx}$ تعریف میشود .



شکل ۴

درمقطعي به طول y وعرضي واحد دبي عبوری عبارت است از

$$q = K.S.I \qquad q = K.Y.\frac{d_y}{d_x}$$

$$q = d_x = K.y.\ d_y \qquad \int_0^L q.d_x = K\int_{h_x}^{H_x} y.\ d_y$$

$$q.x\Big|_0^L = \frac{1}{2}\ K\ y^2 + C \qquad \begin{matrix} y = h_y \\ x = 0 \end{matrix} \qquad C = -\frac{1}{2} K\ h_x^2$$

$$q.x\Big|_0^L = \frac{1}{2}\ K\ (\ y^2 - h^2)\Big|_{h_x}^{H_x}$$

$$q = \frac{K}{2L}\ (\ H_x^2 - h_x^2\ )$$

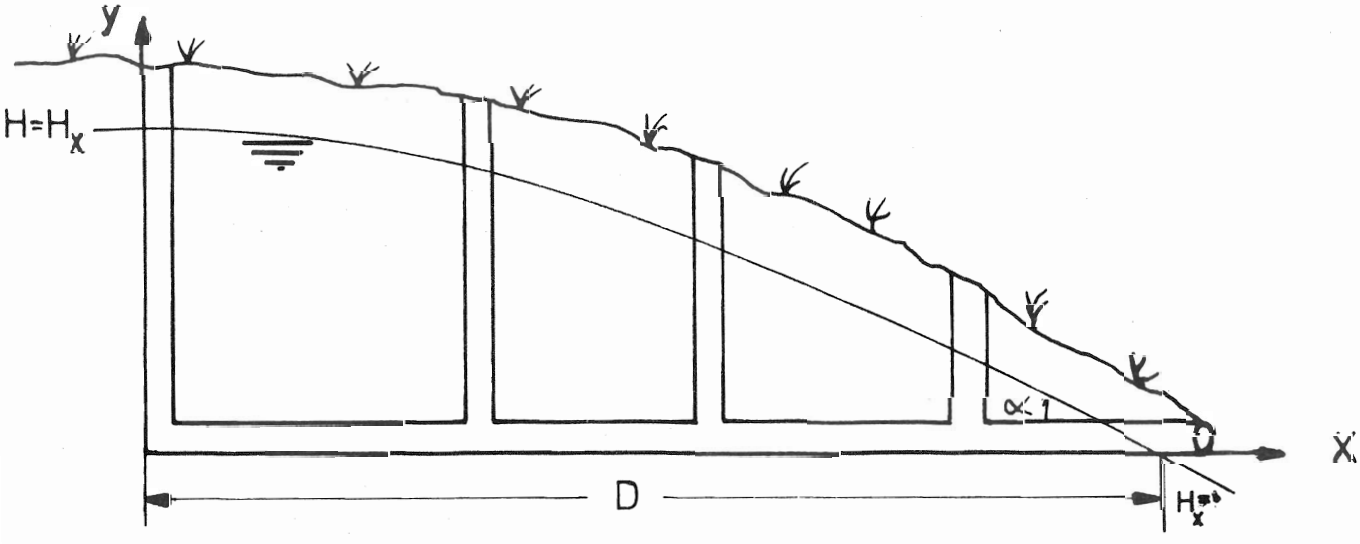
L – فاصله با شعاع تاثیر قنات

چون قنات ازدوطرف تغذیه میشود q دوبرابر شده وعبارت خواهد بود از :

$$q_x = \frac{K}{L}\ (\ H_x^2 - h_x^2)$$

q_x مقدار آبی است که ازهرمقطع عرضی x وارد نقب قنات میشود .

برای محاسبه دبی کل مقدار q_x برای کل طول D ازقسمت تر قنات تعمیم داده میشود .



چون α مقدار کوچکی است

$$tg\,\alpha = \alpha$$

$$H_x = \alpha.x$$

$$h_x = b.x$$

b عبارت ازشیب کف نقب است

درهرجزء dx ازطول D نقب مقدار d_q آب واردقنات میگردد که مقدار آن برابر با

$$d_q = \frac{K}{L}\left(H_x^2 - h_x^2\right) dx = \frac{K}{L}\left(a^2 - b^2\right) x^2 \, d_x$$

$$\int d_q = \frac{K}{L}\left(a^2 - b^2\right) \int_0^D x^2 \, d_x$$

$$Q = \frac{K}{L}\left(a^2 - b^2\right) \frac{x^3}{3} \Big|_0^D = \frac{K}{3L}\left(a^2 - b^2\right) D^3$$

رابطه اخیر حساسیت آبدهي قنات رانسبت به‌تغییرات طول نقب د رقسمت تروعمق H نشان میدهد اگر $A = \frac{K}{3L}\left(a^2 - b^2\right)$ باشد .

$$Q = A\, D^3$$

$$\text{Ln } Q = \text{Ln } A + 3 \text{ Ln } D \qquad \frac{d_Q}{Q} = 3 \frac{d_D}{D}$$

$\frac{dD}{D}$ تغییرات‌نسبی طول ترنقب و $\frac{d_q}{Q}$ تغییرات نسبی بده است .

مثلا اگر طول نقب ۱۰٪ کم بشود دبی قنات ۳۰ ٪ کاهش مییابد .

یك چنین رابطه ای بین دبی وعمق حداکثر سفره نیز پیدامیشود .

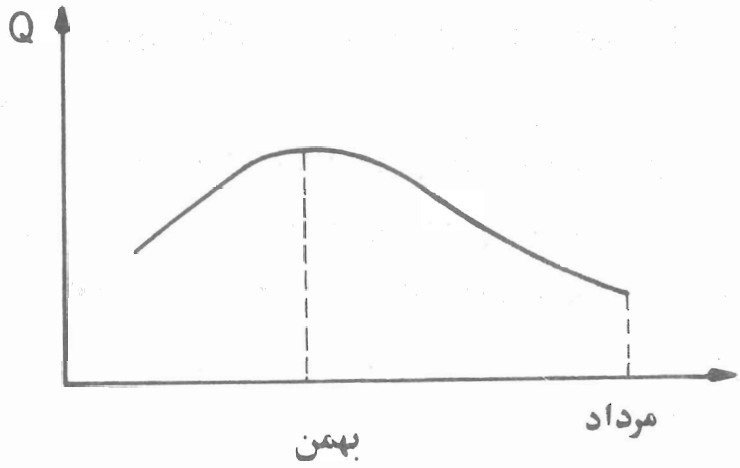
$$tg\alpha = \frac{H}{D} \Rightarrow D.tg\alpha = H$$

$$\text{Ln}D + \text{Ln } tg\alpha = \text{Ln } H$$

$$\frac{d_D}{D} = \frac{d_H}{H} \Rightarrow \frac{d_Q}{Q} \; 3 \frac{d_H}{H}$$

یعنی تغییرات نسبی بده قنات سه برابر تغییرات نسبی عمق سفره است .

حساسیت دبی قنات به تغییرات عمق سفره یا کاهش طول مؤثر نقب ازجمله جنبه های منفی سیستم قنات نسبت به چاه است مضافا"به اینکه درفصولی ازسال که بارندگی زیاداست سطح سفره بالامیآید ونتیجتا"آبده قنات افزایش پیدامیکند درحالیکه نیاز به آب درفصول زمستان وپائیز کمتراست .



به این لحاظ بهره برداری از آب قنات قابل برنامه ریزی نیست .

افت دائمی سطح آب سفره ودرنتیجه کاهش دبی قنات را استهلاك قنات میگویند افت سطح آب سفره همچنین طول قسمت خشکه نقب را افزایش میدهد وتلفات نفوذی از این بخش را شدت میبخشد . برای جبران آبدهی معمولا"طول نقب را باحفاری زیادمی کنند . افزایش طول نقب درصورتیکه افت سطح ادامه پیدا کند تاثیر موقت درجبران آبدهی خواهد داشت .

مقایسه چاه وقنات

۱ ـ آبدهی چاه درمقایسه باقنات نسبت به تغییرات سطح سفره حساسیت کمتری دارد

۲ ـ چاهها به مراتب قدرت تخلیه کمتری نسبت به قنات دارد وافت سطح آب سفره در اثر بهره برداری سیستم چاه کمتر از قنات است .

۳ ـ تلفات آب خارج شده در سیستم چاه کمتر از قنات است زیرا آب قنات دائمی وغیرقابل کنترل ودرمواقعی که نیاز کمتر است شدت بیشتری دارد .

۴ ـ دردشتهای با شیب کم حفر قنات طولانی وپرخرج میشود . در این مناطق حفر چاه اصولی تر است .

۵ ـ بهره برداری ازحجم عظیم آب زیر زمینی درحال جریان مثل آبهای خروجی ازمنطقه بلوچستان به خلیج فارس فقط به توسط چاه ممکن است .

۶ ـ قناتها پس از بایر شدن تبدیل به مجرایی برای به هدردادن آب سفره زیر زمینی میشوند .

۷ ـ در سیستم چاه برای حصول آب بایستی انرژی صرف کرد ولی درقناتها آب تحت اثرقوه ثقل خارج میشود . به این ترتیب وبطور مقطعی آب قنات ارزانتر ازچاه بدست می آید .

۸ ـ درمناطق کوهستانی وبرای استفاده از سفره های سطحی حفر چاه ممکن نیست بلکه قنات سیستم کارآمدی است .

۹ ـ برعکس چاه که میتوان باعمیق تر کردن آن ازحداکثر ضخامت لایه آبدار استفاده کرد، قنات فاقد این قابلیت است .

۱۰ ـ درفصولی که نیاز به آب کم وبارندگی زیاداست درسیستم چاه سفره غنی خواهد شده ولی درسیستم قنات دبی خروجی افزایش یافته وآب سفره به هدر خواهد رفت .

۱۱ ـ قناتها دارای هزینه نگهداری زیادهستند درحالیکه چاه نیازی به مراقبت ندارد .

پمپ‌های صنایع اتمی

از کتاب : مهندسی کاربرد پمپ

(Pump Application Engineering)

ترجمه : احمد چراغ

از زمان جنگ دوم جهانی به بعد استفاده های غیرجنگی از انرژی هسته ای روز بروز گسترش یافته است . شاید اولین گام ها در این راستا تولید برق باشد .

دریك نیروگاه اتمی ، فقط راکتورهای اتمی جای مخازن سوخت قدیمی را میگیرد و در بخش های دیگر نیروگاه توربین هاوسیستم خنك کننده تغیری داده نمیشود .

دربیست سال نخست این فعالیت نمونه های متفاوتی مانند نیروگاههائی با سیستم های خنك‌کاری آب سبك مورد استفاده قرار گرفت ومشکلات اولیه فنی وتوجیه اقتصادی آن از آزمایش سربلند بیرون آمد . دیگر سیستم های خنك‌کاری مورد استفاده ، یکی سیستم خنك کاری سدیم که منجربه بوجود آمدن راکتور اتمی (breeder reactor) شد وسیستم خنك کاری گازی که راندمان بسیاربالایی رابه ارمغان آورد .

در سالهای آخردهه ۱۹۶۰ استفاده ازنیروگاههای اتمی توسعه بیشتری یافت بخصوص در مناطقی که هزینه حمل سوخت بسیار گران تمام میشد ودر این سالها بود که نیروگاههای اتمی بالای یك هزارمگاوات نیز ساخته شد .

