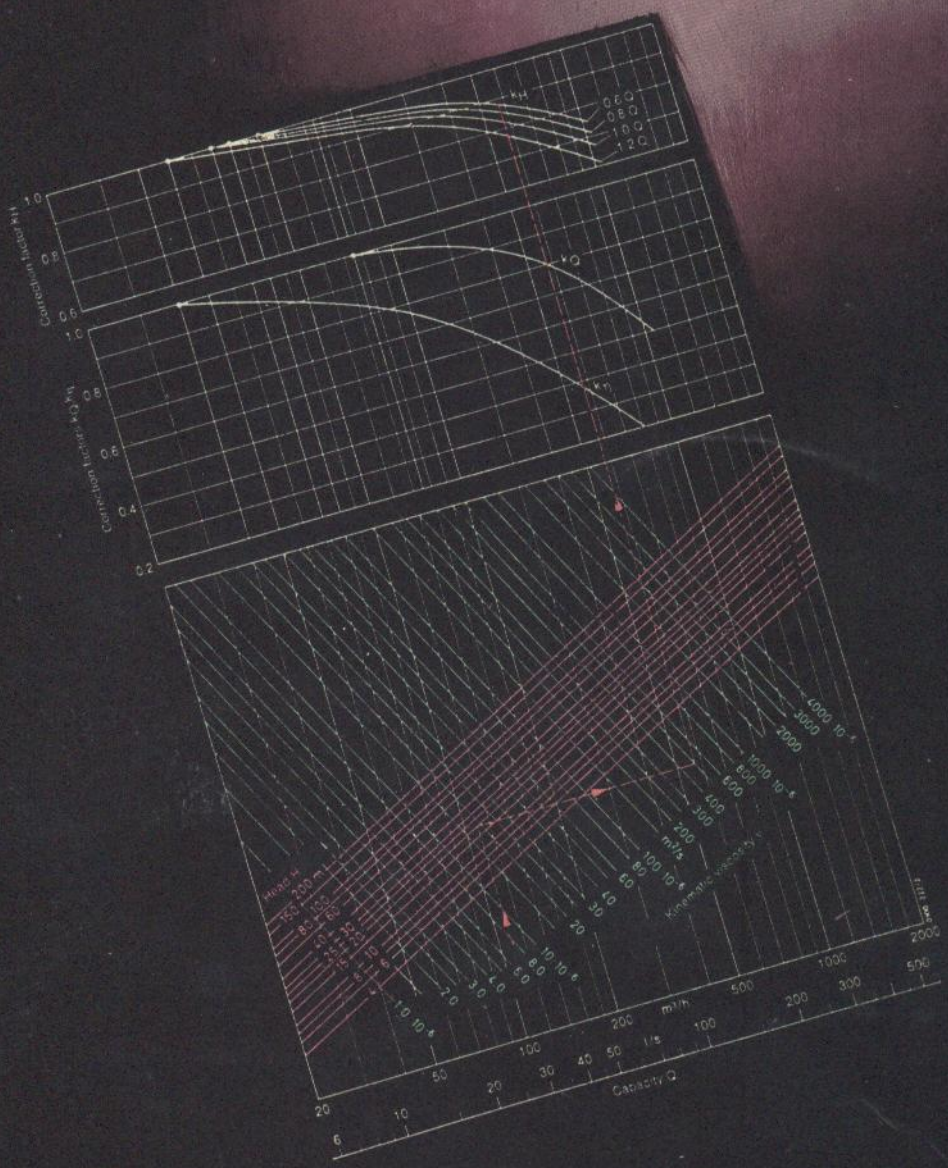
پمپ

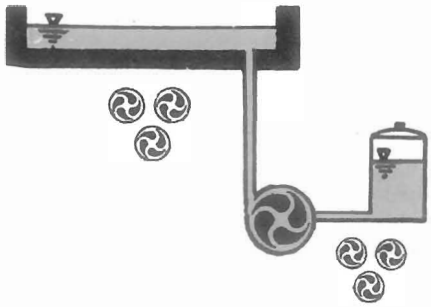


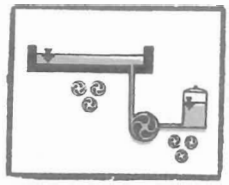
شماره ۱۹

زمستان ۱۳۷۲

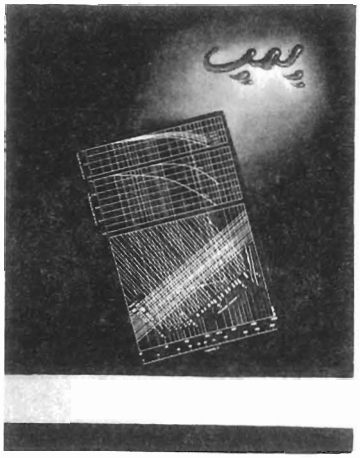
نشریه فنی و آموزشی شرکت صنایع پمپ سازی ایران (سهامی عام)

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]





نشریهٔ فنی آموزشی پمپیران
شماره ۱۹
زمستان ۷۲



شرح روی جلد در صفحهٔ « سه »

بسم‌الله الرحمن الرحیم

در این شماره میخوانید

پمپاژ سیالات ویژه
مهندس حمداله سمندری ۱
کیفیت سطوح
مهندس علی حسینی عنصرودی ۲۰
مواد مورد مصرف در آببندهای مکانیکی
مهندس جواد حسین پورفیضی ۴۰
شیرهای کنترل راه‌دهنده
علیرضا مختارزاده ۵۴

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 و چاپ - سازمان چاپ هادی، تبریز ۶۲۶۳۱

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

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

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 و 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

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

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 نظر گرفتن فواصل بین کلمات از دو سطر تجاوز ننماید .

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

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

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 .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

شرح روی جلد :

منحنی‌های مشخصه محصولات شرکت پمپیران برای پمپاژ آب ارائه گردیده است . در صورتیکه سیال مورد پمپاژ دارای لزجتی بیشتر از لزجت آب باشد از منحنی‌های مشخصهٔ ارائه شده در کاتالوگهای محصولات این شرکت نمی‌توان استفاده کرد زیرا با افزایش لزجت سیال مورد پمپاژ، ارتفاع و دبی پمپ کاهش پیدا کرده و قدرت جذب شده افزایش پیدا می‌کند . هنگام انتخاب یا استفاده از یک پمپ برای سیالی که لزجت آن بیشتر از لزجت آب است (در صورتیکه از نظر تأثیر خواص شیمیایی سیال با جنس قطعات پمپ مشکلی وجود نداشته باشد) دو مورد پیش می‌آید :

۱ - انتخاب پمپ با توجه به دبی و ارتفاع مورد نیاز برای سیال لزج

۲ - بدست آوردن منحنی مشخصهٔ پمپ برای سیال لزج

در هر دو حالت می‌توان با استفاده از ضرایب تبدیل که در منحنی روی جلد ارائه گردیده است مقادیر ارتفاع و دبی مربوط به سیال مورد نظر را تعیین نمود .

مثال : پمپی با راندمان ۸۰ % آب را با دبی ۳۰l/sec به ارتفاع ۲۰ متر پمپاژ می‌نماید . اگر بخواهیم با این پمپ ، روغنی با ویسکوزیته ۵۰۰ سانتی‌استوکس ($500 \times 10^{-6} \frac{m^2}{sec}$) را پمپاژ نماییم ، مقادیر دبی - ارتفاع و راندمان مربوطه را بدست آورید .

جواب :

$K_Q = 0.8 \Rightarrow Q = 0.8 \times 30 = 24$ [l/sec]

$K_\eta = 0.37 \Rightarrow \eta = 0.37 \times 0.80 = 0.30$

$\eta = 30\%$

$K_H = 0.86 \Rightarrow H = 0.86 \times 20 = 17.2$ [m]

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 را که 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

* 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 .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

PUMPIRAN

پمپاژ سیالات ویژه[1]

مهندس حمداله سمندری

مدیر فنی - شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

۱ - سیالات لزج[2]

۱ - ۱ مفهوم ویسکوزیته (لزجت)[3] :

اگر دیسکی با سرعت ثابت C_0 روی سیالی لزج حرکت بکند (شکل ۱) اصطکاک داخلی سیال باعث می‌شود تا سرعت سیال در جهت حرکت آن بین دیوارهٔ ثابت و دیسک متغییر بوده و آن قسمت از سیال که درست زیر دیسک چسبیده با سرعت C_0 بهمراه دیسک حرکت بکند .

نیروی اصطکاک و تنش برشی از رابطهٔ ذیل بدست می آیند :

سطح اصطکاک ≡ A نیروی اصطکاک ≡ F $F = \mu . A . \frac{dc}{dy}$

تنش برشی ≡ τ ویسکوزیتهٔ دینامیکی سیال ≡ μ $\tau = \mu . \frac{dc}{dy}$

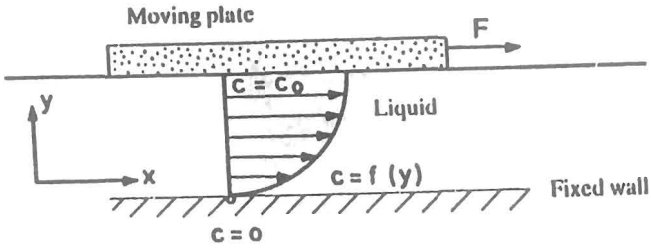
ضریب تناسب μ در رابطهٔ بالا ویسکوزیتهٔ دینامیکی سیال نامیده می‌شود و دیمانسیون آن kg/(m.sec) می‌باشد

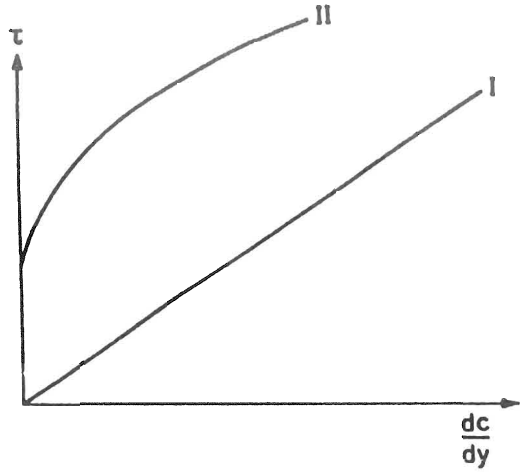
1 Pumping special liquids

2 Viscous liquids

3 Viscosity definitions

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]





I-Newtonian fluid

II-Non-Newtonian fluid (e.g. carbon black in boiled oil, effluent sludge)

شکل ۱

واحد بین‌المللی ویسکوریتهٔ دینامیکی طبق DIN 1301 و DIN 1342 برابر است با :

$$1\text{Pa.s} = 1\ \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}$$

$1\ \frac{\text{kg}}{\text{m.s}}$ در سیستم بین‌المللی معادل یک پواز[1] می‌باشد که با علامت اختصاری P نمایش داده می‌شود .

$$1\ \text{CP} = 10^{-2}\ \text{P}$$

سیالاتی که خصوصیات آنها از روابط بالا تبعیت کند بنام سیالات نیوتنی معروف هستند .

ویسکوزیتهٔ هر سیالی به درجه حرارت و فشار بستگی دارد . البته اثر فشار روی ویسکوزیته نسبت به درجه حرارت کمتر می‌باشد . با افزایش درجه حرارت ویسکوزیته کاهش پیدا می‌کند .

1 Poise

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

برای مباحث هیدرودینامیکی معمولاً ویسکوزیتهٔ سینماتیکی را که از رابطهٔ بین ویسکوزیتهٔ دینامیکی و دانسیتهٔ (ρ) بدست می‌آید تعریف می‌کنند .

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

ν ویسکوزیتهٔ سینماتیکی بوده و دیمانسیون آن m^2/s می‌باشد .

واحد بین‌المللی ویسکوزیتهٔ سینماتیکی طبق DIN 1301 و DIN 1342 برابر است با :

$$1\ \frac{mm^2}{s} = 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$$

$1\ \frac{mm^2}{s}$ در سیستم بین‌المللی معادل یک استوک [1] می‌باشد که با علامت اختصاری St نمایش داده می‌شود .

$$1\ cst = 10^{-2}\ st = 10^{-6}\ m^2/s$$

در کنار واحد بالا برای ویسکوزیتهٔ سینماتیکی واحدهای دیگری نیز بشرح ذیل وجود دارد .

الف - درجه انگلر (E) [2] :

از نسبت بین زمان لازم جهت جریان آب مقطر 20^{oc} به زمان جریان همان مقدار سیال مورد تست در همان درجه حرارت ثابت 20^{oc} بدست می‌آید . (DIN 51560)

رابطهٔ ذیل برای تبدیل درجهٔ انگلر به ویسکوریتهٔ سینماتیکی برحسب استوک ($10^{-6}\ m^2/s$) بکار برده می‌شد

$$\nu = E^{\circ} \times 7.6^{(1 - 1/E^{\circ 3})}\ (10^{-6}\ m^2/s)$$

ب - ویسکوزیتهٔ سیبولت [3] :

ssu (Saybolt seconds universal) این واحد در امریکا بکار برده می‌شود و برابر است با زمان مربوط به عبور مقدار معینی سیال از دستگاه ویسکومتر مشخص .

لازم به توضیح می‌باشد ویسکوزیتهٔ هر سیالی بستگی به مقدار گاز حل شده در داخل آن دارد . به عنوان مثال نفت حاوی مقداری گاز حل شده در داخل آن ، دارای ویسکوزیتهٔ کمتری نسبت به سیال مشابه با مقدار گاز کمتر می‌باشد .

---

1 Stoke

2 Degrees Engler

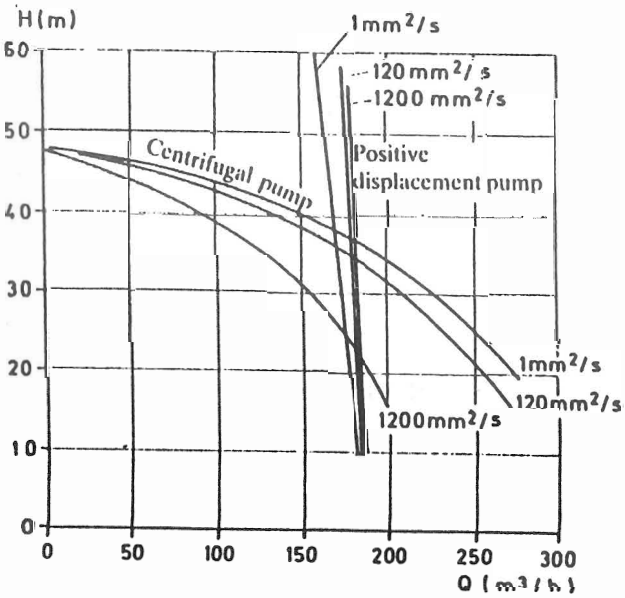
3 Saybolt Viscosity

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

۲ - ۱ - ۱ پمپاژ سیالات لزج[1]:

با توجه به شرایط مناسب خروجی سیال از پمپ (نداشتن نوسان ، عدم نیاز به شیر اطمینان ، سادگی کنترل خروجی) پمپهای سانتریفوژ در صنایع شیمیائی و پالایشگاهها برای پمپاژ سیالات لزج ($\nu \approx 1000 \times 10^{-6}\ m^2/s$) بکار برده می‌شوند . هر چند در مقایسه با پمپهای پیستونی راندمان پمپهای سانتریفوژ در شرایط مشابه بهره‌برداری کمتر خواهد بود . ولی در حالت کلی کاربرد پمپهای سانتریفوژ تا حدود لزجت $150 \times 10^{-6}\ m^2/s$ از نظر شرایط اقتصادی مطلوب می‌باشد . البته کاربرد پمپهای سانتریفوژ تا لزجت سیال حدود $500 \times 10^{-6}\ m^2/s$ نیز مقدور است ولی NPSH بالاتری موردنیاز خواهد بود . برای لزجت‌های بالا (برای لزجت $1000 \times 10^{-6}\ m^2/s$ تا 800) ، بسته به تیپ و سایز پمپ کانال پروانهٔ بزرگتر و گشتاور و راه‌اندازی بیشتر لازم است .

برای لزجت‌های بالا اغلب پمپ‌های پیستونی یا پمپ‌های دوار (جابجائی مثبت) بکار برده می‌شود . (شکل ۲)



شکل ۲ - مقایسهٔ عملکرد پمپ‌های سانتریفوژ و جابجائی مثبت در سرعت ثابت برای لزجت‌های مختلف

1 Puming Viscous liquids

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

افت فشار در کانالهای پروانه و دیفیورز پمپ‌های سانتریفوژ و افت‌های داخلی بابت نشت سیال پمپاژ شده به لزجت سیال مورد پمپاژ بستگی دارد. بنابراین وقتی سیال دیگری مانند روغن پمپاژ شود مشخصهٔ مربوط به تلفات نشتی اعتبار نخواهد داشت.

بالاتر بودن لزجت سیال نسبت به آب به ازای قدرت جذبی مشخص، باعث بیشتر شدن افت فشار و پائین آمدن آبدهی و ارتفاع شده و نقطهٔ بهترین راندمان (BFP)[1] بطرف آبدهی کمتر و راندمان پائین‌تر حرکت کرده و قدرت جذبی پمپ نسبت به آب بالاتر خواهد بود. ارتفاع در حالت شیر فلکه بسته ثابت خواهد ماند.

برای تبدیل مشخصات آب به یک سیال لزج ضرایب تبدیلی در استانداردهای هیدرولیکی داده شده است در شکل ۲/۳۰ ضرایب اصلاح مشخصات هیدرولیکی بر مبنای تحقیقات انستیتو هیدرولیک نیویورک آمریکا که در چاپ چهاردهم سال ۱۹۸۳ آمده مشخص شده است این ضرایب براساس تست پمپ یک طبقه با سیال روغن (قطر خروجی ۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در سرعت ویژهٔ نسبتاً پائین) بدست آمده است. ضمناً ضرایب موجود در جدول، متوسط نتایج آزمایشگاه می‌باشند. ضرایب داده شده توسط انستیتو هیدرولیک تحت شرایط زیر معتبر می‌باشد:

الف - سیال نیوتنی بوده (شکل ۱) و فاقد ذرات جامد. ذرات کاغذ و سایر سیالات ناهمگن باشد.

