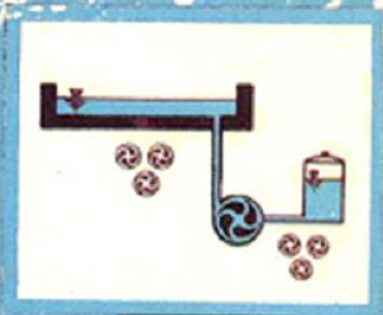
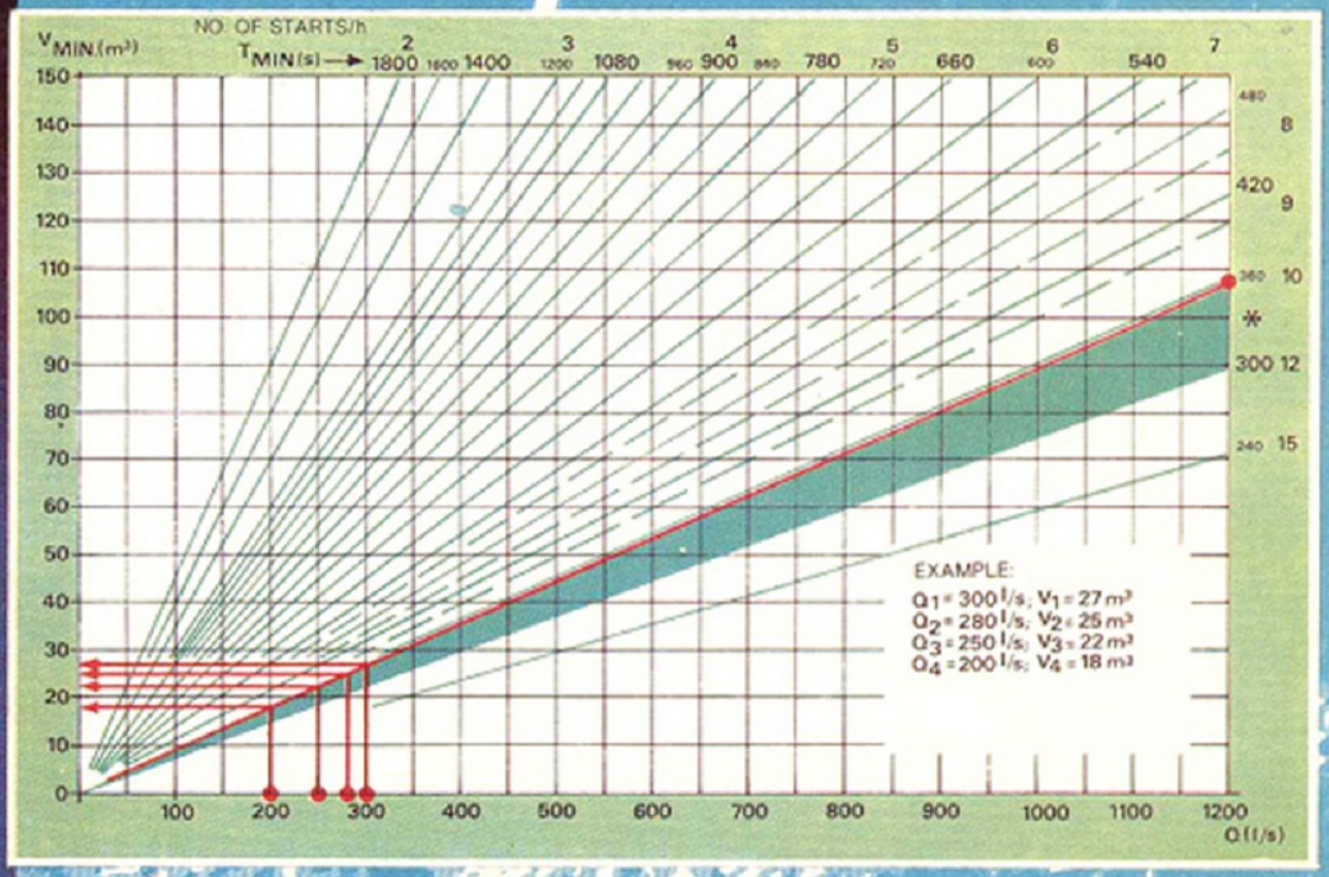
پمپ

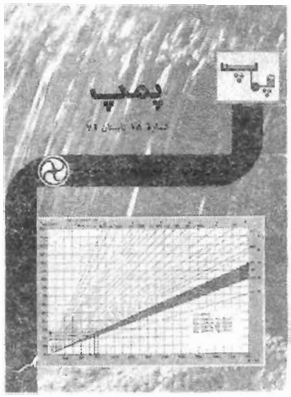
شمارهٔ ۱۸ تابستان ۷۲



نشریهٔ فنی آموزشی شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران (سهامی عام)



نشریهٔ فنی آموزشی پمپیران
شماره ۱۸
تابستان ۷۲



طرح روی جلد مربوط به مقالهٔ
صرفه‌جویی در هزینه‌های احداث ایستگاه پمپاژ

نام نشریه : پمپ
صاحب امتیاز : شرکت صنایع پمپ سازی ایران - پمپیران (سهامی عام)
مدیر مسئول : مهندس میر بیوک احقاقی
سردبیر : مهندس اکبر اسماعیلی ترکانپوری
هیئت تحریریه : گروه مهندسین و متخصصین شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران
حروفچینی انتشارات گلباد ✆ ۳۴۴۸۵۷
لیتوگرافی نگار - چاپ رضائی

نشانی نشریه . تبریز - قراملک مجتمع ماشین‌سازی تبریز - صندوق پستی ۱۳۵ - ۵۱۸ شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران - دفتر مدیر مسئول نشریهٔ پمپ تلفن : ۹ - ۸۰۸۰۵۶

بسم‌الله الرحمن الرحیم

در این شماره میخوانید :

صرفه‌جویی در هزینه‌های احداث ایستگاه پمپاژ
مهندس اکبر اسماعیلی ترکانپوری..... ۱
آنالیز رفتار پمپهای سانتریفوژ در عمل
مهندس حمدالله سمندری..... ۱۹
مواد خنک‌کننده در عملیات براده‌برداری
مهندس محمدرضا حیدری..... ۳۶
نقش پاشش پلاسمائی در صنعت پمپ‌سازی
مهندس کریم حسن‌پور مقدم..... ۵۵
مواد مورد مصرف در آببندهای مکانیکی
مهندس جواد حسین پورفیضی..... ۶۱

شرایط درج مقاله در نشریهٔ پمپ

۱ - مطالب مقاله باید فنی ، صنعتی و علمی بوده و به طریقی با طراحی ، تولید و یا کاربرد پمپ مربوط باشد .

۲ - مقالهٔ ارسالی بایستی قبلاً در هیچ نشریهٔ داخلی چاپ نشده باشد .

۳ - مطالب ارسالی باید حتی‌المقدور با ماشین تایپ گردیده و در غیراینصورت با خط خوانا در یک طرف کاغذ A4 نوشته و ارسال گردند .

۴ - به همراه مقاله بایستی اصل یا کپی اوّل عکسها ، شکلها و نمودارهای مربوط به مقاله ارسال گردند . مدارک موردنظر بایستی از کیفیت تصویری مطلوبی برای چاپ برخوردار باشند .

۵ - محل عکسها و شکل‌های مورد استفاده در متن مقاله مشخص شده باشند .

۶ - عنوان مقاله با در نظرگرفتن فواصل بین کلمات از دو سطر تجاوز ننماید .

۷ - چکیدهٔ مقاله از حدود یک صفحهٔ کاغذ A4 تجاوز ننموده و بایستی حاوی نکات اصلی و نتایج مقاله باشد . به طوری که بتوان آنرا جداگانه چاپ نمود .

۸ - در پایان مقاله فهرست منابع مورد استفاده قید گردد .

۹ - عنوام مقاله ، نام و نام خانوادگی و درجهٔ تحصیلی ، شغل و آدرس کامل مؤلف یا مترجم در صفحهٔ اوّل مقاله قید شود .

ضمناً چون مسئولیت صحت مطالب مقاله بعهدهٔ نویسندهٔ آن است لذا هرگونه تغییر و ویرایش در متن مقاله جهت تأیید نهایی نویسنده قبل از چاپ ارسال خواهد شد .

* در صورت هرگونه تغییر در آدرس خودتان ، مسئولین نشریه را در جریان امر قرار دهید .

* اگر مایل به دریافت مستمر نشریه پمپ هستید . لطفاً "فرم درخواست اشتراک نشریهٔ پمپ " را پر نموده و به آدرس نشریه ارسال نمائید ./

دانشگاهیان ، محققین ، مهندسین ، صنعتگران و هموطنان گرامی :

نزدیک به یک دهه است که شرکت پمپیران افتخار دارد تنها نشریهٔ فنی آموزشی مرتبط با پمپ را در ایران منتشر نماید . هدف از انتشار این نشریه بالا بردن آگاهی علمی و فنی پرسنل شرکت و سایر هموطنان در ارتباط با مسائل پمپ و پمپاژ می‌باشد . تاکنون هیئت تحریریهٔ نشریه پمپ تلاش نموده تا با ارائه مقالاتی در رابطه با طراحی ، ساخت ، مونتاژ ، نصب و بهره‌برداری پمپ‌ها ، ایستگاههای پمپاژ و مطالب مرتبط با صنعت پمپ‌سازی هموطنان عزیز را یاری رساند . به این مسئله نیز واقفیم که بدون برخورد فعال شما عزیزان با نشریهٔ پمپ کار ما کم ثمر بوده و به انتقادات و پیشنهادات سازندهٔ شما نیازمندیم . نشریهٔ پمپ دست همکاری شما را می‌فشارد . لطفاً با ارائه مقالات خود در هر چه بهتر نمودن کیفیت مطالب ، ما را یاری رسانید .

سردبیر

بسمه تعالی

فرم درخواست اشتراک نشریهٔ پمپ

اینجانب ..... دارای شغل ..... شاغل در.....

به نشانی : .....

مایل به اشتراک نشریهٔ پمپ می‌باشم و رسید بانکی پرداخت مبلغ ۱۶۰۰ ریال حق اشتراک یکساله راکه به حساب شمارهٔ ۵۰۰۵ بانک ملت شعبه مرکزی تبریز واریز نموده‌ام به ضمیمه ارسال می‌نمایم . تقاضا دارم نشریهٔ پمپ را بنشانی فوق ارسال نمائید .

امضاء

PUMPIRAN

صرفه‌جویی در هزینه‌های احداث ایستگاه پمپاژ

(قسمت اول)

مهندس اکبر اسماعیلی ترکانپوری
شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران
امور پروژه‌های آبرسانی

□ مقدمه :

تجربه نشان داده است که برای احداث ایستگاههای پمپاژ با پمپ‌های کف‌کش شناور و عمر بیش از ۱۰ سال ، هزینه‌های مربوطه [1] مطابق شکل (۱) به صورت زیر طبقه‌بندی می‌گردد :

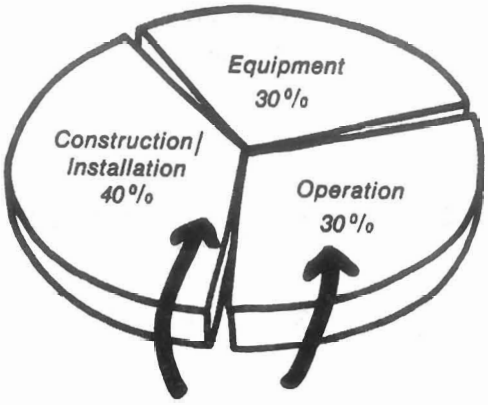
۱ ـ هزینهٔ تجهیزات ۳۰ %
۲ ـ هزینهٔ نصب و اجرا ۴۰ %
۳ ـ هزینهٔ بهره‌برداری ۳۰ %

با یک نگاه دقیق چنین بر می‌آید که نصف هزینه‌های اجرا و نصب مربوط به احداث چاهک مکش [2] و نصف هزینه‌های بهره‌برداری نیز مربوط به هزینه انرژی مصرفی می‌باشد . بنابراین احداث چاهک مکش و انرژی مصرفی ایستگاه در کنار هم نزدیک به ۴۰ % کل هزینهٔ احداث ایستگاه را به خود اختصاص می‌دهند .

---

۱ درصدهای فوق از طرف یکی از سازندگان پمپ در مورد ایستگاه پمپاژ با پمپ‌های کف‌کش شناور ارائه گردیده و در مورد ایستگاههای دیگر که نیاز به تجهیزات ساختمانی ، مکانیکی و الکتریکی بیشتری دارند صدق نمی‌کند .

2 pump sump



There is money to be saved here !

(شکل ۱)

اگر ترتیب مناسبی از نظر روشن و خاموش شدن، برای پمپهای یک ایستگاه در نظرگرفته شود، می‌توان با احداث چاهک مکشی که دارای حجم بهینه است هزینهٔ احداث ایستگاه پمپاژ راکاهش داد.

▣ محاسبهٔ مینیمم حجم مفید چاهک مکش در یک ایستگاه پمپاژ:

دو فاکتور مهم و اصلی در محاسبهٔ مینیمم حجم مفید چاهک مکش مؤثرند. این دو فاکتور عبارتند از:

۱ - هیدرولیک مربوط به ایستگاههای پمپاژ.

۲ - تعداد استارت الکتروموتور پمپ در هر ساعت.

مطابق شکل ۲ یک دستگاه الکتروپمپ در سطح 0 خاموش و در سطح 1 روشن می‌شود. اگر تعداد استارت الکتروپمپ در هر ساعت (start/h) را n در نظر بگیریم و زمان تناوب استارت آنرا T بنامیم خواهیم داشت:

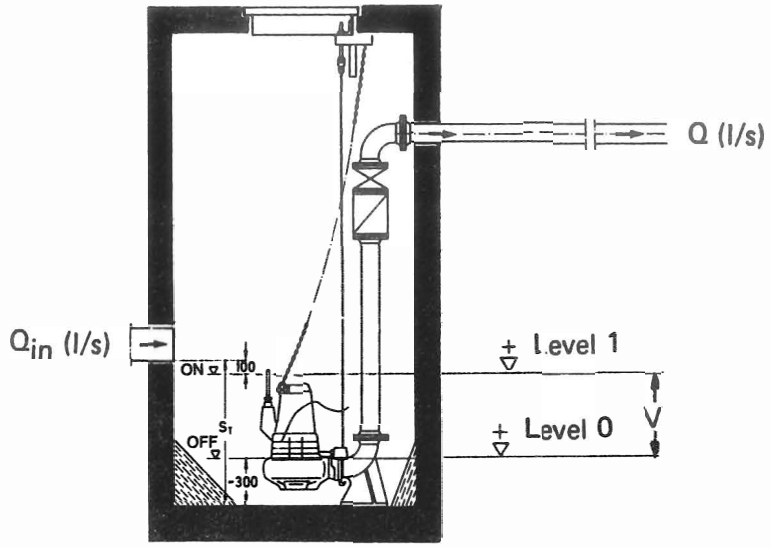
$$T = 3600/n \qquad (۱)$$

که در آن:

T – زمان تناوب استارتها برحسب ثانیه [s]

n – تعداد استارت الکتروپمپ در هر ساعت.

3600 – یک ساعت برحسب ثانیه می‌باشد.



(شکل ۲)

اگر در هر پریود زمانی T، زمان خاموش بودن پمپ را t_s و زمان روشن بودن آنرا t_p بنامیم با توجه به شکل ۳، خواهیم داشت:

$$T = t_p + t_s \qquad (۲)$$

T و t_s و t_p بر حسب ثانیه می‌باشند.

در شکل ۳، Q_{in} دبی ورودی به چاهک مکش و Q دبی پمپاژ از چاهک مکش بر حسب لیتر بر ثانیه می‌باشند.

اگر حجم مفید چاهک‌مکش را V [لیتر] در نظر بگیریم و دبی ورودی (Q_{in}) به چاهک مکش، حجم V را در مدت زمان خاموش بودن الکتروپمپ (t_s) پر نماید خواهیم داشت:

$$Q_{in} = V/t_s$$

$$t_s = V/Q_{in} \qquad (۳)$$

موقعی که الکتروپمپ روشن می‌شود، بایستی مقدار حجم V سیال که در مدت زمان t_s چاهک‌مکش را پرکرده باضافهٔ حجم سیالی که در زمان t_p با دبی Q_{in} وارد ایستگاه شده را پمپاژ نماید. بنابراین اگر دبی پمپ Q باشد رابطه زیر را خواهیم داشت:

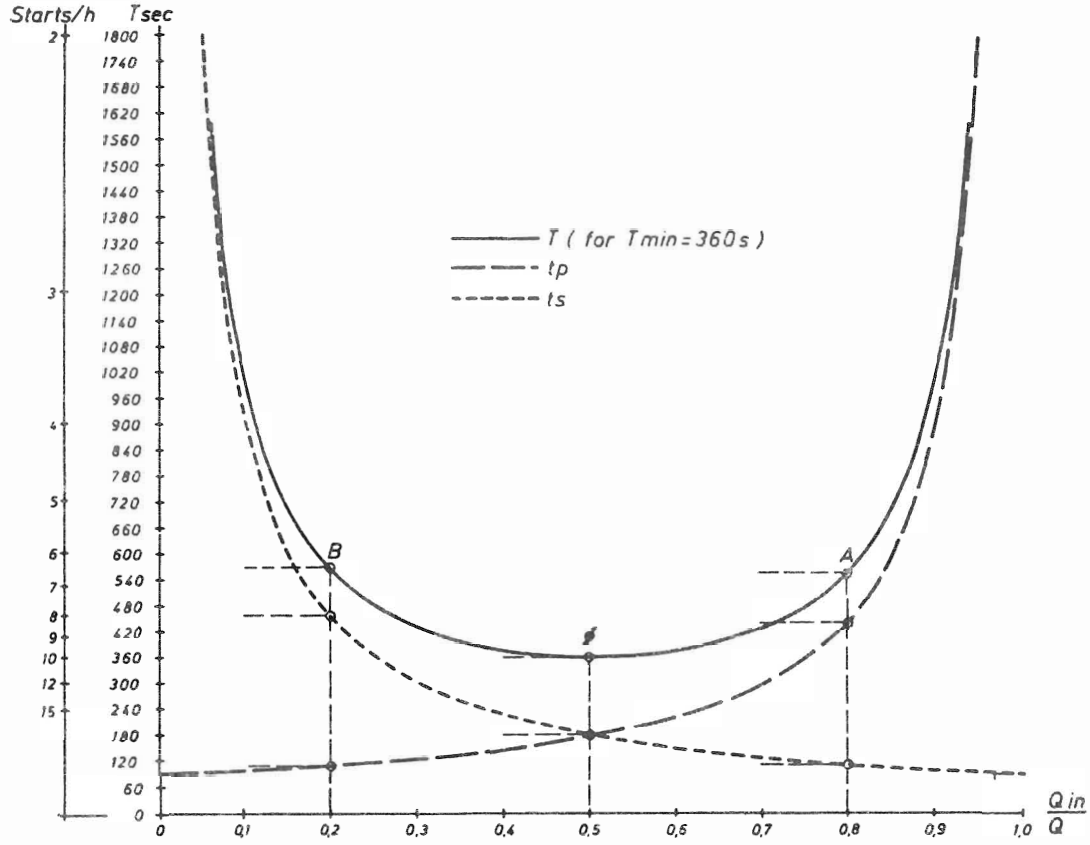
$$Q = \frac{V + V_{in}\,(\,at\ t_p\,)}{t_p}$$

$$t_s = \frac{V}{Q_{in}} = \frac{V/Q}{(Q_{in}/Q)} = \frac{V}{Q}\left[\frac{1}{(Q_{in}/Q)}\right]$$

$$t_p = \frac{V}{Q - Q_{in}} = \frac{V/Q}{1 - (Q_{in}/Q)} = \frac{V}{Q}\left[\frac{1}{1 - (Q_{in}/Q)}\right]$$

$$T = t_s + t_p$$

شکل (۴) منحنی t_s و t_p را برحسب $\frac{Q_{in}}{Q}$ نشان می‌دهد . منحنی T برحسب $\frac{Q_{in}}{Q}$ با جمع دو منحنی t_s و t_p رسم گردیده است. چنانکه ملاحظه می‌کنیم در نقطهٔ $\frac{Q_{in}}{Q} = 0.5$ یعنی $Q = 2Q_{in}$، زمان تناوب استارتها (T)کمترین مقدار خود را دارا می‌باشد . بنابراین تعداد start/h بیشترین مقدار خود را خواهد داشت .



(شکل ۴)

همچنین در حالت $\frac{Q_{in}}{Q} = 0.5$، زمان t_s برابر t_p خواهد بود زیرا مطابق شکل ۳ در حالت کلی داریم :

$$Q_{in} \cdot T = Q \cdot t_p$$

با اعمال شرط $\frac{Q_{in}}{Q} = 0.5$ خواهیم داشت : $\frac{T}{t_p} = \frac{Q}{Q_{in}}$

$$\frac{t_p + t_s}{t_p} = 2$$

$$1 + \frac{t_s}{t_p} = 2$$

$$\frac{t_s}{t_p} = 1 \quad \Rightarrow \quad \boxed{t_s = t_p}$$

در شکل ۴ ، تعداد start/h را برابر ۱۰ فرض نموده و مقدار T_{min} برابر شده است با :

$$T_{min} = 3600/n = 3600/10 = 360 \ [\ s\ ]$$

▣ جمع‌بندی :

در یک ایستگاه پمپاژ در مدتی که $Q = 2Q_{in}$ است :

۱ - زمان تناوب استارتها (T) کمترین مقدار خود را دارد .

۲ - در نتیجه تعداد start/h بیشترین مقدار خود را دارد .

۳ - در هر پریود زمانی T ، مدت زمان خاموشی پمپ (t_s) برابر مدت زمان کار پمپ (t_p) است .

با توجه به شکل ۴ ، به ازاء دبی ثابت پمپ (Q = Const.) اگر جریان ورودی به چاهک مکش کاهش یا افزایش یابد تعداد start/h پمپ کاهش پیدا خواهد کرد .

شرکت‌های سازندهٔ الکترو پمپ برای محصولات خود تعداد start/h معینی را توصیه می‌کنند تا الکترو پمپ بدون مشکلات مکانیکی و حرارتی با اطمینان کامل کار بکند . شرکت پمپیران برای الکتروپمپ‌های شناور خود جدول زیر را پیشنهاد نموده است .

قدرت الکتروموتور پمپ برحسب کیلووات	فاصلهٔ زمانی استارتها (T) برحسب ثانیه	start/h
تا ۳ کیلووات	۱۸۰	۲۰
از ۳/۷ الی ۷۳/۵ کیلووات	۲۴۰	۱۵
بالای ۷۳/۵	۳۶۰	۱۰

« ارقام فوق برای الکتروموتورهای دو قطبی است »

شرکت KSB آلمان برای پمپ‌های شناور لجن‌کش (تیپ KRT) زیر 11 KW خود تعداد 30 *start/h* و بالاتر از آن 20 *start/h* را توصیه نموده است .