پمپهائی که غالبا درنیروگاهای اتمی مورد استفاده قرارمیگیرند ازنظر آبدهی وارتفاع چندان مخصوص نمیباشند . ارتفاع مورد نیاز حدود ۱۰۰ الی ۲۰۰ پی اس ای وآبدهی حداکثر تا ۷۵۰۰۰ گالن دردقیقه میباشد . مسئله مورد توجه درپمپ های نیروگاههای اتمی نوع آببندی مورد درخواست است . برخی اوقات نشتی صفر ودرموارددیگر نشتی قابل کنترل مورد احتیاج است که کارخانجات مختلف طرحهای متفاوتی برای تامین این درخواست ها در خط تولید دارند .

برای تامین نیاز پمپی نیروگاههای اتمی حداقل شش طرح متفاوت از طرف تولید کنندگان ساخته شده است :

۱ ـ موتورپمپ بسته	Canned - motor pump
۲ ـ موتورپمپ شناور	Submersed-motor pump
۳ ـ موتورپمپ گازی	Gas - filled motor pump
۴ ـ موتورپمپ روغنی	Oil- filled motor pump
۵ ـ موتورپمپ بانشتی کنترل شده	Controlled leakage pump
۶ ـ پمپ الکترومغناطیسی	Electro magnetic pump

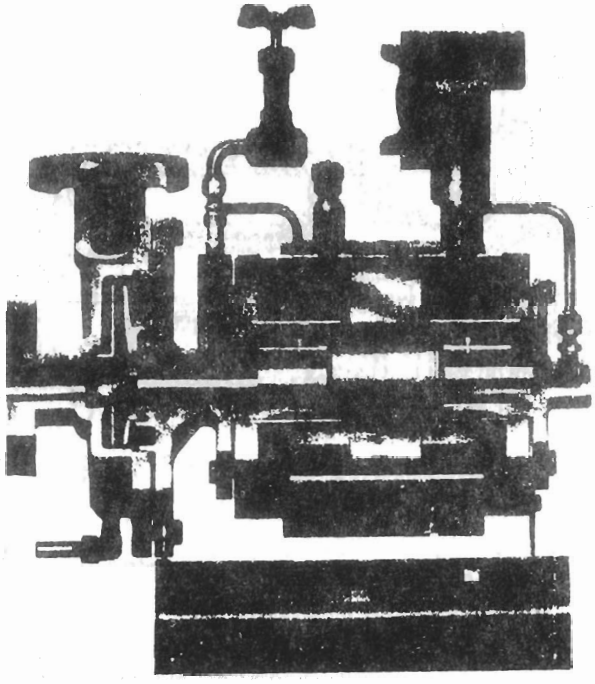
چهار نوع اول هیچگونه نشتی ندارند ومحرکه آنها از نوع سرخود است که دریک محفظه مناسب کاملا"آببندی شده است . ابتدا پمپ های بدون نشت برای نیروگاههای اتمی مناسب ومطلوب می نمودند ولیکن با افزایش ظرفیت ها ، این پمپها به دلیل راندمان پایین وهزینه بالا از رده خارج شدند .

پمپ نوع پنجم با راندمان بالا ، ارزانتربوده مقدار نشتی آن کنترل شده است . این پمپ دارای آب بندی مکانیکی مخصوصی که میزان نشتی را در امتداد محور محرکه محدود میکند ، میباشد . امروزه درنیروگاههای بزرگ اتمی این نوع پمپ مورد استفاده قرار میگیرد .

پمپ نوع آخر نیز ازنوع نشتی صفر است . استفاده از این نوع پمپ محدود به مواردی است که مایع پمپاژ الکترومغناطیسی باشد .

موتورپمپ بسته Canned -motor pump

شکل ۱ نمونه ای از این نوع پمپ را نشان میدهد . مایع پمپاژ میتواند داخل موتور شود ولی بوسیله ژاکت هائی از ورود به اطراف سیم پیچی روتور واستاتور جلوگیری میشود هیچ گونه آب بندی خارجی برای محور درنظر گرفته نشده است ودهانه های مکش ودهش به لوله جوش میشوند . مایع پمپاژ کلیه فضاهای داخل آب بندی را پر کرده ویاطاقانها را خنك میکند قسمت آب بندی شده داخل فضای مغناطیسی درعین حال استاتور را از مایع پمپاژ جدا میکند برای سیستم خنك کاری باید مقداری آب پاکیزه نیز تغذیه گردد .



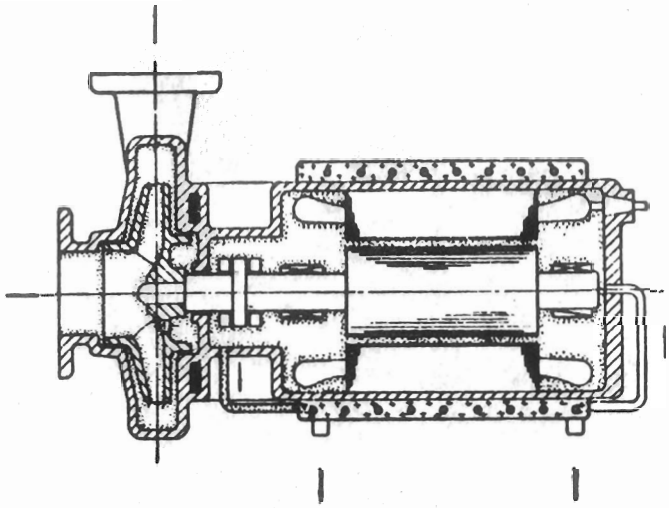
شکل ۱ ـ موتور پمپ بسته شکل

این پمپ ها برای پمپاژ آب رادیو اکتیو بدون نشتی طراحی شده اند . این پمپها ابتدا برای سیر کوله کردن آب باحرارت وفشاربالا بین راکتور ودیگ بخار ساخته شده بودند و لیکن میتوانند برای پمپاژ دیگر مایعات که خورنده نباشند ازآنها استفاده کرد .

برخی انواع مخصوص نیز برای پمپاژ فلزات مذاب تاهزاردرجه فارنهایت طراحی شده است . ازاین نوع پمپها میتوان برای پمپاژ مایعات تا فشارده هزار psi بایك پروانه نیز طراحی نمود . این پمپها ازنوع حلزونی بوده وکلیه قطعاتی که بامایع پمپاژ تماس دارند بایستی درمقابل خورندگی مقاوم باشند مثل انواع فولادها .

موتورپمپ شناور Submersed - motor pump

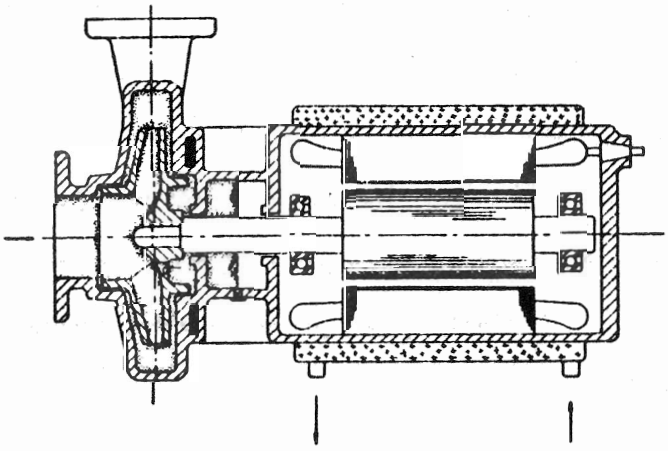
دراین طرح (شکل ۲) مایع پمپاژ باکلیه نقاط موتوراعم ازاستاتور ، سیم پیچی محورو یاتاقانها وروتورتماس دارد . سیم پیچی باید دارای عایق ضد آب باشد . این نوع پمپ معمولا برای سیرکوله کردن دیگ های بخارمصرف میشود وفشارمکش آن تا ۲۰۰۰ پی اس ای وحرارت آن تا ۶۵۰ درجه فارنهایت میتواند باشد . ازآنجائیکه آب رادیو اکتیویته ممکن است روی عایق سیم پیچی اثر کند ازاین پمپ برای سیر کوله راکتور اتمی استفاده نمیگردد .



۲ـموتورپمپ شناور ۲۵۰ اسب بخار فشارمکش ۲۰۰۰ پی اس آی و ۶۵۰ درجه فارنهایت

موتورپمپ گازی Gas - filled motor pump

در این نوع موتورپمپ مایع پمپاژ واردموتورنمیشود (شکل ۳) بلکه ازگازهائی مانند نیتروژن یاهلیوم راداخل فضای روتورواستاتورمینمایند ویاطاقانها باروغن ویاگریس خنک میشوند . موتورپمپ گازی برای مایعات خورنده ارانیومی بسیارمناسب است .



شکل ۳ـموتورپمپ گازی ۱۰ اسب بخار،
مناسب برای مواد ارثبومی تا ۱۰۰۰ درجه فارنهایت

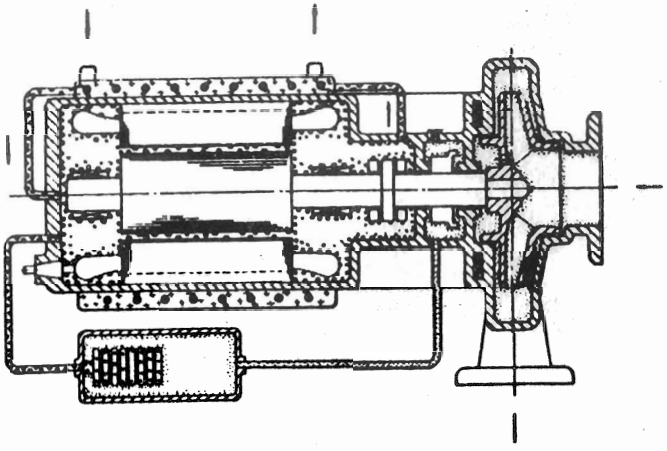
موتورپمپ روغنی Oil - filled - motor pump

این پمپ ها مزیت های بسیاری دارند چراکه راندمان موتوربالابوده خنک کاری بنحوی مطلوب انجام میگیرد ویاطاقانهابا روغن ، روغنکاری میشوند . برای آب بندی محورازجیوه ویاآب بندی مکانیکی استفاده میشود

آب بندی باجیوده بدون نشتی است حال آنکه درنوع آب بندی مکانیکی بطور متوسط ۴ گالن در سال نشتی وجود دارد . وقتی ازجیوه استفاده میشود تماس جیوه با روغن ویامـــــواد رادیو اکتیویته مشکلاتی رابوجود می آورد .

قدرت این دستگاهها از ۱۰ تا ۴۰۰ اسب بخار است .

جدول شماره ۱ پمپ های فوق راازجهات مختلف مقایسه میکند .



شکل ۴ ـ موتورپمپ روغنی باآب بندی مکانیکی ۲۰۰ اسب بخار وآب بندی جیوه ای ۴۰۰ اسب بخار

موتورپمپ بانشتی کنترل شده Controlled - leakage pump

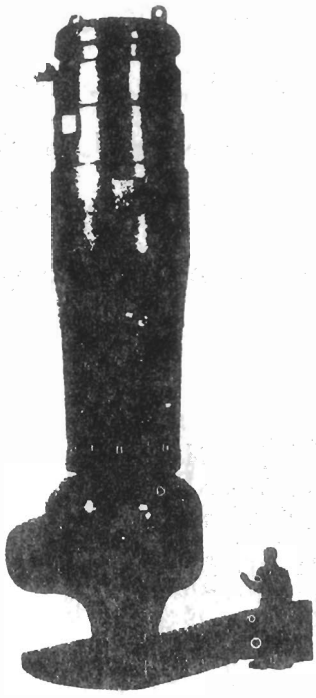
چنانچه قبلاً ذکر گردید پمپهای بانشتی کنترل شده درحال حاضر بهترین انتخاب برای، سیرکولاسیون راکتورآب سبك (Light water reactor) هستند .