ب - برای جریان شعاعی سیال در حالت باز یا بسته (نه برای جریان محوری یا جریان مختلط)

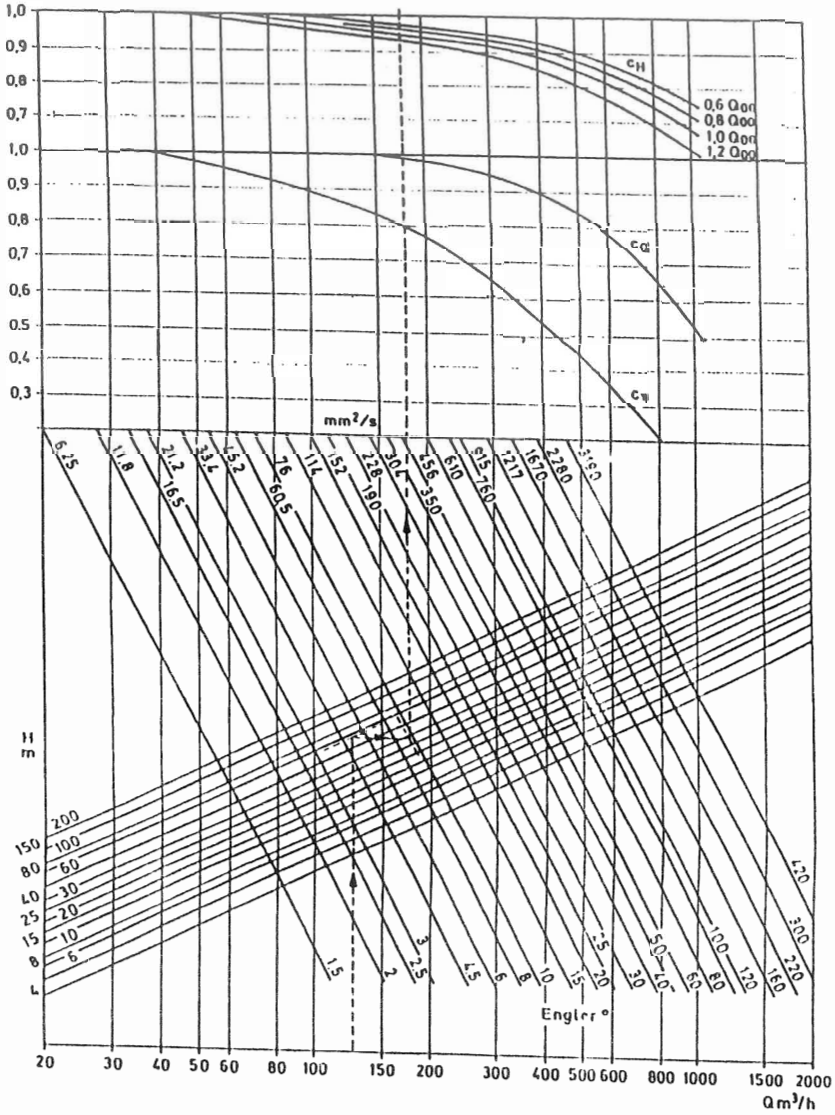
پ - مقدار NPSH avail خیلی مؤثر می‌باشد.

ب - در حوزهٔ محدودیت دیاگرام شکل ۳

باید دقت نمود در پمپ‌های چند طبقه فقط ارتفاع یک طبقه و در پمپ‌های دو مکشه نیز نصف آبدهی باید در نظر گرفته شود. اگر مشخصات آب مورد پمپاژ معلوم باشد برای سیالات مختلف لزج با بدست آوردن ضرایب اصلاح C_Q، C_H و C_η از شکل ۳ و ضرب آنها در مشخصات آب، مشخصات سیال لزج بدست می‌آید در قسمت پائین یک مثال در این زمینه حل شده است.

1 Best Efficiency Point

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۳ – ضرایب اصلاحی برای اصلاح مشخصات پمپ وقتی که سیال لزج پمپاژ می‌شود . (انستیتو هیدرولیک 14th edition 1983)

۱ - ۲ - ۱ - ۱ انتخاب پمپ برای پمپاژ سیال لزج :

مثال : معلومات مسئله :

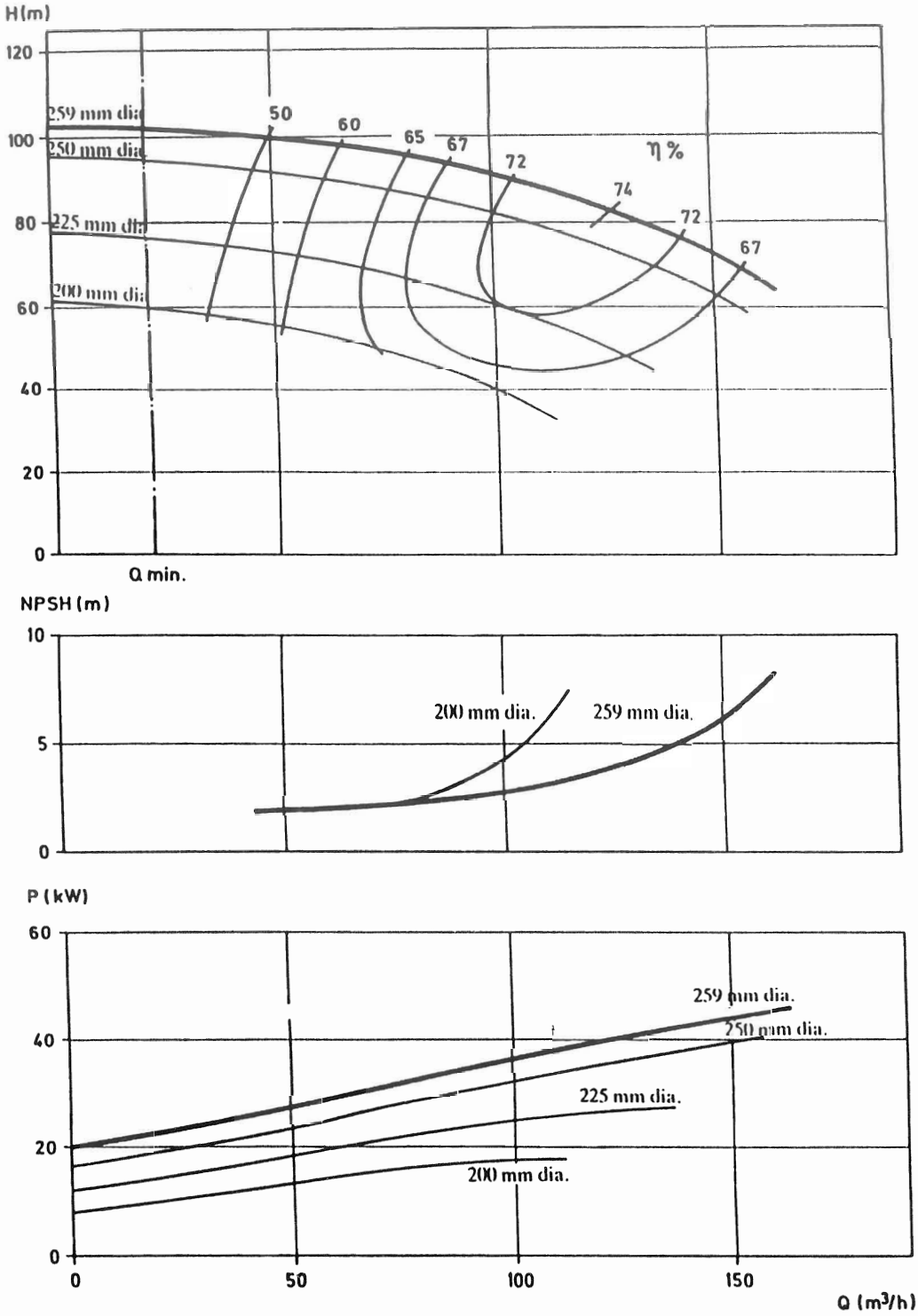
$Q_v = 125\ m^3/h$ ، $H_v = 78\ m$ ، $\nu_v = 75\ mm^2/s$

$\rho_v = 0.9\ kg/dm^3$ ، $\rho_w = 1 kg/dm^3$

مطلوب است محاسبهٔ Q_w ، H_w ، P_w ، P_v

اندیس w برای آب و اندیس v برای سیال لزج در نظر گرفته شده است .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۴ – منحنی عملکرد یک پمپ سانتریفوژ

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

از دیاگرام شکل ۳ ضرایب اصلاح بصورت زیر بدست می‌آید : (برای Q_{00})

$C_H = 0.95$ ، $C_\eta = 0.79$ ، $C_Q = 0.98$

با استفاده از ضرایب فوق مشخصات آب بدست می‌آید .

$$Q_W = \frac{Q_V}{C_Q} = \frac{125}{0.98} = 127.5\ m^3/h$$

$$H_W = \frac{H_V}{C_H} = \frac{78}{0.95} = 82\ m$$

از منحنی مشخصهٔ شکل ۴ با این مشخصات ، مشخصات نقطهٔ کار پمپ بدست می‌آید . راندمان این پمپ برای آب در نقطهٔ کار برابر خواهد بود با 74% و در صورت پمپاژ سیالی با لزجت $\rho_V = 75mm^2/s$ این راندمان افت خواهد نمود .

قدرت ورودی به پمپ برای سیال لزج $P_V = \frac{Q_V.H_V.\rho_V}{367.\eta_V} = \frac{125 \times 78 \times 0.9}{367 \times 0.585} = 40.9\ [\ kw\ ]$

قدرت ورودی به پمپ برای آب $P_W = \frac{Q_W.H_W.\rho_W}{367.\eta_W} = \frac{127.5 \times 82 \times 1}{367 \times 0.74} = 38.5\ [\ kw\ ]$

همانطوریکه از مثال بالا مشخص است . قدرت ورودی به پمپ برای پمپاژ سیال لزج $\nu_V = 75mm^2/s$ و $\rho = 0.9\ kg/dm^3$ حدود 6 % بیشتر از قدرت لازم برای پمپاژ آب می‌باشد . بنابراین برای پمپاژ سیالات لزج باید محور پمپ را قوی‌تر انتخاب نمود .

۲-۲-۱-۱ تبدیل منحنی مشخصهٔ پمپ از آب به سیال دیگر [1] :

اگر منحنی مشخصهٔ پمپ سانتریفوژی برای آب مشخص باشد و بخواهیم منحنی آنرا برای یک سیال لزج رسم کنیم مقادیر Q_{00} و H_{00} مربوط به نقاط بهترین راندمان را از روی منحنی مشخص می‌کنیم . $0.6\ Q_{00}$ ، $0.8Q_{00}$ و $1.2\ Q_{00}$ را محاسبه کرده و مقادیر H و η مربوطه را از منحنی مشخصهٔ پمپ بدست می‌آوریم . (در شکل ۵ منحنی مشخصهٔ پمپ سولرز تیپ ZA 80 - 250 نشان داده شد . که اطلاعات آن در جدول II.I آورده شده است)

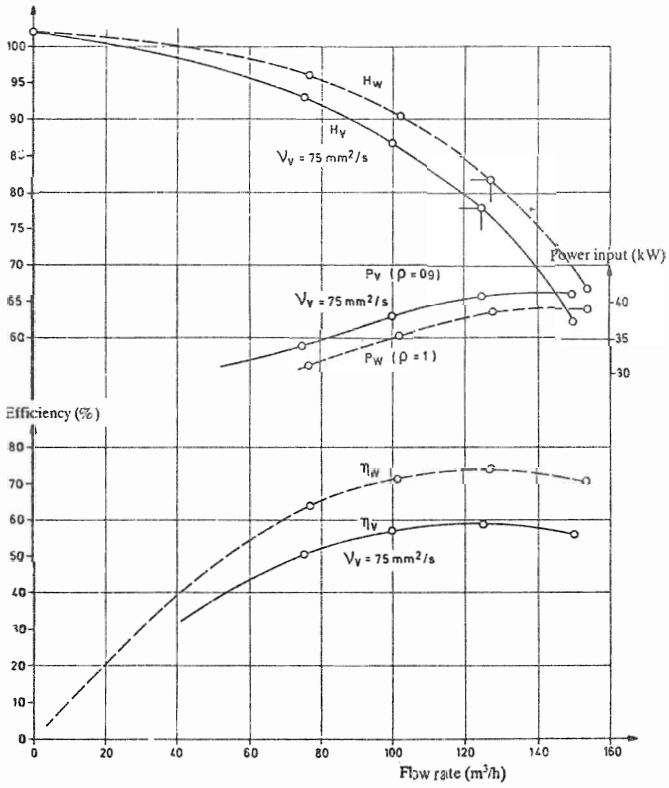
1 Converting the throttle curves

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

به ازای Q و H های فوق 12 ضریب اصلاحی را از شکل ۳ بشرح ذیل بدست می‌آوریم :

$0.6\ Q_{00}$	$C_H = 0.97$	$C_Q = 0.98$	$C_\eta = 0.79$
$0.8\ Q_{00}$	$C_H = 0.96$	$C_Q = 0.98$	$C_\eta = 0.79$
$1\ Q_{00}$	$C_H = 0.95$	$C_Q = .0.98$	$C_\eta = 0.79$
$1.2\ Q_{00}$	$C_H = 0.93$	$C_Q = 0.98$	$C_\eta = 0.79$

مقادیر بدست آمده با درنظر گرفتن ضرایب اصلاحی بالا در جدول 1 - II ارائه گردیده و در شکل ۵ نیز بصورت یک منحنی پیوسته رسم شده است . این منحنی ، منحنی مشخصهٔ پمپ ZA 80 - 250 برای سیالی با ویسکوزیتهٔ $\nu_v = 75\ mm^2/s$ خواهد بود . مقدار NPSH مورد نیاز برای این سیال لزج مشابه آب خواهد بود . البته بدلیل افزایش تلفات در لزجت‌های بالا مقدار NPSH افزایش می‌یابد خصوصاً در حالتهایی که پمپ در نقاطی غیر از نقطهٔ طراحی (در آبدهی کمتر یا بیشتر) کار بکند .



شکل ۵ – منحنی مشخصه پمپ در حالتیکه دو سیال با لزجت‌های مختلف پمپاژ شود .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

Table II-1. Calculated values for converting centrifugal pump characteristics

	For Q =		0.6 Q_{00}	0.8 Q_{00}	Q_{00}	1.2 Q_{00}
Water	Flow rate	Q_w (m^3/h)	76.53	102	127.5	153
	Head	H_w (m)	96	90.5	82	67
	Efficiency	η_w (%)	64	71.5	74	71
	Power input P_w	(kW) $\varrho_w = 1$	31.3	35.2	38.5	39.3
Oil	Viscosity	ν_v (mm^2/s)	75			
	Correction factors	c_Q	0.98			
	according to	c_η	0.79			
	Hydraulic Institute	c_H	0.97	0.96	0.95	0.93
	Flow rate $Q_v = Q_w \cdot c_Q$	(m^3/h)	75	100	125	150
	Head $H_v = H_w \cdot c_H$	(m)	93.1	86.9	78	62.3
	Efficiency $\eta_v = \eta_w \cdot c_\eta$	(%)	50.5	56.5	58.5	56.1
	Density ϱ_v	(kg/dm^2)	0.9			
	Power input P_v	(kW)	33.9	37.7	40.9	40.8

۲ - پمپاژ مخلوط گاز و مایع[1]

در نتیجهٔ ایجاد جریانهای گردابی[2] در مکش پمپ ، آببندی ناقص لوله‌ها و یا یک فعل و انفعال شیمیائی ممکن است هوا یا گاز بداخل پمپ سانتریفوژ نفوذ کند .

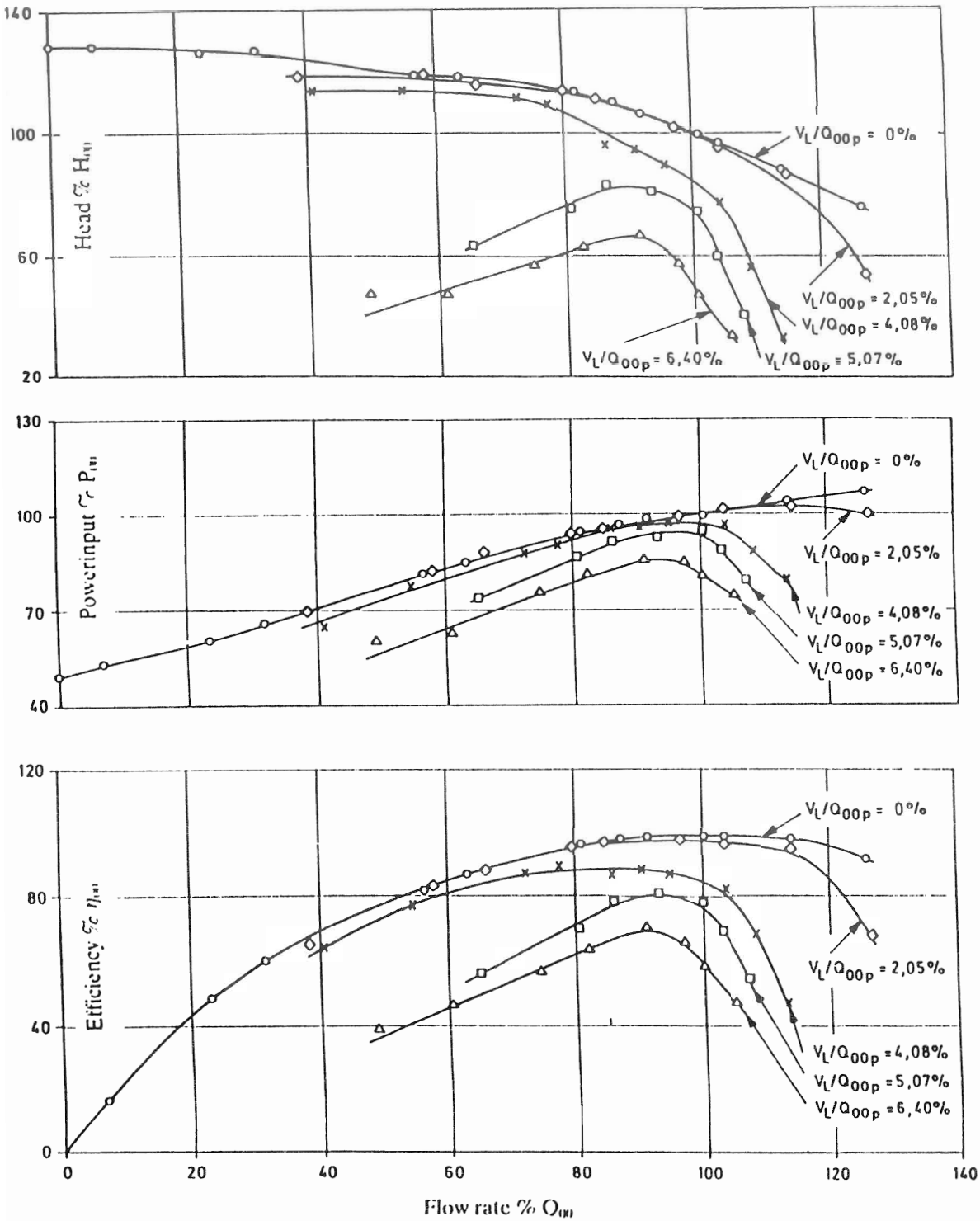
در هر حال یک پمپ سانتریفوژ می‌تواند سیالی را پمپاژ کند که دارای مقدار کمی هوا یا گاز است . پمپ‌های خودمکش استثناء می‌باشند زیرا در نتیجهٔ پدیدهٔ سانتریفوژ هوا یا گاز از سیال جدا می‌شود .