مثال ۱ :

اگر متوسط دبی ورودی به یک ایستگاه پمپاژ در ۲۴ ساعت برابر [*l/s*] 100 بوده و تعداد استارتها در هر ساعت ($n = ۱۰$) باشد . دبی پمپ مورد نیاز و حجم بهینهٔ چاهک مکش را بدست آورید .

$$Q = 2Q_{in}$$

$$Q = (2)(100) = 200 \ [l/s]$$

$$T_{min} = 3600/n = 3600/10 = 360 \ [s]$$

$$V_{min} = \frac{T_{min} \cdot Q}{4} = \frac{(360)(200)}{4} = 18000 \ [l] = 18 \ [m^3]$$

تذکر :

اندازه و تعداد پمپ‌های مورد نیاز ایستگاه پمپاژ با توجه به متوسط جریان ورودی در ۲۴ ساعت ، ماکزیمم جریان ورودی ، حجم ذخیره سازی و غیره .... تعیین می‌گردد .

□ مطالعهٔ ایستگاه پمپاژ با ترتیب عملکرد متفاوت الکتروپمپ‌ها :

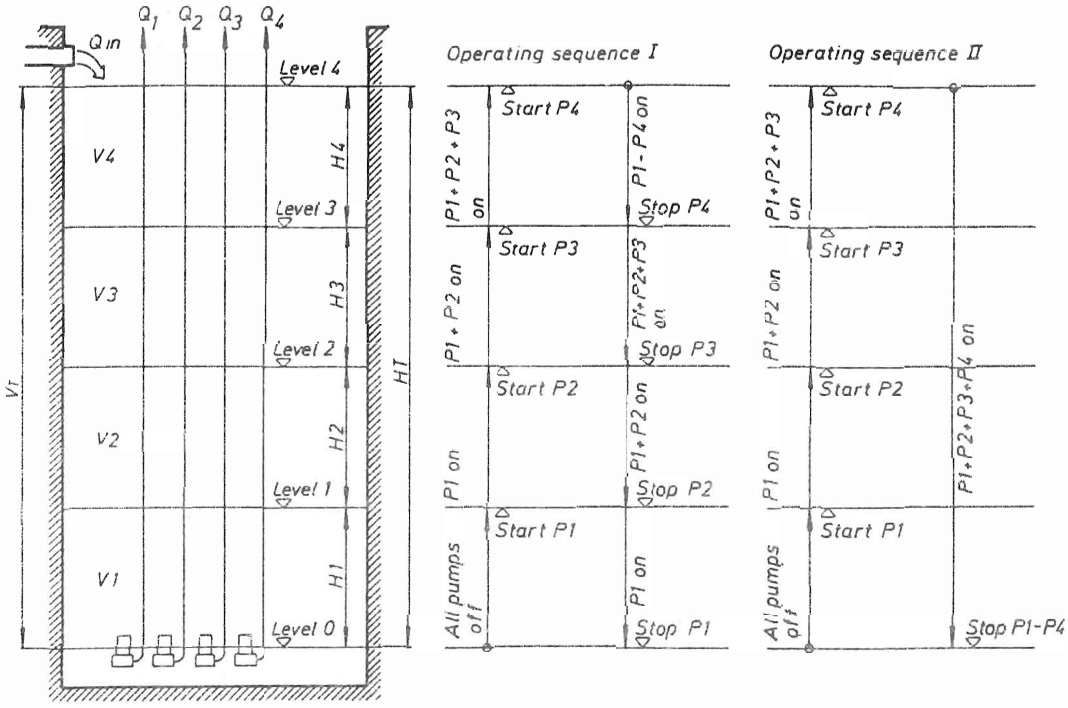
در ایستگاههای پمپاژی که شامل چندین الکترو پمپ موازی و احیاناً مشابه هستند عملکرد الکتروپمپ‌ها به لحاظ ترتیب خاموش و روشن شدنشان می‌تواند متفاوت باشد . به طور مثال مطابق شکل ۵ چهار دستگاه الکتروپمپ موازی که به ترتیب دبی‌های Q_1 و Q_2 و Q_3 و Q_4 را پمپاژ می‌کنند، نصب گردیده‌اند . حال دو نوع عملکرد برای الکتروپمپ‌ها را از نظر ترتیب روشن و خاموش شدن آنها بررسی می‌کنیم که در هرکدام از آنها حجم چاهک مکش متفاوتی محاسبه خواهد شد .

▣ ترتیب عملکرد I:

در ترتیب I ، الکتروپمپ‌ها به‌ترتیب در سطوح معینی از سیال روشن شده و در جهت معکوس و به ترتیب خاموش می‌گردند . در این روش جریان یکنواختی از سیال وجود خواهد داشت و برای سیالاتی ترجیح داده می‌شود که به منظور ارسال به تجهیزات مربوط به عملیات دفع فاضلاب ، پمپاژ می‌گردند .

▣ ترتیب عملکرد II :

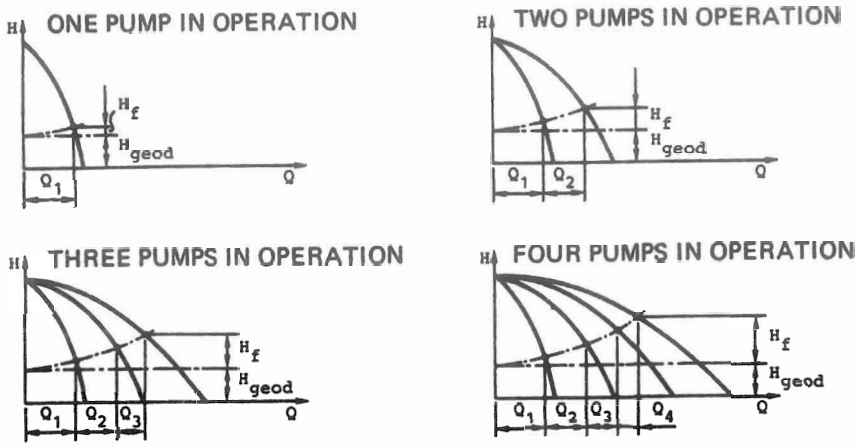
در ترتیب II، الکتروپمپ‌ها به‌ترتیب در سطوح معینی از سیال روشن شده و همهٔ آنها تا مادامیکه سطح سیال به پایین‌ترین حد خود نرسیده است روشن بوده و در پایین‌ترین سطح سیال همگی با هم خاموش می‌شوند .



(شکل ۵)

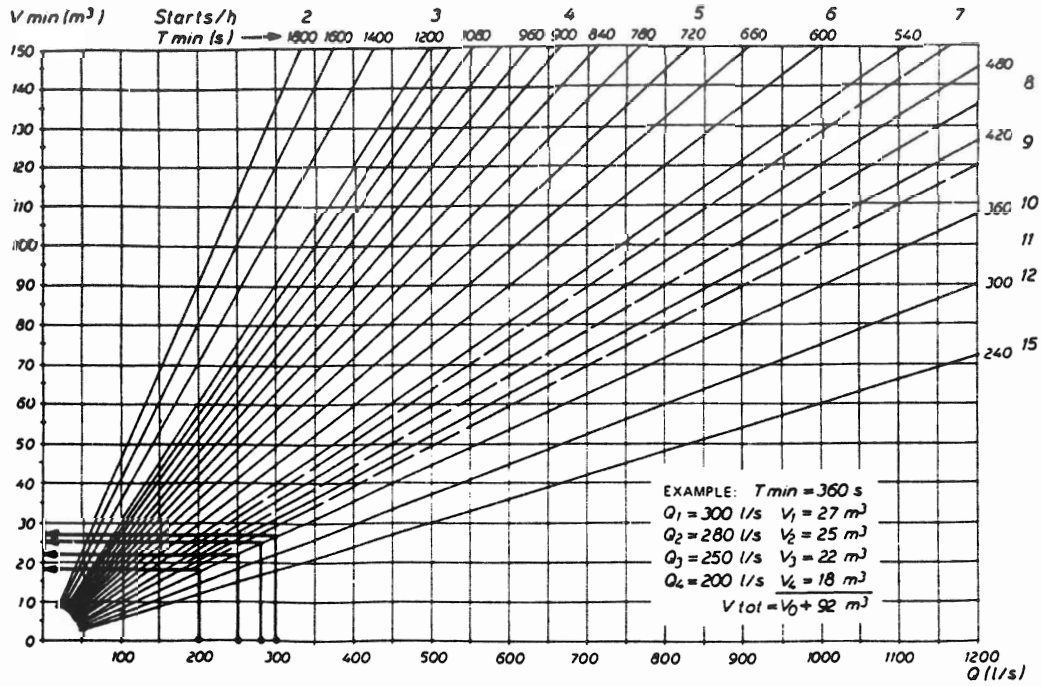
□ محاسبهٔ حجم بهینهٔ چاهک مکش در ترتیب عملکرد I :

منحنی‌های مشخصهٔ پمپ‌ها و سیستم در شکل ٦ رسم شده‌اند. سهم دبی هر کدام از پمپ‌ها موقعی که به طور موازی کار می‌کنند به ترتیب Q_1 و Q_2 و Q_3 و Q_4 می‌باشد . H_f افت انرژی ناشی از اصطکاک و H_{geod} ارتفاع استاتیک سیستم می‌باشد . با ملاحظهٔ شکل ٦ مقدار کل دبی پمپاژ با توجه به اینکه چه تعداد از پمپ‌ها در حال کار باشند فرق خواهد کرد .



(شکل ٦)

روابط ریاضی مربوط به محاسبهٔ حجم بهینهٔ چاهک مکش قبلاً ارائه گردید . با استفاده از روابط فوق و برای سادگی کار چارتی (شکل ۷) تهیه گردیده است که می‌توان به راحتی حجم چاهک مکش را بدست آورد .



(شکل ۷)

ستون سمت چپ شکل ۷ نشانگر حجم چاهک مکش و محور افقی پایین نشانگر دبی پمپ و خط افقی بالایی و عمودی سمت راست نشانگر تعداد start/h و یا T_{min} می‌باشند .

مثال ۲:

در یک ایستگاه پمپاژ شامل چهار الکتروپمپ موازی داریم:

$Q_1 = 300$ [l/s] $\qquad Q_4 = 200$ [l/s]

$Q_2 = 280$ [l/s] $\qquad T_{min} = 360$ [s]

$Q_3 = 250$ [l/s]

حجم بهینهٔ چاهک مکش را بدست آورید.

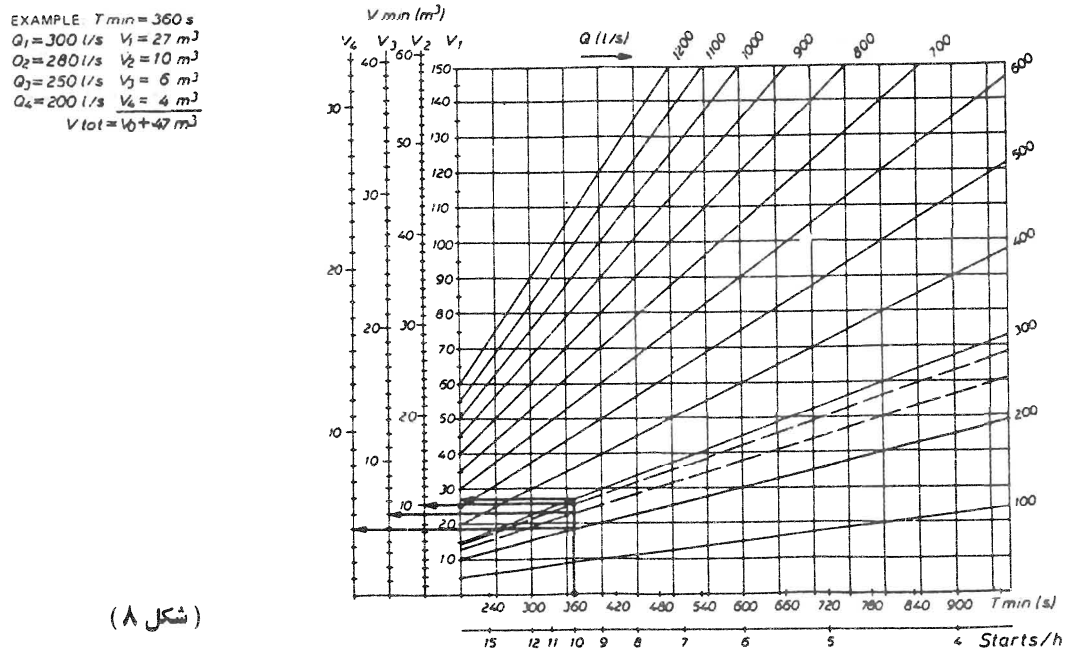
حل:

با استفاده از شکل ۷ روی محور افقی مقدار $Q_1 = 300$ [l/s] را انتخاب نموده و خطی عمودی از آن خارج می‌کنیم تا خط مربوط به $T = 360$ [s] را در نقطه‌ای قطع کند از این نقطه خطی افقی رسم می‌گردد تا محور عمودی V_{min} را در نقطهٔ $V_1 = 27$ [m^3] قطع نماید. این کار را به ترتیب برای مقادیر دبی Q_2 و Q_3 و Q_4 انجام می‌دهیم تا $V_2 = 25$ [m^3] و $V_3 = 22$ [m^3] و $V_4 = 18$ [m^3] بدست آیند. حجم کلی چاهک مکش (V_{tot}) با جمع حجم‌های جزئی بدست می‌آید. V_0 حجم مردهٔ چاهک مکش است.

$$V_{tot} = V_0 + V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V_0 + 27 + 25 + 22 + 18 = V_0 + 92\ [m^3]$$

❑ محاسبهٔ حجم بهینهٔ چاهک‌مکش در ترتیب عملکرد II:

شکل ۸ برای محاسبهٔ حجم بهینهٔ چاهک‌مکش در ترتیب عملکرد II بکار می‌رود در این چارت محور عمودی سمت چپ نشانگر حجم‌های جزئی V_1 و V_2 و V_3 و V_4، محور افقی پایین نشانگر T_{min} و یا تعداد start/h و محور افقی بالائی و عمودی سمت راست، نشانگر دبی پمپ است. مقدار حجمی که برای چاهک مکش در حالت II محاسبه می‌شود کمتر از حالت I می‌باشد.



(شکل ۸)

مثال ۳

مثال ۲ را برای حالتی که برای پمپ‌ها ترتیب عملکرد II در نظر گرفته می‌شود حل نمایید.

حل:

نقطهٔ $T_{min} = 360$ را روی محور افقی شکل ۸ انتخاب کرده و خط قائمی خارج می‌کنیم تا خط مربوط به دبی $Q_1 = 300\ [\ l/s\ ]$ را قطع نماید از محل تلاقی، خطی افقی رسم می‌کنیم تا محور قائم V_1 را در نقطهٔ $V_1 = 27\ [\ m^3\ ]$ قطع کند. این عمل را برای دبی‌های Q_2 و Q_3 و Q_4 هم تکرار می‌کنیم تا حجم‌های جزئی $V_2 = 10\ [\ m^3\ ]$، $V_3 = 6\ [\ m^3\ ]$ و $V_4 = 4\ [\ m^3\ ]$ بدست آیند بنابراین:

$$V_{tot} = V_0 + V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = V_0 + 27 + 10 + 6 + 4 = V_0 + 47\ [\ m^3\ ]$$

چنانکه ملاحظه می‌گردد حجم بدست آمده در مثال ۳ تقریباً نصف حجم محاسبه شده در مثال ۲ می‌باشد. در نتیجه در ترتیب عملکرد II پمپ‌ها، چاهک مکش به مراتب کوچکتری مورد نیاز است.

□ صرفه‌جوئی در هزینهٔ احداث منابع آب تحت فشار [1]

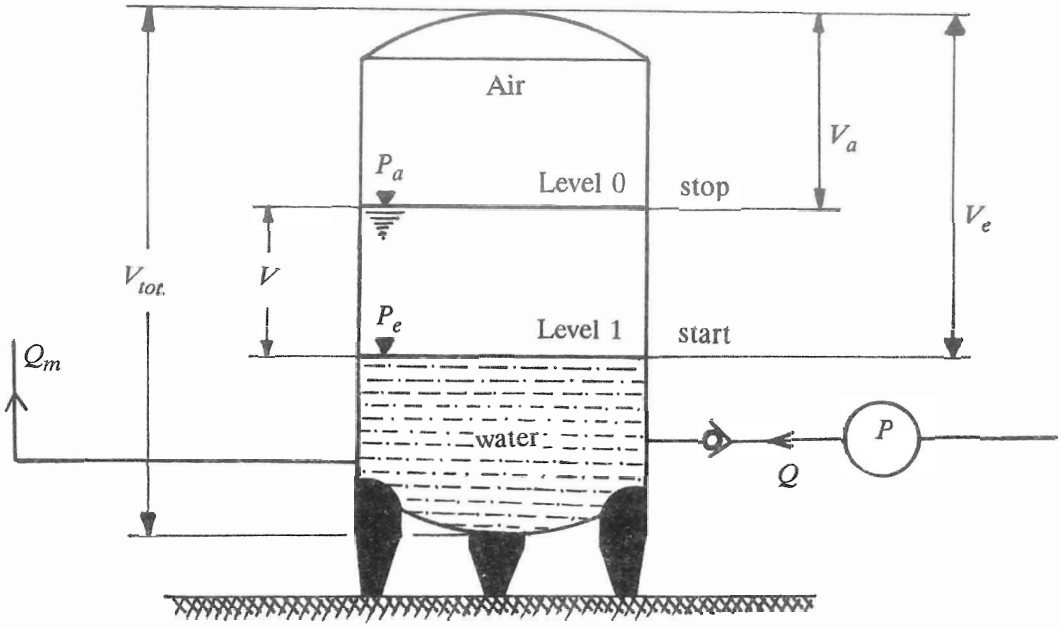
به منظور آبرسانی و پمپاژ آب به ساختمانهایی که به شبکهٔ آب شهری دسترسی ندارند و همچنین برجها، آسمانخراشها و ساختمانهای خیلی بلند که فشار شبکهٔ آب شهری نیازهای آنها را برآورده نمی‌کند، به علل اقتصادی و بهداشتی و محدود بودن ارتفاع منابع هوائی [2] از منابع تحت فشار (منابع آب با هوای فشرده) استفاده می‌کنند. زیرا استفادهٔ مستقیم از پمپ در حالتهای فوق باعث می‌گردد:

۱ - پمپ پی در پی روشن و خاموش شده و از عمر الکتروموتور در اثر گرم شدن کاسته شود.
۲ - نوسانات فشار در شبکهٔ لوله‌کشی ساختمان زیاد شده و ایجاد مزاحمت نماید.
۳ - ضربهٔ قوچی در شبکه ایجاد شود.

□ مشخصات و نحوهٔ کارکرد منابع آب تحت فشار

شکل (۹) یک منبع تحت فشار هوا را نشان می‌دهد. آب توسط الکتروپمپ با دبی Q به داخل منبع فرستاده شده و با دبی مصرف Q_m منبع را به طرف شبکهٔ مصرف ترک می‌کند. سطح آب در این

1 Pressure Vessel
2 Water Towers



شکل (۹)

منبع بین سطوح (۰) و (۱) پائین و بالا می‌رود. فضای بالای تراز (۰) را هوای فشرده تشکیل می‌دهد. وقتی در اثر مصرف ، سطح آب منبع به پایین‌ترین حد خود یعنی تراز (۱) برسد، هوای درون منبع منبسط شده و حداقل فشار خود (P_e) را پیدا می‌کند.در این حالت پمپ بطور اتوماتیک روشن می‌شود تا سطح آب درون منبع را به تراز (۰) برساند . وقتی که سطح آب خود را به تراز (۰) رساند ، هوای درون منبع متراکم شده و به حداکثر فشار خود (P_a) می‌رسد . در این حالت پمپ بطور اتوماتیک خاموش می‌شود . در حالتی که پمپ خاموش است آب تحت فشار P_a به بالای ساختمان رانده می‌شود . این منبع در طبقهٔ همکف و یا زیرزمین ساختمان نصب می‌گردد .

□ محاسبهٔ حجم بهینهٔ منابع تحت فشار

جهت کاهش هزینهٔ احداث منابع تحت فشار ، حجم بهینهٔ آنها را بایستی محاسبه نمود . با توجه به شکل (۹) پارامترهای زیر را تعریف می‌کنیم :

V: حجم مفید منبع تحت فشار .

Q: دبی پمپ .

Q_m: ماکزیمم دبی مصرف شبکه (مقداری ثابت در نظر گرفته می‌شود) .

t_s: مدت زمان خاموش بودن پمپ .

t_p: مدت زمان روشن بودن پمپ .

T: زمان تناوب روشن شدن پمپ .

P_a: حداکثر فشار هوا در حالت متراکم (وقتی که سطح آب در تراز ۰ می‌باشد) .

P_e: حداقل فشار هوا در حالت انبساط (وقتی که سطح آب در تراز ۱ می‌باشد) .

V_a: حجم هوا در حالت متراکم (وقتی که سطح آب در تراز ۰ می‌باشد) .

V_e: حجم هوا در حالت انبساط (وقتی که سطح آب در تراز ۱ می‌باشد) .

V_{tot}: حجم کل منبع تحت فشار .

روش محاسبهٔ حجم بهینهٔ منابع تحت فشار با همان روش و استدلالی که در مبحث محاسبهٔ حجم بهینهٔ چاهک مکش ارائه گردید محاسبه شده و روابط و فرمولهای مشابهی بدست می‌آیند . بمنظور جلوگیری از تکرار مطالب ، از اثبات این فرمولها اجتناب ورزیده و فقط به ارائه آنها اکتفا می‌کنیم .

در اینجا رابطهٔ اساسی (۵) فرقی نکرده و فقط به جای Q_{in} ، پارامتر Q_m قرار می‌گیرد . یعنی :

$$T = \frac{V}{Q_m} + \frac{V}{Q - Q_m} \qquad (۷)$$

اگر در رابطهٔ (۷) از T نسبت به Q_m مشتق گرفته و مساوی صفر قرار دهیم ، نقطه‌ای که T در آن مینیمم است بدست می‌آید. (نقطه‌ای که T مینیمم است تعداد $start/h$ بیشترین مقدار خود را داراست) .

$$\frac{dT}{d(Q_m)} = 0$$

$$Q\,(2Q_m - Q) = 0$$

$$2Q_m - Q = 0$$

$$\boxed{Q_m = Q/2}$$

یعنی در حالت $Q_m = Q/2$ ، زمان تناوب T ، مینیمم مقدار خود را داراست . برای محاسبهٔ T_{min} ، در رابطهٔ (۷) به جای Q_m مقدار $Q/2$ را قرار می‌دهیم :

$$T_{min} = T\,(\text{ at } Q_m = Q/2)$$

$$T_{min} = \frac{4V}{Q}$$

$$V = \frac{T_{min} \cdot Q}{4}$$

$$\boxed{V_{min} = \frac{T_{min} \cdot Q}{4}} \qquad (۸)$$

حجم بهینه و مفید منبع تحت فشار از رابطهٔ (۸) محاسبه می‌گردد . اگر حجم مفید منبع تحت فشار از مقدار V_{min} کمتر باشد ، تعداد *start/h* پمپ در مواقعی از حد مجاز تجاوز نموده و ممکن است به الکتروموتور پمپ صدمه برساند .