درمقایسه اندازه به اندازه باموتورپمپ های بسته (Canned - motor pump) . ۶ درصد ارزانترهستند درصورتیکه ۱۰ تا۱۵ درصد راندمان بهتری رانیز ارائه میدهنـــــد .

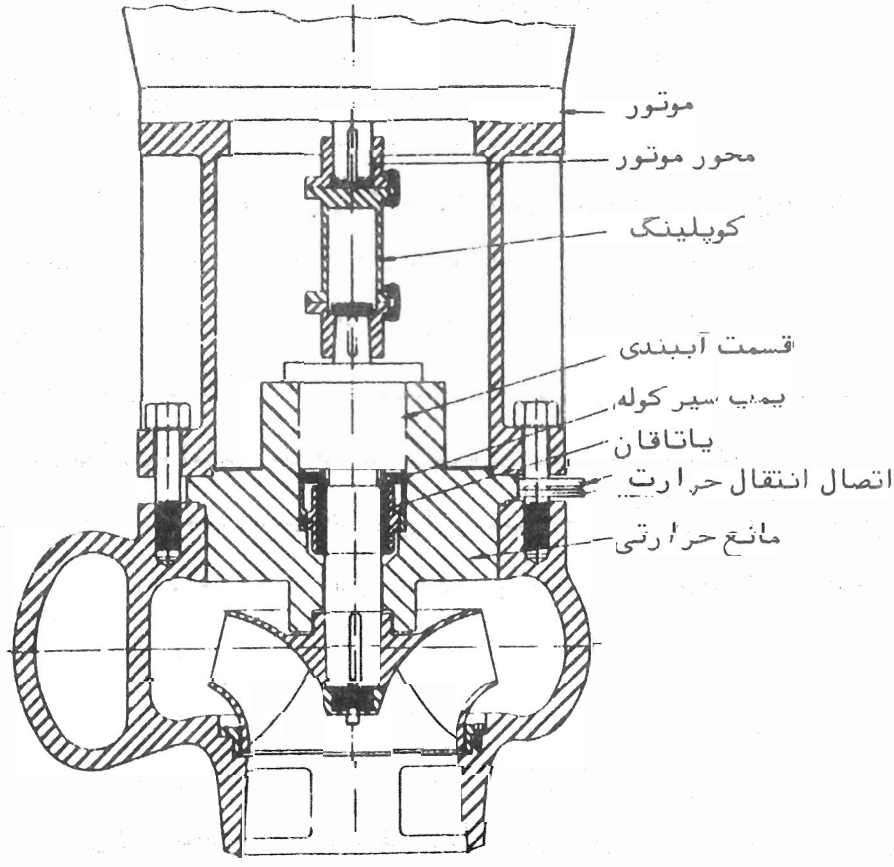
شکل ۵ یك پمپ غول پیکری رانشان میدهد که امروزه درسیستم های سیرکولاسیـــــون نیروگاههای هسته ای بخاری استفاده میشود . دبی این پمپ ۷۵۰۰۰ گالن دردقیقه ارتفاع آن ۱۰۰ تا ۲۰۰ پی اس آی ، فشارمکش ۱۰۰۰ تا ۲۵۰۰ پی اس آی است ونتیجتاً"طرح آب بنـــدی محور آن بسیاربیچیده میباشد .

شکل ۶ نمونه ای ازپمپهای نشتی کنترل شده رابرای راکتورآب سبك نشان میدهد . قطعه آب بندی آن قبلاً"مونتاژ شده وبرای تعویض بسیار ساده است .

دراین موتورپمپ عمودی توجه‌مخصوصی به هم‌مرکز بودن محور موتور، محورپمپ وآب بنـــدی یاطاقانها داده شده است . کل دستگاه رامیتوان روی سیستم لوله کشی نصب نمود .



شکل ۵ـ پمپ سیرکولاسیون راکتور
غول پیکر ۹۰۰۰ اسب بخـــــار



شکل ۶

جدول ۱

مقایسه عملکرد موتورهای مختلف

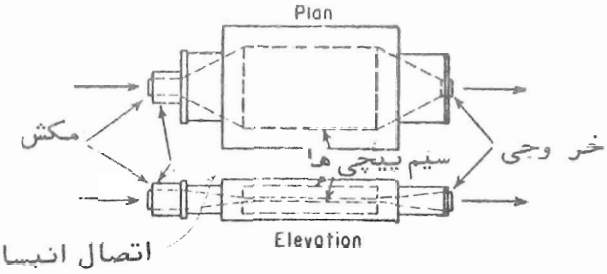
مشخصات : ۳۰۰ اسب بخار

۱۸۰۰ دور در دقیقه نصب عمودی

برای فشار ۲۰۰۰ پی اس ای

		نوع موتور		
	بسته	شناور	روغنی	گازی
افت الکتریکی (کیلووات)	۱۴	۱۸	۱۲	۱۴
افت اصطکاک روتور (کیلووات)	۱۰	۱۰	۱۶	۳
افت خط (کیلووات)	۳۶	—	—	—
راندمان موتور (درصد)	۷۹	۸۹	۸۹	۹۳
وضعیت درنشتی صفر	خوب	خوب	متوسط	خوب
روغنکاری یاطاقانها	متوسط	متوسط	خوب	خوب
خنك کاری سیم پیچی موتور	متوسط	خوب	خوب	متوسط
طراحی ترمینال موتور	خوب	متوسط	متوسط	متوسط
ضعف طراحی	خط	آلودگی	نشتی روغن	کنترل سطح مایع

در این پمپ هیچگونه قطعه ای حرکت ندارد و این باعث حذف هر گونه آب بندی شده نتیجتا هیچگونه نشتی ناشی از آب بندی محور وجود ندارد . درعین حال فقط موادی که دارای خاصیت هدایت کنندگی کافی باشند میتوانند پمپ شوند مانند منیزیم ، آلومینیوم ، سدیم ، پتاسیم و آلیاژهائی از این فلزات



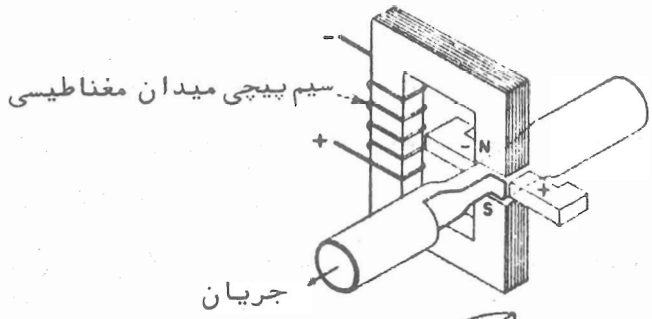
شکل ۷ - پمپ الکترومغناطیسی تخت ۳۷ پی اس آی ۱۲۰۰ گالن در دقیقه و ۵۰۰ درجه فارنهایت

در این دستگاه ، برق متناوب یك میدان متحرك مغناطیسی را در سیم پیچی مناسب خود ایجاد میکند و این باعث بوجود آمدن جریان در مایع این فلزات از درون سیم پیچی است و نتیجتا" کلیه ذرات فلز در جهت میدان مغناطیسی پمپاژ میشوند .

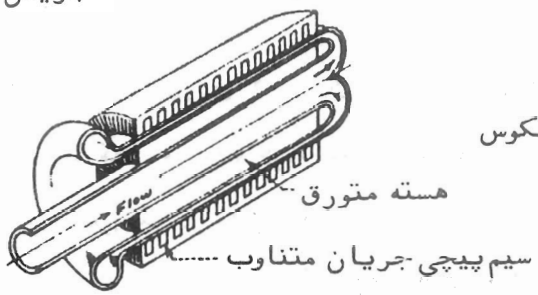
شکل ۷ یك نمونه از پمپ الکترومغناطیس تخت را نشان میدهد که با فشار ۳۷ پی اس آی ۱۲۰۰ گالن در دقیقه و ۵۰۰ درجه فارنهایت حرارت ، سدیم را پمپاژ میکند .

یك نوع پمپ جریان متناوب فارادی نیز در شکل ۸ و یك نوع پمپ جریان معکوس نیز در شکل ۹ نشان داده شده است که این یکی به پمپ انشتاین - زیلارد نیز معروف است .

راندمان کلی پمپ های الکترومغناطیسی حدود ۵۰ درصد و هزینه آن ۳۳ درصد کمتر از نوع مشابه موتور پمپ بسته است . ارتفاع مشخصه این پمپ ها معمولا تا ۱۰۰ پی اس آی است ولیکن بیشتر برای حدود ۵۰ پی اس آی تولید میشود - در برخی کارگاههای ریخته گری از این پمپها برای جابجائی مواد ذوب از کوره به خط قالب گیری استفاده میشود .ولی بیشترین مصرف همان نیروگاههای اتمی است .



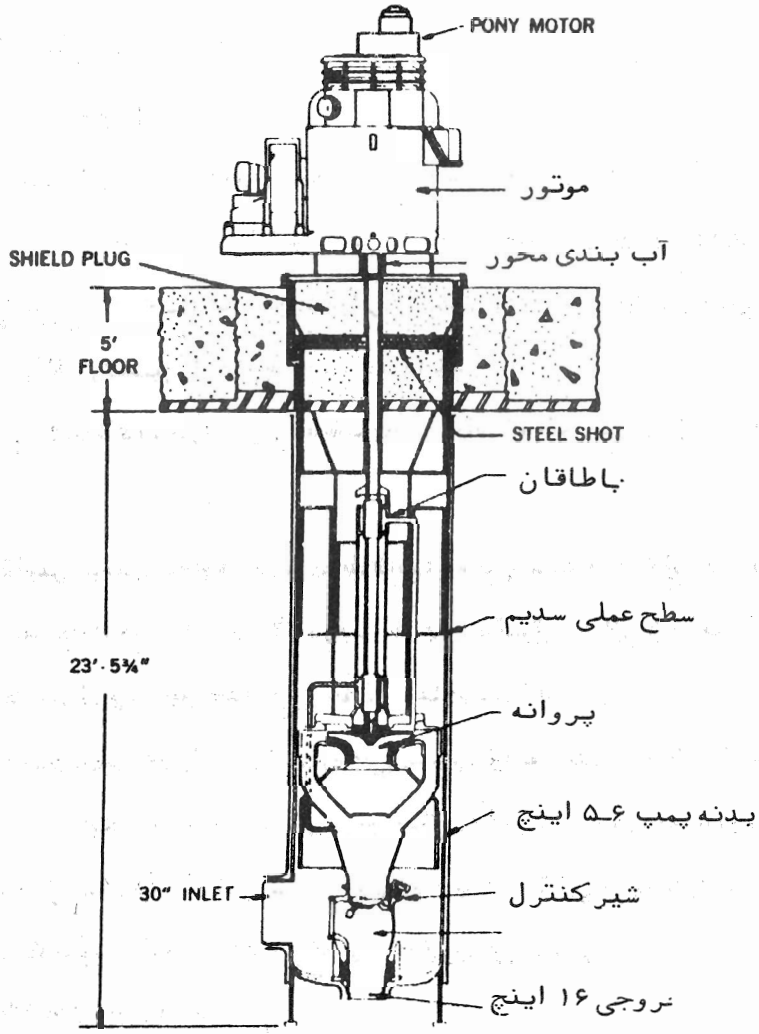
شکل ۸ ـ پمپ فارادی دی سی



شکل ۹ ـ الکتروپمپ جریان معکوس

پمپ سدیم

یکی ازخنك کننده هائی که برای مولد راکتورد نظر گرفته شده است مایع سدیم است . برای پمپاژ سدیم بخاطر مشخصات بخصوص این فلز ، پمپ مخصوصی باید استفاده شود .