شکل ٦ اثر وجود هوا را بر روی منحنی مشخصهٔ یک پمپ سانتریفوژیک طبقه با سرعت مخصوص ($Ns_{usA} = 1350$) $n_q = 26$ نشان می‌دهد . این تغییرات بستگی دارد به مقدار فشار مکش پمپ ، در منحنی فوق با فشار مکش کمتر مشخصهٔ پمپ همواره در نسبت حجمی $V_L/Q_{00} = 2\%$ (فشار مکش مطلق ۲/۵ بار) افت پیدا می‌کند خصوصاً در نواحی غیر از نقطه طراحی یعنی در آبدهای کمتر و بیشتر .

1 Gas / liquid mixtures

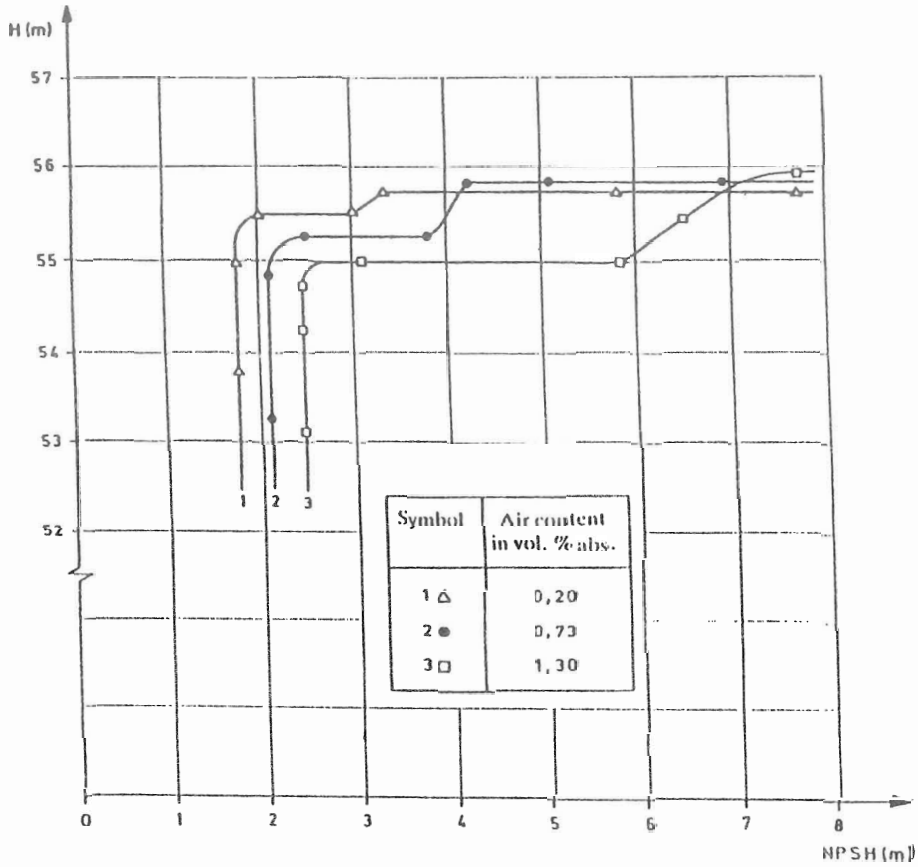
2 Vortex

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ٦ – اثر تغییرات هوای موجود در سیال روی منحنی مشخصهٔ پمپ سانتریفوژیک طبقه ($n_q = 26$) با فشار مطلق ورودی ۲/۵ بار

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۷ – اثر تغییرات هوا روی NPSH (ثابت Q و ثابت η)

با افزایش مقدار هوای موجود ، ارتفاع ، آندهی ، راندمان و قدرت ورودی به پمپ افت پیدا کرده و پمپ در حالت شیرفلکه بسته قادر به کار نخواهد بود مقدار بیشتر هوا نزدیک توپی پروانه جمع شده و از جریان یکنواخت سیال جلوگیری خواهد نمود . اگر مقدار هوا یا گاز موجود در داخل سیال بیشتر از 5 یا 7 % باشد بدلیل برخورد قطرات سیال با همدیگر پمپ هیچوقت قادر به کار در نقطهٔ بهترین راندمان نخواهد بود .

بسته به شیب منحنی مشخصه حساسیت در مورد تغییرات مقدار هوا متفاوت می‌باشد ضمناً در پمپهای چند طبقه نیز از آنجائیکه در هر طبقه حبابهای گاز از یک ناحیهٔ کم فشار به ناحیهٔ فشار بالاتری وارد می‌شود لذا باعث می‌شود حجم کمتری نسبت به طبقهٔ اول اشغال کنند بنابراین محاسبه در طبقهٔ اول مهم می‌باشد . با افزایش مقدار هوای داخل سیال نیاز به تغییرات در NPSH پمپ نیز بیشتر خواهد بود (شکل ۷)

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

۳ - پمپاژ هیدروکربنها[1] :

۱ - ۳تغییرات در ظرفیت مکش[2] :

NPSH داده شده در منحنی مشخصهٔ پمپهای سانتریفوژ اغلب برای پمپاژ آب تمیز و سرد می‌باشد . برای پمپاژ یک هیدروکربن ، اینکه NPSH پمپ نسبت به آب چقدر کمتر خواهد بود یا بیشتر باید بوسیلهٔ تست پمپ مشخص شود . تصمیم‌گیری در مورد مقدار کاهش NPSH بستگی به فشار بخار و غلظت هیدروکربنی که پمپاژ می‌شود دارد . شکل ۸ شکل شماتیک مربوط به افت بین منحنی آب سرد بدون گاز با یک هیدروکربن را نشان می‌دهد . در آب سرد حجم زیاد بخار در NPSH داده شده در ورودی پروانه تشکیل شده و باعث انسداد جریان ورودی گشته و در نتیجه ارتفاع تولیدی پمپ پائین خواهد آمد و هر چه NPSH پائین‌تر بیاید به همان نسبت تشکیل حبابها بیشتر شده و ارتفاع تولیدی کاهش خواهد یافت . در پمپاژ هیدروکربن‌ها حجم کمتر بخار در NPSH های پائین تولید می‌شود بنابراین افت ارتفاع نیز قابل اغماض می‌باشد .

شکل ۹ ماگزیمم کاهش قابل قبول NPSH را بین آبگرم فاقد گاز و یک هیدروکربن بدون گاز بخصوص نشان می‌دهد (جلد ۱۴ گزارش انستیتوی هیدرولیک چاپ ۱۹۸۳) مقدار کاهش NPSH نشان داده شده بر مبنای اطلاعات آزمایشگاهی می‌باشد .

دیاگرام فوق با در نظر گرفتن محدودیت‌های زیر بدست آمده است .

الف - کاهش NPSH نباید بیشتر از پنجاه درصد NPSH مورد نیاز برای آب سرد باشد (حداکثر کاهش ۳ متر) در هر صورت مقدار کاهش باید کوچک باشد .

ب - این جدول فقط برای سیالات با لزجت پائین و هیدروکربن‌های فاقد هوا و گاز معتبر است.

پ - در زمان ترانزینت[3] (زمان‌گذرای راه‌اندازی) این جدول اعتبار ندارد .

ب - این جدول در حالتیکه مخلوط مواد نفتی پمپاژ می‌شود (مخلوط چندین هیدروکربن) قابل استفاده است ولی باید دقت نمود . فشار بخار مخلوط با درنظر گرفتن فشار بخار جزئی اجزاء تشکیل دهنده بر مبنای ضعیف‌ترین آنها انتخاب شود .

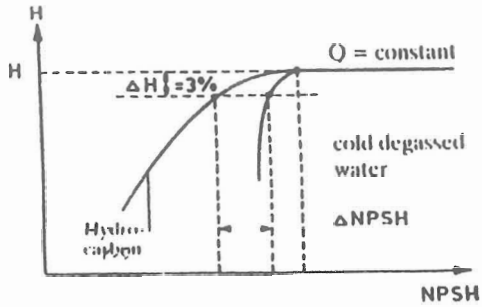
---

1 Pumping hydrocarbons

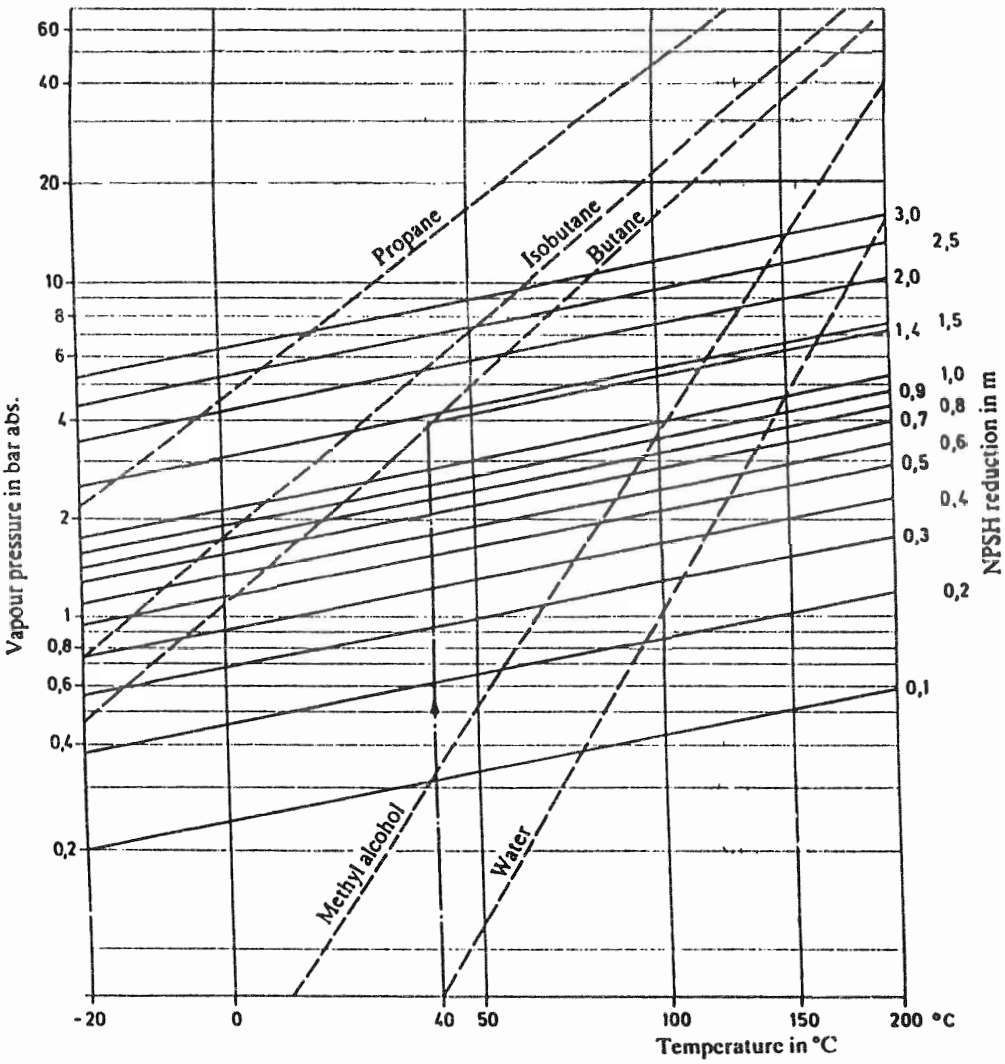
2 Influence on suction capacity (NPSH)

3 transient operation

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۸ – افت ارتفاع در نتیجهٔ پمپاژ دو سیال مختلف



شکل ۹ – حداکثر کاهش NPSH قابل قبول بین آب گرم فاقدگاز و یک هیدروکربن بدون گاز
(گزارش انستیتوهیدرولیک چاپ چهاردهم ۱۹۸۳)

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

مثال برای کاربرد جدول :

بوتان در درجه حرارت 40^{oc} را می‌خواهیم پمپاژ کنیم با فرض اینکه $NPSH_{avail}$ پمپ برای آب سرد برابر ۷ متر باشد مطلوب است محاسبه مقدار NPSH برای پمپاژ بوتان ؟

از دیاگرام شکل ۹ مقدار کاهش NPSH برای شرایط مذکور بوتان برابر با 1.4 متر خواهد بود .

$$1.4 < 3m < 50\% \ NPSH_{avail}$$

$$(\ NPSH\ )\ \text{بوتان} = 7 - 1.4 = 5.6\ m$$

در موقع مشخص نمودن مقدار افت NPSH توصیه می‌شود همواره یک ضریب اطمینان درنظر گرفته شود .

۴ - پمپاژ سیال حاوی اجسام جامد بوسیلهٔ پمپ سانتریفوژ[1]

پمپ‌های سانتریفوژ با توجه به سادگی طرح ، آبدهی یکنواخت ، نسبت مناسب بین آبدهی و سایز پمپ و حساسیت پائین در مقابل مشکل اختلال ، برای پمپاژ سیال حاوی اجسام جامد خیلی مناسب می‌باشند . در آبدهی‌های خیلی بالا پمپاژ بوسیلهٔ پمپ سانتریفوژ نسبت به پمپ‌های رفت و برگشتی خیلی ارزان‌تر می‌باشد . اجسام جامد شامل زغال سنگ ، سنگ آهن ، خاکستر ، شن ، سنگ‌ریز ، فاضلاب ، ماهی ، چغندرقند ، سیب‌زمینی ، خمیر چوب ، خمیر کاغذ ، عصاره لیموترش و پودر سنگ آهک براحتی قابل پمپاژ با پمپهای سانتریفوژ می‌باشند .

در پمپهای مورد استفاده برای پمپاژ سیال حاوی اجسام جامد باید به نکات زیر توجه نمود :

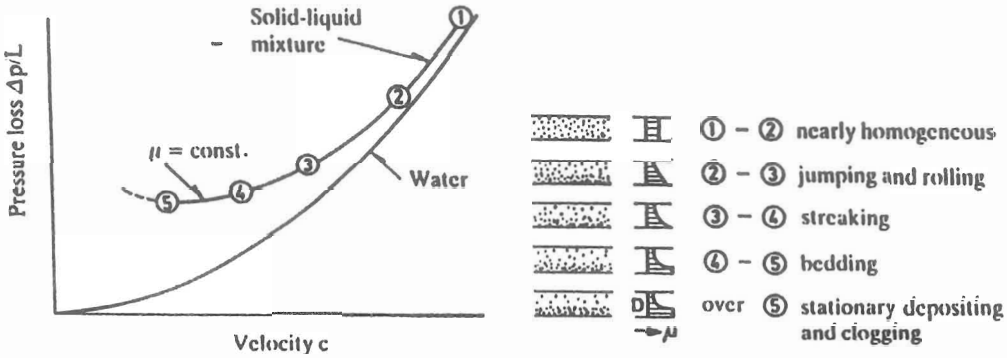
۱ - در قسمت مکش پمپ باید فشار کافی وجود داشته باشد

۲ - کانال پروانه و سطح مقطع محفظهٔ حلزونی باید به حد کافی بزرگ باشد تا اجسام جامد براحتی از آن عبور کنند تلرانس‌ها باید بیشتر باشد (فاصلهٔ آببندها بیشتر در نظر گرفته شود)
ضمناً پوشش پشت پره‌ها در مقابل خوردگی باید محافظت شود (طرف محفظهٔ آببندی پروانه)

۳ - سرعت جریان سیال از داخل پروانه و محفظه باید در حد مینیمم نگه داشته شود .
(خوردگی با توان سوم سرعت جریان سیال افزایش پیدا می‌کند)

1 handling solids with centrifugal pumps

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۱۰ – آرایش ذرات جامد معلق در سیال بصورت تابعی از سرعت سیال در نسبت ثابت ذرات موجود μ

ارتفاع تولیدی این پمپهای سانتریفوژ در حد 80m محدود بوده و سرعت قابل قبول در خط لوله به پارامترهای مختلفی از جمله دانسیته ، اندازهٔ ذرات جامد ، شکل ذرات جامد ، غلظت و مقاومت ذرات جامد بستگی خواهد داشت .