با توجه به شکل (۹) داریم :

$$V = V_e - V_a \qquad (۹)$$

با فرض تحول ایزوترمال [1] برای تراکم و انبساط هوای محبوس درون منبع ، نتیجه گرفته می‌شود :

$$V_e P_e = V_a P_a$$

$$V_a = \frac{V_e \cdot P_e}{P_a} \qquad (۱۰)$$

اگر مقدار V_a را از رابطهٔ (۱۰) در رابطهٔ (۹) قرار دهیم :

$$V = V_e - \frac{V_e \cdot P_e}{P_a}$$

$$V = V_e \left(\frac{P_a - P_e}{P_a} \right) \qquad (۱۱)$$

از قراردادن رابطهٔ ۱۱ در رابطهٔ (۸) ، حجم هوا در حالت حداقل فشار یعنی V_e بدست می‌آید :

$$V_e = \frac{T_{min} \cdot Q \cdot P_a}{4(P_a - P_e)} \qquad (۱۲)$$

1 Isothermal process

در عمل به منظور بالا بردن ضریب اطمینان ، حجم کل منبع ($V_{tot.}$) را ، ۳۰ % از V_e اضافه در نظر می‌گیرند . بنابراین :

$$V_{tot.} = 1.3\ V_e$$

$$\boxed{V_{tot.} = 0.325\ \frac{T_{min}.Q.P_a}{P_a - P_e}} \qquad (۱۳)$$

P_a و P_e با توجه به ارتفاع ساختمان و افت مجاز شبکهٔ لوله‌کشی و فشار مجاز برداشت آب انتخاب می‌گردند . بدلیل وجود دیمانسیون فشار در صورت و مخرج رابطهٔ (۱۳) ، فشارهای P_a و P_e را می‌توان برحسب واحدهای مختلف فشار قرارداد (اتمسفر ، پاسکال ، بار ، مترآب و غیره) . اگر Q برحسب لیتر بر ثانیه و T برحسب ثانیه باشد ، مقدار $V_{tot.}$ برحسب لیتر خواهد بود . منابع تحت فشار را با توجه به قدرت تحمل فشار در شبکه‌های لوله‌کشی معمولی برای فشارهای ۴ تا ٦ اتمسفر می‌سازند . حجم این منابع بسته به نیاز از ۱۰۰ لیتر تا چند مترمکعب می‌رسد .

معمولاً در عمل P_a را دو برابر P_e گرفته و T_{min} را برابر 20 - 10 دقیقه در نظر می‌گیرند یعنی :

$P_a = 2P_e$

$T_{min} = 10 - 20$ [دقیقه] $= 600 - 1200$ [ثانیه]

بنابراین اگر در رابطهٔ (۱۳) ، مقادیر زیر را قرار دهیم .

$P_a = 2P_e$

$T_{min} = 15$ [دقیقه] $= 900$ [ثانیه]

رابطهٔ بسیار ساده‌ای بدست می‌آید که بمنظور محاسبات سرانگشتی مخازن تحت فشار بکار می‌رود .

$$V_{tot.} = 585\ Q$$

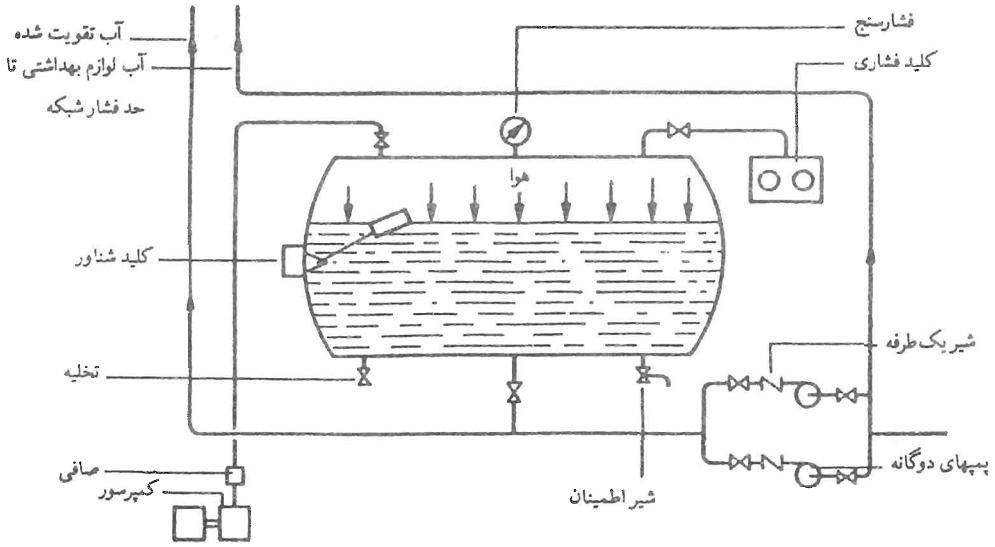
$$\boxed{V_{tot.} \approx 600\ Q} \qquad (۱۴)$$

در رابطهٔ (۱۴) ، Q بر حسب لیتر بر ثانیه و $V_{tot.}$ بر حسب لیتر می‌باشد .

پمپ مخزن تحت فشار باید طوری انتخاب گردد که در محدودهٔ فشارهای P_a و P_e با راندومان قابل قبولی کار بکند .

□ معایب منابع تحت فشار :

در مواقعی که مصرف آب ساختمان حداکثر می‌باشد (مثلاً در مواقع آتش‌سوزی و نظایر آن) ذخیرهٔ آب منبع تمام شده و یک پمپ قادر به تأمین آب مورد نیاز نخواهد بود و این از معایب منابع تحت فشار می‌باشد . برای رفع نقیصهٔ فوق می‌توان از پمپ‌های ذخیره که در صورت لزوم بصورت موازی با پمپ اصلی کار می‌کنند استفاده کرد و آنها را در مدار شبکه قرار داد . یکی دیگر از معایب منابع تحت فشار این است که پس از مدتی هوای داخل منبع در آب حل شده و مقدار آن کاهش پیدا می‌کند . این امر باعث افت در فشارهای P_a و P_e می‌گردد . برای رفع این نقیصه از کمپرسور هوا استفاده می‌نمایند . کمپرسور هوا به بالای منبع متصل شده و در مواقع لزوم و کاهش هوای درون منبع ، آنرا تا حد نیاز پر می‌کند . شکل (۱۰) یک منبع تحت فشار اتوماتیک را نشان می‌دهد .



شکل (۱۰)

□ مراجع :

۱ - کاتالوگهای پمپ‌های شناور شرکت پمپیران

۲ - آبرسانی شهری - دکتر منزوی - از انتشارات دانشگاه تهران

۳ - سیستمهای انتقال آب - مهندس فرزدی - از انتشارات دانشگاه تبریز

4 - Cost Savings in Pumping Stations FLYGT Co.

PUMPIRAN

آنالیز رفتار پمپهای سانتریفوژ در عمل

مهندس حمداله سمندری

مدیر فنی شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

۱ - مشخصات پمپهای سانتریفوژ[1]:

منحنی مشخصهٔ یک پمپ عملکرد آنرا در شرایط مختلف کارکرد نشان می‌دهد و شامل ارتفاع (H)، قدرت ورودی به پمپ (P) و راندمان (η) در سرعت ثابت نسبت به آبدهی (Q) می‌باشد در شکل ۲ یک نمونهٔ منحنی مشخصه رسم شده است.

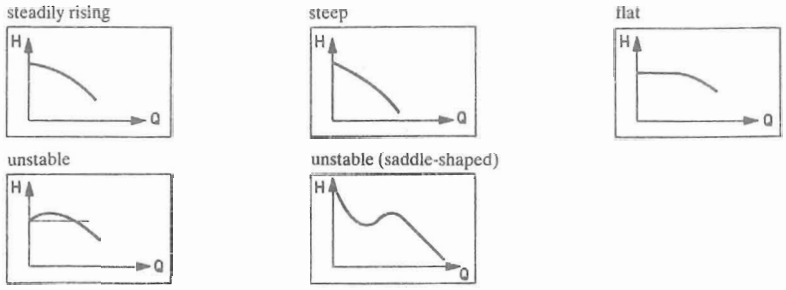
شکل ۳ منحنی مشخصهٔ پمپ را در سرعت‌های مختلف و همچنین منحنی‌های راندمان ثابت را نشان می‌دهد. ضمناً در شکل فوق حداکثر و حداقل محدودهٔ آبدهی نیز رسم شده است.

بسته به مقدار سرعت مخصوص، شیب منحنی H نسبت به Q از حالت تخت (سرعت مخصوص کم) تا حالت تیز (سرعت مخصوص بیشتر) متغییر خواهد بود. در حالت کلی در پمپ‌ها رابطهٔ بین سرعت مخصوص و نوع پروانه به شرح ذیل می‌باشد. (شکل ۴)

- پروانهٔ شعاعی[2] معمولاً تا سرعت مخصوص ۱۲۰ (NS_{USA} = ۶۲۰۰)
- پروانهٔ جریان مختلط[3] از سرعت مخصوص ۱۴۰ تا ۲۰۰ (NS_{USA} = ۲۰۰۰ ~ ۱۰۰۰۰)
- پروانهٔ جریان محوری[4] دارای منحنی مشخصهٔ خیلی تیز و ناپایدار بسته به موقعیت زاویهٔ

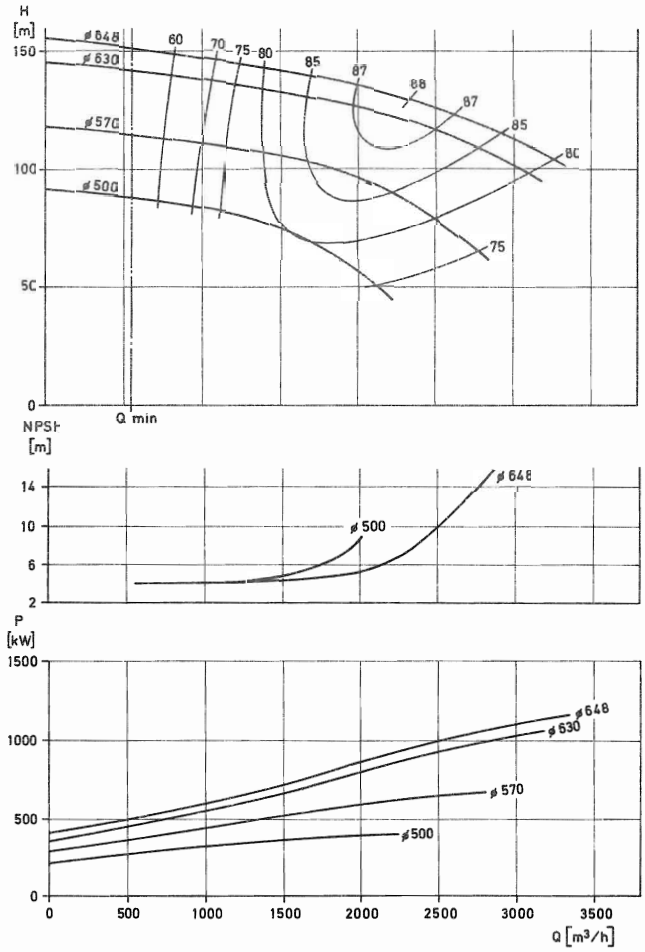
---

1 characteristics of centrifugal pums
2 Radial impellar
3 Mixed - Flow Impeller
4 Axial - Flow impeller

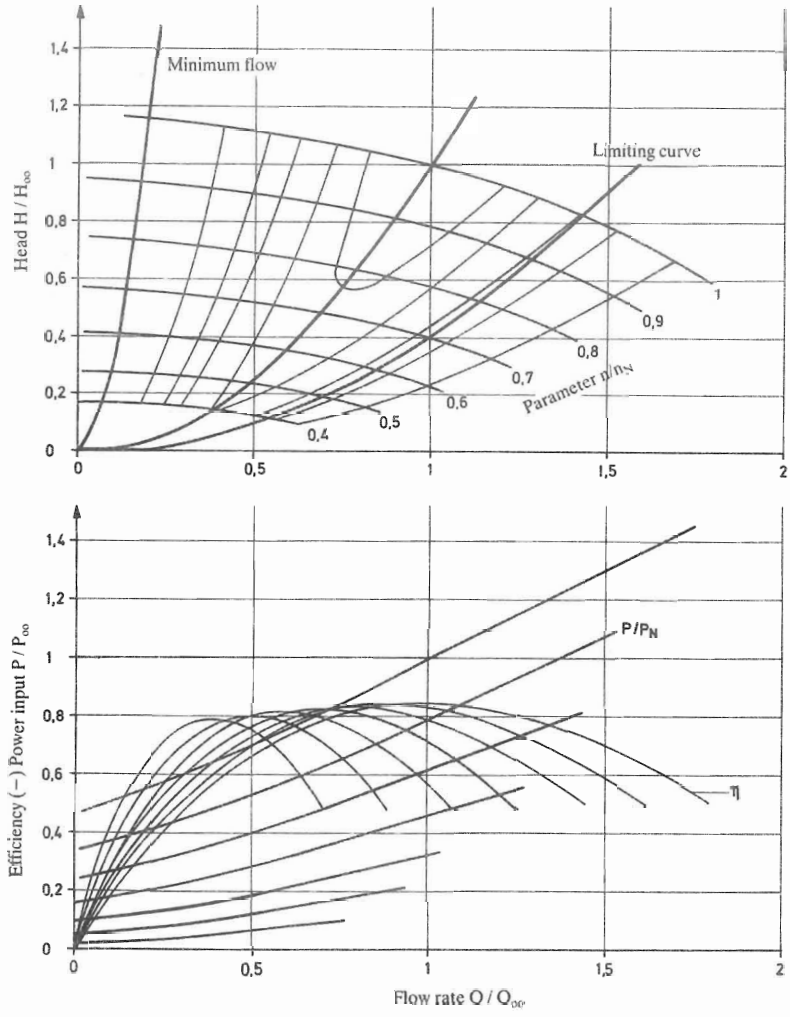


شکل ۱ – منحنی مشخصهٔ پمپ سانتریفوژ به طور شماتیک

پره‌هابوده و معمولاً سرعت مخصوص بین ۱۶۰ تا ۳۵۰ (NS_{USA} = ۸۰۰۰~۱۸۰۰۰) می‌باشد. منحنی مشخصهٔ پمپ‌های سانتریفوژ را پایدار می‌گویند وقتی‌که منحنی بین H و Q همواره دارای یک شیب منفی و برای هر H فقط یک Q وجود داشته باشد. پمپ با سرعت مخصوص پائین و زاویهٔ ورودی سیال بزرگ دارای منحنی مشخصه ناپایدار خواهد بود همچنین پمپ‌های جریان محوری (سرعت مخصوص بالا) با پره‌های قابل تنظیم دارای یک محدودهٔ ناپایدار می‌باشد که توصیه می‌شود در این ناحیه پمپ کار نکند. (شکل ۱)



شکل ۲ – منحنی مشخصهٔ یک پمپ سانتریفوژ به طور شماتیک برای قطر پروانه‌های مختلف در سرعت ثابت

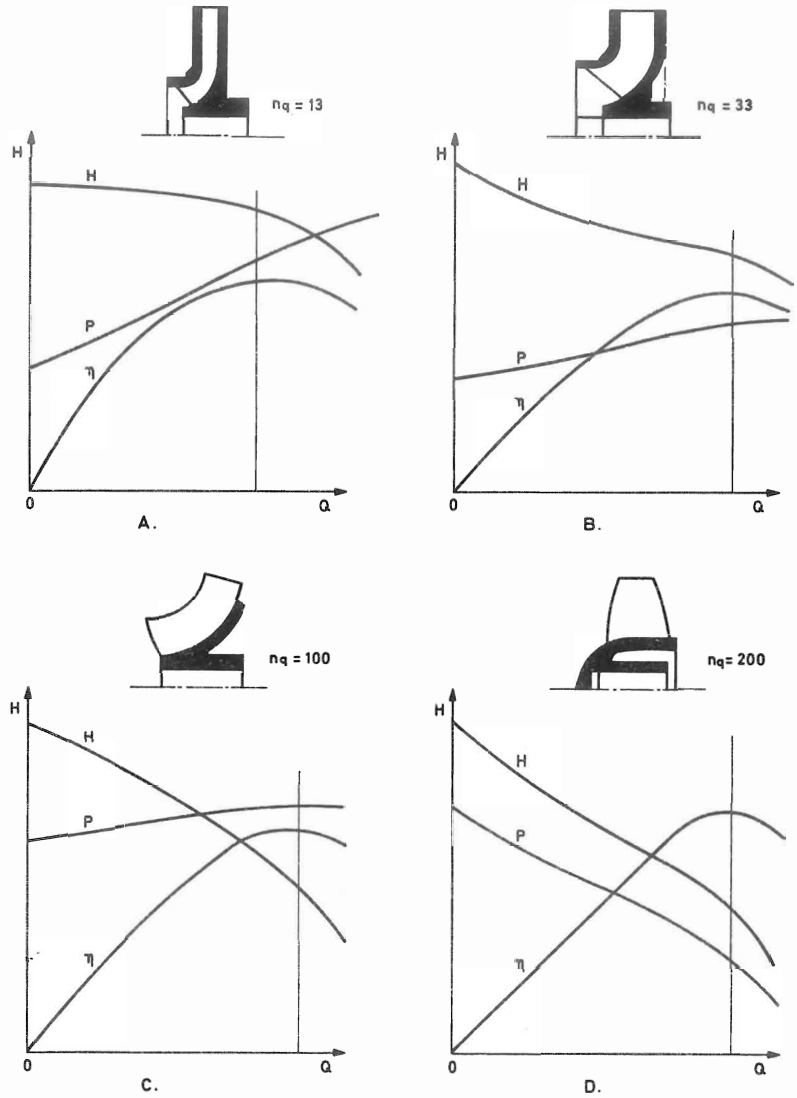


شکل ۳ – منحنی مشخصه یک پمپ سانتریفوژ با قطر پروانهٔ ثابت و سرعت دورانی متغیر

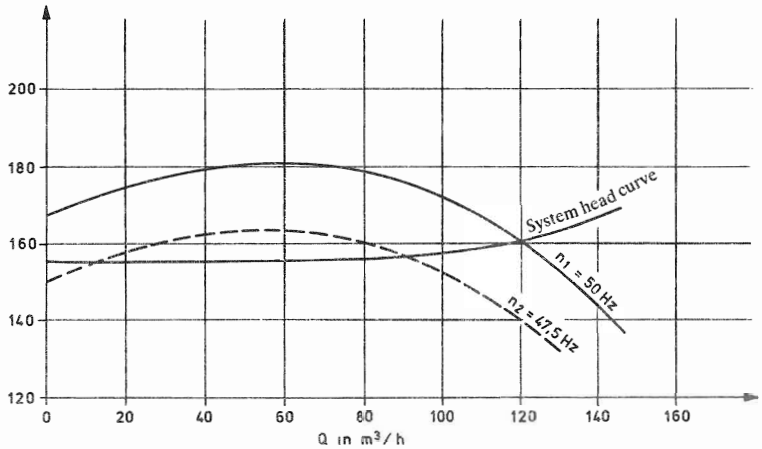
در پمپ‌های جریان شعاعی منحنی مشخصهٔ پایدار از مشخصه‌های زیر ناشی می‌شود :

- *کاهش زاویهٔ خروجی پره*
- *در پمپ‌های چند طبقه گسترش پره‌های دیفیوزر*
- *کاهش فاصلهٔ بین پروانه و دیفیوزر (برای سرعت مخصوص پائین و هد پائین)*
- *کاهش تعداد پره‌های پروانه*

شکل ۵ یک منحنی مشخصه ناپایدار را نشان می‌دهد . در نتیجهٔ کاهش فرکانس (افت دور) منحنی شبکه ، منحنی مشخصه پمپ را در دو نقطه قطع در نتیجه آبدهی پمپ به حداقل یا صفر خواهد رسید و قدرت ورودی به پمپ باعث افزایش درجه حرارت سیال داخل آن خواهد شد . پمپ با منحنی



شکل ۴ – تأثیر سرعت مخصوص روی شیب منحنی مشخصه



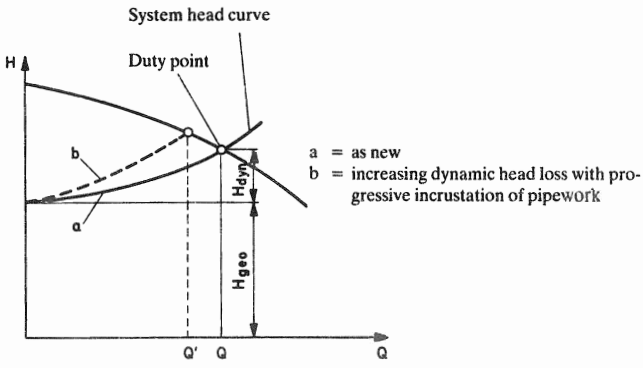
شکل ۵ – تأثیر تغییر فرکانس روی عملکرد یک پمپ سانتریفوژ با منحنی مشخصهٔ ناپایدار

مشخصهٔ ناپایدار اگر به یک مدار هیدرولیکی وصل شده باشد همواره در مدار یک آبدهی ناپایدار وجود خواهد داشت . در موقع استفاده کردن از پمپ با منحنی مشخصهٔ ناپایدار همواره باید یک سیستم کنترل آبدهی اتوماتیک در مدار تعبیه شود .

۲ - کنترل پمپ‌های سانتریفوژ [1] :

۲ - ۱ مشخصات سیستم لوله کشی [2] :

هد لازم برای غلبه کردن بر ارتفاع استاتیک (H_{geo}) مستقل از آبدهی می‌باشد . ارتفاع دینامیک (H_{dyn}) با توان دوم آبدهی افزایش یافته و بستگی دارد به سیستم لوله کشی ، قطر لوله ، طول لوله و .... در شکل ٦ ارتفاع استاتیک به علاوه ارتفاع دینامیک نسبت به آبدهی رسم شده است این منحنی را منحنی سیستم می‌نامند پمپ سانتریفوژر در عمل خود را در نقطهٔ تلاقی منحنی مشخصه با منحنی سیستم تطبیق می‌دهد . این نقطهٔ تلاقی را نقطهٔ کار پمپ می‌نامند.



شکل ٦ - منحنی مشخصهٔ شبکه

۲ - ۲ روشهای مختلف کنترل [3] :

خروجی پمپ به وسیلهٔ روشهای زیر قابل کنترل می‌باشد .

۱ - نصب شیرفلکه در خروجی پمپ
۲ - استفاده کردن از چند پمپ به حالت سری یا موازی
۳ - تعبیهٔ سیستم بای‌پس روی مدار
۴ - کنترل سرعت دورانی پمپ
۵ - تنظیم زاویهٔ پره‌های پروانه
٦ - تعبیهٔ سیستم کنترل برای چرخش اولیهٔ سیال در دهانهٔ ورودی سیال به پمپ .
۷ - کنترل کاویتاسیون

1 Control of centrifugal pumps
2 piping system characteristic
3 control possibilities

۱ - ۲ - ۲ نصب شیرفلکه در خروجی پمپ [1] :

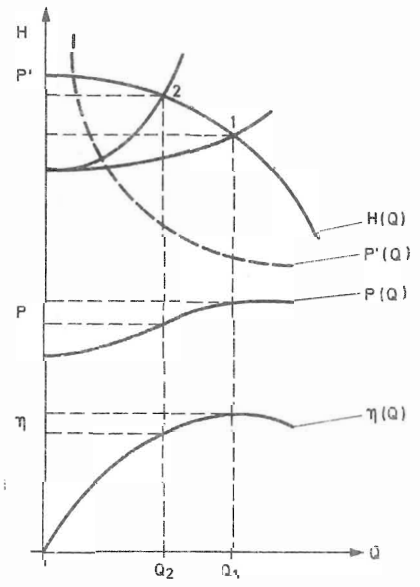
با بستن تدریجی شیرفلکهٔ خروجی پمپ مقاومت در مقابل جریان سیال افزایش یافته در نتیجه مقدار آبدهی کاهش خواهد یافت (در قسمت مکش پمپ هیچ وقت از شیر فلکه نباید استفاده نمود) . بسته به نوع مقاومتی که در خروجی پمپ ایجاد می‌شود (نوع شیر تنظیم دبی) شیب منحنی شبکه تیز یا کند شده در نتیجه منحنی مشخصهٔ پمپ را در یک نقطهٔ بخصوصی قطع خواهد نمود . کنترل بوسیلهٔ شیرفلکه (شکل ۷) معمولاً در شرایطی مورد استفاده قرار می‌گیرد که انحراف از دبی طراحی فقط در یک پریود زمانی کوتاهی مجاز باشد .