شکل ۱۰ ـ پمپ سدیم راکتوراتمی
۱۰۰۰ اسب بخار و ۱۰۰۰ درجه فارنهایت

شکل ۱۰ نشان دهنده بزرگترین پمپ سدیم تاکنون است . مشخصات این پمپ ۱۲۰۰۰ گالن دردقیقه دردقیقه ظرفیت ، ۳۳۰ فوت ارتفاع و ۱۰۰۰ درجه فارنهایت حرارت میباشد . طول پمپ بدون موتور ۳۰ فوت است . پمپ سدیم معمولا در سیستم هائی بافشار کم کارمیکند ومسئله ای ازنظر NPSH بافشاربخارکم سدیم ندارد . درپمپهای سدیم میتوان کلیه قسمت های گردنده راباهم ازپمپ بازکرده آنراتعمیر نمود . محور پمپ دارای یك یاطاقان درسدیم است .

ازآنجائیکه سدیم دارای گرانروی (ویسکوزیته) بسیارکمی است درحرارت های بالا نمیتوان ازیاطاقانهای هیدرودینامیکی استفاده کرد ونتیجتا"یاطاقانهای هیدرواستاتیك تحت فشارمخصوصی بدین منظور ساخته شده است .

درپمپ های سدیم برخلاف آنچه که درتوضیح پمپ های الکترومغناطیسی ذکر شد سدیم مایع درفشار اتمسفر کارمیکند ، بدین معنی که یك لایه گاز خنثی درقسمتیکه محورازپمپ بیرون می آید ، مایع سدیم راازهوای آزاد جدامی کند . دراین یاطاقان آب بندی مکانیکی مخصوصی برای گاز خنثی طراحی شده است .

انتخاب پمپ

الف : درراکتورها

امروزه درسیستم های راکتورآب سبك پمپ های بانشتی کنترل شده مورد استفاده است . برای پمپ سدیم راکتوراتمی ، پمپ سانترفوژ عمودی معمول ترخواهد بود .

ارتفاع ودبی : درپمپ های موردنیاز راکتورها درحال حاضر بدلیل توسعه روز افزون این صنعت امکان تخمین ارقام مشخص نمیباشد .

مواد مورد استفاده معمولا ازفولادضد زنگ یافولادهای کم کربن برای تماس بامایع پمپاژ است .

برای تامین سختی سطح قطعات یاطاقانها ومحورپمپ ها ازفلزات غیر فولادی شامل ۲۰الی ۶۵ درصد کوبالت ، ۱۱ الی ۳۲ درصد کرم وتنگستن ۲ الی ۵ درصد استفاده میشود . این مواد درمقابل حرارت ،خورنده گی وسایش مقاوم هستند .

پمپاژ ومشخصات جریان درآب ومایع سدیم مشابه است . فولادهای ضدزنگ تیپ ۳۰۴ و۳۱۶ و۳۴۶ و . . . بعنوان قطعات پمپ برای تماس بامواد راکتورمناسب هستند .

محرك این پمپ ها الکتروموتورمیباشد . برای تامین برق متناوب پمپ الکترومغناطیسی یك دستگاه ژنراتورتك قطبی ذغالی مطلوب خواهد بود .

NPSH معمولا موردندارد .

کنترل پمپ ازطرق متفاوت انجام میگیرد :

۱ ـ کنترل پیوسته

الف : رئوستای استوانه ای ، موتورجریان متناوب ویاباطری

ب : کوپلینگ ادی کارنت (Eddy Current coupling)

ج : کوپلینگ هیدرولیکی

د : کوپلینگ مغناطیسی

۲ ـ درجه بندی سرعت باترانسفورماتوردرجه ای ۱۰۰ ، ۸۰ ، ۶۰ درصد کل سرعت وبرای پمپ الکترومغناطیسی متناوب ازولتاژ وفرکانس بطورجداگانه ویاباهم میتوان برای کنترل سرعت پمپ استفاده کرد .

آب بندی : مطابق بحثی که قبلا " توضیح داده شده عمل شود .

تعداد پمپ

درنیروگاههای بزرگ عموما" یك راکتوربه دویاچند ژنراتوربخار که هرکدام یك پمپ سیرکولاتوردرمدار دارند وصل میشود . درصورت بروز اشکال درژنراتوربخاربراحتی از مدارهای دیگر استفاده میشود . وبهمین دلیل نیازی به پمپ ذخیره نمیباشد .

ب : سیستم اضطراری

نیروگاههای بزرگ درمقابل بروز وقایع ناگهانی وایجاد حرارت زیاد باسیستم های خنك کاری مختلف حفاظت شده اند . برای ایجاد این حفاظت ها درصورتیکه سیستم خنك کاری اصلی ازکارافتاده باشد بایستی آب کافی جهت جبران این امر قابل تامین باشد . پمپ های این نوع سیستم های حفاظتی معمولا " باآبدهی زیاد بوده ودارای پمپ های ذخیره نیزهستند تاانجام کلی کارکاملا " ایمن باشد .

ج : سیستم تغذیه

بجز سیستم بخار نیروگاههای اتمی دیگر سرویس ها ازجمله تغذیه دیگ بخار ،کندانس خنك کاری کندانس مانند نیروگاهای ذغالی هستند ولیکن درصورت مقایسه اندازه به اندازه پمپ های مورد استفاده درنیروگاههای اتمی دارای ارتفاع کمتروآبدهی بیشتر هستند واین بخاطر این است که امروزه درنیروگاههای اتمی سیستم ها ، تحت فشارکمتری ازنیروگاههای ذغالی کارمیکنند .

علل از کار افتادگی مته ها

تهیه وتدوین : عبداله زواره

برای بررسی نحوه از کار افتادگی مته ها میتوان با استفاده از شکل ظاهری مته ها تقسیم بندیهائی بصورت زیر انجام داد .

۱ ـ از کار افتادگی از ناحیه نوك مته ها

۲ ـ از کار افتادگی از ناحیه فاز وبدنه مته ها

۳ ـ از کار افتادگی از ناحیه ساقه

۴ ـ از کار افتادگی از ناحیه دنباله

درهریك از ناحیه های ذکر شده در اثر خطا و اشتباهاتی که درعملیات تولیدی و از طرف کارگران ، ماشین ها،قطعات ، شکل ابزار وجنس ابزار ایجاد میشود عیوبی ظاهر شده که منجر به شکست ویاهر گونه از کار افتادگی (Failer) میگردد .

۱ ـ شکست و از کار افتادگی از ناحیه نوك

الف ـ عیوب ناشی از تیز کاری نادرست

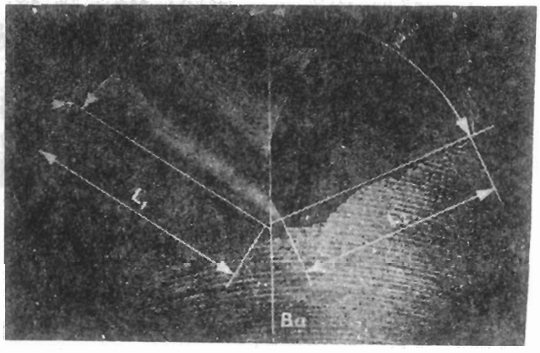
قسمت عمل کننده مته که وظیفه برش مواد قطعه کار رابعهده دارد نوك مته میباشد در صورتیکه نوك مته بدرستی تیز کاری نشده باشد ویابطور صحیح ازمته استفاده نشود نوك آسیب دیده ودراین حال مته یا از کار افتاده ویابه اصلاح احتیاج خواهدداشت . عیوبی که در نوك مته بوجود می آید بشرح زیر خواهد بود :

الف ـ عیوبی که از تیز کاری غلط بوجود می آیند .

۱ ـ سنگ زنی لبه های برنده با زوایای نامساوی نسبت به محور مته

دراین حالت لبه ها زاویه های مختلف بامحورمته داشته ، بنابراین طول لبه ها نامساوی خواهد بود . هنگام مته کاری باچنین مته ای لبه کوتاهتر تمام برش رانجام میدهد . نیروها درلبه کوتاه بیشتر ازلبه بلند شده (معمولا"نیروها روی دولبه باید یکدیگر رامتعادل کنند) اما

اینجا چنین نیست . نیروها روی لبه کوتاهتر در گوشه فشردگی برعلیه دیواره سوراخی که مته میشود ایجاد میکند ودرنتیجه مته آسیب می بیند .



شکل ۱ ـ نامساوی بودن زوایای لبه برنده رانشان میدهد. $\frac{\varepsilon_1}{2} < \frac{\varepsilon_2}{2}$ ودرنتیجه $L_2 < L_1$

معایبی که ازاین اشتباه ناشی میگردد بشرح زیر است :

الف ـ مته بطور نامساوی می بُرد

ب ـ صافی سطح بدی بدست میآید

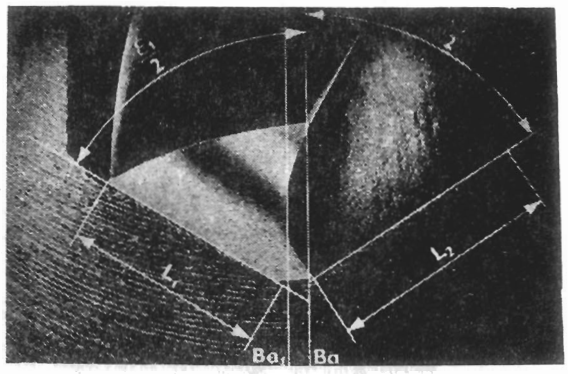
ج ـ عمر ابزار کوتاه میشود

د ـ مته سریعاً " کند میشود

۲ ـ سنگ زنی لبه های برنده باطول نامساوی

دراین حالت محورمته ازمرکز لبه مرده (اسکنه ای) عبورنکرده (B_{a1} بر B_a منطبق نیست) درست است که زوایای لبه ها مساوی هستند ولی طول لبه ها باهم اختلاف دارد $L_1 < L_2$ است .

لذا همه برش محیطی توسط لبه بلندتر L_2 انجام میگیرد یعنی همه بارپیشروی برگوشه این لبه واردمیشود یابه بیان دیگر این لبه بایستی بادوبرابر سرعت پیشروی سایر قسمتهای لبه کار کند چون عموما" گوشه های لبه ها درمعرض بیشترین سائیدگی هستند درنتیجه این نحوه سنگ زنی عمر مته کوتاهتر میشود . بعضی اوقات یك مته عملا" بدین طریق سنگ زده میشود مثلا درموقع سوراخکاری موادی که میکشد ، چون مته خودش رابامرکز نوك هم مرکز میکند بنابر این بطورنامساوی براده برداری خواهد کرد . دراین حالت سوراخ به اندازه دوبرابر مقدار خارج ازمرکزیت بزرگتردرمیآید .