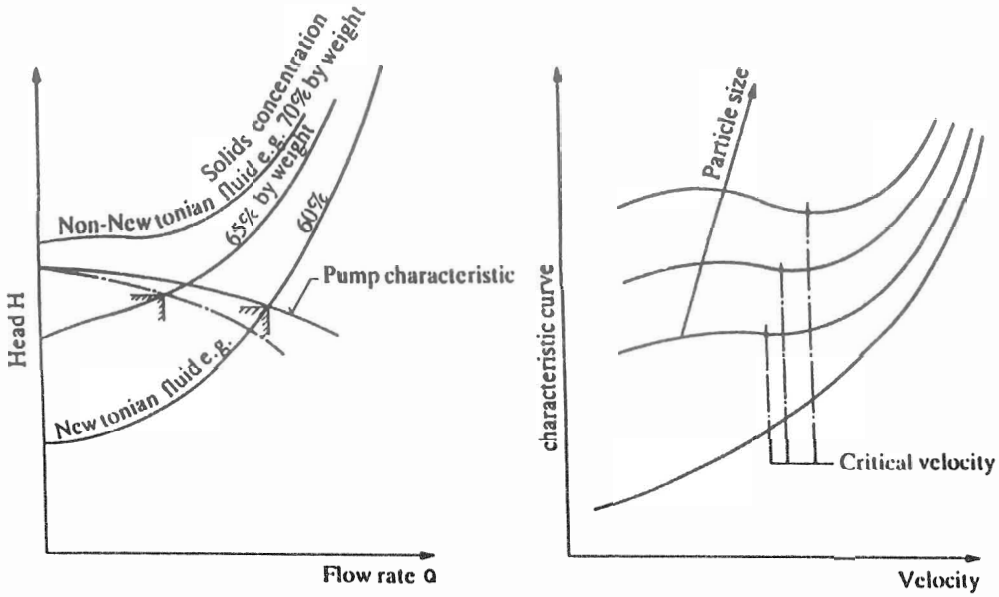
۴ - سرعت سیال در داخل خط لوله نباید از سرعت بحرانی ساکن شدن پائین‌تر بیاید . در غیراینصورت ذرات جامد ته‌نشین خواهد شد . حداقل سرعت سیال باید 0.3m/s بالاتر از سرعت بحرانی سکون ذرات جامد باشد .

۵ - منحنی مشخصه پمپ باید تیز باشد . با تغییر درصد اجسام جامد منحنی شبکه نیز تغییر خواهد کرد اگر منحنی مشخصهٔ پمپ تیز باشد تغییر آبدهی پمپ کمتر بوده در نتیجه تغییرات سرعت جریان در خط نیز اندک بوده و جدائی اجسام جامد بوجود نخواهد آمد (شکل ۱۰) در هر صورت اگر نسبت ذرات جامد تغییر کند منحنی مقاومت شبکه تغییر خواهد کرد .

۶ - پمپ‌های پمپاژ کنندهٔ سیالات حاوی ذرات جامد اکثراً به منظور داشتن منحنی مشخصهٔ تیز بصورت سری بکار برده می‌شود .

وقتیکه قسمتی از خط لوله با اجسام جامد پر شده باشد پمپ باید فشار زیادی تولید بکند تا در لحظهٔ استارت بر مقاومت بالایی که در مقابل راه‌اندازی ایجاد شده غلبه بکند . ضمناً آبدهی پمپ باید به حد قابل ملاحظه‌ای برسد تا بتواند به پروسهٔ انتقال ادامه بدهد

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۱۱ – مشخصات خط لوله بصورت تابعی از درصد ذرات جامد و اندازهٔ آنها

۷ - وقتیکه پمپ الیاف طولانی را پمپاژ می‌کند . پروانهٔ باز باید بکار برده شود برای جلوگیری از خطرگیر کردن الیاف ، پروفیل ورودی پره باید بصورت منحنی مناسب و ضخیم باشد تا الیاف براحتی از آن عبور کند .

۸ - پمپاژ اجسام جامد همراه با سایش بیشتری بوده که تأثیر روی افت ارتفاع خواهد داشت ضمناً وقتیکه در مورد سایز سیستم و پمپ تصمیم‌گیری می‌شود آبدهی و راندمان باید دقیقاً در نظر گرفته شود.

۹ - جنس مواد ساختمان پمپ باید دقیقاً با توجه به کیفیت سیال مورد پمپاژ بسته به اینکه خاصیت خورندگی یا سائیدگی داشته باشد انتخاب شود . لاستیک یا پلاستیک یا یک پوشش مقاوم باید روی قطعات داده شود یا اینکه در حالت کلی جنس قطعات پمپ از اجسام سخت مقاوم تهیه شود .

جدول 2 - II رابطهٔ بین اندازهٔ دانه‌بندی برحسب mm با سایز غربال تیلر[1] و جدول 3 - II سرعت ساکن شدن ذرات را برحسب رابطه‌ای با سایز آنها نشان می‌دهد .

1 Tyler screen size

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

Tyler Standard sieve series			Grade
Mesh width		Mesh	
inch	mm		
3			Screen shingle gravel
2			
1.5			
1.050	26.67		
0.883	22.43		
0.742	18.85		
0.624	15.85		
0.525	13.33		
0.441	11.20		
0.371	9.423		
0.321	7.925	2.5	
0.263	6.68	3	
0.221	5.613	3.5	
0.185	4.699	4	
0.156	3.962	5	
0.131	3.327	6	
0.110	2.794	7	
0.093	2.362	8	Very coarse sand
0.078	1.981	9	
0.065	1.651	10	
0.055	1.397	12	
0.046	1.168	14	Coarse sand
0.039	0.991	16	
0.0328	0.833	20	
0.0276	0.701	24	
0.0232	0.589	28	Medium sand
0.0195	0.495	32	
0.0164	0.417	35	
0.0138	0.351	42	
0.0116	0.295	48	
0.0097	0.248	60	Fine sand
0.0082	0.204	65	
0.0069	0.175	80	
0.0058	0.147	100	
0.0049	0.124	115	
0.0041	0.104	150	
0.0035	0.089	170	Silt
0.0029	0.074	200	
0.0024	0.061	250	
0.0021	0.053	270	
0.0017	0.043	325	pulverized
0.0015	0.038	400	
	0.025	500	
	0.020	625	
	0.010	1250	
	0.005	2500	
	0.001	12500	Mud Clay

Theoretical values

Table II-2
Comparison of screen sizes: Tyler and mesh (mm).

1976 Pump Handbook by J. Karassik, W.C. Krutzsch, W.H. Fraser and J.P. Messina. McGraw Hill Inc. Section 10.21.2 by G. Wilson.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

Table II-3. Sinking velocities for various abrasive materials

Diameter in mm	Mesh size US Fine	Sinking velocity in m/s	Soil grain size identification: ASTM	US Bureau of Soils USDA	MIT	International
0.0002		0.00000003	Clay	Clay	Medium-coarse clay	Fine clay
0.0006		0.00000028			Coarse clay	Coarse clay
0.001		0.0000070				
0.002		0.0000092			Fine silt	Fine silt
0.005		0.0017	Silt	Silt	Medium-coarse silt	Coarse silt
0.006		0.000025				
0.02		0.00028			Coarse silt	
0.05	270	0.0017	Fine sand	Very fine sand		
0.06	230	0.0025			Fine sand	
0.10	150	0.070		Fine sand		Fine sand
0.20	70	0.021				
0.25	60	0.026	Coarse sand	Sand	Medium-coarse sand	Medium-coarse sand
0.30		0.032				
0.50	35	0.053		Coarse sand		Coarse sand
0.60	30	0.063				
1.00	18	0.10		Fine gravel	Coarse sand	Very coarse sand
2.00	10	0.17				

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

PUMPIRAN

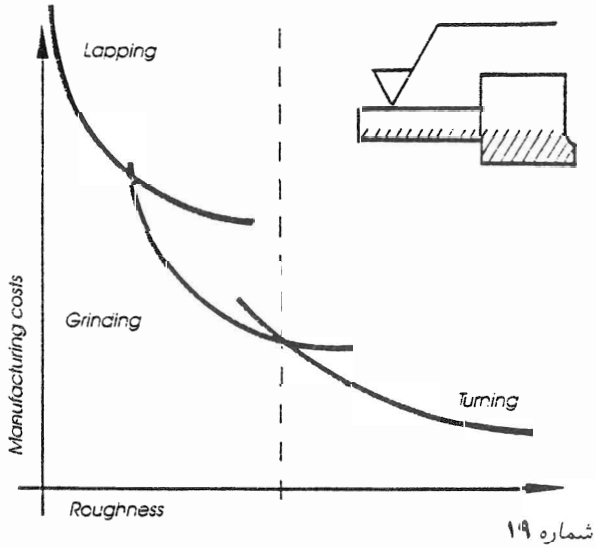
کیفیت سطوح

مهندس علی حسینی عنصرودی
شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران - رئیس امور کنترل کیفیت

□ مقدمه

در فرایند تولید از مواد مختلف سطوح گوناگونی ایجاد می‌گردد. سطوح ایجاد شده در قطعات در ارتباط با نقش آنها در محصول و فاکتورهای متعدد دیگر از زبری و ناهمواری‌های متفاوتی برخوردار هستند.

در بعضی مواقع صاف بودن سطوح از اهمیت بسزائی برخوردار است. در مواردی نیز برای کاهش ناهمواری سطوح در پروسه‌های تولید بایستی متحمل هزینه‌های اضافی گردید که از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر نمی‌باشد. به عنوان مثال بطوریکه در شکل زیر ملاحظه می‌شود هزینه‌های عملیات تولید از قبیل تراشکاری، سنگزنی و لپینگ در اثر ازدیاد ناهمواری کاهش می‌یابد.



[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

بنابراین طراحان با توجه به نقشی که قطعات در محصولات دارند برای هر کدام و یا به عبارت دیگر برای هر محل مقدار زبری مجاز را تعیین می‌کنند. بدین ترتیب که حالت اپتیمال زبری مورد لزوم در مقایسه با هزینه‌های تولید آن برای ساخت انتخاب می‌گردد. در زمان‌های نه چندان دور صافی و یا زبری سطوح اغلب بطور ظاهری با نگاه کردن و یا با لمس کردن مشخص می‌گردید. به موازات توسعه وسایل اندازه‌گیری مقدار زبری سطوح، نرم کردن سطوح نیز عملی گردید که هدف از این کار درک مفهوم واحد از صافی سطوح و بیان خصوصیات آن می‌باشد. در این مقاله سعی شده یک دید مشترکی برای انحرافات سطوح ارائه گردد و سپس پارامتری‌های متعدد زبری سطوح در سیستم‌های ISO و DIN معرفی شده است. در خاتمه پس از پرداختن به علائم و روشهای مختلف اندازه‌گیری سطوح صافی‌های قابل دسترسی در صنعت ذکر گردیده است.

در صنعت پمپ‌سازی مثل دیگر صنایع صافی سطوح در بعضی قطعات از اهمیت خاص برخوردار بوده و مطالعه این مقاله به نوبه خود اطلاعات مفیدی در اختیار خواننده می‌گذارد.

سطوح و انحرافات آن:

برای بررسی انحرافات سطوح بهتر است تعریفی از سطوح اسمی، واقعی و ایده‌آل داشته باشیم.

الف - سطح اسمی:

سطح اسمی عبارت از سطحی است که مشخصات آن در نقشه با توجه به نرم‌های آن داده شده است.

ب - سطح واقعی:

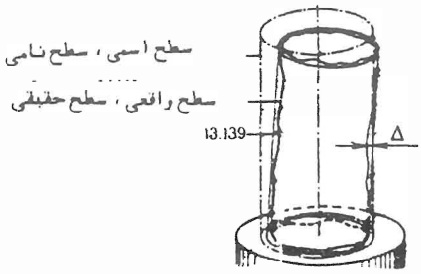
سطح واقعی عبارت است از مرز یک جسم جامد که توسط این جسم با فضای پیرامون ایجاد شده است. سطح واقعی توسط وسایل اندازه‌گیری قابل سنجش بوده و بسته به نوع و دقت وسایل اندازه‌گیری، سطوح واقعی مختلفی را نتیجه می‌دهد.

به عبارت دیگر سطح واقعی عبارت از سطحی است که بعد از فرایند تولید بوجود آمده است.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

ج - سطح ایده‌آل :

سطح ایده‌آل عبارت است از مرز یک جسم هندسی که با فضای پیرامون خود بوجود می‌آورد . سطحی ایده‌آل خواهد بود که اندازه‌های اسمی آن با اندازه‌های واقعی برابر باشند . شکل ۱ تفاوت سطح اسمی و واقعی را نشان می‌دهد .



شکل ۱

انحراف یک سطح عبارت است از مجموعه تمام انحرافات سطح واقعی با سطح هندسی ایده‌آل . با مشاهده سطوح می‌توان مابین سطوح خشن و صاف انحرافات را تشخیص داد برای تشخیص دادن کامل، انحرافات به ٦ گروه تقسیم گردیده است .

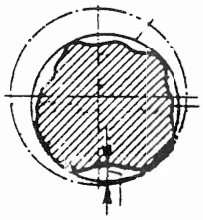
گروه اول - انحراف فرم Deviations form

از نمونه انحرافاتی که در این گروه جای می‌گیرند می‌توان به عنوان مثال از مسطح نبودن قطعات شکل ۲a و یا گرد نبودن قطعات نام برد . شکل ۲b

عللی که ممکن است برای پیدایش این نوع عدم کیفیت مؤثر باشد بشرح ذیل می‌باشد :

۱ - اشکالات ماشین ابزار
۲ - انحرافات ماشین یا قطعه کار
۳ - بستن غلط
۴ - ابزار نامناسب
۵ - سائیدگی

۲a



۲b

گروه دوم - موج‌دار بودن (Waviness)

از نمونه انحرافات موج‌دار بودن می‌توان به عنوان مثال محورها را نام برد . (شکل ۳) عللی که باعث پیدایش این نوع انحراف در قطعات می‌گردد عبارت است از :

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

۱ - اشتباه بودن قید و بست

۲ - فرم غلط ابزار برشی

۳ - لرزش ابزار یا ماشین ابزار

شکل ۳

گروه سوم: زبر بودن (Raughness)

عللی که موجب ایجاد اینگونه ناهمواری در سطح می‌گردد بشرح ذیل می‌باشد:

۱ - فرم ابزار برشی

۲ - مقدار پیشروی ابزار برشی

۳ - مقدار بار

۴ - تنظیم غیرصحیح ماشین یا ابزار

شکل ۴

این انحراف در شکل ۴ نشان داده شده است.

گروه چهارم: خراشیده شدن، پوسته پوسته شدن

عللی که موجب پیدایش این نوع انحراف در سطح می‌گردد بقرار ذیل می‌باشد:

۱ - روند تشکیل براده

۲ - تغییر فرم در سند بلاست کردن

۳ - تغییرات در انجام عملیات گالوانیزه کردن

شکل ۵

این نوع انحراف در شکل ۵ نشان داده شده است.

گروه پنجم: انحرافاتی که مربوط به ساختار داخلی قطعه می‌گردد:

عللی که ممکن است سبب تغییرات داخلی شده و در اثر آن کیفیت سطح نامطلوب در آید بشرح ذیل می‌باشد:

۱ - فرایند کریستالی شدن

۲ - تغییرات سطوح توسط فعل و انفعالات شیمیائی (مثل خوردگی شیمیائی)

۳ - پروسه اکسیده شدن

این نوع انحرافات را در شکل نمی‌توان نشان داد.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

گروه ششم : انحرافاتی که مربوط به ساختمان شبکه‌ای مواد باشد .

عللی که سبب تغییرات ساختمان شبکه‌ای مواد شده و در نتیجه کیفیت سطوح قطعه را نامطلوب می‌سازد بشرح ذیل می‌باشد :

۱ - پروسه‌های فیزیکی و شیمیائی در ساختمان مواد
۲ - تنش‌ها و کرنش‌های برشی در شبکه کریستالی

انحرافات گروه‌های یک تا چهار از قواعد سطوح واقعی همانند مثال‌هائی که ذکر شد پیروی می‌کنند . در شکل ٦ مجموعه این انحرافات نشان داده شده است . انحرافات گروههای ۵ و ٦ از آزمایشات مختلف مواد ناشی می‌گردد .

شکل ٦

پارامترهای انحرافات سطح :

انحرافات سطح در سه سیستم مختلف JIS ، ISO ، DIN بررسی گردیده که در اینجا سیستم ISO و مختصری هم از DIN مورد نظر می‌باشد .
سطوح از نظر مشخصات ناهمواری به سه دسته کلی تقسیم می‌گردد :

۱ - درجه زبری
۲ - موج‌دار بودن
۳ - فرم

سطوحی که بدین صورت دسته‌بندی می‌شوند به عنوان یک قاعده کلی معلول ماشین‌کاری‌های مختلف می‌باشند .

سه نوع پارامتر در انحرافات سطوح مورد بررسی قرار می‌گیرد :

۱ - پارامترهای Amplitude (انحرافات عمودی سطح) :
۲ - پارامترهای Spacing (انحرافات افقی سطح) :
۳ - پارامترهای Hybrid (انحرافات افقی و عمودی سطح) :

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

برای بررسی انحرافات مذکور یک نمونه از پروفیل سطح بطول L که بطول‌های مساوی و متوالی ℓ تقسیم گردیده طبق استاندارد ISO انتخاب می‌گردد .

۱ - پارامترهای Amplitude (انحرافات عمودی سطوح) :

مهمترین پارامترهای انحرافات عمودی سطح بشرح زیر می‌باشد .

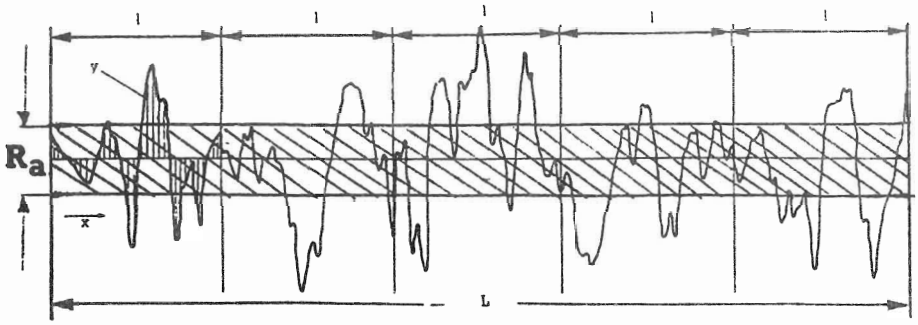
Ra, Rq, Rv, Rp, Rpm, Rt, Rsk, Rku, Rz, Rti, Ry, Rtm, R3y, R3z

Ra

Ra یکی از پارامترهای بین‌المللی برای تعیین مقدار زبری بوده و بیشترین استفاده را دارد Ra نشان دهنده میانگین حسابی انحرافات عمودی سطح از خط میانی بوده و از رابطه زیر بدست می‌آید .

$$Ra = \frac{1}{L}\int_{0}^{L} | y(x) | \, dx$$

در شکل ۷ Ra نشان داده شده است .