قدرت ورودی P' برحسب $[\ \frac{kwh}{m^3}\ ]$ از رابطهٔ ذیل به دست می‌آید .

$$P' = \frac{\rho.H}{367.\eta}\ [\ \frac{kwh}{m^3}\ ] = const\ \frac{H}{\eta}$$

ρ kg/dm^3
H m

بنابه رابطهٔ بالا قدرت ورودی P' فقط بستگی به نسبت H/η دارد به این دلیل سیستم کنترل بوسیلهٔ شیرفلکه برای پمپ‌های جریان شعاعی که دارای سرعت مخصوص کمتر $[\ n_q \leq 60\ ]$ بوده و منحنی H نسبت به Q تخت داشته مناسب می‌باشد . در سرعت مخصوص‌های بالا $[\ n_q > 100\ ]$ کنترل آبدهی با شیرفلکهٔ خروجی محدود می‌باشد . زیرا با بستن شیرفلکهٔ خروجی قدرت ورودی به پمپ به شدت افزایش پیداکرده و باعث اضافه‌بار (over load) شدن موتور خواهد شد .



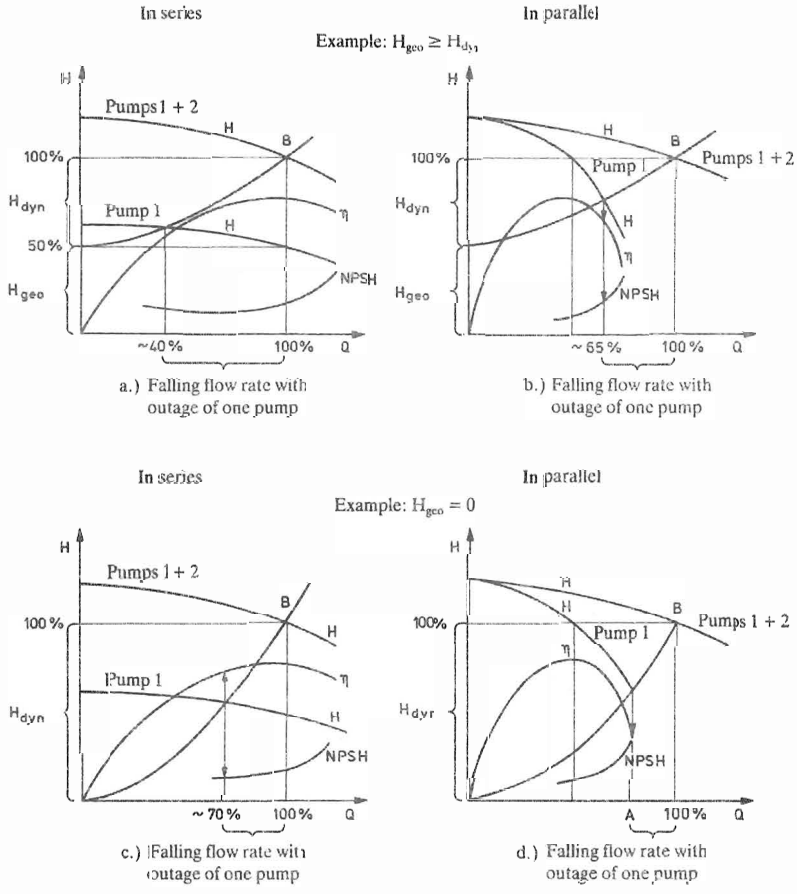
شکل ۷ – تأثیر نصب شیرفلکه در خروجی پمپ در سرعت دورانی ثابت

1 Throttling

۲ - ۲ - ۲ روشن و خاموش کردن پمپ [1] :

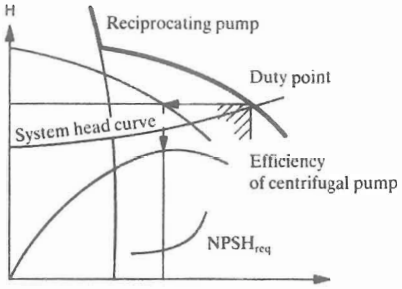
▣ عملکرد موازی [2] :

در بعضی مواقع بنا به شرایط ممکن است نیاز به آبدهی‌های مختلف باشد در این حالت مناسب خواهد بود بجای نصب یک پمپ بزرگ چند پمپ کوچک به صورت موازی در ایستگاه نصب شود تا در شرایط نیاز به آبدهی کمتر یکی یا دو تا از پمپ‌ها را خاموش نمود. در این صورت پمپهای باقیمانده در حوزهٔ نزدیک به بهترین راندمان کار خواهند کرد. در یک ارتفاع مکش و آبدهی مشخص، کارکرد پمپهای موازی به تعداد زیاد به دلیل اجتناب از بکار بردن پمپ با دور بالاتر اغلب اقتصادی می‌باشد. ضمناً پارامترهای مختلفی از جمله فضای لازم، هزینهٔ نگهداری، قطعات یدکی، تعمیرات و ... در اینکه تعداد پمپ چقدر باشد دخالت دارند.



شکل ۸ - عملکرد سری و موازی پمپ‌ها

1 starting and stopping pumps 2 parallel operation



شکل ۹ – منحنی کارکرد موازی دو پمپ سانتریفوژ و رفت و برگشتی

اگر $H_{geo} \geq H_{dyn}$ باشد عملکرد پمپ در حالت‌سری مناسب نخواهد بود (شکل ۲۰۸a) و اگر یکی از پمپ‌ها خاموش شود شرایط کارکرد پمپ باقیمانده از نقطه نظر کار در حوزهٔ بهترین راندمان و هماهنگی بین $NPSH_{aval}$ و $NPSH_{req}$ بدقت باید بررسی شود. ضمناً در این حالت کارکرد الکتروموتور نیز از نقطه‌نظر کار در حوزهٔ بهترین راندمان باید کنترل شود.

پمپ‌های رفت و برگشتی نیز امکان کارکرد به صورت موازی با پمپ‌های سانتریفوژ را دارند.

در شکل ۹ منحنی عملکرد موازی دو پمپ سانتریفوژ و رفت و برگشتی بطور شماتیک رسم شده است نقطهٔ تلاقی منحنی شبکه با منحنی مشخصهٔ پمپ‌ها نقطهٔ کار خواهد بود. با موازی بستن یک پمپ رفت و برگشتی با یک پمپ سانتریفوژ یکی از معایب پمپ رفت و برگشتی که عدم امکان تنظیم آبدهی آن بوسیلهٔ شیرفلکه می‌باشد از بین خواهد رفت.

▣ عملکرد سری [1]:

در حالت $H_{geo} \leq H_{dyn}$ معمولاً پمپها به حالت سری بسته می‌شوند. دلیل این کار از شکل ۸c مشخص می‌باشد. با خاموش شدن یکی از پمپ‌ها، پمپ دیگری حدود ۷۰ % آبدهی را داشته ضمناً با شرایط بهتر NPSH و راندمان کار خواهد کرد.

اگر $H_{geo} \geq H_{dyn}$ باشد کارکرد سری پمپها اصلاً مناسب نمی‌باشد زیرا اگر یکی از پمپها از مدار خارج شود پمپ دومی حدود ۴۰ % آبدهی را داشته و از نقطه نظر راندمان و NPSH در شرایط نامناسبی کار خواهد کرد. (شکل ۸.a) در این شرایط توصیه می‌شود پمپ‌ها بطور موازی نصب شوند.

باید دقت کرد وقتی که پمپها در حالت سری کار می‌کنند سیستم آببندی و محفظهٔ پمپ تحت فشار زیاد خواهد بود ضمناً شاید نیاز باشد سیستم آببندی محور نسبت به فشار مکش پمپ دومی بالانس شود در این حالت تلفات مربوط به چرخش آب برای بالانس کردن آببندی نیز باید در راندمان منظور شود.

1 series operation

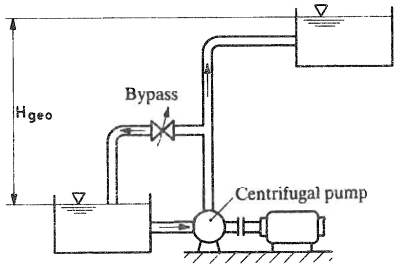
۳ - ۲ - ۲ کنترل به وسیلهٔ بای‌پس [1]:

در مواقعی که نیاز به آبدهی متغییر باشد مقدار آنرا بوسیلهٔ سیستم بای‌پس کنترل می‌کنند به عنوان مثال، خروجی پمپ توسط لوله‌ای به قسمت مکش آن و یا در آبدهی‌های زیاد، به مخزن مکش وصل می‌شود. در نتیجه پمپ همواره در نقطهٔ بهترین راندمان کار کرده و مشکل کاویتاسیون نخواهد بود. بدلیل چرخش مقداری آب از رانش به مکش افت ایجاد شده و راندمان کلی سیستم پائین خواهد آمد. این روش بندرت برای کنترل پمپ‌های سانتریفوژ بکار می‌رود و نسبت بدو روش دیگر یعنی روش کنترل بوسیلهٔ شیرفلکه و کنترل سرعت مناسب نمی‌باشد در هر صورت همواره ملاک اصلاح راندمان کلی خواهد بود. (شکلهای ۱۰ - ۱۱ - ۱۲). سیستم کنترل بروش‌های بای‌پس اغلب در پمپهایی با سرعت مخصوصی بیشتر مثل پمپهای جریان محوری مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا با افزایش آبدهی قدرت ورودی به پمپ کاهش می‌یابد.

۴ - ۲ - ۲ کنترل سرعت [2]:

در شرایطی که درصد بیشتر منحنی شبکه را تلفات اصطکاکی تشکیل داده باشد کنترل آبدهی با سیستم کنترل سرعت بدلیل ثابت ماندن راندمان پمپ خیلی مناسب می‌باشد. ضمناً بدلیل کارکرد پمپ با راندمان بالا و کاهش قدرت جذبی پمپ و پائین بودن فشار داخل پمپ و شیرفلکه هزینهٔ بهره‌برداری پائین آمده و عمر کلی آنها بیشتر خواهد شد. (شکلهای ۱۱ و ۱۲).

برعکس سیستم کنترل بوسیلهٔ شیرفلکه در روش کنترل سرعت تغییراتی در مشخصات خط لوله بوجود نمی‌آید. ضمناً با کاهش سرعت مکان هندسی منحنی مشخصهٔ پمپ پائین آمده و منحنی شبکه را در نقطهٔ جدیدی قطع خواهد کرد. نتیجتاً پمپ دارای آبدهی کمتری خواهد بود. در این حالت معمولاً دو یا چند پمپ با آبدهی مشابه امکان نصب در ایستگاه را خواهند داشت. عمده عیب این روش فقط بالا بودن هزینهٔ اولیهٔ آن می‌باشد.

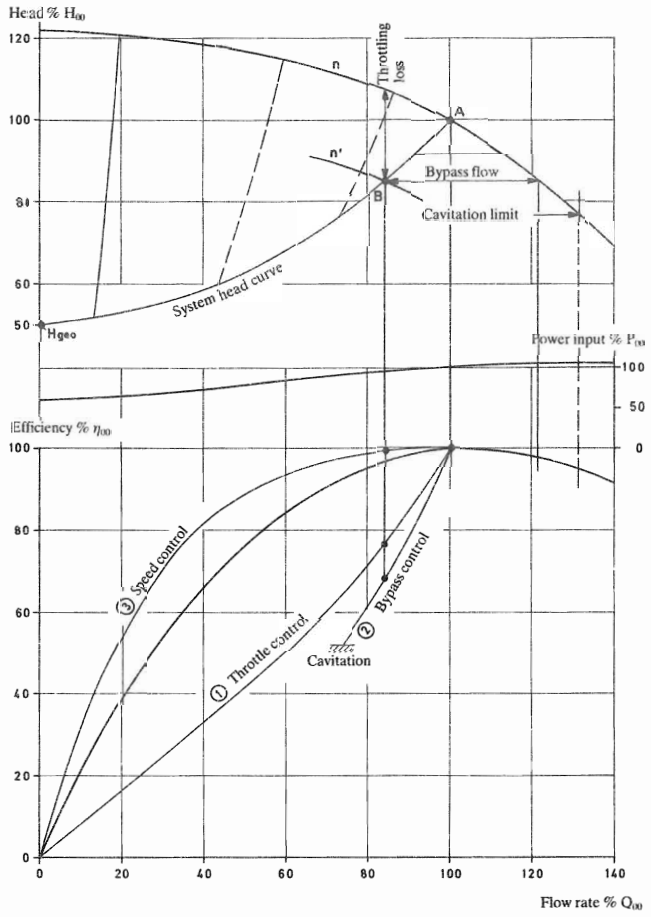


شکل ۱۰ - تصویر شماتیک کنترل آبدهی بروش بای‌پس

1 Bypass control
2 speed control

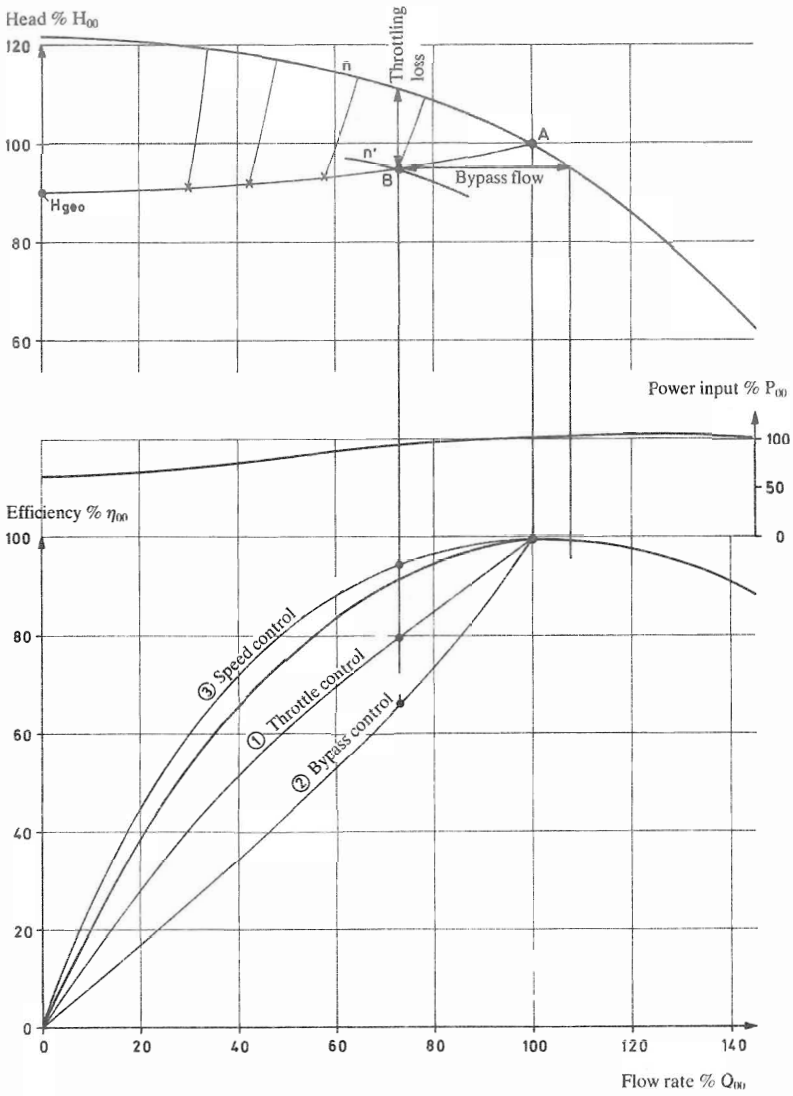
کنترل سرعت معمولاً با بکار بردن ماشین‌های محرک زیر امکان‌پذیر است .

- توربین بخار
- موتور دیزلی
- موتور الکتریکی با تغییر قطب [1]
- موتور الکتریکی سرعت متغییر (کنترل فرکانس یاکنترل تریستوری. slip -ring motor)
- کوپلینگ الکترومغناطیسی
- کوپلینگ هیدرولیکی
- کوپلینگ هیدرواستاتیکی
- گیربکس دور متغییر



شکل ۱۱ - روشهای مختلف کنترل آبدهی در شرایطی که منحنی شبکهٔ تیز باشد.

1 pole - reversing electric motors



شکل ۱۲ – روشهای مختلف کنترل آبدهی در شرایطی که منحنی شبکه تخت باشد

وقتی که سرعت تغییر کند روابط تشابه طبق رابطهٔ زیر برقرار خواهد بود :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad ، \quad \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad ، \quad \frac{NPSH_1}{NPSH_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2$$

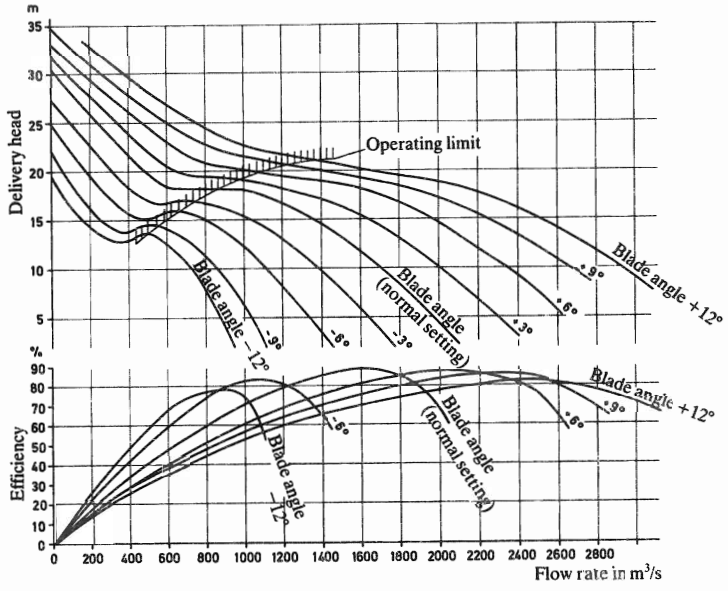
بنابه روابط فوق در نتیجهٔ بالا رفتن سرعت دورانی پمپ $NPSH_{req}$ پمپ بالا رفته و در نتیجه مقدار $NPSH_{aval}$ بیشتر باید تأمین شود . همچنین بالا رفتن سرعت دورانی با نسبت توان سوم باعث افزایش قدرت جذبی پمپ می‌شود . بنابراین مقاومت محور پمپ دقیقاً باید محاسبه شود . در تغییرات جزئی سرعت حدود ۱۰ درصد معمولاً راندمان زیاد تغییر نمی‌کند ولی تغییرات زیاد سرعت باعث

افزایش سرعت سیال داخل پمپ و بالنتیجه بالا رفتن عدد رینولدز خواهد شد که آنهم تأثیر روی راندمان خواهد گذاشت در حالت کلی با کاهش سرعت فاکتور مربوط به راندمان پائین آمده و با افزایش آن بیشتر خواهد شد.

۵ - ۲ - ۲ تنظیم پره‌های پروانه [۱]:

برای کارکرد در حوزهٔ وسیعی از آبدهی، پمپ با پره‌های قابل تنظیم خیلی اقتصادی می‌باشد. در این حالت در شرایط مختلف کارکرد، پمپ با تنظیم پره‌های روی توپی پروانهٔ آن کار خواهد کرد.

در یک سرعت ثابت به ازای موقعیت‌های مختلف پره، پمپ منحنی مشخصهٔ مختلفی خواهد داشت و این باعث خواهد شد تا منحنی مشخصهٔ پمپ به صورت پارامتری از زاویهٔ β رسم شود (شکل ۱۳) در آبدهی‌های کمتر مشخصات پمپ‌های جریان مختلط و جریان محوری بدلیل بیشتر بودن بار روی پره‌ها ناپایدار می‌باشد. بنابراین از کاربرد این نوع پمپ‌ها در ناحیهٔ آبدهی کمتر حتماً باید خودداری نمود. (شکل ۱۴) پمپ با پره‌های قابل تنظیم بعضی مواقع برای چرخش آب در یک مدار بسته نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ارتفاع ثابت آب با توجه به امکان کنترل پره، کارکرد این پمپ‌ها با تنظیم فوق خیلی اقتصادی خواهد بود.

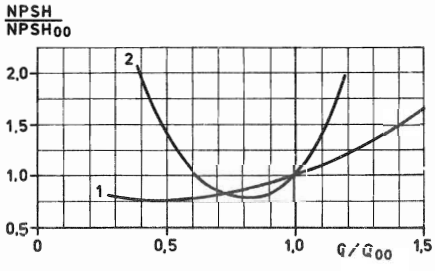


شکل ۱۳ - منحنی مشخصه پمپ‌های جریان مختلط و جریان محوری با پره‌های قابل تنظیم

۶ - ۲ - ۲ کنترل چرخش اولیهٔ سیال [1] :

در این حالت در دهانهٔ مکش پروانه پره‌های قابل تنظیم نصب می‌شود . ضمناً پره‌های پروانه به صورت ثابت روی توپی پروانه نصب می‌گردد (برعکس پمپ‌های پره متغییر) . پره‌های هادی به وسیلهٔ یک ابزار محیطی از بیرون کنترل‌شده و مشخصات پمپ صرفاً با تغییر مقدار جریان ورودی به پمپ تغییر می‌یابد .