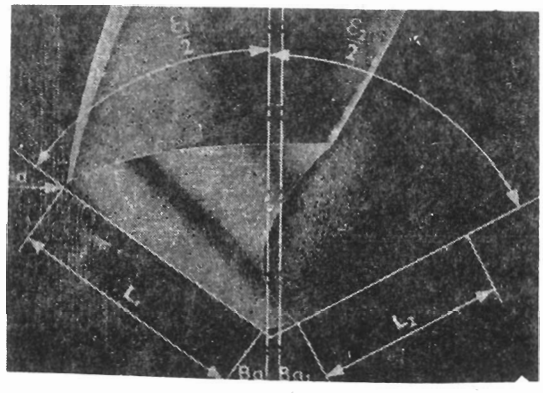


شکل ۲ ـ مته ای را که دارای طول لبه های برنده نامساوی است نشان میدهد .

۳ ـ سنگ زنی لبه ها با زاویه نامساوی نسبت به محور مته وطول نامساوی

این عیب ترکیبی از حالت یك ودو میباشد در این حالت زاویه نوك $\frac{\varepsilon_1}{2}$ و $\frac{\varepsilon_2}{2}$ و همچنین طولهای لبه L_1 و L_2 نامساوی هستند بعلاوه خط مرکزی نوك یعنی Ba_1 روی محور مته Ba قرار نگرفته است .

برش عمدتا " توسط لبه L_2 انجام میشود ولی نظیر مثال قبلی برش در روی محیط بوسیله لبه بلندتر L_1 صورت میگیرد . گوشه لبه بلندتر در" تحت سائیدگی سریعتری از حالت قبل است بنابر این انتقال حرارت از طریق براده ها کمتر موثر است در این حالت همچنین قطر سوراخ خیلی بزرگتر از قطر اسمی مته خواهد بود چون مته خود را با مرکز نوك مرده (اسکنه ای) هم مرکز میکند . درنتیجه منطبق نبودن Ba_1 و Ba روی یکدیگر نیروی جانبی به محور ماشین مته وارد میگردد .



شکل ۳ ـ نوك مته ای را نشان میدهد که دارای زوایای نامساوی وطول لبه برنده نامساوی است .

شرط اینکه نوك مته ای از نظر تئوری صحیح باشد این است که $\frac{\varepsilon_1}{2} = \frac{\varepsilon_2}{2}$ و $L_1 = L_2$ بوده و محور مته Ba روی خط مرکزی نوك باشد . شکل ۴ نشان دهنده چنین حالتی است

چنین نوکی دارای خواص زیر است :

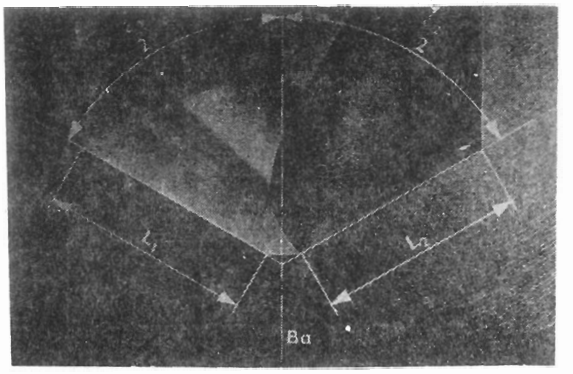
۱ ـ تلرانسهای دقیق تر

۲ ـ سوراخهای گرد

۳ ـ صافی سطح بهتر

۴ ـ مستقیم بودن بیشتر

مته ای که بطور صحیح تیز کاری شده باشد عمر بیشتری نسبت به مته ای که غلط تیز شده باشد دارد .



شکل ۴ ـ نوک مته ای را نشان میدهد که بطور صحیح تیز کاری شده است .

۴ ـ نازک کردن جان

برای بدست آوردن ماکزیمم استحکام ضخامت جان مته ها از نوک بطرف دنباله بصورت مخروطی با شیب 100 : 1.75 افزایش داده شده است . بنابراین پس از چند بار سنگ زنی طول لبه مرده (اسکنه ای) خیلی زیاد شده ودرنتیجه فشار محوری افزایش مییابد وبرای مته مشکل میگردد که با سوراخ ایجاد شده هم مرکز گردد .

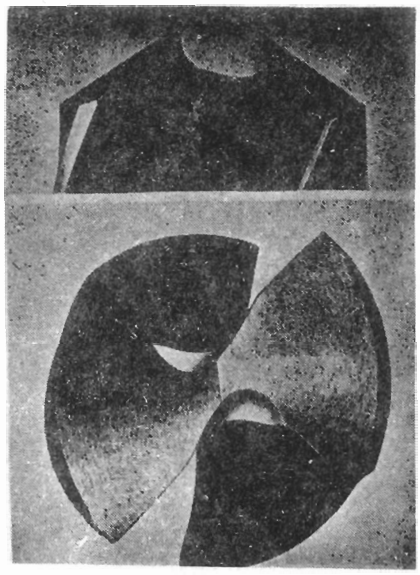
آزمایشات نشان داده اند که نیروی فشاری را با نازک کردن جان درنوک تا 40% میتوان کاهش داد زیرا ۶۰ ٪ تا ۷۰ ٪ نیروی فشاری کل روی لبه مرده (اسکنه ای) واردمیشود . اما نازک کردن جان بایستی طوری انجام شود که نوک مته زیاد نازک ویابی قاعده نازک نگردد نازک شدن زیاد از اندازه باعث له شدن نوک ونازک شدن بیقاعده باعث میشود که یک لبه دیگر بیشتر براده برداری کند وبدینوسیله مرکزیت جان وقطر خارجی از بین میرود . قانون کلی این است که هنگام مته کاری چدن وفولاد ومواد مشابه ضخامت جان حدوداً" بایستی $\frac{1}{10}$ قطر مته وبرای مواد غیر آهنی وآلیاژهای برنج بایستی $\frac{7}{10}$ قطر مته باشد برای کاهش دادن لبه مرده بدون کاستن از استحکام یکی از روشهای زیر انجام میگیرد .

الف ـ نازک کردن جان

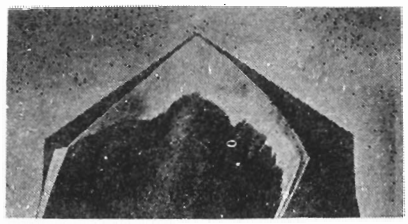
ب ـ نازک کردن جان بعلاوه تصحیح

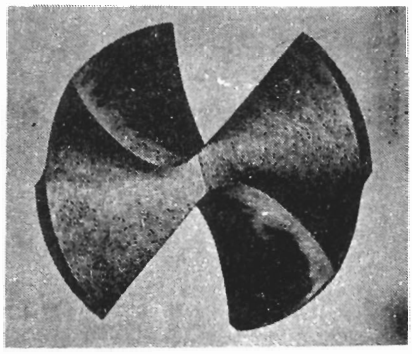
دراشکال زیر این دوحالت نشان داده شده اند . باریک کردن جان یعنی کوتاه کردن لبه

مرده بایك سنگ سمباده بطورمناسب ونازك کردن بعلاوه تصحیح یعنی کوتاه کردن لبه مرده وتنظیم لبه ها بطور کاملا" مستقیم . روش اول از انتروراحت تر است .

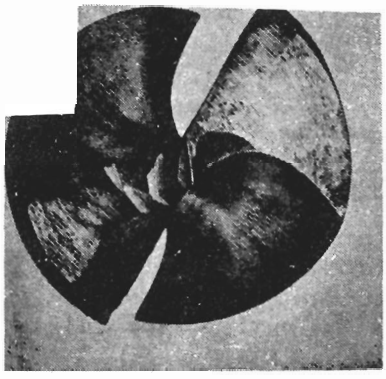


شکل ۵ ـ نازك کردن جان بطور صحیح





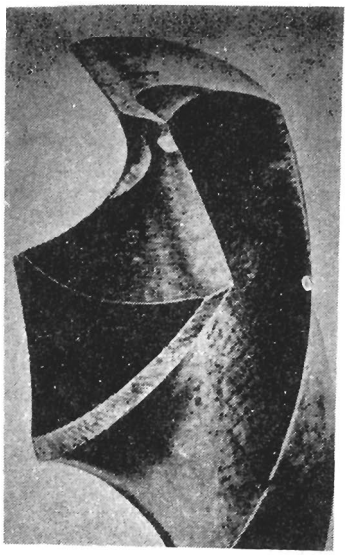
شکل ۶ ـ نازك کردن جان بعلاوه تصحیح



شکل ۷ ـ نوك مته ای رانشان میدهد که بطور غلط لبه اسکنه ای آن سنگ زنی شده است .

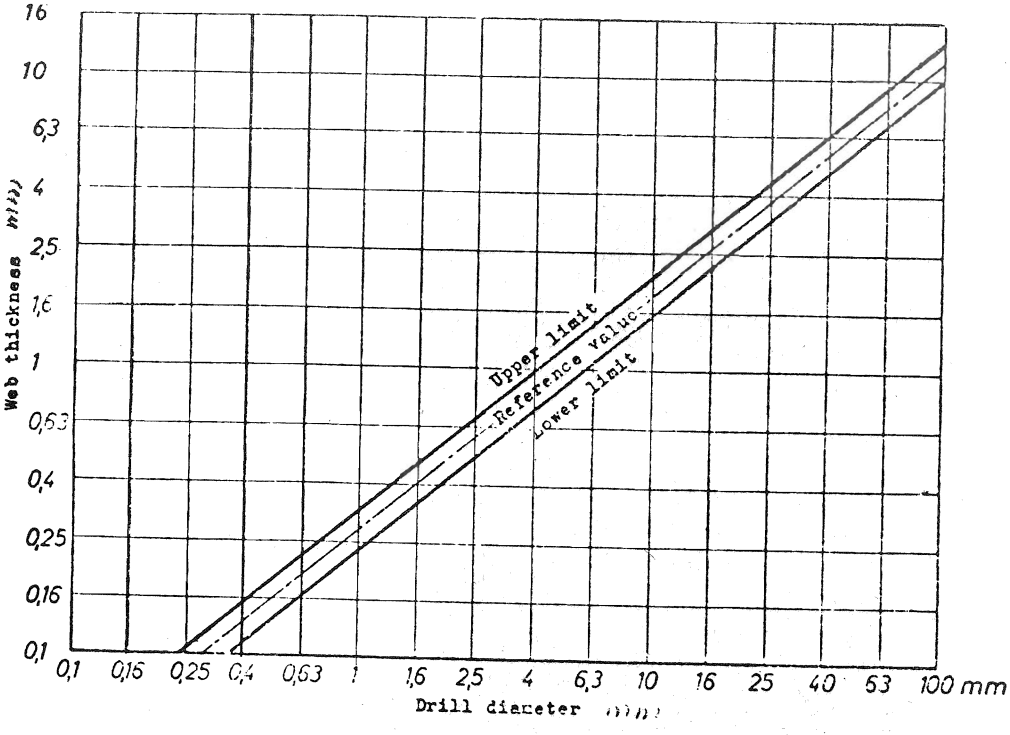
مته نشان داده شده در شکل ۷ بطورنادرست نازك شده است . بطوریکه دیده میشود این امر طول لبه اسکنه ای راتقلیل نداده است بلکه فقط کناره آن راتیز نموده که البته این مسئله فشارمحوری راتقلیل نداده وتمرکزیافتن راهم نیز بهترننموده است برعکس نوك متمه بقدری ضعیف شده است که منجر به خسارت نیز خواهد شد .