شکل ۷

Rq

واریانس انحرافات زبری سطح با Rq^2 مشخص می‌گردد و مقدار آن از رابطه زیر بدست می‌آید .

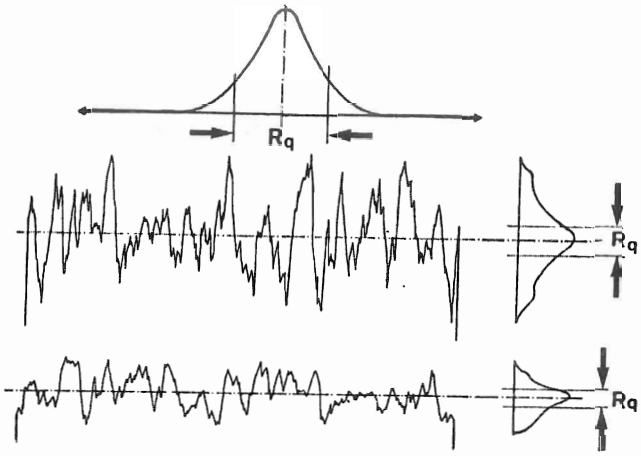
$$Rq^2 = \frac{1}{L}\int^{L} y^2(x)\, dx$$

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

بنابراین انحراف از استاندارد زبری سطح برابر خواهد بود با

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{L}\int_{0}^{L} y^{2}(x)\,dx}$$

در شکل ۸ Rq نشان داده شده است .



Variance of the amplitude distribution curve

شکل ۸

Wa و Wq پارامترهای مشابه Ra و Rq در پروفیل سطح موج‌دار می‌باشند .

Rv

Rv عبارت است از حداکثر عمق فرورفتگی پروفیل زیر خط میانی بدون در نظر گرفتن طول ℓ

Rp

Rp عبارت است از حداکثر ارتفاع برآمدگی پروفیل بالای خط میانی بدون در نظر گرفتن طول ℓ

Rpm

Rpm عبارت است از متوسط مقادیر Rp که از پروفیل نمونه سطح بطول L که برای ارزیابی در نظر گرفته شده بدست می آید .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

وقتی n تعداد Rp های اندازه‌گیری شده باشد در این صورت

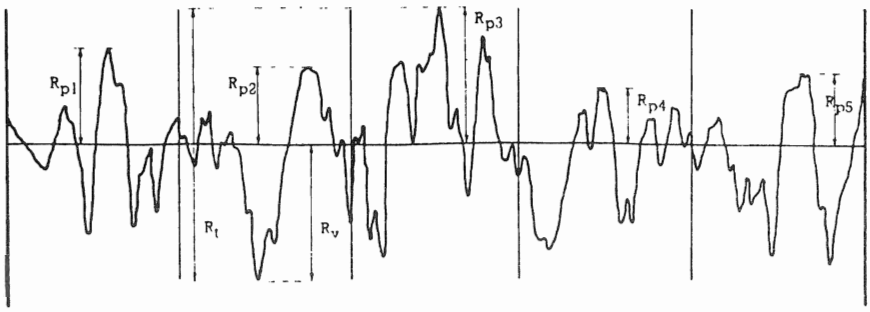
$$R_{pm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} R_{pi}$$

Rt

Rt عبارت است از فاصله عمودی بین حداکثر ارتفاع برآمدگی با حداکثر عمق فرورفتگی در طول مورد ارزیابی .

$$Rt = Rp + Rv$$

Wv و Wp و Wt پارامترهای مشابه Rv و Rp و Rt در پروفیل سطح موج‌دار می‌باشد . در شکل ۹ پارامترهای مذکور نشان داده شده است .



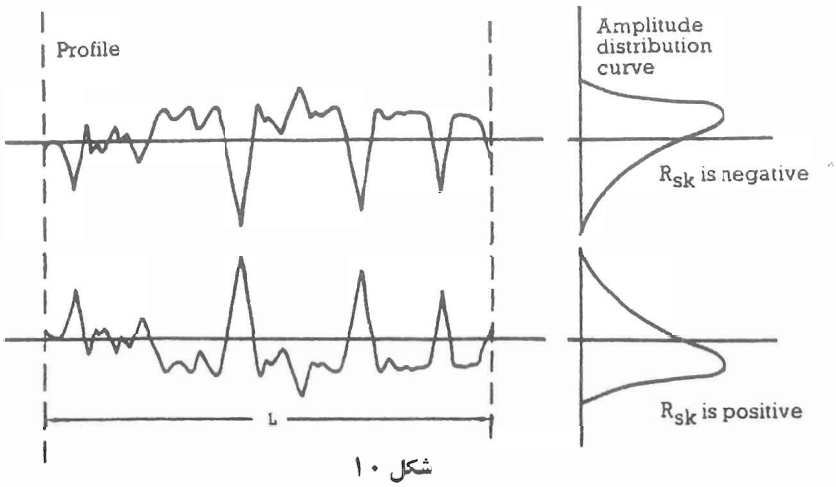
شکل ۹

Rsk

Rsk (skewness) عبارت است از اندازه تقارن پروفیل حدود خط میانی و بین پروفیل‌های غیرمتقارن از همان اندازه Ra یا Rq Rsk مشخص می‌شود در شکل ۱۰ پارامتر مذکور نشان داده شده است .

$$R_{sk} = \frac{1}{nR_{q^3}} \sum_{i=1}^{n} (Y_i)^3$$

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۱۰

Rku

Rku (kurtosis) عبارت است از اندازه تیزی سطح پروفیل .

وقتیکه n تعداد نقاط داده‌ها در پروفیل باشد پس

$$R_{ku} = \frac{۱}{nR_q^۴} \sum_{i=۱}^{i=n} (Y_i)^۴$$

Rz

Rz در سیستم ISO بلندی ده نقطه از پروفیل سطح را مورد بررسی قرار می‌دهد و از نظر عددی عبارت است از میانگین ۵ عدد بلندترین برآمدگی و ۵ عدد پائین‌ترین فرورفتگی در پروفیل سطح .

با توجه به شکل ۱۱ پارامتر Rz قابل محاسبه می‌باشد .

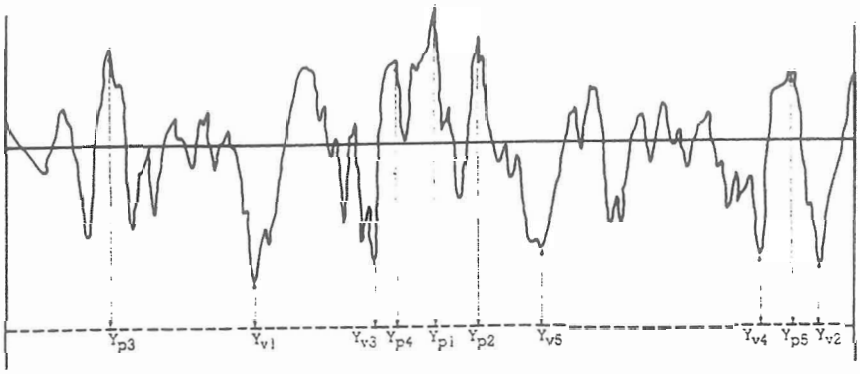
$$R_z(ISO) = \frac{(Y_{p۱} + Y_{p۲} + Y_{p۳} + Y_{p۴} + Y_{p۵}) - (Y_{v۱} + Y_{v۲} + Y_{v۳} + Y_{v۴} + Y_{v۵})}{۵}$$

$$= \frac{۱}{۵}\left(\sum_{i=۱}^{۵} Y_{pi} - \sum_{i=۱}^{۵} Y_{vi} \right)$$

Rti

Rti عبارت است از ماکزیمم ارتفاع برآمدگی بعلاوه ماکزیمم عمق فرورفتگی در یک طول نمونه .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۱۱

Ry

Ry : عبارت است از بزرگترین مقدار Rti داخل طول مورد ارزیابی L

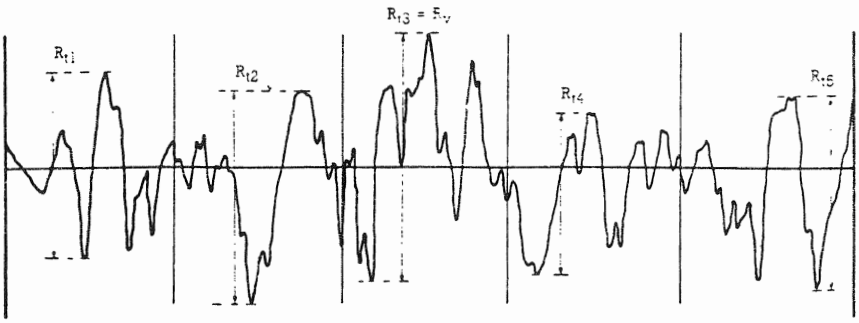
Rtm

Rtm عبارت است از میانگین تمام مقادیر Rti که در داخل طول مورد ارزیابی بدست آمده که آن معادل (DIN) Rz نیز می‌باشد .

با توجه به شکل ۱۲ پارامترهای فوق قابل محاسبه می‌باشد .

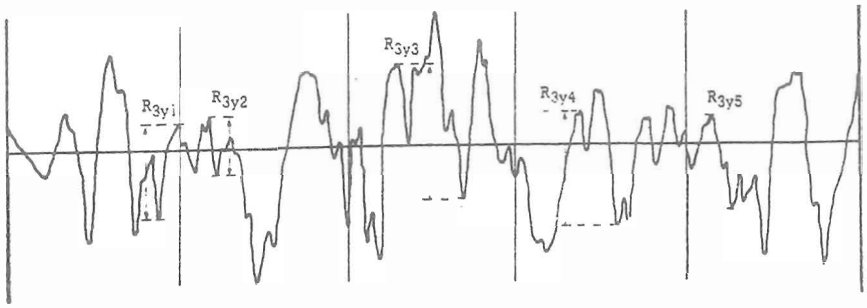
وقتیکه n تعداد cut - offs باشد در اینصورت

$$R_z\ (DIN) = R_{tm} = \frac{R_{t۱} + R_{t۲} + R_{t۳} + R_{t۴} + R_{t۵}}{۵} = \frac{۱}{۵}\sum_{i=۱}^{۵} R_{ti}$$



شکل ۱۲

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۱۳

R3y

R3y: عبارت است از مقدار سومین بلندترین برآمدگی بعلاوه سومین گودترین فرورفتگی که در هر طول یافت می‌شود بنابراین R3y بزرگترین این مقادیر است

R3z

R3z عبارت است از متوسط فاصله عمودی سومین بلندترین برآمدگی به سومین پائین‌ترین فرورفتگی در طول مورد ارزیابی .

با توجه به شکل ۱۳ پارامترهای مذکور قابل محاسبه می‌باشد .

وقتیکه n تعداد cut - offs باشد در اینصورت،

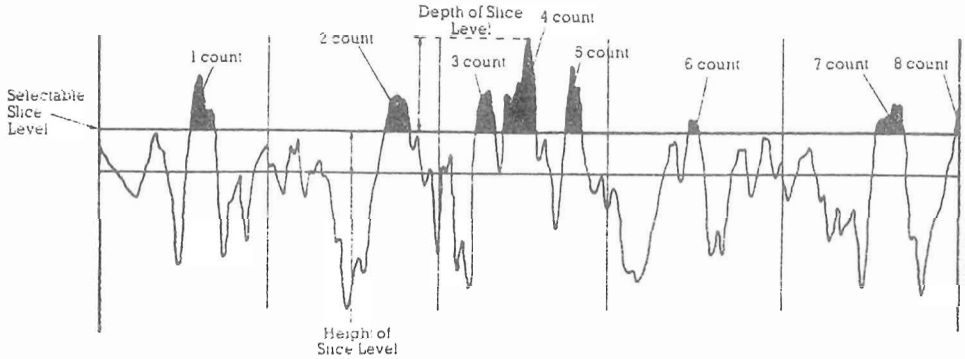
$$R_{rz} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} R_{3yi} = \frac{R_{3y1} + R_{3y2} + \dots R_{3yn}}{n}$$

۲ - پارامترهای spacing انحرافات افقی سطح

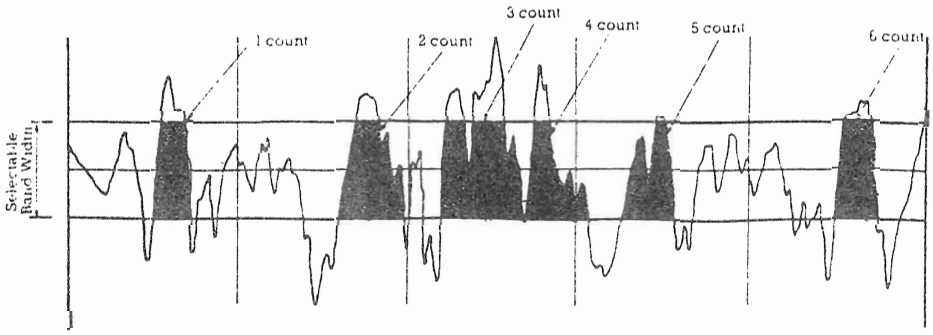
HSC

HSC (High spot count) عبارت است از تعداد کل برآمدگی‌ها در طول پروفیل مورد ارزیابی L در بالای خط میانی و یا خط موازی با خط میانی . این خط موازی در فاصله انتخاب شده پائین‌تر از بلندترین برآمدگی و یا فاصله انتخاب شده بالاتر از پائین‌ترین فرورفتگی خواهد بود . (شکل ۱۴)

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۱۴



شکل ۱۵

PC

PC (peak count) عبارت است از تعداد برآمدگی موضعی که در میان یک نوار انتخابی حدود خط میانی باشد .

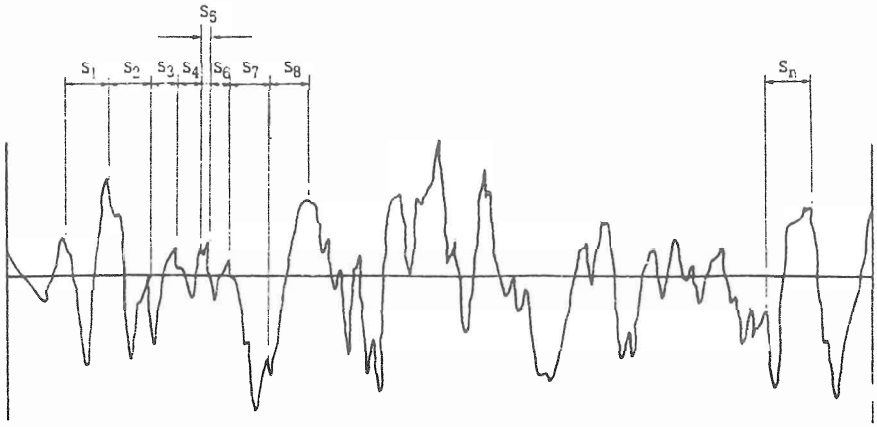
count فقط بالای طول ارزیابی تعیین شده و نتایج برحسب سانتی‌متر یا اینچ داده شده است . توسط عامل ضرب پارامتر آنرا به بالای طول مورد ارزیابی می‌رسانیم . (شکل ۱۵)

$$PC = \frac{\text{تعداد count}}{\text{طول مورد ارزیابی (سانتی‌متر)}} = \text{peak/cm}$$

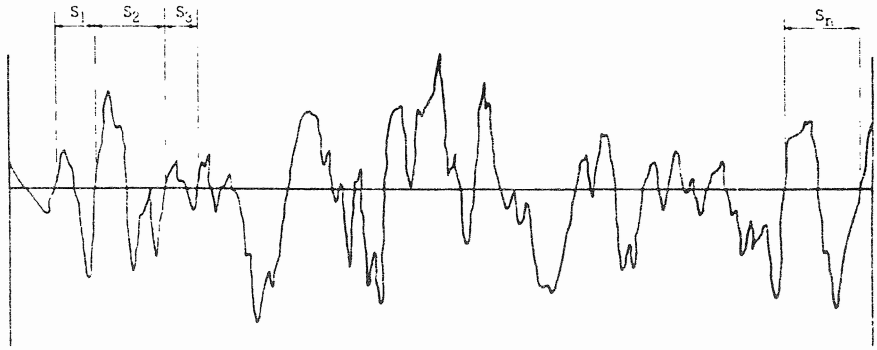
S

S عبارت است از متوسط فاصله برآمدگی موضعی متوالی . (شکل ۱۶) وقتی n تعداد فاصله‌های برآمدگی متوالی باشد پس در اینصورت

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



شکل ۱۶



شکل ۱۷

$$S = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i = \frac{S_1 + S_2 + S_3 \ldots + S_n}{n}$$

Sm

Sm (spacing mean) عبارت است از متوسط فاصله بین برآمدگی‌های متوالی که از تقاطع برآمدگی‌ها با خط میانی بدست می‌آید .