امکان تعبیه پره‌های هادی در مکش اکثر پمپ‌ها وجود دارد اما تأثیر آن روی مشخصات پمپ باعث افزایش سرعت مخصوص خواهد شد . معمولاً پره‌های هادی اولیه در پمپ‌های جریان مختلط و جریان محوری مورد استفاده قرار می‌گیرد . کنترل آبدهی با این روش باعث می‌شود تا راندمان در حالت بار کمتر و بار بیشتر پمپ ، نسبت به روش کنترل پره‌های پروانه خیلی افت پیدا کند . در هر صورت سیستم کنترل با پره‌های هادی اولیه نسبت به کاویتاسیون خیلی حساس است . (شکل ۱۴) و ناحیهٔ قابل کنترل حوزهٔ خیلی کوچکی نسبت به کنترل زاویهٔ پره‌های پروانه می‌باشد . بستهٔ به شیب منحنی سیستم ، ارتفاع با این روش از ۵۰ تا ۷۰ درصد ناحیهٔ بهترین راندمان قابل کنترل می‌باشد . (شکل ۱۵)

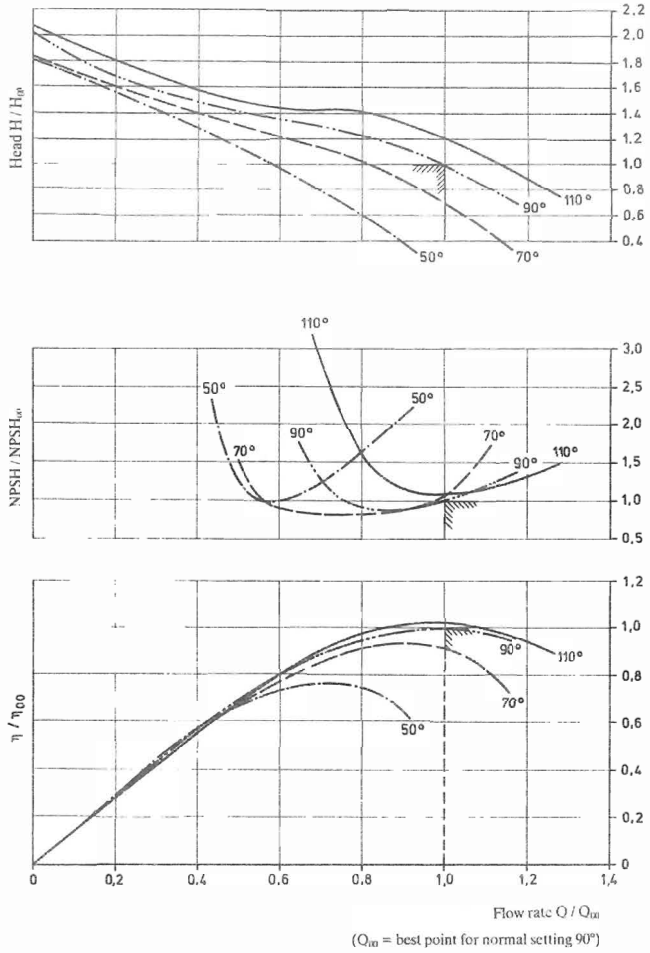


شکل ۱۴ - تأثیر روی مقدار NPSH
۱ - پروانه با پره‌های قابل تنظیم
۲ - نصب پره‌های هادی در مکش

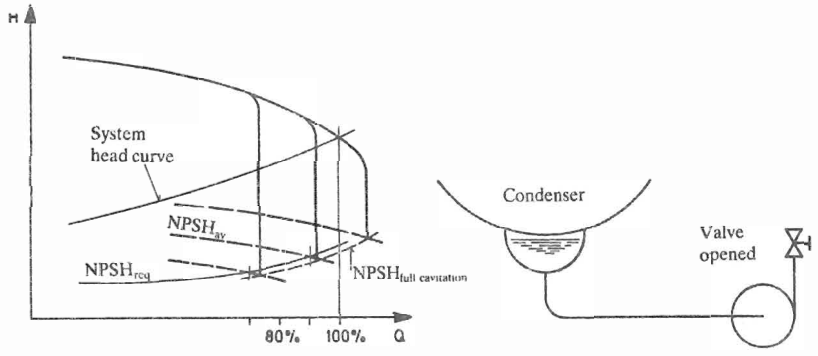
۷ - ۲ - ۲ کنترل کاویتاسیون [2] :

سیستم کنترل کاویتاسیون اغلب در تغییرات آبدهی پمپ‌های کندانس کوچک بکار برده می‌شود . (حداکثر ارتفاع به ازای هر طبقه ۵۰ متر) در غیر اینصورت پمپ غیرنرمال کار کرده و خوردگی بیشتری روی پره‌ها ظاهر خواهد شد . اگر مقدار آب کندانس شده کمتر باشد در نتیجهٔ پائین آمدن سطح آب در مخزن کندانس مقدار $NPSH_{aval.}$ پائین آمده و پمپ شروع به کاویتاسیون خواهد کرد . در این حالت در نتیجهٔ شکستگی که در منحنی مشخصه ظاهر می‌شود در جای دیگر منحنی شبکه را قطع خواهد نمود . ضمناً در نتیجه زیاد شدن مقدار آب کندانس ، سطح آن در مخزن کندانس بالا

1 prerotation control 2 Cavitation control



شکل ۱۵ – منحنی مشخصات یک پمپ جریان مختلط که در مکش آن پره هادی نصب شده باشد .



شکل ۱۶ – کنترل کاویتاسیون

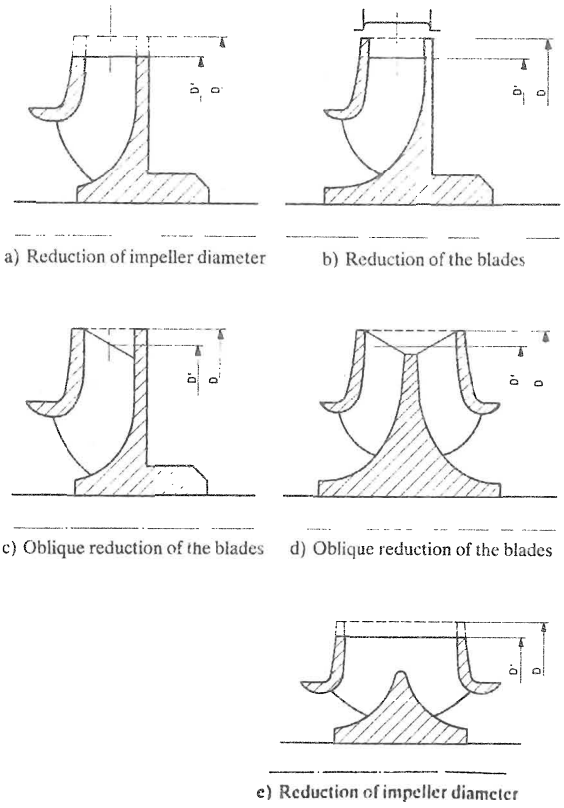
رفته و در نتیجه $NPSH_{aval}$ بیشتر خواهد شد .که باعث تغییر موقعیت کاویتاسیون پمپ شده و آبدهی آن بیشتر خواهد شد . (شکل ۱۶) محل تلاقی $NPSH_{aval.}$ متغیر با $NPSH_{req}$ در حالت کاویتاسیون کامل مشخص کنندهٔ مقدار آبدهی خواهد بود .

۳ - ۲ نحوهٔ تنظیم مشخصات هیدرولیکی پمپ با مشخصات ایستگاه [1] :

۱ - ۳ - ۲ بوسیلهٔ تراش پروانه [2] :

اگر مشخصات خط لوله از نظر افت همواره کمتر از مشخصات هیدرولیکی پمپ در نقطهٔ بهترین راندمان باشد و امکان کنترل سرعت نیز مقدور نباشد . با تراش پروانه می‌توان مشخصات هیدورلیکی پمپ را به شرایط جدید تبدیل نمود . (شکل ۱۷) در پمپ‌هائی که دارای دیفیورز می‌باشند فقط پره‌ها تراش داده می‌شود (شکل 17b) ولی در پمپ‌هائی که دارای محفظه حلزونی بوده و فاقد دیفیورز هستند معمولاً پره‌ها با صفحات روئی تراش داده می‌شود . (شکل e و 17a) . ضمناً در پمپ‌های دارای دیفیورز و یا پمپ‌های مکشه به خاطر داشتن یک منحنی مشخصهٔ پایدار اغلب پره‌ها به صورت مورب تراش داده می‌شود . (شکل d و 17c) هر چه اصلاح مشخصهٔ پمپ بیشتر باشد سرعت مخصوص بالا رفته و پمپ در راندمان بهتری کار خواهد کرد ضمناً NPSH پمپ نیز در آبدهی‌های بیشتر بالا خواهد رفت زیرا بار ویژهٔ پره با کوتاه شدن طول پره افزایش یافته و در ورودی پره نیز توزیع سرعت تغییر خواهد یافت .

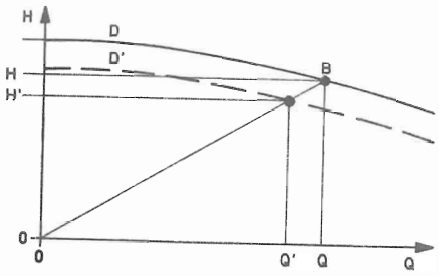
اگر تصحیح قطر پروانه کمتر باشد (5 % ≤) می‌توان فرض نمود که NPSH مورد نیاز خیلی کم افزایش خواهد یافت



شکل ۱۷ - تراش پروانه

1 Matching characteristic to service data

2 By reduction of impeller diameter



شکل ۱۸ –
تغییرات مشخصهٔ پمپ بعد از تراش پروانهٔ آن

وقتی که قطر پروانه تراش می‌یابد پهنای خروجی سیال از پروانه ، زاویهٔ پره و طول پره تغییر می‌یابد البته اثر این تغییرات بستگی دارد به طراحی پروانه (به عنوان مثال به سرعت مخصوص) . در حالت کلی بطور تقریبی می‌توان اثر تغییر قطر پروانه را روی مشخصهٔ پمپ مشخص نمود . وقتی که یک پروانهٔ شعاعی تصحیح می‌شود مشخصهٔ پمپ طبق شکل ۱۸ تغییر می‌یابد .

$$Q' = Q \cdot \left(\frac{D'}{D}\right)^m \quad ، \quad H' = H \cdot \left(\frac{D'}{D}\right)^m$$

در رابطهٔ فوق معمولاً m ۲ الی ۳ در نظر گرفته می‌شود .

$m = 2$ برای اصلاح قطر بزرگتر یا مساوی 6 درصد

$m = 3$ برای اصلاح قطر کوچکتر یا مساوی 1 درصد

ضمناً باید دقت نمود نقطهٔ بهترین راندمان η_{oo} بسته به مقدار n_q مطابق شکل ۱۸ بین Q و Q′ خواهد بود . اگر نقطهٔ کار B به نقطهٔ $Q = 0$ و $H = 0$ توسط خط مستقیمی وصل شود . نقطهٔ کار جدید در محل تلاقی این خط با منحنی جدید خواهد بود . و H′، Q′ با رسم خطوط موازی با محورها بدست خواهد آمد . که با توجه به آنها از روابط بالا قطر جدید قابل محاسبه خواهد بود .

اگر یک پروانه‌ای با سرعت مخصوص بالا($NS_{usA} > 2500$ ، $n_q > 50$) تصحیح شود یا مقدار تراش بیشتر از 3 درصد باشد عمل تراش باید در چندین مرحله انجام شود . یعنی اول باید یک مرحله پروانه را تراش داده و نتیجهٔ آنرا بررسی نمود سپس آنرا به قطر نهائی تراش داد .

۲ – ۳ – ۲ بوسیلهٔ تیزکردن پره‌های پروانه [1] :

با تیزکردن پره‌ها در قسمت زیرین در خروجی پروانه زاویهٔ خروجی را می‌توان بزرگ نمود و حدود ۵ درصد ارتفاع بیشتری را در نقطهٔ نزدیک به بهترین راندمان بدست آورد . البته بسته به زاویهٔ خروجی حداقل ۲ میلی‌متر ضخامت باید باقی بماند (شکل ۱۹) ضمناً با این روش راندمان پمپ نیز مقدار کمی اصلاح می‌شود . بدلیل وجود فشار بیشتر در این ناحیه ، در تیزکردن پره‌ها باید دقت نمود خصوصاً از لحاظ تنش‌های استاتیکی و دینامیکی باید دقیقاً کنترل شوند .

1 By sharpening of impeller blades

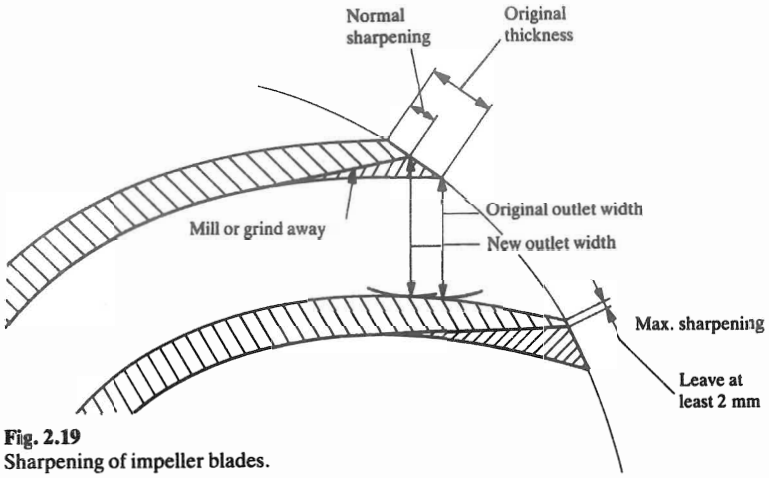
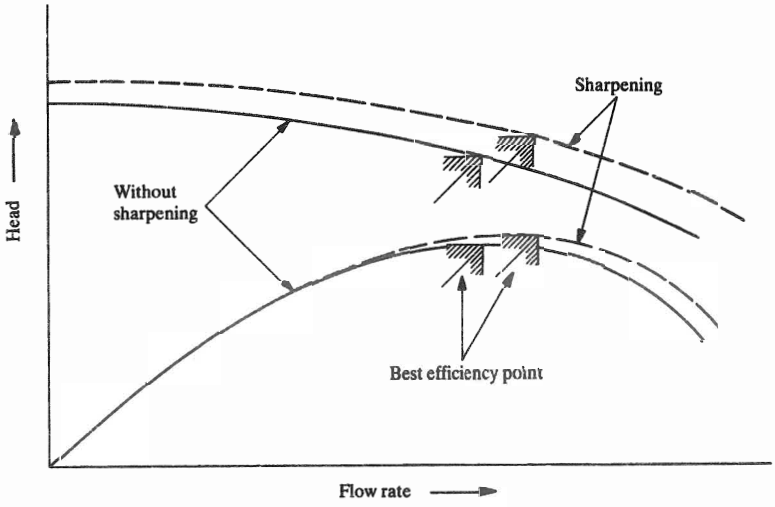


Fig. 2.19
Sharpening of impeller blades.

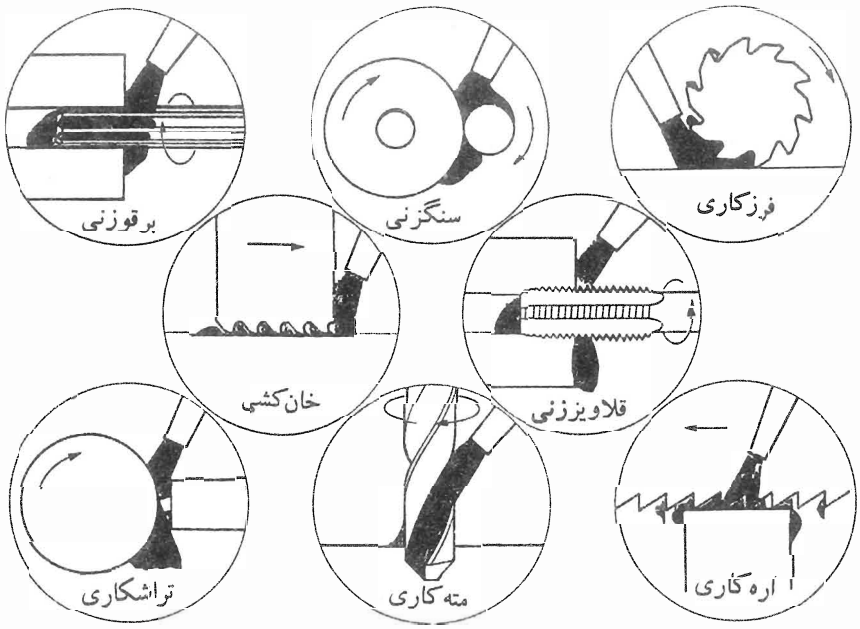


شکل ۱۹ - تأثیر اصلاح خروجی تیغهٔ پره‌ها

❑ مرجع:

Sulzer centrifugal pump hand book

PUMPIRAN



مواد خنک‌کننده در عملیات براده‌برداری

مهندس محمدرضا حیدری
شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران - مهندسی تولید

□ مقدمه:

مواد خنک‌کننده در اعمال ماشینکاری لازم و ضروری است. در طول یک فرآیند ماشینکاری، حرارت زیادی تولید می‌شود که قابل توجهی در اثر تغییر شکل پلاستیک فلز در ناحیه برش در سطح تماس براده و ابزار برش تولید می‌شود.

این حرارت و اصطکاک باعث می‌شود که فلز به لبه برش ابزار چسبیده و ممکن است ابزار شکسته شود که نتیجه این کار ، یک قطعه کار خراب و غیردقیق است .

استفاده از مواد خنک‌کننده پدیده‌ای تازه نبوده و تعدادی از انواع آنها صدها سال است که استفاده می‌شوند. قرنها قبل کشف شده بود که ریختن آب بصورت قطره روی یک چاقو تیزکن ، از صاف شدن سنگ جلوگیری می‌کند و یک سطح صاف روی چاقو و در قسمت مورد نظر بوجود می‌آورد . مشکل اصلی این بود که آب باعث زنگ‌زدگی قطعه کار می‌شد . حدود صدسال قبل ، ماشینکاران دریافتند که استفاده از چربی روی قطعات قبل از ماشینکاری،به تولید قطعات صافتر و دقیق‌تر کمک می‌کند . چربی ، پیشرو مواد خنک‌کننده ، عمل روغنکاری را انجام می‌داد ولی خاصیت خنک‌کنندگی نداشت . روغن‌های چربی خوک که بعداً توسعه داده شدند عمل روغنکاری را خوب انجام می‌دادند و اندکی خواص خنک‌کاری داشتند ولی سریع فاسد می‌شدند . در اوایل قرن بیستم ، به منظور بهبود وضع تراشکاری ، جلوگیری از زنگ‌زدگی و بمنظور روغنکاری ، صابونهابه آب اضافه می‌شدند .

در سال ۱۹۳۶ ، پیشرفت روغن‌های محلول یک ترقی بزرگی بود که خیلی بهتر از روغن‌های برشکاری قبلی اصلاح شده بودند . این شیره‌های سفید شیری رنگ ، ترکیبی از قدرت خنک‌کنندگی بالای آب و قدرت روان کنندگی روغن نفت بودند . علاوه بر اقتصادی بودن ، آنها بطور نسبی زنگ‌زدگی را کنترل می‌کردند و از فاسد شدن جلوگیری می‌کردند .

مواد خنک‌کننده شیمیایی ، حدوداً از سال ۱۹۴۴ معمول شده‌اند . آنها دارای مقداری روغن به منظور روانکاری و کاهش اصطکاک می‌باشند . که مقدار این روغن به عوامل شیمیایی بستگی دارد .

شیره‌های شیمیایی به آسانی با آب مخلوط می‌شوند و به خوبی حرارت تولید شده از ماشینکاری را انتقال می‌دهند . مواد خنک‌کننده شیمیایی به سرعت عمومیت پیدا کردند چونکه آنها در برابر زنگ‌زدگی مقاومت خوبی دارند ، سریع فاسد نمی‌شوند و خواص خنک‌کنندگی و روانکاری خوبی دارند .

□ انواع و کاربرد مواد خنک‌کننده :

در طول یک فرآیند ماشینکاری ، حرارت و اصطکاک قبل توجهی تولید می‌شود . با انتخاب و استفاده صحیح از مواد خنک‌کننده می‌توان با خنک‌کاری مؤثر و کاهش اصطکاک از این عوامل جلوگیری کرد . مواد خنک‌کننده ، ابزار برش و قطعه‌کار را خنک‌کاری و روانکاری می‌کنند . دلیل استفاده از آنها می‌تواند به خاطر مزایای اقتصادی زیر باشد :

۱ - ***کاهش هزینه‌های ابزار*** – روغن‌های براده‌برداری ساییدگی ابزار برش را کاهش می‌دهند ، دوام ابزار را افزایش می‌دهند و زمان تیزکاری و تنظیم مجدد ابزار برش را کم می‌کنند .

۲ - ***افزایش سرعت تولید*** – به دلیل اینکه روغن‌های براده‌برداری به کاهش حرارت و اصطکاک کمک می‌کنند ، بنابراین می‌توان در ماشینکاری از سرعت‌های بالا استفاده نمود .

۳ - ***کاهش هزینه‌های کار*** – به طوری که ، در موقع استفاده از روغن‌های براده‌برداری ، دوام ابزار برش زیاد می‌شود و به تیزکاری مجدد کمتر نیاز می‌شود ، توقف تولید کمتر شده ، هزینه کار بر واحد قطعه کار کاهش می‌یابد .

۴ - ***کاهش هزینه‌های انرژی*** – از آنجاییکه اصطکاک توسط یک ماده خنک‌کننده کاهش می‌یابد ، قدرت کمتری برای اعمال ماشینکاری لازم می‌شود و بدین ترتیب صرفه جویی در هزینه‌های انرژی امکان‌پذیر می‌شود .

▣ اهداف :

بعد از اتمام این قسمت بایستی قادر باشید :

۱ - اهمیت و وظیفه خاص مواد خنک‌کننده را بیان کنید .

۲ - سه نوع ماده خنک‌کننده و موارد استفاده هر یک از آنها را تشخیص دهید .

۳ - استفاده مؤثر و صحیح از مواد خنک‌کننده برای انواع مختلف اعمال ماشینکاری .

□ مشخصات ویژه یک ماده خنک‌کننده خوب :

برای اینکه یک ماده خنک‌کننده در عمل مؤثر باشد ، باید مشخصات مطلوب زیر را دارا باشد .

۱ - ***ظرفیت خنک‌کنندگی*** بالا – کاهش دمای برشکاری ، افزایش عمر ابزار و بهبود دقت ابعادی .

۲ - ***خواص روغنکاری خوب*** – جلوگیری از چسبیدن فلز بر لبه ابزار و شکل‌گیری یک لبه ایجاد شده (BUILT - UP EDGE) و در نتیجه جلوگیری از ایجاد یک سطح خراب .

۳ - ***مقاومت در برابر زنگ‌زدگی*** – نباید ماده خنک‌کننده باعث لکه‌دار شدن و خوردگی قطعه کار یا ماشین بشود .

۴ - ***ثبات*** (عمر طولانی) – در انبار کردن و نیز در موقع استفاده .

۵ - ***مقاومت در برابر فاسدشدن*** – نباید به آسانی فاسد بشود .

۶ - ***سمی نبودن*** – نباید باعث سوزش پوست کارگر بشود .

۷ - *شفاف بودن* – بطوریکه کارگر بتواند به وضوح قطعه کار را در طول ماشینکاری مشاهده کند.

۸ - *لزجت نسبتاً پایین* – تا براده‌ها سریع دفع شوند.

۹ - *آتش‌زا نبودن* – به آسانی نجوشد و بهتر است احتراق ناپذیر باشد. در کل زیاد دود نکند، شکل چسبندگی آن طوری نباشد که قسمت‌های لغزنده ماشین چسبناک بشوند یا مانع خوب کارکردن سیستم گردش ماده خنک‌کننده نشود.

□ انواع مواد خنک‌کننده:

شاید نیاز به یک ماده خنک‌کننده که دارای بیشترین مشخصات مطلوب یک ماده خنک‌کننده خوب را داشته باشد، باعث توسعه و پیشرفت انواع مختلف مواد خنک‌کننده شده است. رایج‌ترین مواد خنک‌کننده مورد استفاده، محلول‌های مایع (آب) یا روغن‌های براده‌برداری هستند. این مایعات به سه دسته تقسیم می‌شوند. روغن‌های براده‌برداری، روغن‌های معلق (امولسیونی)، مواد خنک‌کننده شیمیایی (سنتیکی).