مته نشان داده شده در شکل ۸ نیز بطور نادرست تیز شده است . البته لبه اسکنه ای کوتاه شده است ولی بطورقابل ملاحظه ای طول برش بعلت زیاد برداشته شدن کم گردیده است . بدین ترتیب لبه برش خیلی ضعیف شده وضمن مته کاری خردمیگردد .



شکل ۸ ـ مته ای رانشان میدهد که تیز کاری لبه اسکنه ای آن ازطول لبه برنده کم کرده است

توسط جدول زیر رابطه ضخامت جان باقطر مته ها رامیتوان کنترل نمود



شکل ۹ ـ منحنی رابطه ضخامت جان باقطر مته ها

۵ ـ زاویه نوك خیلی بزرگ

در این حالت لبه برش شکل یك قلاب رابخود گرفته وگوشه های خارجی تمایل به تورفتن دارند . در این حال ابزار سریعا" سائیده شده وصافی سطح بداست .

۶ ـ زاویه نوك خیلی تیز

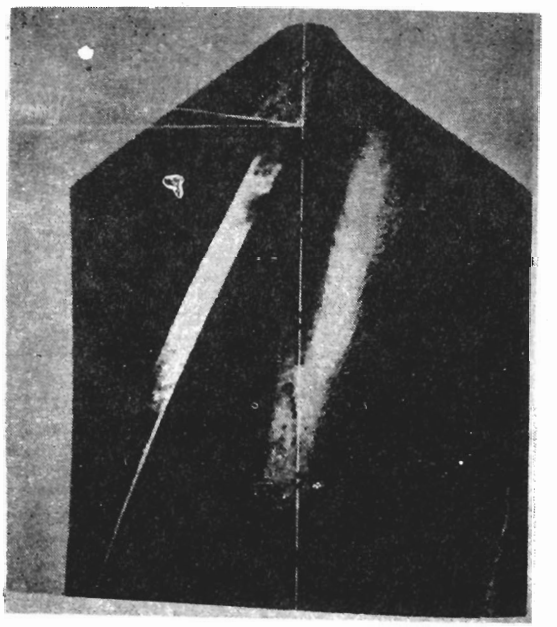
در این حال لبه برش بجای اینکه مستقیم باشد محدب خواهد بود . صافی سطح سوراخ خوب نیست وابزار سریعا" کند شده وبآسانی میشکند .

۷ ـ زاویه آزاد

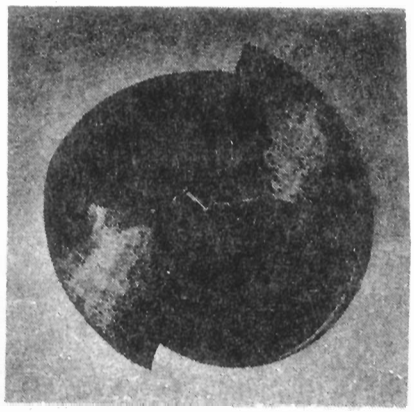
الف ـ زاویه آزاد کم

اگرنوك مته طوری تیز شده باشد که زاویه آزادآن خیلی کوچك باشد این امرمنجربه این خواهد شد که سطح واقع درپشت دیرتر ازلبه های برش باماده مته شونده تماس حاصل نماید . حتی جزئی ترین سایش درلبه های برش باعث افزایش سطح تماس باموادگردیده و منجربه افزایش قابل ملاحظه فشارمحوری میشود که این امرمیتواند به راحتی باعث شکسته شدن مته گردد . این امر همچنین میتواند توازی نبودن سوراخها رانیز موجب گردد . افزایش فشارمحوری باعث لنگی بیشتروموجب خسارت به ماشین خواهد شداگرمته طوری تیز شده باشد که دارای زاویه آزادمنفی مانندشکل ۱۰ باشدمته کاری غیرممکن خواهدبود واگربلافاصله مته کاری قطع نگردد . خسارت یابه ماشین ویابه خود مته وارد خواهد شد .

حتی اگرمته نشکند بطوریکه درشکل ۱۱ نشان داده شده خسارت خواهددید . خسارت نشان داده شده درشکل ۱۱ ناشی ازتیز شدن خیلی زیاد زاویه آزاد کناری میباشد (بخصوص در نزدیکی لبه مرده) کم بودن بیش ازحد زاویه آزاد کناری باعث افزایش فشارمحوری شده ومتجربه توقف ماشین ویاشکستن مته میگردد .



شکل ۱۰ ـ مته ای که دارای زاویه براده منفی است



شکل ۱۱ ـ عیبی که درمته ها بعلت کم بودن زاویه آزاد ایجاد میشود

ب ـ زاویه آزاد زیاد

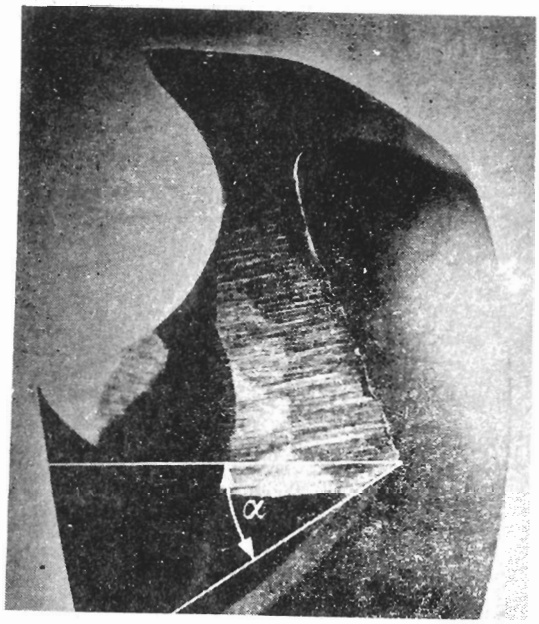
ازآنجائیکه بار در سرتاسر طول لبه برش یکی است وهمچنین ازآنجائیکه نقطه ای در پیرامون مته مسافتی بیشتر ازنقطه ای درلبه اسکنه ای میپیماید . لذا زاویه آزاد کناری بایستی بطورقابل ملاحظه ای درنزدیکی لبه اسکنه ای بیشتر ازپیرامون باشد. باناز ك شدن نادرست جان فشار محوری بقدری نسبت به نوك ضعیف شده مته زیاد میشود که منجربه شکستن مته میگردد .

این نوع خسارت ظاهربخصوصی دارد معمولا"قطعه ای بشکل مثلث درلبه اسکنه ای ازلبه مته جدامیشود واگربعد ازاین مته کاری ادامه پیداکند مته درامتداد مرکز میشکند .

شکل ۱۲ ـ یکی ازعیوبی که دراثر زاویه آزاد زیاد درمته ها بوجود می آید

زاویه آزادزیاد باعث تیز شدن لبه های برش مانند لبه های تیغ شده وبطورقابل ملاحظه ای باعث تضعیف لبه های برش میگردد . اندازه زاویه آزاد بستگی به قطرمته وجنس ماده مته شونده دارد . مته های باقطر کوچك بایددارای زاویه آزادبیشتری نسبت به مته های باقطربزرگ باشند ومواد نرم نیز احتیاج به زاویه آزاد بیشتری نسبت به مواد سخت دارند .

زاویه آزادبزرگ باعث میشود که درموقع مته کاری نوک مته تراشه شود . تراشه شدن نوک میتواند علل دیگری نیز داشته باشد . یکی ازمعمولیترین این علل درموقعی است که ماشین مته ثابت نبوده ویامحور ماشین دارای حرکت محوری است . درهردومورد باربطورقابل ملاحظه ای درزمانی که یك لحظه بیشتر ازسوراخ کاری نمانده بعلت برگشت ارتجاعی ناشی ازکم شدن فشار، زیادمیگردد



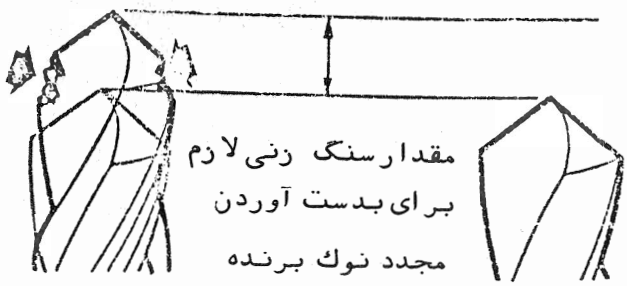
شکل ۱۳ ـ اثرنامطلوب زیادبودن زاویه آزاد

ب ـ عیوب ناشی ازکاربردنادرست

۱ ـ سرعت زیاد

درنتیجه سرعت زیاد گوشه های خارجی سائیده شده وبعلت سائیدگی زیاد وازبین رفتن نوك ، عمر مته خیلی کم خواهد شد . تغییر رنگ مته نشان دهنده سرعت زیاداست .

دراین حالت مقدارسنگ زنی لازم برای بدست آوردن مجدد نوك برنده زیاد بوده و ممکن است برای مته های معمولی وباقطر کوچك غیر اقتصادی باشد .

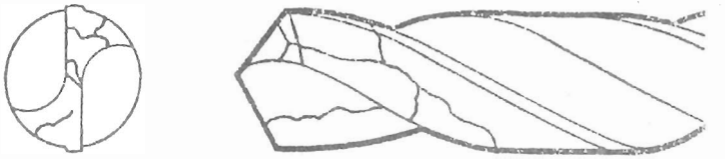


شکل ۱۴ ـ عیبی که دراثر سرعت زیاد بوجود می آید .

۲ ـ سرعت پیشروی زیاد

سرعت پیشروی زیاد باعث فشار زیادروی انتهای نوك برنده مته میشودکه این عمل باعث

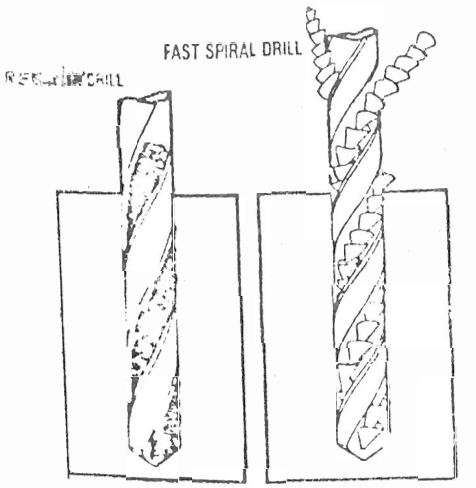
شکست لبه مرده (اسکنه ای) شده ودرنتیجه مته یامیشکند ویا ازوسط به دونیم میگردد .



شکل ۱۵ ـ مته ای که تحت بار زیاد قرار گرفته است

۳ ـ ازبین رفتن سختی نوك

وقتی براده برداری خوب نباشد وانتقال حرارت باندازه کافی نباشد ، نوك مته سختی خودرا ازدست میدهد ومیسوزد . این حالت معمولا" موقعی اتفاق می افتد که ازمته ای برای انجام کاری بطور غلط استفاده شود ویامواد خنك کننده کافی نباشد .