وقتیکه n تعداد فاصله‌ها در روی خط میانی باشد پس

$$S_m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i = \frac{S_1 + S_2 + \ldots + S_n}{n}$$

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

۳ - پارامترهای Hybrid (بررسی انحرافات عمودی و افقی سطح)

Δ_q

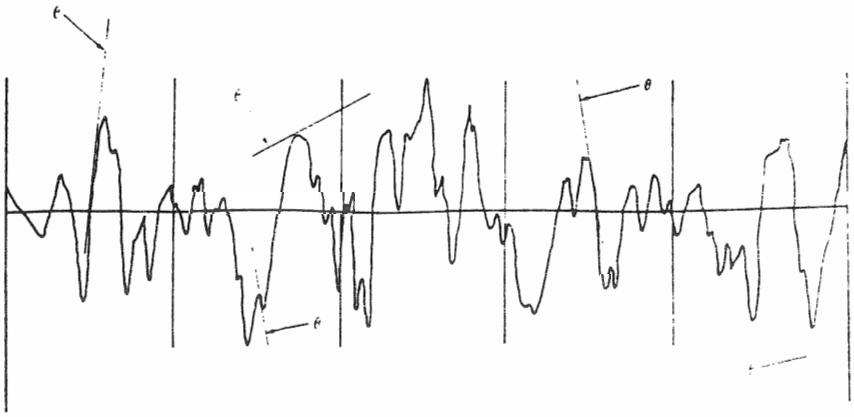
Δ_q عبارت است از انحراف استاندارد شیب پروفیل در طول مورد ارزیابی . (شکل ۱۸)

$$\Delta_q = \sqrt{\frac{1}{L}\int_0^L (\theta(x) - \bar{\theta})^2 dx}$$

$$\bar{\theta} = \frac{1}{L}\int_0^L \theta(x)\, dx$$

θ عبارت است از شیب پروفیل در هر نقطه داده شده . (شکل ۱۸)

$$\theta(x) = y'(x)$$



شکل ۱۸

λ_q

λ_q عبارت است از انحراف استاندارد فاصله بین برآمدگی و فرورفتگی که بدین وسیله دامنه نوسان نسبی و فاصله فرکانس‌های منفرد تخمین زده می‌شود .

پارامتر Hybrid از دامنه نوسان و اطلاعات فاصله فرکانس‌های منفرد در بعضی موارد کاربردی از پارامترهای که، براساس دامنه یا فاصله فرکانس منفرد به تنهائی بدست آمده‌اند استفاده بیشتری دارد .

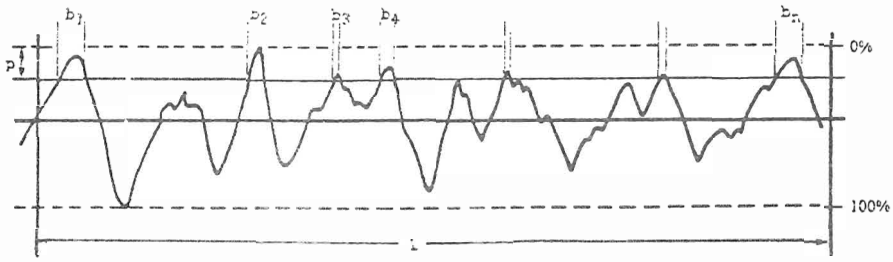
$$\lambda_q = \frac{2\pi R_q}{\Delta_q}$$

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

tp

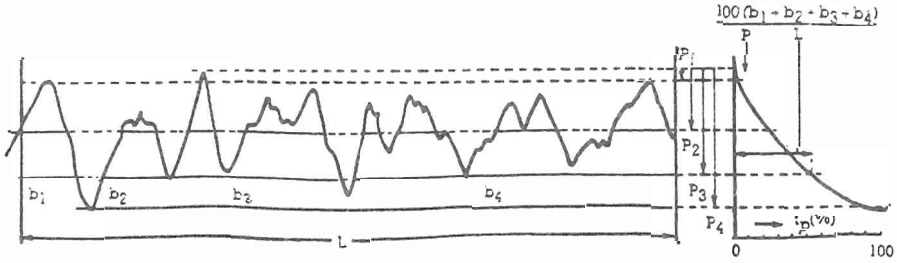
tp (Bearing ratio) عبارت است از طول نسبی سطحی که در یک عمق p از زیر بلندترین برآمدگی پروفیل سطح در طول ارزیابی L قرار دارد که بصورت % tp درصد بیان می‌گردد . (شکل ۱۹)

$$t_p = \frac{b_۱ + b_۲ + b_۳ + b_۴ \dots b_n}{L} \times ۱۰۰ = \frac{۱۰۰}{L} \sum_{i=۱}^{n} bi$$



شکل ۱۹

منحنی زیر ارتباط ما بین tp و عمق p را نشان می‌دهد . (شکل ۲۰)



شکل ۲۰

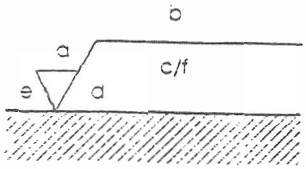
[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

علائم نشان دادن زبری سطوح

شکل	شرح	علائم
	علامت اصلی برای نشان دادن صافی سطوح	
	سطح با براده‌برداری	
	سطح بدون براده‌برداری	
	سطح با خواب موازی	=
	سطح با خواب عمودی	⊥
	سطح با خواب متقاطع	X
	سطح با خواب چند جهته	M
	سطح با خواب دایره‌ای	C
	سطح با خواب شعاعی	R
	سطح با خواب بدون جهت	P

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

روش نوشتن مشخصات سطح :



a = محل نوشتن مقدار Ra

b = روش تولید ، عملیات حرارتی ، شیمیائی ، رنگ زنی ، صیقل کاری و ...

c = طول نمونه آزمایش ، طول رفرنس ، (استاندارد بین المللی ۰/۸ میلی متر)

d = جهت آزمایش ، جهت خواب (طولی و عرضی و ...)

e = طول مقدار ماشینکاری مجاز

f = پارامترهای دیگر زبری مثل Rz ، Rt و ...

علائم نشان دادن زبری سطوح

زبری میانگین R_a به µm ودرجهٔ زبری N												
R_a	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025
ISO class	N 12	N 11	N 10	N 9	N 8	N 7	N 6	N 5	N 4	N 3	N 2	N 1

DIN 3141 — مشخصات صافی سطح

معنی طبق DIN 140	علائم صافی سطح	Max $R_z(R_t)$ µm R1	R2	R3	R4	Max R_a µm R1	R2	R3	R4
سطح خام با روش ساخت دقیق بدون براده برداری		دلخواه				نحوه انتخاب: خام			
زبر شیارهامحسوس بوده وبا چشم غیرمسلح دیده می شوند		160	100	63	25	25	12,5	6,3	3,2
پرداخت سیارها باچشم غیرمسلح هم دیده می شوند.		40	25	16	10	6,3	3,2	1,6	1,6
پرداخت ظریف شیارها دیگر باچشم غیرمسلح دیده نمی شوند.		16	6,3	4	2.5	1,6	0,8	0,4	0,2
		–	1	1	0,4	–	0,1	0,1	0,025

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

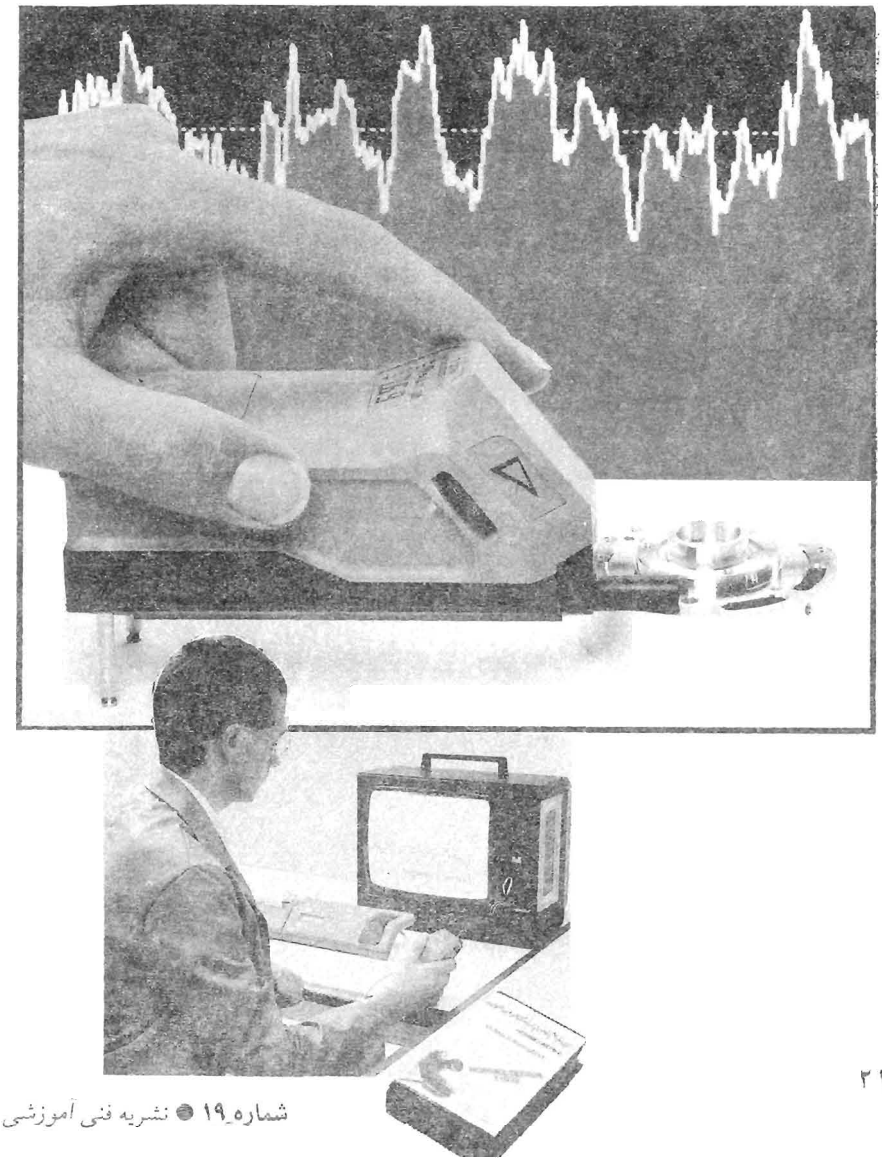
روشهای اندازه‌گیری زبری سطوح

اندازه‌گیری مقدار زبری سطوح در وهله اول توسط چشم غیرمسلح و یا با لمس کردن انجام می‌گیرد ولی این روش تقریبی بوده و اندازه دقیقی را بدست نمی‌دهد.

امروزه برای اندازه‌گیری زبری سطوح از وسایل پیشرفته‌ای استفاده می‌کنند که توانائی اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای مختلف زبری سطوح را دارا می‌باشد.

وسایل اندازه‌گیری زبری سطح در انواع و مدل‌های مختلف ساخته شده و به بازار عرضه گردیده‌اند بعضی از آنها پرتابل بوده و بعضی دیگر قابل اتصال به چاپگر و کامپیوتر می‌باشند که پس از اندازه‌گیری پارامترهای زبری منحنی‌های مربوطه را نیز رسم می‌نمایند.

نمونه‌ای از وسایل اندازه‌گیری زبری سطح و نتایج حاصل از اندازه‌گیری در شکل‌های زیر دیده می‌شود. (شکل ۲۱ و ۲۲)



شکل ۲۱

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

نتایج حاصل از اندازه‌گیری بوش روی محور پمپ گریز از مرکز

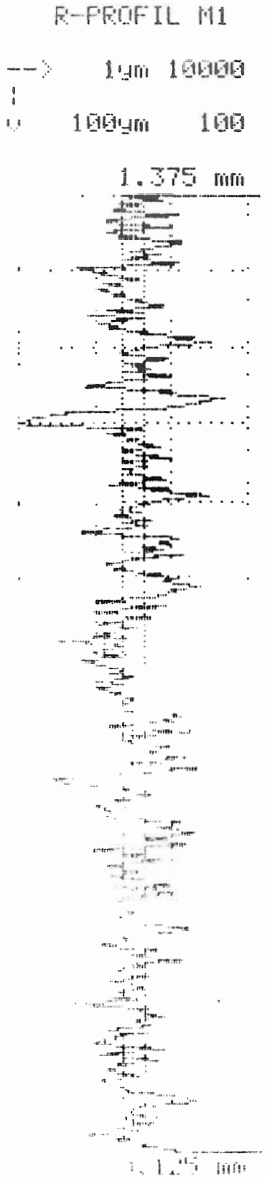
Hommel Tester
T1000 E

Dat:... 72/12/4....

Nr:. 4 .....

بوش روی محور .....

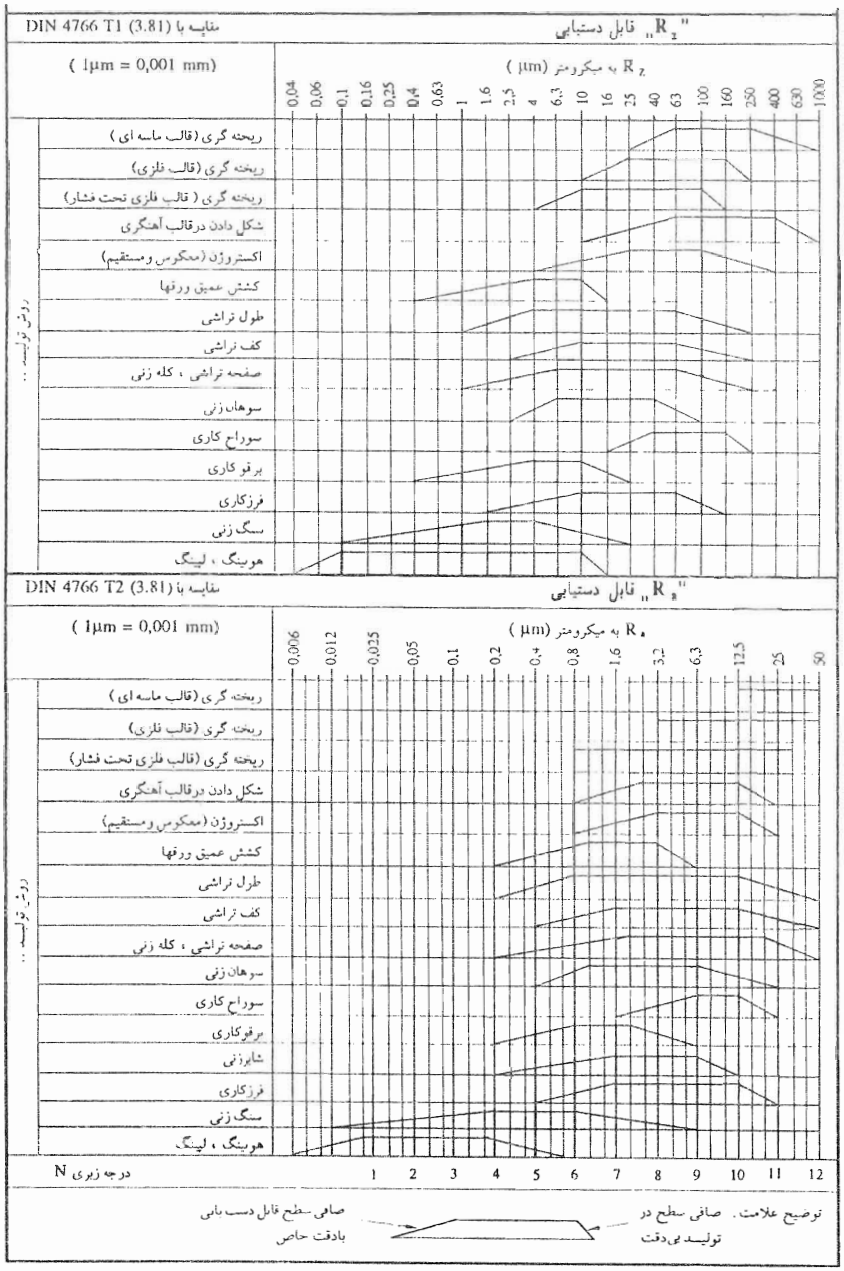
Filter	M1
Lt	1.5 mm
Lc	.25 mm
Ra	0.29 ym
RzD	2.03 ym
RzI	2.29 ym
RzJ	2.47 ym
RmD	2.68 ym
RmJ	2.68 ym
Rt	2.68 ym
Rp	1.50 ym
Rpm	1.05 ym
Rq	0.39 ym
R3z	1.19 ym
Pt	2.68 ym
Pc	0272/cm
C1	+ 0.14 ym
C2	- 0.14 ym
Sm	36.76 ym



شکل ۲۲

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

مقادیر قابل دسترسی Rz و Ra در فرایند تولید



منابع

1. Rauheitsmessung theorie und praxis leiyh Mummery
2. Surface texture parameters Rank Taylor Hobson Limited
3. Deutsehes Institut fw Normung DIN 4760, DIN - ISO 1302

۴ - کاتالوک‌های شرکت‌های سازندهٔ وسایل اندازه‌گیری زبری سطوح

۵ - فرهنگ لغات مهندسی مکانیک ، تألیف شوارتز و ... ترجمهٔ راستگار محمودزاده

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

مواد مورد مصرف
در
آببندهای مکانیکی

مهندس جواد حسین پورفیضی
شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

(قسمت دوم)

سطوح لغزشی سرامیکی (Ceramic Sliding materials)

این گروه از مواد شامل کلیهٔ مواد غیرفلزی می‌باشد که به شکل پودر با چسب مخلوط شده و در قالب پرس می‌گردد ، و سپس استحکام نهائی خود را در پخت بدست می‌آورد .

شکل ۹ طبقه‌بندی این گونه مواد که بتوسط مواد اولیه و روش تولید مشخص شده‌اند را نشان می‌دهد .