▣ روغن‌های براده‌برداری:

روغن‌های براده‌برداری به دو نوع تقسیم می‌شوند: فعال یا غیرفعال، این اصطلاحات به فعالیت شیمیایی روغن‌ها یا قدرت واکنش آنها با سطح فلز در دماهای بالا اشاره می‌کنند که باعث محافظت فلز و بهبود عمل براده‌برداری می‌شوند.

روغن‌های براده‌برداری فعال ممکن است به این صورت تعریف شوند که اگر یک ورق مسی را به مدت سه ساعت در دمای 212 F (100C) در آنها غوطه‌ور کنیم، سیاه خواهد شد. این روغن‌ها معمولاً در موقع ماشینکاری فولاد استفاده می‌شوند که ممکن است کدر یا روشن باشند. معمولاً مقدار سولفور روغن‌های کدر بیشتر از انواع روشن آن است و آنها برای خشن‌کاری (HEAVY - DUTY) ترجیح داده می‌شوند. روغن‌های براده‌برداری فعال به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند:

۱ - روغن‌های معدنی گوگرددار حاوی 0.8 - 0.5 درصد گوگرد – بطور کلی آنها دارای رنگی روشن و شفاف هستند و خواص خنک‌کاری، روغنکاری و ضدجوشی خوبی دارند. بطور معمول از آن‌ها در ماشینکاری فولادهای کم کربن و فلزات نرم استفاده می‌شود. روغن‌های معدنی گوگرددار، مس و آلیاژهای آن را لکه‌دار می‌کنند و از اینرو برای این فلزات توصیه نمی‌شوند.

۲ - روغن‌های معدنی گوگرددار کلورینی حاوی بیشتر از ۳ % گوگرد و ۱ % کلورین – این روغن‌ها از ایجاد بیش از حد لبه‌ها جلوگیری می‌کنند و عمر ابزار برش را طولانی می‌کنند. روغن‌های معدنی گوگرددار کلورینی برای براده‌برداری فولادهای کم کربن و فولادهای آلیاژی کرم، نیکل، از روغن‌های معدنی گوگرددار مؤثرتر هستند. آنها برای ایجاد دندانه (پیچ‌زنی) روی فولاد نجیب بی‌نهایت مناسب هستند.

۳ - ترکیبات روغن پرچربی گوگرددار کلورینی – بیشتر از انواع قبل گوگرد دارند و مواد خنک‌کننده مؤثری برای خشن‌کاری می‌باشند.

روغن‌های غیرفعال ممکن است به این صورت تعریف شوند که اگر یک ورق مسی را به مدت سه ساعت در دمای 212 F (100 C) در آنها غوطه‌ور کنیم، سیاه نخواهد شد. گوگرد موجود در یک روغن غیرفعال، همان سولفور طبیعی خود روغن بوده و در طی ماشینکاری در عمل ماده خنک‌کننده هیچ تأثیر شیمیایی ندارد. این روغن‌ها به این دلیل غیرفعال نامیده می‌شوند که گوگرد به طور محکم به روغن چسبیده است و مقدار خیلی کمی از آن برای واکنش با سطح قطعه کار در طول عمل ماشینکاری آزاد می‌شود.

روغن‌های براده‌برداری غیرفعال به چهار دسته کلی زیر تقسیم می‌شوند:

۱ - *روغن‌های معدنی مستقیم* – به دلیل لزجت پایین‌شان، فاکتورهای ترکنندگی و نفوذ سریع را دارا می‌باشند. آنها برای ماشینکاری فلزات غیرآهنی استفاده می‌شوند از قبیل آلومینیم، برنج و منیزیم که خواص روغنکاری و خنک‌کاری در آنها ضروری نیستند. روغن‌های معدنی مستقیم همچنین برای استفاده در براده‌برداری فلزات سربی (ماشینکاری آزاد) و قلاویززنی و پیچ‌زنی فلزات سفید توصیه می‌شوند.

۲ - *روغن‌های پرچربی* – از قبیل روغن خوک و روغن عنبر ماهی، که موارد کاربرد محدودی دارند. آنها معمولاً برای برشکاری دقیق فلزات غیرآهنی سخت، به جای روغن گوگرددار که باعث بد رنگی و لکه‌دار شدن می‌شود، استفاده می‌شوند.

۳ - *ترکیبات روغن معدنی و روغن پرچربی* – که از ترکیب روغن معدنی و پرچربی تشکیل شده‌اند، به دلیل داشتن خواص ترکنندگی و نفوذ بهتر، از روغن‌های معدنی مستقیم مرغوبتر هستند. این فاکتورها باعث می‌شوند تا صافی سطح قطعه کار هم در فلزات آهنی و هم در فلزات غیرآهنی زیاد باشد.

۴ - *ترکیبات روغن معدنی و روغن پرچربی گوگرددار* – ابتدا گوگرد را با روغن پرچربی ترکیب می‌دهند و سپس با مقدار معینی روغن‌های معدنی مخلوط می‌کنند. این نوع روغن‌ها زمانیکه فشار برشکاری و ارتعاش ابزار برش زیاد و بیش از اندازه باشد، خواص ضد جوش و روغنکاری عالی ایجاد می‌کنند. بیشتر ترکیبات روغن معدنی و پرچربی گوگرددار می‌توانند برای قطعاتی از جنس فلزات غیرآهنی که لازم است سطح آنها کیفیت بالائی داشته باشند استفاده می‌شوند. آنها همچنین ممکن است در ماشین‌هایی که در آن واحد، فلزات آهنی و غیرآهنی را ماشینکاری می‌کنند، استفاده شوند.

▣ روغن‌های معلق یا محلول:

یک ماده خنک‌کننده مؤثر باید ضریب هدایت حرارتی بالایی داشته باشد و مثل روغن‌های معدنی و پرچربی خیلی خنک‌کننده نباشد. آب مطلوب‌ترین ماده خنک‌کننده شناخته شده است اما با وجود این، استفاده از آب بعنوان ماده خنک‌کننده باعث زنگ‌زدگی می‌شود و خاصیت روغنکاری کمتری دارد. با افزودن درصد معینی از روغن به آب ممکن است خاصیت‌های مقاومت در برابر زنگ‌زدگی و روغنکاری به خاصیت خنک‌کنندگی عالی آب اضافه بشوند.

روغن‌های معلق یا محلول، روغن‌هایی معدنی هستند که دارای یک ماده صابون مانند (معلق کننده‌ها) هستند که باعث حل آنها در آب می‌شود. این معلق کننده‌ها، روغن را به ذرات ریزی تبدیل کرده و آنها را به مدت طولانی در داخل آب معلق نگه می‌دارند. روغن‌های معلق یا محلول بصورت غلیظ تهیه می‌شوند. 5 - 1 قسمت از این محلول غلیظ به 100 قسمت آب اضافه می‌شود. مخلوط‌های غلیظ در مواقعی که روغنکاری و جلوگیری از زنگ‌زدگی ضروری باشند، استفاده می‌شوند.

روغن‌های محلول، بدلیل دارا بودن خواص خنک‌کاری و روغنکاری خوب، در مواقعی که سرعت براده‌برداری بالاست و فشار برشکاری کمتر است و تولید حرارت قابل توجه است، استفاده می‌شوند.

روغن‌های معلق یا محلول در سه نوع مختلف برای مقاصد متعدد ماشینکاری تولید می‌شوند:

۱ - *روغن‌های معدنی معلق* – روغن‌های معدنی هستند که عناصر گوناگونی به روغن اضافه شده است تا در آب حل شود. این روغن‌ها ارزان بوده، خاصیت خنک‌کاری خوبی دارند و برای ماشینکاری‌های معمولی در سطح وسیعی از آنها استفاده می‌شود.

۲ - *روغن‌های معلق پرچربی* – روغن‌های معدنی هستند که مقداری چربی به آنها اضافه شده است. این مخلوط‌ها خاصیت روغنکاری بهتری دارند. از این رو، برای اعمال خشن‌کاری بکار برده می‌شوند. اغلب این روغن‌ها، در ماشینکاری آلومینیم استفاده می‌شوند.

۳ - *روغن‌های معلق با فشار خیلی زیاد* – این روغن‌ها شامل عناصر گوگرد، کلورین و فسفر هستند و به خوبی روغن‌های پرچربی، خواص روغنکاری لازم را برای خشن‌کاری فراهم می‌کنند. این نوع روغن‌ها بطور معمول با آب به نسبت 1 به 20 مخلوط می‌شوند.

▣ مواد خنک‌کننده شیمیایی:

مواد خنک‌کننده شیمیایی که گاهی مواد خنک‌کننده سنتیکی نامیده می‌شوند، برای اولین بار در سال ۱۹۴۵ معرفی شدند که تا بحال قابل قبول بوده‌اند. آنها ثابت و پایدار هستند و شیره‌هایی بوجود می‌آورند که مقدار خیلی کمی روغن دارند و به آسانی با آب مخلوط می‌شوند. خواص روغنکاری و کاهش اصطکاک مواد خنک‌کننده شیمیایی به عناصر شیمیایی‌شان بستگی دارد. بعضی از انواع مواد خنک‌کنندهٔ شیمیایی شامل روان‌کننده‌هایی با فشار خیلی زیاد (EP) هستند که با فلز ماشینکاری شدهٔ تحت حرارت و فشار برش، مثل یک روان‌کننده جامد واکنش انجام می‌دهند. مایعاتی که حاوی روان کننده‌های (EP) هستند حرارت و اصطکاک بین براده و پیشانی ابزار برش و همچنین حرارت حاصل از تغییر شکل پلاستیک فلز را کاهش می‌دهند.

عناصر شیمیایی که در بیشتر مواد خنک‌کننده سنتیکی وجود دارند عبارتند از:

۱ - آمین‌ها و نیتریت‌ها برای جلوگیری از زنگ‌زدگی.
۲ - نیترات‌ها برای پایداری نیتریت‌ها.
۳ - فسفات و بورات برای سبک‌کردن آب.
۴ - صابونها و عناصر ترکننده برای روغنکاری.
۵ - ترکیبات فسفر، کلورین و گوگرد برای روغنکاری شیمیایی.
۶ - گلیکول‌ها برای مخلوط کردن عناصر.
۷ - باکتری کش‌ها برای کنترل رشد باکتریها.

همچنانکه وجود عناصر شیمیایی، خواص خنک‌کاری آب را بهبود می‌بخشند، مواد خنک‌کننده سنتیکی نیز مزایای زیر را بوجود می‌آورند:

- کنترل زنگ‌زدگی خوب.
- مقاومت در برابر فاسد شدن به مدت طولانی.
- کاهش مقدار حرارت تولید شده در طی عمل براده‌برداری.

- خواص خنک‌کاری عالی .
- پایداری بیشتر نسبت به روغن‌های محلول یا روغن‌های براده‌برداری .
- آتش‌زا و دودزا نبودن .
- سمی نبودن .
- به آسانی از قطعه کار جدا شده و باعث تمیزی قطعه کار می‌شوند .
- ته‌نشین شدن ذرات و براده‌های ریز ، بطوریکه دوباره وارد سیستم گردش خنک‌کاری نمی‌شوند .
- چسبناک نبودن دستگاه سیستم خنک‌کاری در نتیجهٔ عمل شویندگی ماده خنک‌کننده سنتیکی .

مواد خنک‌کننده شیمیایی در سه نوع تهیه می‌شوند :

۱ - سیالات محلول حقیقی
۲ - مواد خنک‌کننده با عامل ترکننده
۳ - مواد خنک کننده با عامل ترکننده با خواص روان‌کنندگی (EP) .

۱ - *سیالات محلول حقیقی* – دارای خاصیت ضد زنگی بیشتری بوده و عموماً برای جلوگیری از زنگ‌زدگی و دفع سریع حرارت در کارهای سنگزنی مورد استفاده قرار می‌گیرند . بطور کلی این سیال‌ها محلول‌های پاک‌کننده بوده و یک قسمت از محلول با 250 - 50 قسمت آب ، بسته به مورد مصرف مخلوط می‌شود . بعضی از انواع محلول‌های حقیقی زمانیکه آب آنها تبخیر می‌شود تمایل دارند به شکل سخت و رسوبات بلورینی در آیند . این رسوبات ممکن است با گیره‌ها ، قسمت‌های لغزنده و متحرک برخورد کنند .

۲ - *مواد خنک‌کننده شیمیایی با عامل ترکننده* – دارای عناصری هستند که خاصیت ترکنندگی آب را افزایش می‌دهند ، حرارت را بطور یکنواخت پخش می‌کنند و دارای خاصیت ضدزنگی هستند . آنها همچنین دارای خواص روان‌کنندگی متوسط ، عناصر سبک‌کننده آب و ضد کف می‌باشند .

مواد خنک‌کننده شیمیایی نوع ترکننده دارای چندین خاصیت می‌باشند ، آنها دارای خواص روغنکاری عالی بوده و پخش حرارت را سریع انجام می‌دهند . از آنها می‌توان برای ماشینکاری با ابزارهای برش فولاد تندتر یا کاربیدی استفاده کرد .

۳ - ***مواد خنک کننده شیمیایی نوع ترکننده با خواص روان کنندگی*** (EP) – مشابه انواع قبلی هستند ، اما اینها دارای گلورین ، گوگرد یا فسفر هستند که به منظور افزایش اثرات (EP) یا روغنکاری لایه‌ای می‌باشند. این نوع مواد خنک‌کننده برای خشن‌کاری با ابزارهای برش فولاد تندبر یا کاربیدی مورد استفاده قرار می‌گیرند .

توجه : اگر چه مواد خنک کننده شیمیایی در سطح وسیعی موفق بوده‌اند و برای خیلی از انواع اعمال ماشینکاری بکار برده می‌شوند ولی احتیاط‌های مشخصی درباره استفاده از آنها وجود دارند که بایستی رعایت شوند . مواد خنک‌کننده شیمیایی بطور کلی با فلزات آهنی استفاده می‌شوند ، با وجود این بیشتر آلیاژهای آلومینیم می‌توانند با این مواد خنک‌کننده بخوبی ماشینکاری شوند .اغلب مواد خنک کننده شیمیایی ، برای استفاده با آلیاژهای منیزیم ، روی ، کادمیم یا سرب توصیه نمی‌شوند . انواع مشخصی از رنگها (عموماً با کیفیت پایین) ممکن است توسط بعضی از مواد خنک‌کننده شیمیایی متأثر شوند و در نتیجه به ظاهر ماشین صدمه زده و به رنگ اجازه دهند تا با ماده خنک کننده مخلوط شوند . قبل از تغییر دادن هر نوع ماده خنک کننده ، برای انتخاب ماده خنک کننده مناسب برای عمل ماشینکاری و فلز مورد نظر باید با تهیه کننده‌ها مشورت کرد .

□ وظایف یک ماده خنک کننده :

وظایف اولیه یک ماده خنک‌کننده ، خنک کاری و روغنکاری می‌باشد . در کل ، مواد خنک کننده خوب عمر ابزار برش را افزایش می‌دهند ، مقاومت خوبی در برابر فاسد شدن دارند و زنگ‌زدگی را کنترل می‌کنند .

▣ خنک‌کاری

آزمایشات ثابت کرده‌اند که حرارت تولید شده در طی ماشینکاری ، رفتار معینی روی فرسایش ابزار برش دارد .کاهش دمای ابزار برش در عمر ابزار مهم است . حتی کاهش اندکی در دما ، افزایش بزرگی در عمر ابراز برش را نتیجه خواهد داد برای مثال ، اگر دمای ابزار فقط 50 F (27.7C) کاهش

داده شود از 950F به 900F (از 510.C به 482.3C) عمر ابزار برش پنج مرتبه افزایش خواهد یافت، از 19.5 دقیقه به 99 دقیقه.

دو منبع تولید حرارت در حین عمل براده‌برداری وجود دارد:

۱ - تغییر شکل پلاستیک فلز، که بطور آنی اتفاق می‌افتد. در حدود 2/3 تا 3/4 از حرارت تولید شده را ایجاد می‌کند.

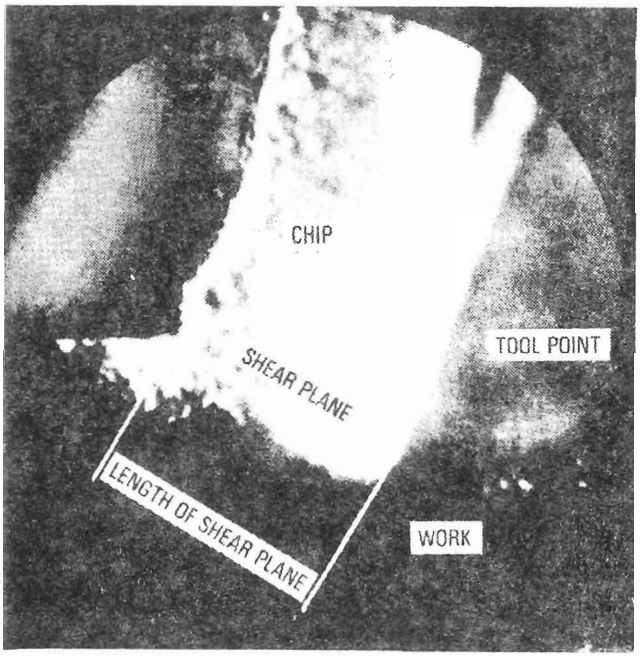
۲ - اصطکاک ناشی از سطح تماس بین براده و ابزار برش نیز حرارت تولید می‌کند.

باگذشت زمان، آب مؤثرترین عامل کاهنده حرارت حاصل از ماشینکاری تشخیص داده شده است. از آنجاییکه آب خالی باعث زنگ‌زدگی می‌شود، روغن‌های محلول یا عناصر شیمیایی که مانع زنگ‌زدگی می‌شوند و خواص لازم دیگر را بهبود می‌بخشند، به آب افزوده می‌شوند. تا آن به یک ماده خنک‌کننده خوب و مطلوب تبدیل شود.

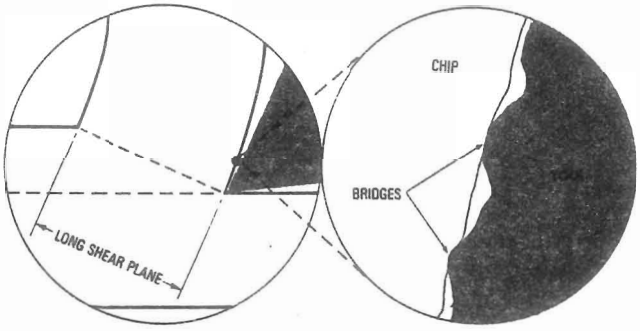
باید حجم زیادی از ماده خنک‌کننده در یک فشار خیلی پایین به سطح ماشینکاری تغذیه شود. این کار، اطمینان می‌دهد که سطح ماشینکاری به خوبی از ماده خنک‌کننده پوشیده شده و مقدار ناچیزی از آن پاشیده می‌شود. همچنین جریان ماده خنک‌کننده به پاک‌کردن براده‌ها از روی سطح ماشینکاری شده کمک می‌کند.

▣ روغنکاری

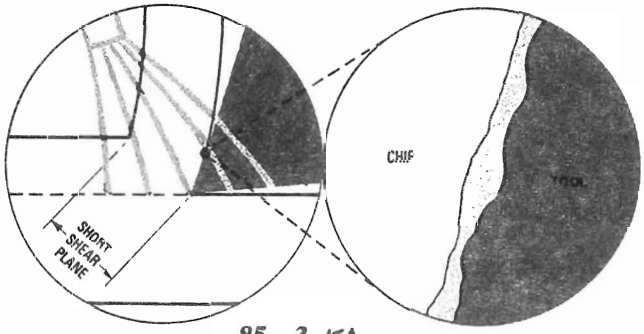
اهمیت وظیفه روغنکاری یک ماده خنک‌کننده، به اندازه اهمیت وظیفه خنک‌کاری آن است. حرارت در اثر تغییر شکل پلاستیک فلز و اصطکاک بین براده و پیشانی ابزار برش تولید می‌شود. تغییر شکل پلاستیک فلز در امتداد صفحه برش اتفاق می‌افتد (شکل 1 - 85). هر روشی که طول صفحه برش را کوتاه کند، باعث کاهش مقدار حرارت شده می‌شود.



شکل 1 - 85



شکل 2 - 85



شکل 3 - 85

تنها روش شناخته شده برای کوتاه کردن طول صفحه برش برای هر شکل ابزار برش و ماده قطعه کار ، کاهش دادن اصطکاک بین براده و پیشانی ابزار برش می‌باشد . شکل (2 - 85) تشکیل براده را در امتداد پیشانی ابزار برش توضیح می‌دهد . شکل بزرگ شده ، ناهمواریهای روی پیشانی ابزار برش را نشان می‌دهد که سطوح اصطکاکی را بوجود می‌آورند و شرایط شکل‌گیری یک لبه ایجاد شده را فراهم می‌کنند . همچنین توجه کنید که در نتیجه وجود این اصطکاک ، یک صفحه برش دراز و یک زاویه برش کوچک بوجود می‌آید . بیشترین حرارت در لبه تیغچه ، موقعی تولید می‌شود که یک زاویه برش کوچک و یک صفحه برش دراز وجود دارد .

شکل (3 - 85) عمق برش مشابهی با شکل (2 - 85) را توضیح می‌دهد ، با این تفاوت که نشان می‌دهد ماده خنک‌کننده برای کاهش اصطکاک در سطح تماس براده و ابزار برش استفاده شده است . به محض کاهش اصطکاک ، صفحه برش کوتاهتر می‌شود و سطحی که تغییر شکل پلاستیک می‌دهد ، به همان نسبت کوچکتر می‌شود . از اینرو ، با کاهش اصطکاک در سطح تماس براده و ابزار برش ، هر دو منبع تولید حرارت (تغییر شکل پلاستیک و اصطکاک در سطح تماس براده و ابزار برش) می‌توانند کاهش داده شوند .

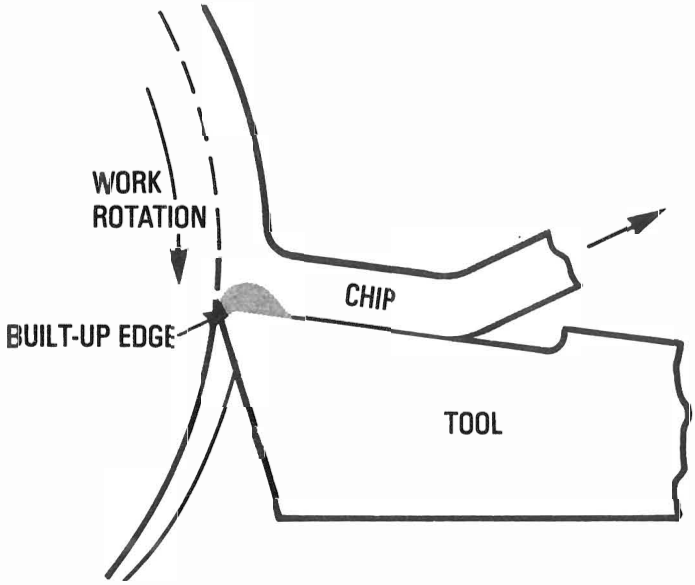
عمر مؤثر یک ابزار برش را می‌توان خیلی طولانی کرد ، اگر اصطکاک و حرارت تولید شده کاهش داده شوند . موقعی که فولاد ماشینکاری می‌شود ، دما و فشار در سطح تماس براده و ابزار ممکن است به ترتیب به 1000F (537.7 C) و 200,000 PSI (1,379,000 KPA) برسد . در چنین شرایطی ، بعضی روغن‌ها و سیالها تمایل به بخار شدن یا بیرون زدن از بین براده و ابزار دارند . فشار خیلی زیاد مواد روان‌کننده مقدار حرارت ناشی از اصطکاک را کاهش می‌دهند . مواد شیمیایی (EP) سیالات سنتیکی ، طی واکنش‌های شیمیایی با برادهٔ بوجود آمده بصورت ترکیبات جامد در می‌آیند .