شکل ۱۶ ـ خروج براده ازشیارهای مته

۴ ـ ازبین رفتن نوك مته

وقتی بخواهیم سوراخی راگشاد کنیم بطوریکه تفاوت قطر سوراخ جدید وقدیم بسیار کم باشد مثلا ۱۸ و ۲۰ ، اگرعمل بایك مته بادولبه برنده وبکار گرفتن سرعت وبارپیشنهاد شده برای قطعه کارمعینی انجام شود دراین حالت گرمای زیادایجاد شده وممکن است محیط مته راذوب نماید . بعلت میزان کم براده برداری ، مقدارکمی ازحرارت توسط براده ها انتقال یافته وادامه عمل بعلت کاهش ندادن سرعت وبارموجب بروز حالت نشان داده شده درشکل ۱۷ میگردد .

درچنین حالتی که مقداربراده برداری کم است ریسك بزرگی باید کرد ، مخصوصا" بابار دستی ، مته به داخل سوراخ پرس شده بنابراین نمی تواند سریعا براده برداری کند وجا بگیرد . مته درداخل سوراخ بی حرکت شده وپس ازمدت کوتاهی معیوب میشود . وقتی بخواهیم درچنین حالتی مته کاری کنیم یك سرعت وبارخیلی کم تر ازحالت نرمال باید مورد استفاده قرار گیرد . قانون خوبی که برای این حالت درنظر گرفته شده وپیشنهاد میگردد

عبارتست از کاهش 50% در سرعت رباره پیشنهاد میگردد درچنین مواقعی ازیك مته راست، استفاده شود .

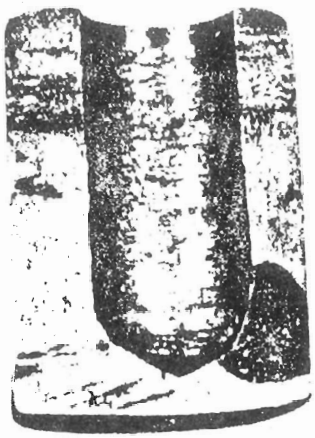
شکل ۱۷ ـ مته ای رانشان میدهد که دراثر چنین حالتی ازکار افتاده است .

سائیدگی سریع نوك

هرگاه ابزاربرش خیلی سریع سائیده شود معمولا" یکی ازفرض ها این است که مواد ابزارمعیوب بوده است . همچنین باید درنظر داشت که امکان دارد ماده قطعه کارمعیوب باشد . این موضوع بخصوص درمورد قطعات ریخته گری صادق است .

قطعه ریخته شده میتواند دارای ناخالصی هائی ویاحفره هایی باشد که منجربه ازبین رفتن سریع لبه های برش میگردد . موادنورد شده نیز ممکن است دارای ناخالصی هائی غیرفلزی باشند . دراین حالت شمش اولیه دارای ناخالصی بوده که پس ازنورد شدن درمحصول بدست آمده ناخالصی ها پخش شده اند .

شکل زیر قطعه ای رانشان میدهد که دارای یك ناخالصی بسیاربزرگ است .



شکل ۱۸

همچنین سائیدگی سریع ابزارهای برشی وازکارافتادن انها درکاربر روی قطعات ریخته ـ گری ممکن است به علت وجودسمنتیت ازاد درچدن خاکستری باشد که قابلیت تراش را

کم میکند . این حالت معمولا" درقطعات سبکی که سطح زیادی دارند وسریع سردمیشوند بوجود می آید زیرا سرد کردن سریع موجب پیدایش مقدارخیلی کمی گرافیت میگردد .

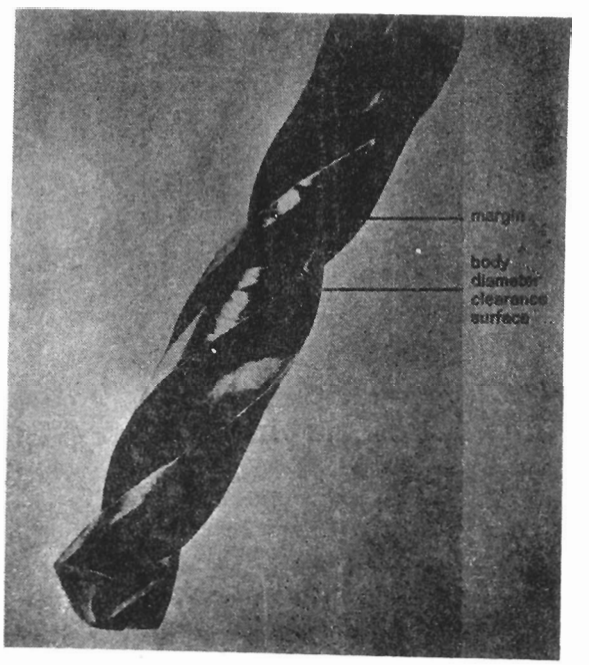
یکی ازمهمترین عواملی که درشبکه وخواص چدن ریخته شده تاثیر دارد مقدارنسبت کربن به سیلیسیم است . زیرا سیلیسیم قوی ترین گرافیت کننده چدن است وازاین نظر هیچ عنصری مانند آن عمل نمیکند وبهمین علت ریخته گرباید مقطع وخواص جسم ریخته شده رابا نسبت کربن به سیلیسیم وهمچنین اندازه جسم ریخته شده تغییر بدهد

بطورکلی برای چدن هائی که کربن زیاددارندسیلیسیم کمتروبرای چدن هائیکه کربن کمتردارندسیلیسیم بیشتری باید مصرف کرد . چدن خاکستری پراستقامت شبکه پرلیتی داشته وکربن گرافیتی آن بصورت ذرات ریز ویکنواخت درسراسرچدن پخش شده است . چدنهای پراستقامت خاکستری معمولا" کربنشان کم ودرحدود ۲/۵٪ تا ۲/۶۵٪ وسیلسیم آنها حدود ۱/۵٪ تا ۱/۷ ٪ است .

۲ ـ شکست وازکارافتادگی ازناحیه فاز وبدنه مته ها

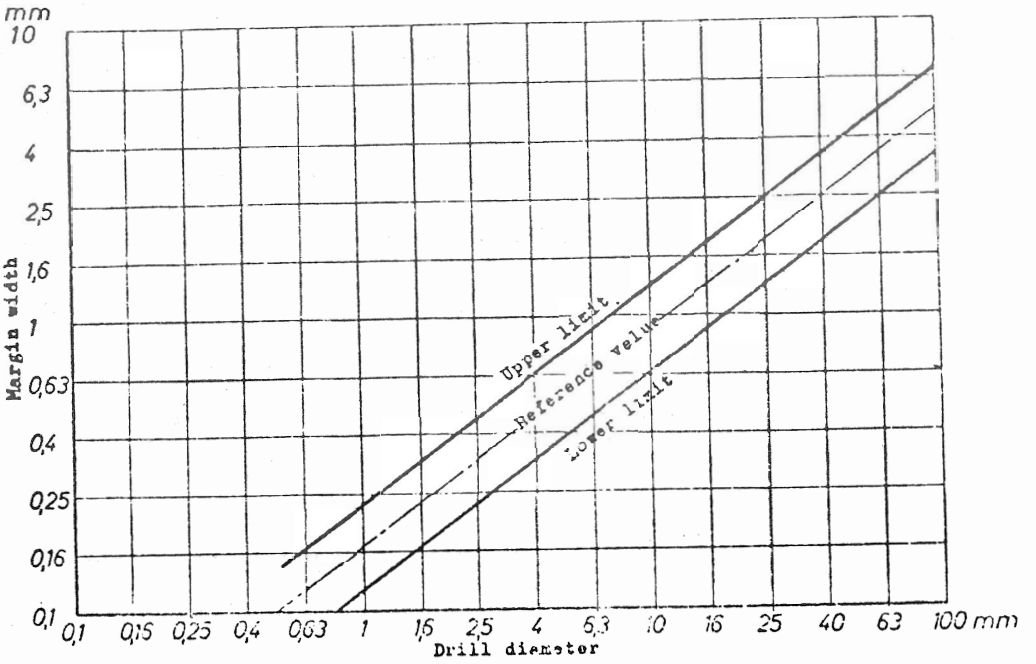
نامساوی بودن زوایای لبه برنده مته باعث میشود که مته به دیواره سوراخ فشارآورده و درنتیجه ازناحیه فاز سائیده شود . این سایش درصورتی که زیاد شود باعث میشود نه تنها فاز مته که جهت کم کردن اصطکاک بین بدنه مته ودیواره سوراخ در روی بدنه مته ها ایجاد میشود ازبین برود بلکه ممکن است باعث سایش بدنه مته نیز شود .

ودرصورتی که خسارت وارده زیادنباشد میتوان مته راتعمیر نمود هرچه مته درازتروباریکتر باشد امکان چنین خسارتی بیشتراست . درشکل زیرچنین خسارتی نشان داده شده است .



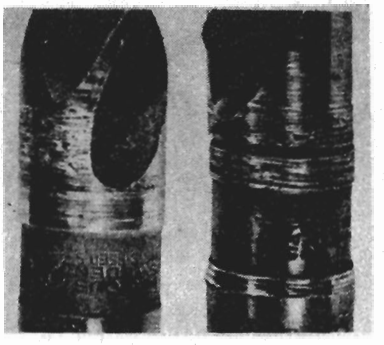
شکل ۱۹ ـ سائیدگی درفاز مته ها

اندازه فاز بستگی به قطر مته داشته وهرچه قطر بیشتر شود پهنای فاز نیز بیشتر میگردد . در شکل ۲۰ دیاگرام بین قطر مته وپهنای فاز برای مته هائی تاقطر ۱۰۰ میلیمترنشان داده شده است



شکل ۲۰ ـ رابطه بین قطر وپهنای فـــاز

نوع خسارتی که درشکل ۲۱ نشان داده شده است معمولا" بعلت درگیر شدن براده ها بیـــن شیارهای مته ودیواره سوراخ ویابوش بوده ، دراین حالت عمق سوراخ ازطول مته بزرگتر است وبعلت عدم توجه وفرونمودن تمام طول بدنه به داخل سوراخ براده ها درشیارهاحبس شده ودر نتیجه آن مته شل شده وازناحیه بین بدنه وساقه ویادنباله میشکند .



شکل ۲۱ ـ درگیری براده بابدنه مته وسائیده شدن بدنه مته رانشان میدهد .

۲ ـ قلاب کردن مته بعلت زیادشدن اصطکاک

هنگامیکه یک ماده نرم مثلا" ورق آهن بامقدارکربنی کمتراز ۰/۲٪ مته میشود مقداری از آهن بعلت گرمای زیاد به لبه ونشیمنگاه مته هامی چسبد درصورتیکه درتیز کاری مجدد ایـــن قشر باعمل سنگ زنی برداشته شود ودراین عمل نشیمنگاه مته نیز سنگ زنی گردد وقطر آن کاهش یابد دراستفاده مجدد ، مته درداخل سوراخ قلاب کرده ومیشکند .