□ سطوح لغزشی سرامیکهای اکسیدی (Oxide - Ceramic sliding materials)

اکسید آلومینیم (Al_2O_3) بهترین و در عین حال پرمصرف‌ترین مادهٔ سطوح لغزشی این مجموعه می‌باشد . که با حفره‌های بسته و خاصیت شکنندگی زیاد و با مقاومت به سایش بالائی مشخص

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

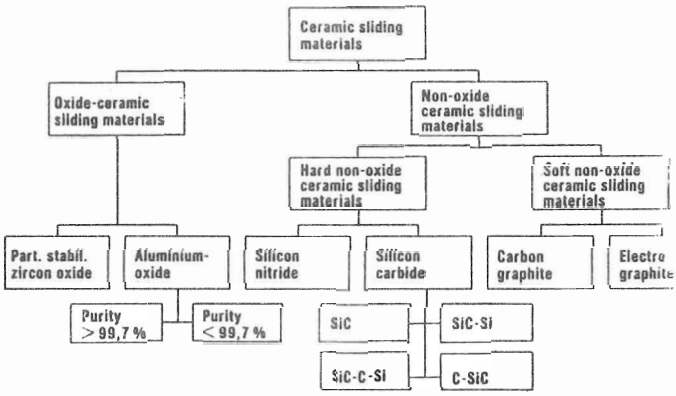


Fig. 9: Classification of ceramic sliding materials

Magnitude \ Material			Al_2O_3 96 %	Al_2O_3 99,7 %	ZrO_2
Gravity	ϱ	(g/cm³)	3,72	3,90	5,74
Compressive strength	σ_D	(N/mm²)	3000	3500	2000
Modulus of elasticity	$\cdot 10^4$	(N/mm²)	35	35	21
Hardness		(HV)	1800	2300	1250
Ultimate resilience G_{IC}		(N/m)	-	58	-
Thermal coefficient of expansion	$\alpha \cdot 10^{-6}$	(1/K)	6,6	6,6	10,2
Themal conductivity	λ	(W/mK)	17	29	2,5
Temperature resistance in oxidizing environment		(°C)	1600	1725	850

Table 2: Physical data of some oxide-ceramic sliding materials

می‌شود . در عین حال مقاومت شیمیائی آن بستگی به خلوص آن دارد . اغلب اکسید آلومینیم با یک رینگ کربن صنعتی یا کاربید تنگستن در محدودهٔ فشارهای متوسط ($p < 25$ bar) کار می‌کند .

محدودیت کاربردی این مواد را تخلخلهای عمیق ، ساختمان سطوح لغزشی با دانه‌بندی ریز و با دانه‌های با لبه‌های تیز (شکل ۱۰) و ضمناً با ضریب انتقال حرارت نسبتاً کم مشخص می‌کند . (جدول ۲)

در کاربردهای فشار بالا سایش در سطوح لغزشی مواد نرم فوق‌العاده بالا می‌باشد . زیرا در اینحالت سطح لغزشی که از مواد نرم ساخته شده است در خلل و فرج سطح دیگر که از مواد سخت ساخته شده است ، پرس شده و حین حرکت برش صورت می‌گیرد .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

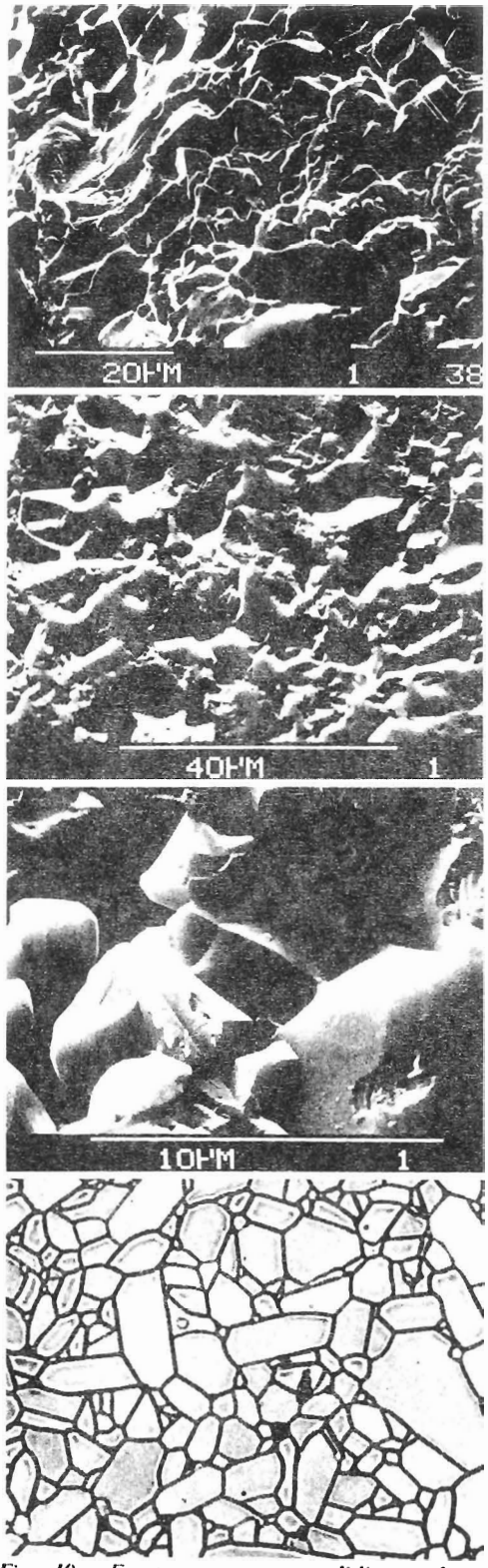


Fig. 10: Fracture structure, sliding-surface structure and microsection of the material Al_2O_3 with 99.7% purity

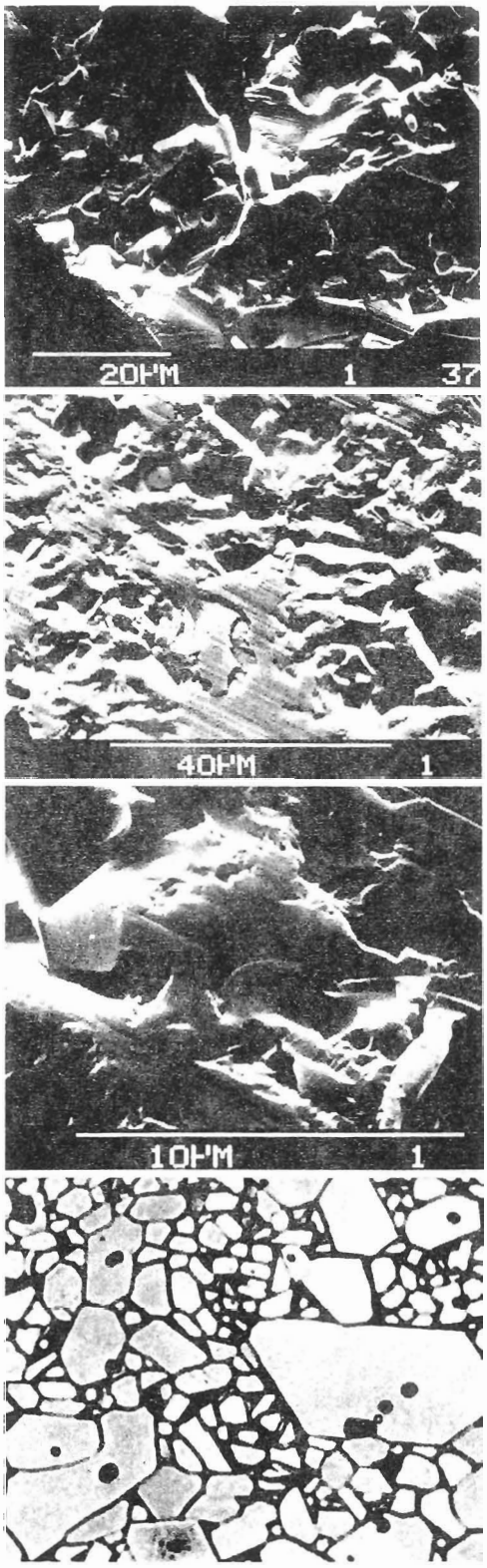


Fig. 11: Fracture structure, sliding-surface structure and microsection of the material Al_2O_3 with 96% purity

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

انواع سطوح لغزشی با خلوص اندک (تقریباً ۹۶ %) به اندازهٔ مواد با خلوص بالا مقاومت شیمیائی ندارند . در عین حال این مواد با ساختمان زبرتر بهتر کار خواهند کرد .

تستهای مکرر این موضوع را تأیید کرده است که ترکیبی از سطح لغزشی با یک سطوح لغزشی از جنس کربن ـ گرافیت خورانده شده بارزین همواره توان مصرفی و سایش اندکی نسبت به ترکیب با مواد خالص دیگر خواهد داشت . در جدول ۲ مشخصات فیزیکی مواد اکسید سرامیکی مقایسه شده است .

باید توجه داشت که این مواد ترد و برای شکست حساس می‌باشند . برای حل این مشکل تحقیقات وسیعی در زمینهٔ نوعی اکسید آلومینیم تقویت شده (Whisker - reinforced) و ضمناً موادی براساس اکسید آلومینیم ترکیبی چند فازه در جریان است در عین حال در مقایسه با اکسید آلومینیم خالص این مواد مقاومت خوردگی نسبتاً کمتری دارند و لیکن نتایج تست آزمایشگاهی نمایانگر بهبود ضریب اصطکاک در مواد اکسید آلومینیم ترکیبی می‌باشد .

دیگر ماده سرامیک اکسیدی که در سالهای اخیر موقعیت خود را بعنوان مادهٔ سطوح لغزشی تثبیت نموده دی‌اکسید زیرکونیم (zro_2) می‌باشد . البته این ماده به تردی اکسید آلومینیم نبوده و خطرات مواجه شدن با بارهای شکننده را ندارد با وجود این ضریب انتقال حرارت این ماده اندک بوده (جدول ۲) و این نقطه ضعفی برای این ماده نسبت به اکسید آلومینیم می‌باشد .

❑ سطوح لغزشی سرامیکهای غیراکسیدی

(Non - oxide ceramic sliding materials)

○ *مواد سطوح لغزشی سرامیکهای غیراکسیدی نرم (کربن صنعتی)*

(Soft, non - Oxide ceramic sliding materials - Artificial carbon)

کربن صنعتی بعنوان یک مادهٔ سایشی (wearing materia) در ترکیبی نرم و یا سخت از مواد می‌تواند بکار رود خواص لغزشی خوب در محدودهٔ اصطکاک میانی (Mixed friction) و ضمناً خواص لغزشی اضطراری ابتدائاً تحت تأثیر کربن می‌باشد . که آنهم با توجه به مشخصات و ترکیب مواد اولیه (کربن بی‌شکل و گرافیت کریستالیزه) ، ابعاد دانه‌ها و چسب مشخص می‌گردد . دومین عامل ، که روی نوع کربن تأثیر می‌گذارد عامل خوراندن (Impregnation) می‌باشد .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

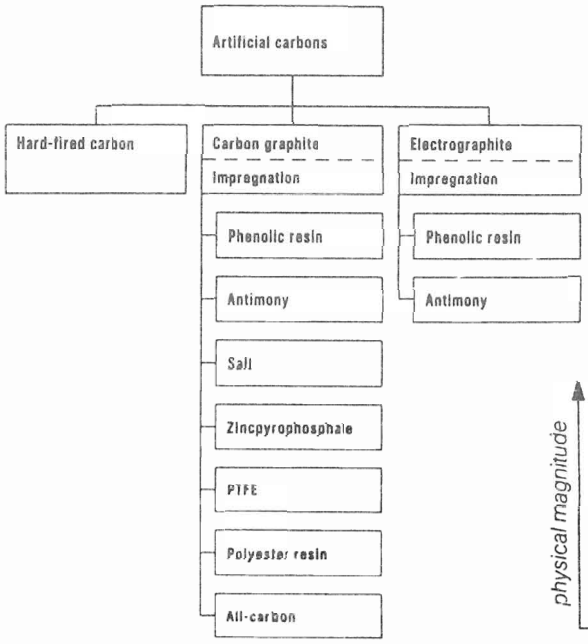


Fig. 12: Classification of the soft non-oxide ceramic sliding materials

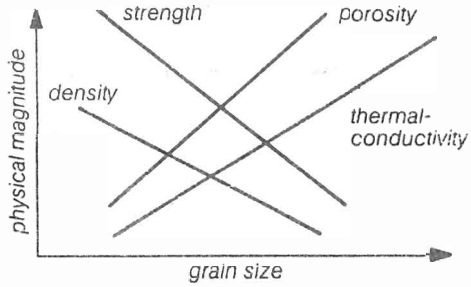


Fig. 13: Interdependency between grain size and material properties

شکل ۱۲ نشاندهندهٔ انواع اساسی مواد کربنی قابل استفاده بعنوان سطوح لغزشی با توجه به نوع مواد خورانده شده می‌باشد. در جدول ۳ تأثیر خوراندن روی مشخصات فیزیکی مواد کربنی ملاحظه می‌شود.

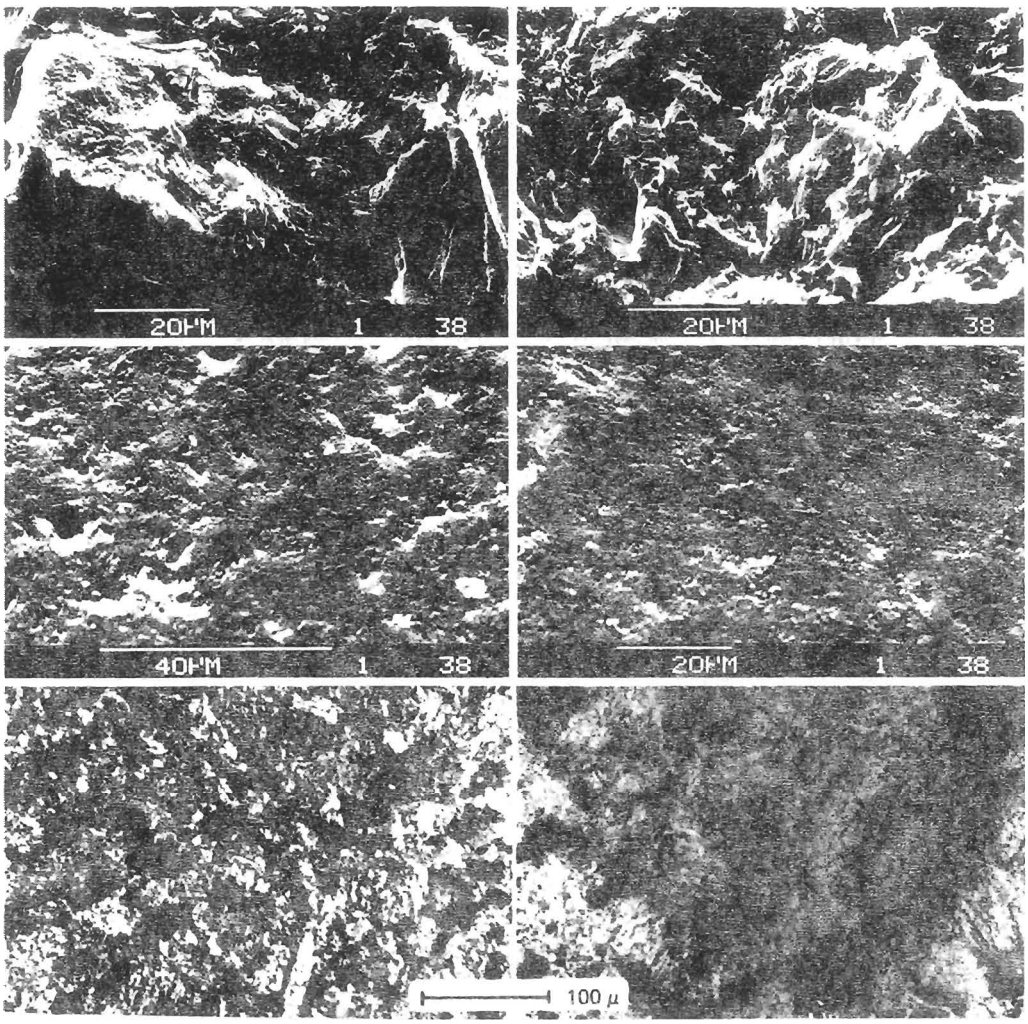
در شکل ۱۳ تأثیر ابعاد دانه‌ها روی مشخصات مواد کربنی دیده می‌شود.

در شکل ۱۴ ساختمان میکروسکپی دو قطعهٔ کربنی با دانه‌بندی ریز و درشت نشانداره شده است.

Magnitude \ Material			Carbon graphite impregnated with Phen. resin	Carbon graphite impregnated with Antimony	Electrographite impregnated with Phen. resin	Electrographite impregnated with Antimony
Gravity	ϱ	(g/cm³)	1,8	2,1–2,3	1,75	2,5
Compressive strength	σ_D	(N/mm²)	210–250	280–350	150	170
Modulus of elasticity	$\cdot 10^4$	(N/mm²)	2,1–2,4	2,6–2,7	1,2	1,6
Hardness		(Skler)	84–95 ≙100HB5/62,5	84	40HB5/62,5	50HB5/2,5
Thermal coefficient of expansion	$\alpha \cdot 10^{-6}$	(1/K)	3,8–4,9	4–4,7	3,4	4,5
Thermal conductivity	λ	(W/mK)	8–12	7–13	65	65
Temperature resistance in oxidizing environment		(°C)	200–350	350	200	500

Table 3: Physical data of a few artificial carbons

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]



fine grain *coarse grain*

Fig. 14: Fracture structure, sliding-face structure and microsection of fine- and coarse-grain resin-impregnated qualities

شکل ۱۵ نشاندهندهٔ مادهٔ کربنی خورانده شده با فلز آنتیمون است که قبلاً بطور مقایسه‌ای با نوع مادهٔ کربنی خورانده شده بارزین بررسی شده است. کاربرد آن با عامل خوردگی انتخابی آنتیمون قابل تعریف می‌باشد.