این ترکیبات جامد یا مواد روان‌کننده می‌توانند در دما و فشار بالا مقاومت کنند و به براده اجازه می‌دهند تا به آسانی از پیشانی ابزار به طرف بالا بلغزد .

▣ عمر ابزار برش

حرارت و اصطکاک مهمترین عوامل شکست ابزار برش هستند . کاهش مقادیر حرارت و اصطکاک بوجود آمده در طول عمل ماشینکاری می‌تواند عمر یک ابزار برش را خیلی زیاد افزایش دهد . آزمایشات ثابت کرده‌اند که اگر دما در سطح تماس براده و ابزار برش به اندازه 50 F (27.7 C) کاهش داده شود ، عمر ابزار برش پنج برابر افزایش می‌یابد. در نتیجه ، موقعی که مواد خنک‌کننده بکار برده می‌شوند سرعت‌های بالاتر و بار دهی بیشتر می‌توانند استفاده شوند ، تولید افزایش می‌یابد و همچنین کاهش هزینه بر واحد قطعه کار نتیجه می‌شود .

در طی عمل براده‌برداری ، تکه‌های فلز تمایل دارند به پیشانی ابزار برش جوش بخورند و باعث می‌شوند تا یک لبه ایجاد شده شکل بگیرد (شکل 4 - 85).اگر لبه ایجاد شده در امتداد پیشانی ابزار



شکل 4 - 85

برش بزرگ و پهن شود ، زاویه براده مؤثر ابزار برش کاهش می‌یابد و برای براده‌برداری فلز قدرت بیشتری لازم می‌شود . لبه ایجاد شده از جدا شدن براده‌ها و اصلاح قطعه‌کار جلوگیری می‌کند و نتیجه آن یک سطح تمام شده خراب ، ساییدگی دامنه زیاد و گودی پیشانی ابزار برش است . تقریباً همه ناهمواریهای یک سطح ماشینکاری شده بوسیله تکه‌های ریز فلز بوجود می‌آیند . که این تکه‌های ریز فلز توسط لبه ایجاد شده رها می‌شوند .

استفاده از یک ماده خنک‌کننده مؤثر ، به روش‌های زیر بر عمل یک ابزار برش تأثیر می‌گذارد :

۱ - حرارت حاصل از تغییر شکل پلاستیک فلز راکاهش داده و در نتیجه عمر ابزار برش را افزایش می‌دهد .

۲ - اصطکاک را در سطح تماس براده و ابزار برش کاهش می‌دهد و نتیجه این کار کاهش حرارت می‌باشد .

۳ - به دلیل کاهش اصطکاک ، به قدرت کمتری برای ماشینکاری نیاز می‌شود .

۴ - از شکل‌گیری لبه ایجاد شده جلوگیری می‌کند که نتیجه آن طولانی‌تر شدن عمر ابزار برش است .

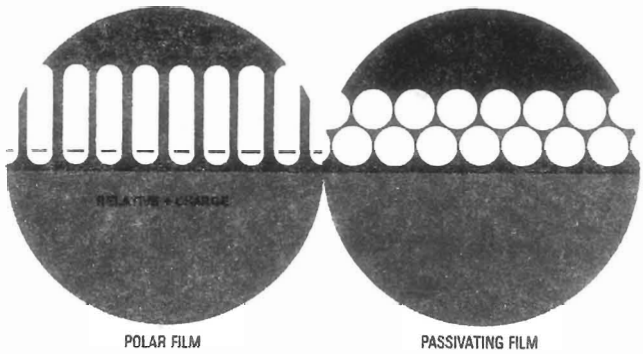
۵ - سطح تمام شده قطعه‌کار خیلی زیاد بهبود می‌یابد .

▣ کنترل زنگ‌زدگی

مواد خنک‌کننده ، در ماشین ابزارها برای جلوگیری از زنگ‌زدگی استفاده می‌شوند و گرنه قسمت‌های مختلف ماشین آلات و قطعات کار از بین می‌روند . روغن براده‌برداری از زنگ زدگی جلوگیری می‌کند ولی خاصیت خنک‌کاری آن به اندازه آب مؤثر نیست . آب بهترین و اقتصادی‌ترین ماده خنک‌کننده می‌باشد ولی باعث زنگ‌زدگی قطعات می‌شود مگر اینکه مواد ضد زنگ به آن اضافه شوند .

زنگ زدن عبارت است از اکسید شدن آهن ، یا آهنی که با اکسیژن ، آب و مواد معدنی آب واکنش شیمیایی انجام داده است . آب خالی موجود روی قطعه فولادی یا آهنی مثل یک واسطه برای فرآیند الکتروشیمیایی عمل می‌کند که این فرآیند باعث شروع خوردگی یا زنگ‌زدگی می‌شود .

مواد خنک‌کننده شیمیایی دارای مواد ضدزنگی هستند که از فرآیندهای الکتروشیمیایی زنگ‌زدگی جلوگیری می‌کنند . بعضی از مواد خنک‌کننده ، روی همه فلزات بصورت لایه قطبی هستند که از زنگ‌زدگی جلوگیری می‌کنند . این لایه قطبی (شکل 5 - 85) شامل مولکول‌هایی با بار منفی ، دراز و نازک هستند که روی فلز بطور محکم به همدیگر متصل هستند . در این لایه نامرئی ، تنها



شکل 5 - 85

مولکول‌های ضخیم ، برای جلوگیری از عمل الکتروشیمیایی زنگ‌زدگی کافی هستند . انواع دیگری از مواد خنک‌کننده دارای مواد ضدزنگی هستند که به شکل یک پوشش عایقی هستند . و مثل یک لایه روئین‌ساز روی سطح فلز شکل می‌گیرند . این مواد مقاوم و باز دارنده ، با فلز ترکیب شیمیایی انجام می‌دهند و یک سطح صاف ایجاد می‌کنند که پوششی محافظ در برابر زنگ زدگی است .

▣ کنترل فاسد شدن

زمانی که فقط از روغن پیه خوک ، بعنوان ماده خنک کننده استفاده می‌شود . بعد از گذشت چند روز ، شروع به فاسد شدن و نشر بوی بد می‌کند . این فاسد شدن در نتیجه رشد و افزایش باکتریها و موجودات زنده میکروسکوپی می‌باشد که سرانجام باعث بوجود آمدن بوهای بد می‌شوند . امروزه هر ماده خنک کننده که بو می‌دهد فاسد (RANCID) نامیده می‌شود .

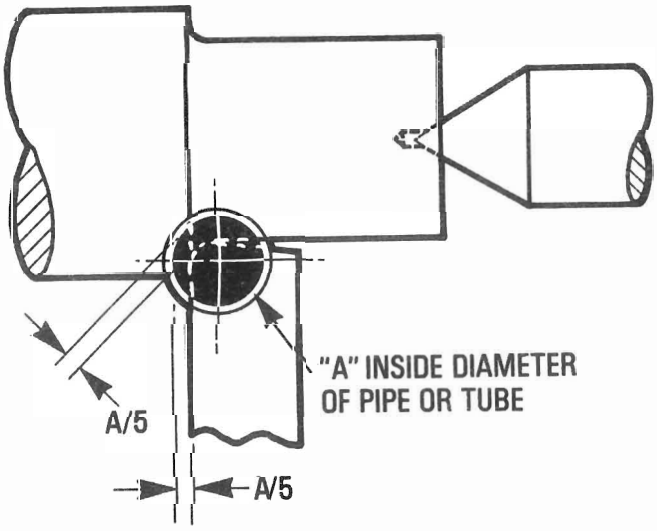
اکثر مواد خنک کننده دارای باکتری کش هستند که این باکتری کش‌ها رشد باکتریها را کنترل می‌کنند و مواد خنک‌کننده را بیشتر در برابر فاسد شدن مقاوم می‌کنند . باکتری کش‌ها که توسط سازندگان به ماده خنک کننده اضافه می‌شوند باید به اندازه‌ای قوی باشند تا هم رشد باکتریها را کنترل نمایند و هم باعث آسیب دیدن پوست کارگر نشوند .

□ موارد کاربرد مواد خنک‌کننده

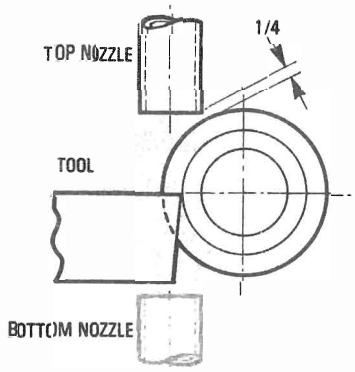
عمر ابزار برش و عملکرد ماشین به روشی که از ماده خنک کننده استفاده می‌شود ، بستگی فراوانی دارد . ماده خنک‌کننده باید در جریان وسیع تحت فشار پایین تغذیه شود بطوریکه قطعه کار و ابزار برش را بخوبی بپوشاند . قاعده‌ای که از تجربه بدست آمده ، این است که قطر خارجی نازل تغذیه باید در حدود 3/4 پهنای ابزار برش باشد . ماده خنک کننده باید به سطحی هدایت شود که براده تولید می‌شود و تولید حرارت را در طول ماشینکاری کنترل نماید و عمر ابزار برش را افزایش دهد .

▣ تراشکاری

در ماشین‌های تراشکاری افقی و توتراش ، ماده خنک‌کننده باید به قسمتی از ابزار برش تغذیه شود که براده تولید می‌کند . برای تراشکاری و پیشانی تراش‌های معمولی ماده خنک کننده باید بطور مستقیم به قسمت بالای ابزار برش ، نزدیک ناحیه تشکیل براده ، تغذیه شود (شکل 6 - 85).در خشن کاری و پیشانی تراشی ، پیشنهاد می‌شود که ماده خنک‌کننده توسط دو نازل تغذیه شود .که یکی از این نازل‌ها بطور مستقیم در بالا و دیگری بطور مستقیم در زیر ابزار برش قرار می‌گیرند (شکل 7 - 85).



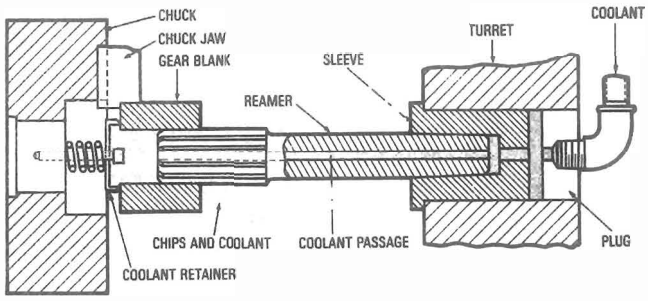
شکل 6 - 85



شکل 7 - 85

▣ مته‌کاری و برقوزنی

مؤثرترین روش بکارگیری مواد خنک‌کننده برای این موارد ، استفاده از مته‌های تغذیه روغنی (OIL - FEED) و برقوهای میان تهی است . این قبیل ابزارها ، مواد خنک‌کننده را بطور مستقیم به لبه‌های برش (لبه‌های تیغچه) می‌رسانند و در همان زمان براده‌ها را نیز از داخل سوراخ تمیز می‌کنند (شکل 8 - 85). موقعی که مطابق اصول ، مته‌ها و برقوها استفاده شوند ، مقدار زیادی از ماده خنک کننده باید به لبه‌های برش تغذیه شود .

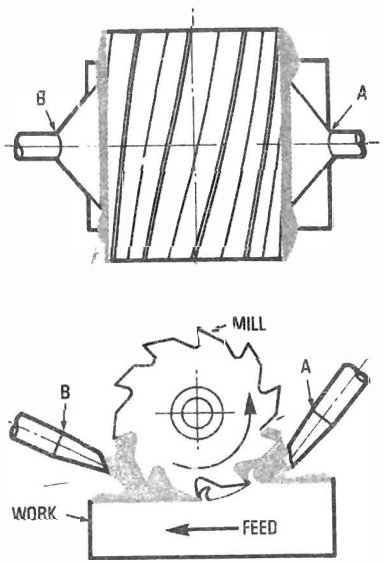


شکل 8 - 85

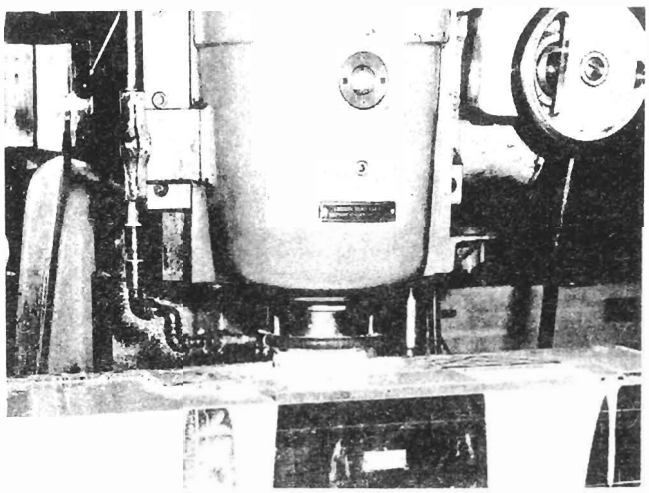
▣ فرزکاری

در فرزکاری ساده ، ماده خنک‌کننده باید به دو طرف ابزار برش توسط نازل‌های فن شکل (FAN - SHAPED) هدایت شود که مقدار آن باید در حدود 3/4 پهنای ابزار تراش باشد (شکل 9 - 85).برای فرزکاری پیشانی ، یک پخش‌کننده رینگی (شکل 10 - 85) برای پوشاندن صحیح تمامی ابزار تراش توصیه می‌شود .

غوطه‌ور نگه داشتن هر دندانه ابزار تراش در ماده خنک‌کننده در کل زمان ، می‌تواند عمر ابزار برش را صد درصد افزایش دهد .



شکل 9 - 85



شکل 10 - 85

▣ سنگزنی

ماده خنک‌کننده در عمل سنگ‌زنی خیلی مهم است ، آن قطعه‌کار را خنک می‌کند و سنگ را تمیز نگه می‌دارد . ماده خنک‌کننده باید در حجم زیاد تحت فشار خیلی پایین تغذیه شود .

۱ - *سنگزنی تخت*–از سه روش ممکن است برای تغذیه ماده خنک‌کننده در سنگزنی تخت استفاده شود :

الف – روش (THE FLOOD METHOD) – عمومی‌ترین روش استفاده است که در این روش جریان ثابتی از ماده خنک‌کننده توسط یک نازل ایجاد می‌شود . در نتیجهٔ تغذیهٔ متناوب مادهٔ خنک‌کننده توسط دو نازل مطابق شکل (9 - 85)، بیشتر کارهای سنگزنی تخت می‌تواند خیلی زیاد بهبود یابند .

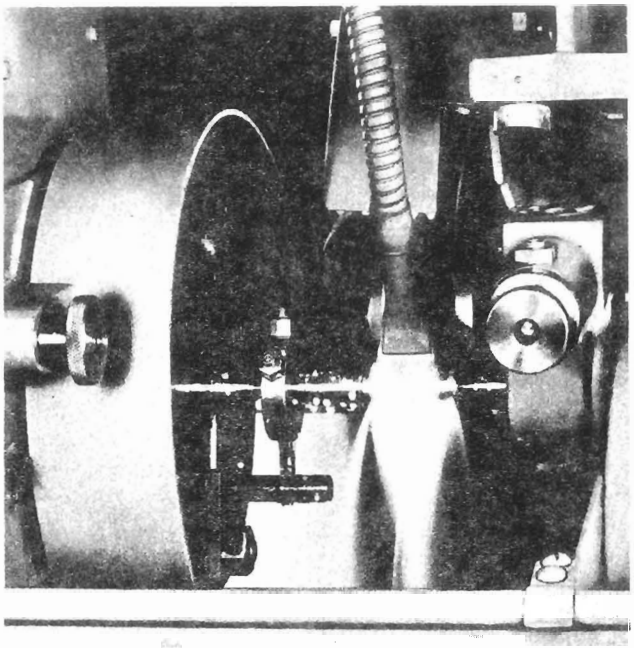
ب – روش (THROUGH - THE - WHEEL) – در این روش ماده خنک‌کننده به یک فلنج سنگ مخصوص تغذیه می‌شود و توسط نیروی گریز از مرکز به محیط سنگ و سطح تماس رانده می‌شود .

پ – روش (MIST SPRAY) – ماده خنک‌کننده از یک مخزن توسط جریانی از هوا مکیده می‌شود و بصورت اسپری بوسیله نازلی به سطح تماس هدایت می‌شود .

۲ - *سنگزنی استوانه‌ای* – برای اعمال سنگزنی استوانه‌ای ، آن مهم است که کل سطح تماس بین سنگ و قطعه‌کار با جریانی از ماده خنک‌کنندهٔ تمیز ، پوشانده شود . یک نازل فن شکل (شکل 11 - 85) قدری پهن‌تر از سنگ باید برای هدایت ماده خنک‌کننده استفاده شود .

۳ - *سنگزنی داخلی* – طی سنگزنی داخلی ، ماده خنک‌کننده باید براده‌ها و ذرات ساییده شده سنگ را از سوراخ قطعه‌کار تمیز کند . بدلیل اینکه سنگزنی‌های داخلی ، استفاده از یک سنگ بزرگتر را ایجاب می‌کنند بعضی اوقات تغذیه ماده خنک‌کننده به اندازه‌کافی به داخل سوراخ مشکل است . پس باید یک مطابقت بین اندازه سنگ ماشین سنگزنی و مقدار ماده خنک‌کننده ورودی به سوراخ صورت گیرد . هر قدر ممکن است باید ماده خنک‌کننده در طول سنگزنی‌های داخلی تغذیه شود .

جدول (1 - 85) مواد خنک‌کننده پیشنهادی را برای انواع مواد توضیح داده است .



شکل 11 - 85

❑ مرجع:

TECHNOLOGY OF MACHINE TOOLS : By Krar , Oswald , St . Amand

جدول (1 - 85)

مواد خنک‌کننده پیشنهادی برای انواع مواد

فلزکاری	تراشکاری	رزوه زنی	برقو زنی	مته‌کاری	مواد
- روغن محلول - روغن خوک - روغن معدنی - خشک	- روغن محلول	- روغن محلول - نفت سفید و روغن خوک	- روغن محلول - نفت سفید - روغن معدنی	- روغن محلول - نفت سفید - نفت سفید و روغن خوک	- آلومینیم
- خشک - روغن محلول	- روغن محلول	- روغن محلول - روغن خوک	- خشک - روغن محلول	- خشک - روغن محلول - نفت سفید و روغن خوک	- برنج
- خشک - روغن محلول - روغن خوک	- روغن محلول	- روغن محلول - روغن خوک	- خشک - روغن محلول - روغن خوک	- خشک - روغن محلول - روغن خوک	- برنز
- خشک - روغن محلول	- خشک - روغن محلول	- خشک - روغن گوگرددار - روغن خوک معدنی	- خشک - روغن محلول - روغن خوک معدنی	- خشک - جریان هوا - روغن محلول	- چدن
- خشک - روغن محلول	- روغن محلول	- روغن محلول - روغن خوک	- روغن محلول - روغن خوک	- خشک - روغن محلول - روغن خوک معدنی - نفت سفید	- مس
- خشک - آب سودا	- روغن محلول	- روغن خوک - آب سودا	- خشک - آب سودا	- خشک - آب سودا	- آهن - چکش‌خوار
- روغن محلول	- روغن محلول	- روغن خوک	- روغن محلول - روغن خوک	- روغن محلول - روغن خوک	- فلز مونل
- روغن محلول - روغن خوک معدنی	- روغن محلول	- روغن گوگرددار - روغن خوک	- روغن محلول - روغن گوگرددار - روغن خوک معدنی	- روغن محلول - روغن گوگرددار - روغن خوک معدنی	- آلیاژهای فولاد
- روغن محلول - روغن خوک، معدنی	- روغن محلول	- روغن محلول - روغن خوک، معدنی	- روغن محلول - روغن خوک معدنی	- روغن محلول - روغن گوگرددار - روغن خوک معدنی	- فولاد معمولی
- روغن محلول - روغن خوک	- روغن محلول	- روغن گوگرددار - روغن خوک	- روغن محلول - روغن گوگرددار - روغن خوک	- روغن محلول - روغن گوگرددار - روغن خوک معدنی	- فولاد ابزاری

PUMPIRAN

نقش پاشش پلاسمائی در صنعت پمپ‌سازی

تألیف : مهندس کریم حسن پور مقدم

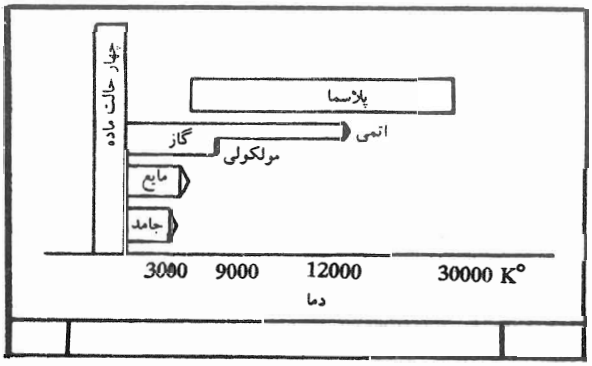
امور مهندسی - سرپرست متالورژی

□ مقدمه :

پلاسما در فیزیک بیان کننده حالتی از ماده است که الکترونها از اتم‌هایشان جدا می‌شوند . این اظهارات در سال ۱۹۲۸ توسط فیزیکدان امریکائی بنام Langmuir بیان گردید . پلاسما به طور کلی با سه حالت ماده یعنی جامد ، مایع و گاز اختلاف اساسی دارد . از این رو به آن حالت چهارم ماده اطلاق می‌شود و از یونیزاسیون یک گاز در قوس الکتریکی بین دو الکترود به وجود می‌آید شکل (۱) . جدا شدن یک یا چند الکترون از مدارهای یک اتم یونیزاسیون نامیده می‌شود . یونیزاسیون احتیاج به انرژی دارد تا الکترون به موقعیت دیگری منتقل شود . به عنوان مثال شکل ۲ یونیزاسیون نرمال نیتروژن را نشان می‌دهد .

$$N \xrightarrow{\text{انرژی}} N^+ + e^-$$

یک اتم نیتروژن دارای یک هسته اتمی و هفت

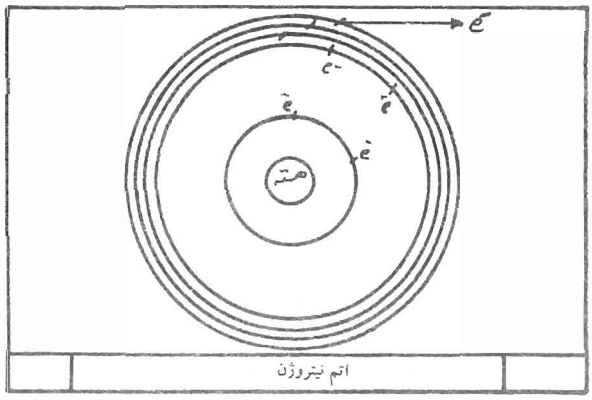


شکل ۱ - چهار حالت ماده

الکترون است که در لایه‌های مختلف حرکت دورانی دارند . هر کدام از این لایه‌ها دارای یک تراز انرژی متفاوتی می‌باشند . وقتی که انرژی افزایش می‌یابد الکترونها به لایه بالائی جهش می‌نمایند که به آن حالت برانگیختگی اتم (Excited Atom) گفته می‌شود . اگر انرژی از مقدار معینی اضافه داده شود یک الکترون

لایه آخر را ترک خواهد کرد (یونیزاسیون نرمال) و اگر انرژی باز هم افزایش یابد الکترونهای دیگر هم از اتم جدا خواهند شد که یونیزاسیون چندگانه [1] اتفاق خواهد افتاد .