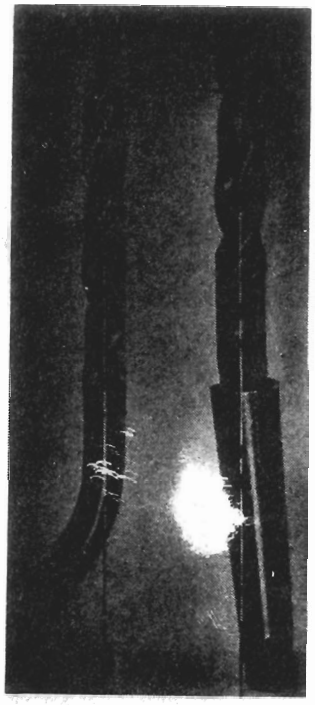
شکل ۲۲ مته ای رانشان میدهد که بعلت سنگ زنی قطر آن درقسمت نوك کم شده است برای جلوگیری کردن ازچنین حالتی بهتر است ازیك سوهان که نباید کاملا"نوباشد استفاده کرده وبراده های چسبیده به مته راازآن جداکنیم .

شکل ۲۲

۳ ـ شکست وازکارافتادگی ازناحیه ساقه

۳ ـ شکست وازکارافتادگی ازناحیه ساقه

مته های خمیده درکارگاهها منظره ای غیرعادی نیستند . این گونه خسارت هم به مته هائی که دارای ساقه استوانه ای هستند وهم به مته هائی که دارای ساقه مخروطی هستند واردمیشود . میتوان گفت که این مته ها تحت نیروهای جانبی بیش ازحد قرارگرفته اند که ناشی ازبی دقتی درکاربرد آنها بوده است . بعضی مواقع نگه داشتن ثابت یك ماشین مته دستی دردست غیرممکن است . دراین صورت نیروهای جانبی میتواند بقدری زیاد شود که باعث خم شدن مته ویاشکستن آن گردد . اگرمته درقطعه کاری که بطور شل بسته شده است درگیری پیداکند امکان دارد که قطعه کارشروع به دوران کند . اگراین دوران باسرعت مته مساوی باشد نیروی گریز از مرکز بقدری افزایش خواهد یافت که باعث خم شدن مته خواهد شد . همچنین اگرقطعه کارباچیزی تصادم کند نتیجه همان خواهد بود . درمته هائی که دارای ساقه استوانه ـ ای هستند بایستی فك های سه نظام بلافاصله دربالای قسمت انتهائی شیارهادورساقه بسته شوند درصورتیکه قسمت زیادتری ازساقه استوانه ای درسه نظام بسته شود احتمال خمیدگی مته بمیزان قابل توجهی کم میگردد . همچنین امکان خمیدگی مته ها بطرق دیگر نیز که ناشی ازعدم دقت صحیح درکاربرد آنها میگردد زیاد است .

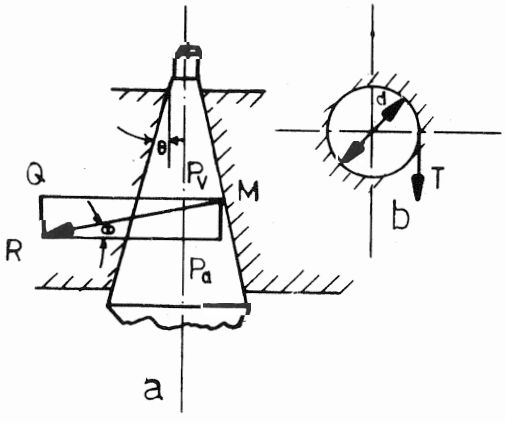


شکل ۲۳ ـ مته ای که تحت تاثیر نیروی جانبی زیاد خم شده است

۴ ـ شکست و از کار افتادگی از ناحیه دنباله

درگیری خوب مته ای که دارای ساقه مخروطی است با محور ماشین مته امری ضروری است زیرا مرس مته و مرس داخلی ماشین ابعاد صحیحی دارند . عیوبی که در این قسمت بوجود می آید ناشی از حمل و نقل و عدم کاربرد صحیح مته میباشد .

زیرا باید درنظر داشت که دنباله هایی که در انتهای ساقه مخروطی مته ها است فقط برای خارج کردن مته از مرس محور ماشین است . زاویه مخروط مرس بقدر کافی تیز است که عمل یك گوه را انجام دهد . وقتی نیرو به مخروط وارد میشود عمل این گوه یا چسبندگی آن بیش از آنچه که لازم است خوب میباشد . برای اینکه مته را از محور ماشین جدا کنیم نیروئی لازم است که باید از بالا به پائین به دنباله وارد شود این نیرو توسط گوه سوراخکاری وارد میشود .



شکل ۲۴

نیروی نرمال R درنقطه M از سطح مخروط که نتیجه دونیروی محوری Pa ونیروی Q عمود بر محورمیباشد برابر است با

$$R=\frac{P_a}{\sin\theta}$$

ونیروی اصطکاکی روی سطح مخروط با استفاده ازفرمول زیر تعیین میگردد .

$$T=\mu \cdot R$$

که ضریب اصطکاك ومقدار آن برای فولاد سخت کاری شده $\mu=0.096$ است گشتاور این نیروی اصطکاکی برابر است با

$$M_t=\frac{Td_m}{2}=\frac{\mu P_a d_m}{2\sin\theta}$$

درصورتیکه خطای ناشی ازساخت قسمت مخروطی نیز درنظر گرفته شود میتوان نوشت

$$M_t=\frac{P_a}{\sin\theta}\,\frac{d_m}{2}\,(1-0.04\,\Delta H)$$

که ΔH مجموع خطای ساخت برحسب دقیقه در روی مرس میباشد .

وقتی فشارمحوری P_a ناچیز باشد مته ازجای خودش خارج میگردد . میتوان گفت که علت همه گسیختگی دنباله ها عدم چسبندگی یا اصطکاك غیر کافی درمحوریا غلاف وچرخش مرس مته درداخل مرس ماشین است . این عدم چسبندگی ناشی ازعلل زیر است :

۱ ـ برآمدگی یاخسارت دیگر روی مخروط خارجی ویادرمخروط داخلی محوریاغلاف ماشین

۲ ـ سطح کثیف مخروط

۳ ـ روغنی بودن (چرب بودن) سطح مخروط

۴ ـ محکم مونتاژ نشدن درمحوریاغلاف ماشین (فشارمته کاری معمولا مته رادرجای خودش دش مینشاند ولی خسارت وارده به دنباله ممکن است قبل ازاین جانشینی انجام گیرد) لذالازم است قبل ازاستفاده ازمته بوسیله فشارآوردن روی یك قطعه چوب ویا یك ماده نرم دیگری که در روی میز ماشین است مته جایگزین گردد .

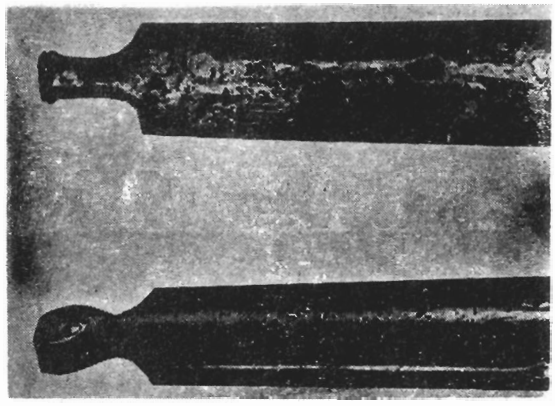
۵ ـ خمیدگی ویا تغییر شکلهای دیگر ساقه مخروطی

۶ ـ گشاد کردن یك سوراخ با مته بطوریکه تفاوت بین قطر سوراخ قبلی وجدید درحدود ۲ برابر ضخامت فازمته باشد .

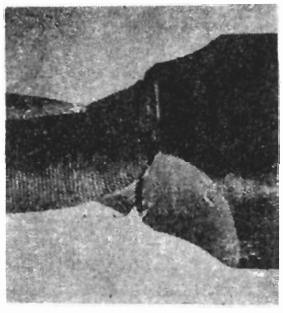
۷ ـ درگیر شدن براده بین مته ودیواره سوراخ ویابوش راهنما

۸ ـ زیاد بودن عمق سوراخ ازطول شیارهای مته (مته کاری سوراخهای عمیق) . تمام این حالات ویاهرگونه عاملی که برگشتاور اصطکاکی غلبه کند سبب میگردد که مته شل شده و دنباله مته تمام گشتاورمته کاری راانتقال دهد . باوجود اینکه استحکام پیچشی دنباله مته درحالت معمولی تحت بار ساده کافی است زیراجنس ساقه معمولا فولاد فنراست که تحت عملیات حرارتی قرارگرفته وسختی آن درحدود 30HRC است ولی بعلت قرارگرفتن تحت

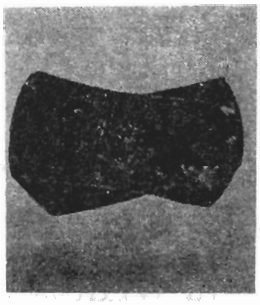
بارهای تکراری در اثر خستگی می شکند ویا وقتی مته در هنگام مته کاری بعلت درگیری براده ها در شیار مته در سوراخ گیر کند مته شل شده ونتیجه این خواهد بود که دنباله تمام جرم، گردنده ماشین را متحمل میشود ، که این امر نیز منجر به پیچش دنباله وبریدن آن میگردد . در اشکال زیر انواع این حالات که منجر به از کار افتادگی میشوند نشان داده شده است .



شکل ۲۵ ـ پیچیدگی دنباله بعلت خرابی ساقه

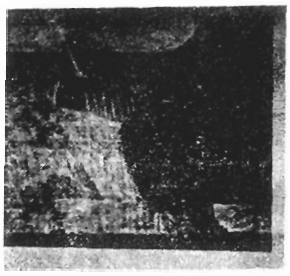


شکل ۲۶ ـ نشان میدهد که دنباله چه اندازه قبل از شکستن پیچیده است . این مته تحت گشتاور فوق العاده زیادی قرار گرفته است



شکل ۲۷ ـ سطح شکست را روی دنباله نشان میدهد این خسارت در اثر پیچش بوجود آمده ودراین نمونه هیچگونه عیب وایرادی روی قطعه وساخت آن وجود نداشته است .

شکل ۲۸ ـ تصویری از دنباله را نشان میدهد که توسط اشعه X از ناحیه غلاف گرفته شده است



شکل ۲۹ ـ اثری بعمق نیم میلیمتر که باعلامت C مشخص شده در کلاهك دیده میشود که بعلامت ایجاد شده روی دنباله مربوط میگردد سختی کلاهك HB 240 میباشد این تاثیر در اثر فشار دنباله ساقه بوده است واضح است که نیروی زیادی در این عمل وجود داشته است

مته بادنباله شکسته اغلب دور انداخته میشود زیرا بعضی مواقع لازم نیست اما وقتی ابـــزار مخصوص ویاقطر آن بزرگ باشد آسان است که توسط یکی از روشهای ذکر شده تعمیر شـود

۱ ـ استفاده ازغلاف های مخصوص طرح شده برای این مقصود

۲ ـ تقلیل طول مخروط بوسیله سنگ زنی روی یك دنباله جدید که در این صورت به یك غـلاف (کلاهك) جدید نیز احتیاج است . زیرا سطح لازم برای درگیری (اصطکاك) کم میشود .

۳ ـ اگر مغز مرس زیاد ازاندازه سخت نباشد میتوان آن رامته وقلاویز کرد ویك دنبالـــه جدا شدنی رابطورصحیح جانشین کرد .