اگر تمام الکترونها ، اتم را ترک کنند در این صورت یونیزاسیون کامل [2] روی می‌دهد . مانند شرایط ستارگان در دمای صدمیلیون درجه کلوین .



شکل ۲ - حالت یونیزاسیون اتم نیتروژن

در پاشش پلاسمایی ، کار در یونیزاسیون موضعی و تا درجه حرارت تقریبی $30/000\,K^{\circ}$ انجام می‌گیرد .

تنها منبع تولید انرژی ، یک قوس انتقال الکتریکی است که باعث ایجاد پلاسما می‌شود . یک قوس ، بخودی خود یک پلاسماست ولی آنچه مدنظر است پلاسمائی است که در درجه حرارت بسیار بالا توسط یک قوس الکتریکی متمرکز به وجود آید . جدول ۱ درجه حرارت‌های شعله، قوس و پلاسمای چندین نوع گاز را نشان می‌دهد .

جدول ۱ :

درجه حرارت‌های شعله ، قوس و پلاسمای چند نوع گاز

گاز شهری + هوا	۱۵۵۰°C
هیدروژن + اکسیژن	۲۹۶۰°C
oxy - Acetylene	۳۱۰۰°C
قوس کربن در هوا	۴۰۰۰°C
قوس کربن در آرگون	۱۵۰۰۰ - ۲۰۰۰۰°C
پلاسمای هیدروژن	۴۰۰۰ - ۸۰۰۰°C
پلاسمای نیتروژن	۷۵۰۰°C
پلاسمای آرگون	۱۵۰۰۰°C
پلاسمای هلیم	۲۰۰۰۰°C

چنانکه بیان شد ساده‌ترین راه برای تشکیل پلاسما یونیزاسیون یک گاز در قوس الکتریکی بین دو الکترود می‌باشد . پلاسما ترکیبی از یونهای مثبت و منفی است که از نقطه نظر الکتریکی خنثی باقی می‌ماند شرایط یونی پلاسما ، آن را قادر می‌سازد که هادی جریان الکتریسیته باشد . مهمترین گازها برای این کار . گازهای آرگون ، هیدروژن ، هلیم ، نیتروژن با ترکیب آنهاست . آرگون گازی است که به راحتی یونیزه می‌شود . قوس پایداری تشکیل داده و به ولتاژ پائین‌تری نیاز دارد و با ترکیب ۵ ٪ هیدروژن بکار می‌رود .

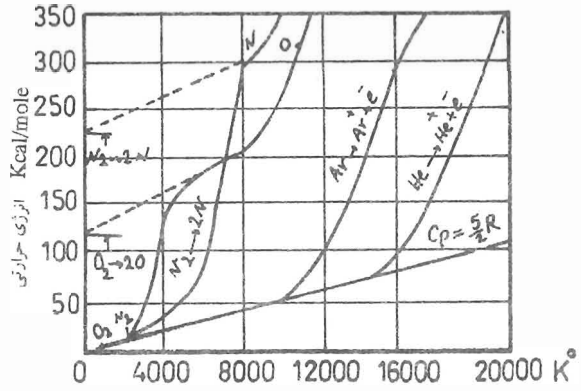
گاز حامل پودر و گاز محافظ نیز عموماً آرگون حاوی ۵ ٪ هیدروژن است . آرگون خالص برای بعضی فولادها و فلزات خالصی که در مقابل هیدروژن حساس هستند بکار می‌رود .

1 multiple Ionisation

2 Complete Ionisation

با این حال ، آنتالپی گاز آرگون و هلیم کمتر از گازهای دو اتمی H_2 و N_2 می‌باشد . (شکل ۳) به عبارت دیگر در یک سطح انرژی مساوی ، گازهای خنثی برای نیل به حالت یونیزاسیون در مقایسه با گازهای دو اتمی مانند H_2 و N_2 به درجه حرارتهای بالاتری نیاز دارند .

در گازهای دو اتمی ، انرژی بالا در مرحله تجزیه گازهای مولکولی به اتم تأمین می‌شود و این انرژی برای مرحلهٔ پلاسما حالت ذخیره‌ای دارد .



شکل ۳ – آنتالپی چند نوع گاز

در گازهای تک اتمی مانند گازهای خنثی مرحله‌ای بنام تجزیه و ترکیب وجود ندارد و همین مسئله است که نشان می‌دهد چرا پرتابهٔ [1] پلاسمای آرگون کوتاهتر و خیلی متمرکزتر از گاز N_2 دریک سطح انرژی مساوی می‌باشد .

پلاسمایی که مورد استفاده قرار می‌گیرد ، در داخل مشعل شتاب گرفته و نازل را به صورت پرتابهٔ درخشان و نورانی ترک می‌کند این پرتابه شعله نیست ، زیرا در اینجا هیچ نوع احتراقی اتفاق نمی‌افتد . علاوه بر درجه حرارت بسیار بالایی که در پلاسما ایجاد می‌شود طول پرتابه پلاسما با شعله احتراقی متفاوت می‌باشد . شعله حاصل از احتراق به طول ۱۰۰ الی ۲۰۰ میلی‌متر از سر نازل فاصله دارد ، در صورتی‌که این طول در پلاسما خیلی کوتاهتر می‌باشد .

□ تشریح فرآیند پاشش پلاسمائی :

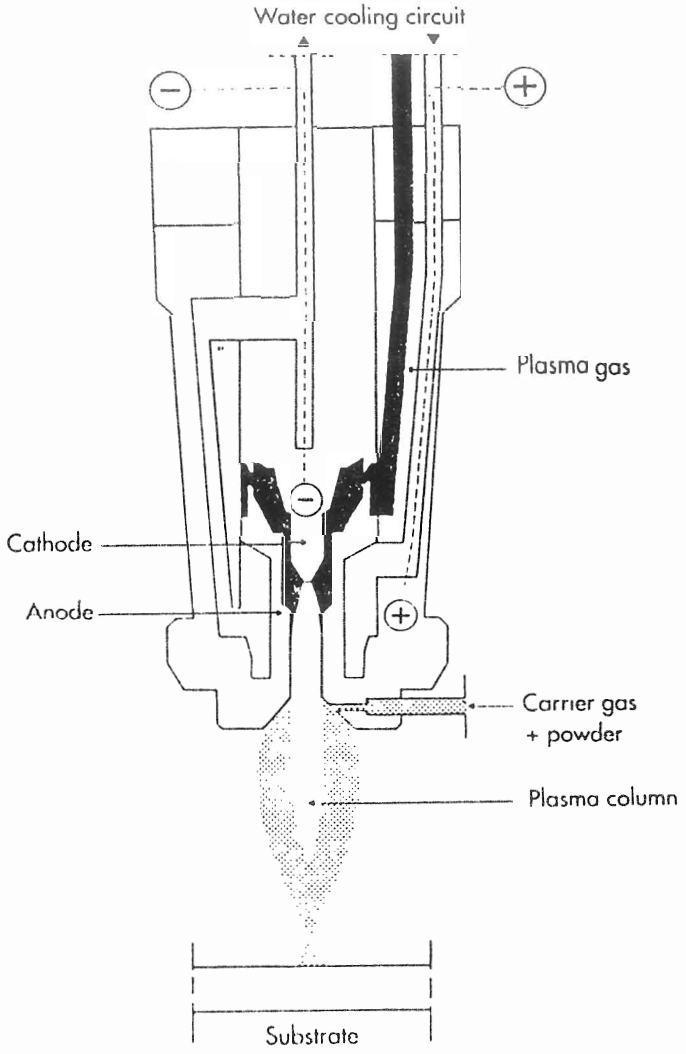
ابزار این روش شامل یک مشعل پلاسما ، کابین کنترل ، تغذیه کننده پودر و سیستم نگهدارندهٔ مشعل می‌باشد . مشعل یک مبدل است که در داخل پلاسما انرژی الکتریکی را به انرژی گرمایی تبدیل می‌کند ، بنابراین مشعل فعال‌ترین بخش سیستم است و کیفیت پوشش حاصله تا حد زیادی به طراحی آن بستگی دارد. مشعل شامل یک کاتد آبگرد با نوک توریم - تنگستنی و یک آند آبگرد و یک حلقه عایق که هر دو الکترود را به طور الکتریکی از هم جدا می‌کند ، می‌باشد .

گاز به قسمت بالای مشعل هدایت شده ، وارد محفظهٔ کاهش فشار می‌شود و در خارج از آن ، اطراف کاتد جریان می‌یابد که به خنک کردن آن نیز کمک می‌نماید . این گاز به محیط بین کاتد و آند رسیده و توسط قوس الکتریکی یونیزه شده و در مقطع آن جمع می‌شود . در قسمت خارجی آند دو ورودی پودر را توسط گاز حامل [2] وارد ستون پلاسما می‌کند .

---

1 Jet

2 Carrier gas



شکل ۴ – شمایی از سیستم پلاسما

باید توجه داشت که جریان کم گاز پلاسما لایه محافظ مناسبی برای استخر مذاب فراهم نمی‌کند بنابراین اضافه کردن یک گاز حامل یا پوشاننده کاملاً ضروری است . پودر با یک گاز حامل مخلوط شده و سرعت می‌گیرد . به طوری‌که وارد گاز پلاسما شده و توسط آن حرکت داده می‌شود .

از آنجا که فشار منطقه یونیزاسیون تقریباً معادل فشار هواست ، شدت اصابت ذرات با یکدیگر آنقدر زیاد است که باعث تبدیل انرژی جنبشی به انرژی حرارتی می‌شود و درجه حرارت را به ۵۰۰۰ تا ۳۰۰۰۰ درجه کلوین می‌رساند . این گاز پلاسما آندرا با سرعت ۱۰۰۰ m/sec مانند یک پرتابه بسیار روشن ترک می‌نماید . پودر پوشش به درون پرتابه پلاسما در داخل یا خارج نازل تزریق می‌شود و از گرمترین قسمت عبور کرده ذوب شده و بر سطح قطعه رسوب می‌نماید . برای اطمینان از ذوب تمام اجزای پودر ، لازم است زمان ذوب کمتر از زمان توقف آنها در گرمترین مرکز پلاسما باشد .

اجزای ذوب شده ، در برخورد با سطح قطعه می‌افتند و به تدریج منجمد شده و یک لایه پوششی تشکیل می‌دهند ، ضخامت رسوب می‌تواند تا بیش از ۶ میلی‌متر افزایش و پهنای دانه‌ها از ۲ الی ۴۰ میلی‌متر باشد . دانه‌ها ممکن است پهلو به پهلو رسوب دهند و یا اینکه به صورت لایه‌های متوالی روی هم بنشینند .

به طور خلاصه چهار پارامتر در شکل و کیفیت رسوب مؤثرند :

۱ - شدت جریان قوس انتقالی[1] (I_t)
۲ - دبی پودر (Q_m)
۳ - سرعت جابجائی قطعه (W_s)
۴ - دبی گاز پلاسما (Q_g)

تغییرات قدرت (P_t) قوس انتقالی با دبی پودر نسبت عکس دارد . این پارامتر در رابطه P_t / Q_m (انرژی بروزن) تعریف شده و با واحد kj /gr (کیلو ژول بر گرم) نشان داده می‌شود . هنگامی که

1 Transferred Arc

نسبت P_t / Q_m افزایش می‌یابد ، میزان سختی و دانسیتهٔ پودر کاهش می‌یابد .

انجماد در جهت‌های کریستالی فلز اصلی اتفاق می‌افتد و تبلور در جهتی به وقوع می‌پیوندد که عمود بر جهت افتادن اجزای پودر می‌باشد . این مسئله با استفاده از تصویرهای ماکروسکوپی و میکروسکوپی به اثبات رسیده است .

اتصال اولین لایه روی فلز اصلی بخوبی اتصال لایه‌های بعدی روی هم ، بستگی به سرعت اجزائی دارد که به سطح قطعه برخورد می‌نمایند . ذراتی که با حداکثر سرعت به قطعه برخورد می‌کنند دارای دانسیتهٔ بالا بوده و از استحکام عالی اتصال برخوردارند .

□ کاربرد پاشش پلاسمائی در صنایع پمپ‌سازی :

در این روش تنها می‌توان از ترکیباتی برای پوشش دادن استفاده کرد که به شکل پودر باشند :

قطعاتی که می‌توانند قابل پوشش دادن باشند بسیار متنوعند از قبیل فلزات ، سرامیک‌ها ، پلاستیک‌ها ، شیشه ، چوب ، کاغذ و مواد کامپوزیت و ترکیباتی که به صورت پودر برای پوشش بکار می‌روند. عبارتند از : فلزات و آلیاژهای آنها ، سرامیک‌ها (اکسیدها ، کاربیدها ، نیتریدها ، کاربیدها ، نیتریدها ، بریدها ، سیلیسیدها ، فلوریدها و فسفاتها) ، سرامیک + فلز (سرمتها) و ساینده‌ها (اکسید + فلز ، فلز + پلاستیک‌ها) و پلاستیک‌ها (اپکسی ، PVDE و پلی‌آمیدها) .

در صنایع پمپ‌سازی بسیاری از این مواد برای کاهش سایش و جلوگیری از خوردگی و .... استفاده مبرم دارند . وقتی سخن از خوردگی در انتقال سیالات خورنده به میان می‌آید کاربرد بعضی از این مواد با محدودیت مواجه می‌شود . با مطالعه روی اکسیدهای فلزی یا سرامیک‌ها مشخص شده است که این مواد در مقابل سایش و خوردگی خیلی مناسب می‌باشند . به این علت بسیاری از فلزات با سرامیک‌ها جایگزین شده‌اند . متأسفانه یکی از معایب سرامیک‌ها تردی و شکنندگی آنها در موقع حمل می‌باشد . آنها همچنین استحکام مکانیکی مورد نظر را ندارند . ولی وقتی قطعه فلزی توسط پودر سرامیک‌ها بروش پلاسمائی پوشش داده می‌شوند ، این معایت منتفی است و سطحی عالی به دست می‌آید . پوشش‌هایی که روی قطعات داده می‌شوند ، قابل تعویض بوده و می‌توان پوششی جدید به آن داد .

از مواد پودری مشهور که برای پاشش پلاسمائی روی اجزای مختلف پمپ بکار می‌روند . معمولاً اکسیدآلومینیم ، اکسیدکرم ، اکسیدزیرکونیم و کاربید تنگستن می‌باشد . علاوه بر اینها پودر مواد

□ سطوح لغزشی پوشش داده و سخت‌کاری شده

(Coated / Hardened sliding materials)

کاربرد مواد پوشش داده و یا سخت شده به سبب اشکالات زیر همواره با محدودیت روبرو می‌باشد .

لایه‌ای با ضخامت اندک ⟵ عدم امکان استفادهٔ دوباره

وجود عیوب در سطح پوشش داده شده ⟵ امکان حملهٔ شیمیائی به مواد اصلی بدنه

ساختمان غیریکنواخت ⟵ امکان پوسته پوسته شدن پوشش

در عین حال مشخصات فیزیکی مواد بدنه و پوشش با همدیگر متفاوتند .

تغییرات ساختمانی ⟵ خوردگی در داخل بلورها

مشکل اطمینان ازکیفیت برای سازنده ⟵ خوردگی مواد پایه و پوسته پوسته شدن پوشش

برداشتهای قدیمی مواد با ساختمانهای ساده‌ای را پیشنهاد می‌کنند در عین حال به دلیل درک بیشتر خواص مواد و ضمناً جهت حل پاره‌ای از مشکلات از مواد چندگانهٔ ترکیبی (Multi - Material compound) استفاده می‌شود .

امروزه مواد پوشش داده شده فقط در سطوح لغزشی با شرایط ویژه و برای تعمیرات با تنشهای کم مکانیکی ، حرارتی و شیمیائی و همچنین شرایطی که در آن مدت زمان تعمیر محدود باشد قابل استفاده است . شکل ۴ نمایانگر مواد پوششی نفوذی (Diffusion - Coated material) می‌باشد . ضمناً ذکر این نکته ضروری است که مصرف این قبیل مواد از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نمی‌باشد .

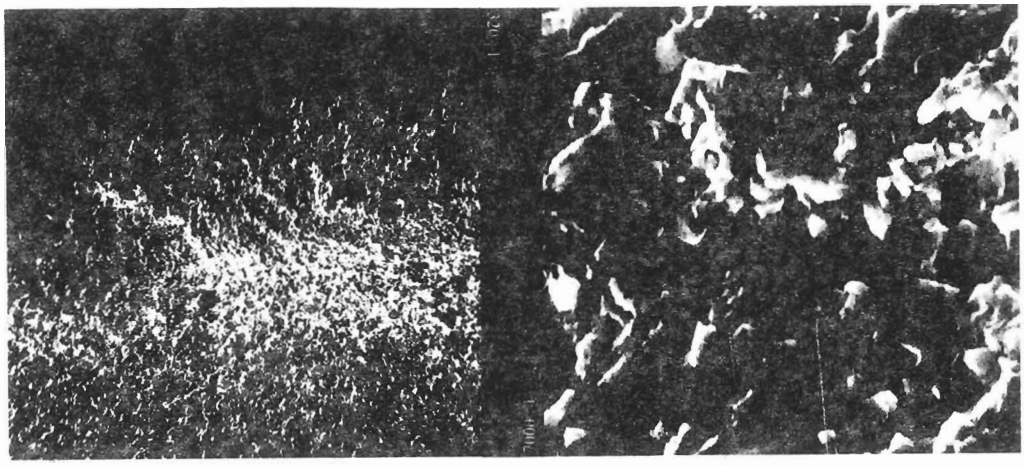


Fig. 4: Cross-section of the surface layer of a diffusion-coated face seal.
Wearing layer: W, Ni, Al, Co

□ سطوح لغزشی صلب (Solid sliding materials)

○ - مواد ریخته‌گری شده و آلیاژها (Cast Materials and Alloys)

مواد ریخته‌گری شدهٔ آلیاژی کرم و کرم - نیکل (شکل ۵) قیمت نسبتاً بالائی داشته و برای فشارهای پائین و متوسط مناسب می‌باشند . در عین حال اشکالات ذکر شده در قبل را نیز نخواهند داشت و لیکن در مقایسه با مواد سرامیکی اکسیدی و غیراکسیدی سخت ، به سبب مشخصات عملکرد مناسب و دسترسی آسانتر همواره مواد سرامیکی ترجیح داده می‌شوند .

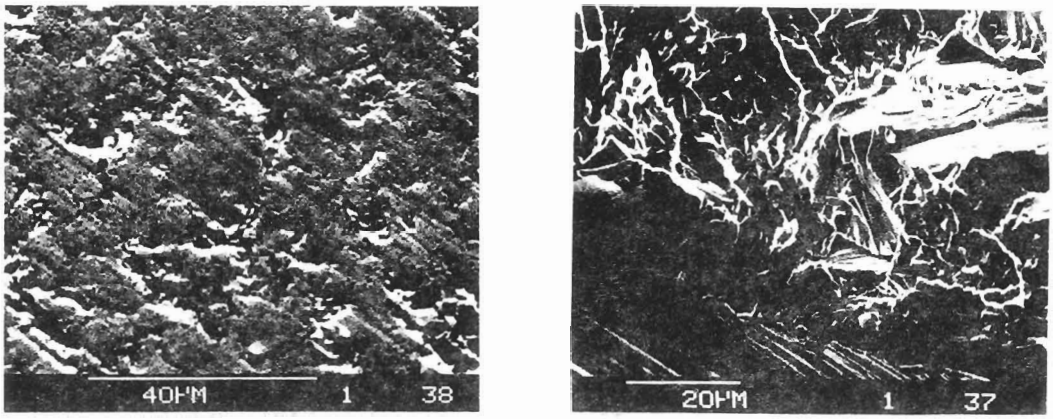


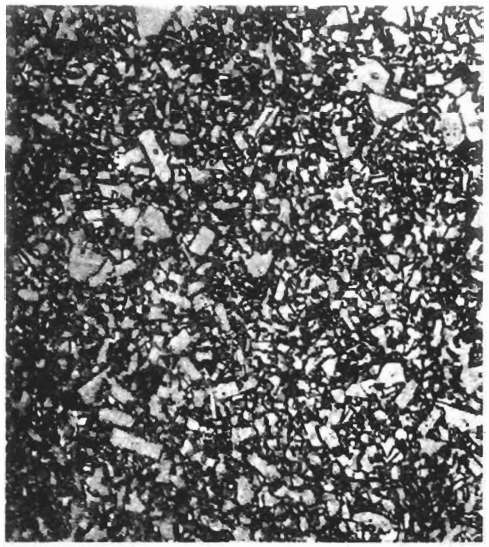
Fig. 5: Fracture structure and sliding-surface structure of CrMo cast material

○ - مواد تف جوشی (Sintered materials)

این گروه از مواد فلزی تف جوشی به وسیله کاربید تنگستن (WC) مشخص می‌گردند . با وجود این خاصیت شکنندگی آن کمتر از مواد سرامیکی می‌باشد . که این خاصیت به نوبهٔ خود از اهمیّت کمتری برخوردار می‌باشد .

مشخصات مواد کاربید تنگستن با ترکیب مواد اولّیه تغییر می‌کند (مخصوصاً چسب) که میزان آن بین 6 تا 10 درصد می‌باشد . افزایش میزان چسب باعث افزایش چقرمگی (toughness) و در عین حال باعث کاهش مقاومت در مقابل خوردگی می‌شود . لازم به یادآوری است که بهترین ترکیب مواد را ابعاد دانه‌ها و یکنواختی پخش چسب معین می‌کند . جدول ۱ : مشخصات فیزیکی نمونه‌ای اصلی و اشکال ٦ ساختمان میکروسکپی آنها را نشان می‌دهد .

▼ *Hot isostatic specimen pressing*



1500 : 1

Fig. 8: Structure improvement of hot isostatic pressed sintered tungsten

1500 : 1

▲ *Sintered specimen prepared with pores*

♦ - با توجه به توسعهٔ مواد سرامیکی مدرن ، مواد کاربید تنگستن اهمیت قبلی خود را به عنوان مواد پرمصرف از دست داده‌اند . (مگر در آلیاژهای کرم - نیکل - مولیبدن)

در عین حال جایگزینی کامل این مواد به صلاح و عملی نمی‌باشد ، و این امر بیشتر بستگی به مشخصات درخواستی مشتریهای قدیمی دارد . اما به سبب وجود مواد سرامیکی تعویض پذیر (مثل sic) که در هر اندازه و نوع و عدم تردی در دسترس نمی‌باشند . این تعویض به آسانی امکان‌پذیر نمی‌باشد .

ادامه دارد