❑ در ارتباط با انتخاب مواد سطوح لغزشی برای آببندهای مکانیکی تحت بارهای زیاد، همواره تمایل به انتخاب مواد با دانه‌بندی ریز با استحکام بالا است. در اینحال بعلت پیوند بین دانه‌ها همواره انتقال حرارت با مشکل مواجه بوده بنابراین همواره یک مقدار سیال جهت انتقال حرارت در مابین سطوح لغزشی مورد نیاز است.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

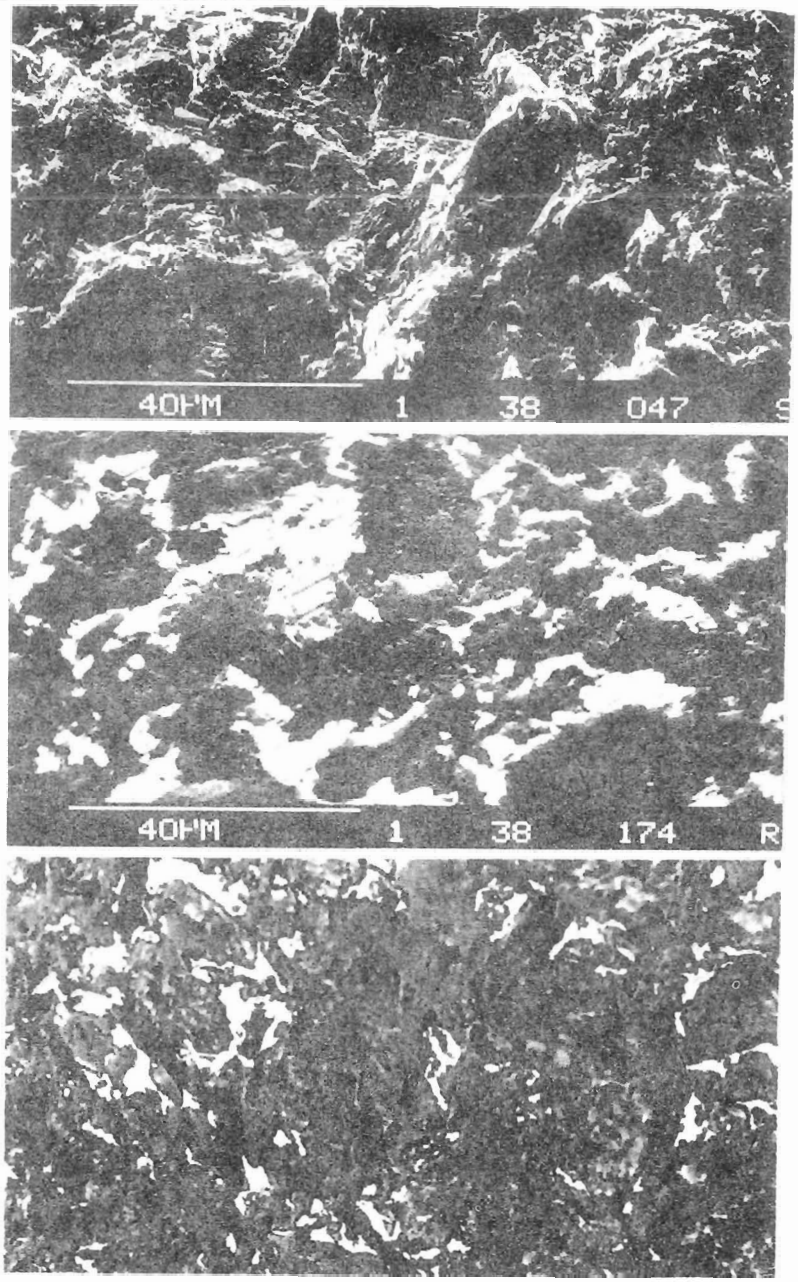


Fig. 15: Fracture-structure, sliding-face structure and microsection of antimony-impregnated carbon quality

○ مواد سرامیکی غیراکسیدی سخت (Hard , non - oxide ceramic materials)

اولین ماده از این دسته در گروه سیلیکون کاربید می‌باشد . که به منظور ازدیاد عمر کارکرد آببندهای مکانیکی انتخاب می‌شوند . و با مشخصاتی از قبیل افزایش سختی ، مقاومت به سایش ، مقاومت به خوردگی مشخص می‌شوند . در مقایسه با کاربید تنگستن ضریب انتقال حرارت بالا و

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

Magnitude \ Material			Solid Material		Compound Material	
			SiC 98–100% SiC; 2% C	SiC-Si 86–92% SiC; 8–14% Si	SiC-C-Si 60% SiC; 35% C; 5% Si	C-SiC 80% C; 12% SiC; 8% resin
Gravity	ϱ	(g/cm³)	3,05–3,2	3,05–3,1	2,65	1,95
Compressive strength	σ_D	(N/mm²)	2000–3900	1200–3000	600	82,7
Modulus of elasticity	$\cdot 10^4$	(N/mm²)	39–45	30–41	13,5	1,59
Hardness		(Skler)	2500–2600	1500–2900	125 (HR)	90 (HR)
Thermal coefficient of expansion	$\alpha \cdot 10^{-6}$	(1/K)	2,9–4,5	2,9–4,6	3,0	2,7–5,8
Thermal conductivity	λ	(W/mK)	89–115	100–130	125	50–52

Table 4: Physical data of different silicon carbides

ضریب انبساط حرارتی اندکی دارند . که این مشخصات در هیچکدام از مواد سرامیکی به تنهائی جمع نمی‌باشد . در جدول ۴ اختلافات اساسی مابین مواد سطوح لغزشی صلب (solid) و مواد مرکب (compound) ملاحظه می‌شود .

بعلت فرق زیادی که ما بین روش تولید مواد سیلیکون کاربیدی وجود دارد . همواره بایستی نوع مادهٔ سیلیکون کاربیدی (با سیلیسم و یا بدون آن) مشخص شود .

در عین حال ساختمان دانه‌بندی ترکیب بدون سیلیسم بسیار ریزتر می‌باشد و این باعث ایجاد تخلخل بسته می‌شود . ضمناً انواع سیلیسم‌دار اغلب دارای دو نوع ساختمان دانه‌بندی با تغییرات در میزان سیلیسم می‌باشند در اشکال 16 و 17 بطور وضوح این دو فرق مشخص شده است .

زیر گروه مواد مرکب ، ترکیبی از سیلیکون کاربید و الکتروگرافیت (sic - c - si) و الکتروگرافیت با سطح سیلیکونه (c - sic) می‌باشد . گروه اول دارای وزن مخصوصی معادل وزن مخصوص تئوری دارند . در حالیکه مورد دوم اینطور نبوده بلکه تنها سطح الکتروگرافیت با لایه‌ای از سیلیکون پوشش داده شده است . ضمناً مواد CVR (Chemical vapour reaction materials) در صورتیکه مواد اولیهٔ و دانه‌بندی مناسبی داشته باشند . بصورت یک قطعهٔ استاندارد قابل مصرف می‌باشند . ضمناً این مواد در صورتیکه با ماده‌ای رزینی خورانده شوند مانع از عبور مایع و گاز خواهند بود .

اشکال 19 و 18 وابستگی این دو نوع ماده را نشان می‌دهد .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

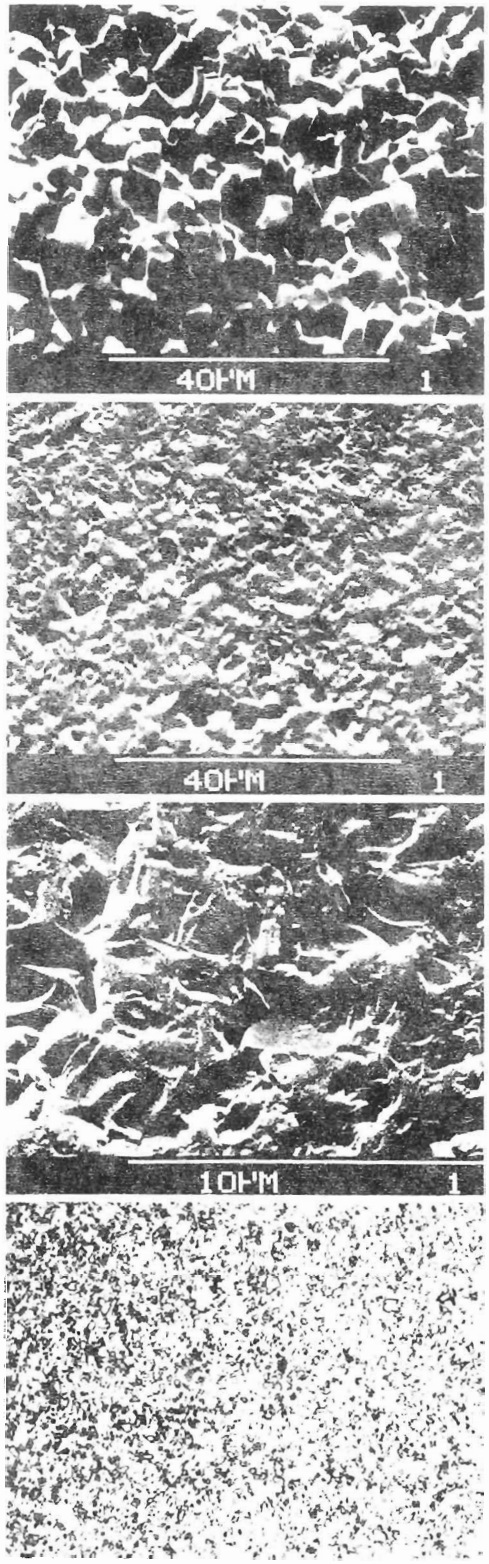


Fig. 16: Fracture structure, sliding-surface structure and microsection of a directly sintered silicon carbide (SiC)

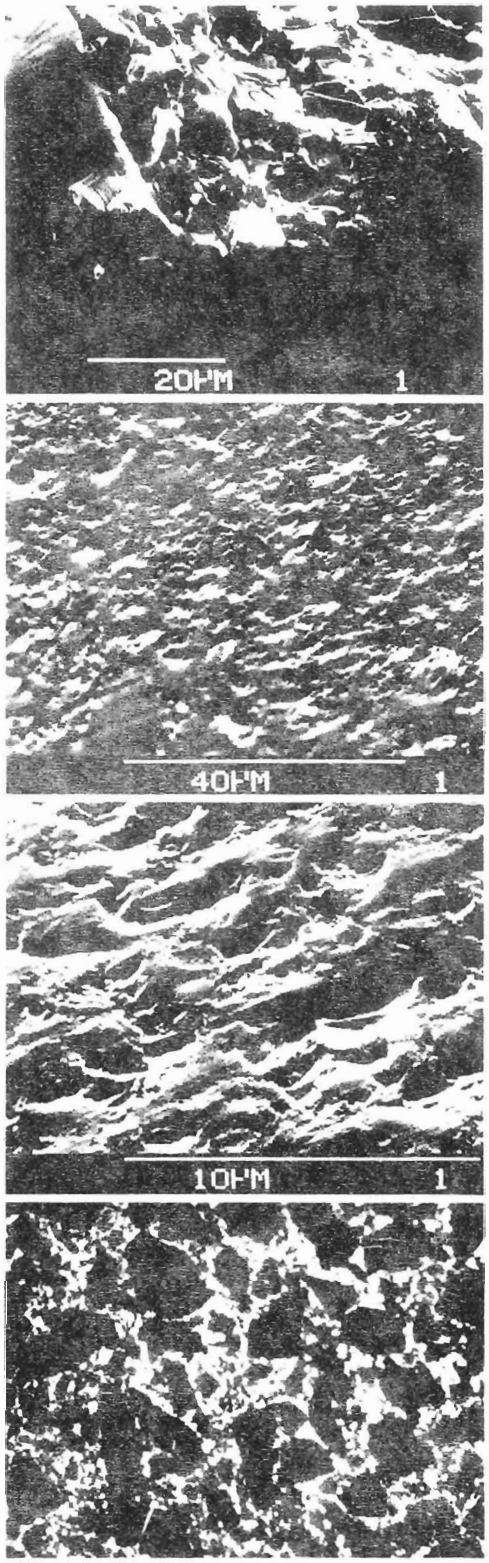
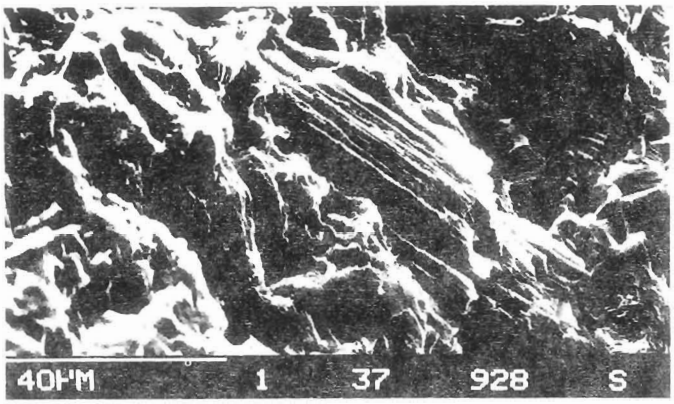
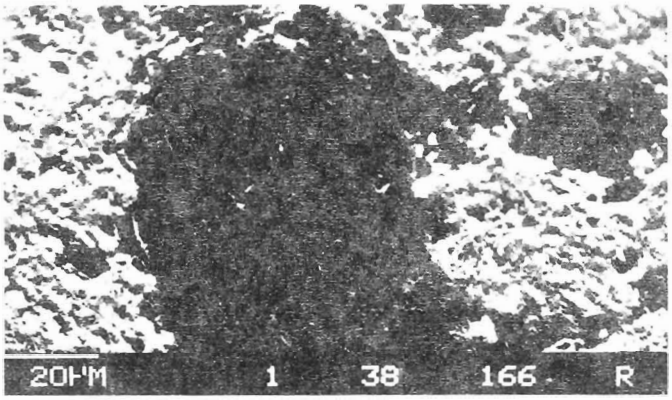


Fig. 17: Fracture structure, sliding-surface structure and microsection of a reaction sintered silicon carbide (SiC-Si)

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]





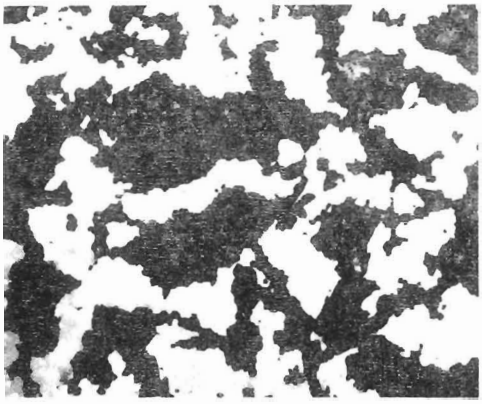
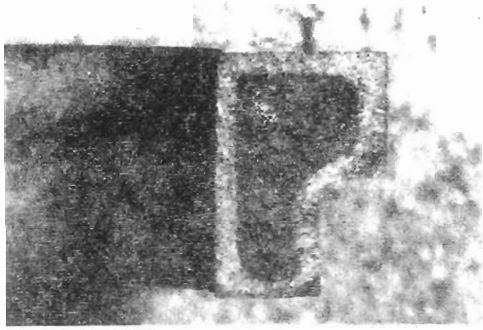
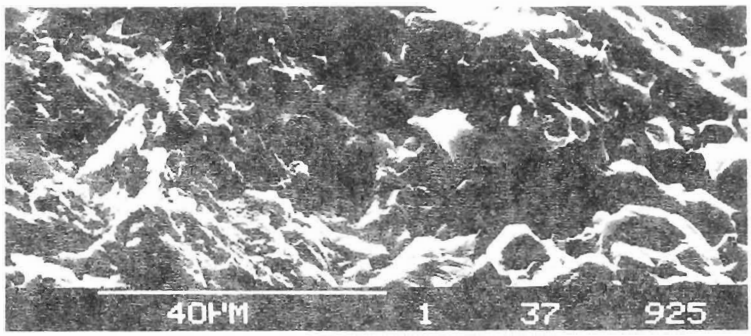
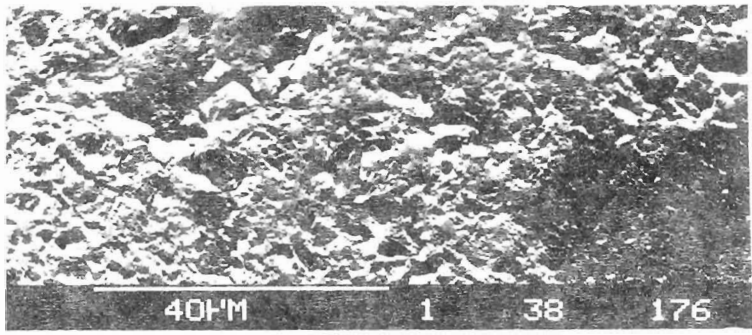


Fig. 18: Fracture structure, sliding-surface structure and microsection of a silicon-impregnated electrographite (SiC-C-Si)







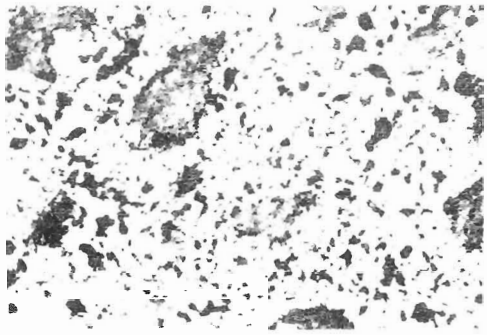


Fig. 19: Cross section, fracture structure, sliding-surface structure and microsection of surface siliconized carbon (C-SiC)

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

■ عوامل ذیل موارد مصرف هرکدامیک از این مواد را بیان می‌کند .

● - انواع حاوی سیلیکون مقاوم به خوردگی بوده و مخصوصاً در محیطهای قلیائی کاربرد فراوانی دارند . در اینحال خوردگی انتخابی فاز سیلیکون قابل مشاهده است .

● - مواد سطوح لغزشی بیان شده (sic , sic - si)که نوعی سرامیک می‌باشند . ترد بوده بطوریکه وظیفهٔ طراح مقدمتاً با در نظر گرفتن گشتاور وارده ، انتخاب مواد جفت مناسب می‌باشد .

● - ساختمانهای دانه‌بندی دوگانه با اختلاف قابل وضوح در اندازهٔ دانه‌ها و با تغییرات در میزان سیلیکون موجود مشخص می‌شود .

● - استفاده از گرافیت در ساختمان مواد قطعاً خواص تریبولوژی (tribological) آنرا تغییر داده و در نتیجه کاهش استحکام اجتناب‌ناپذیر خواهد بود . در عین حال مواد مناسب در این زمینه هنوز پیدا نشده است . با وجود این ترکیب sic - c - si بعلت قابل استفاده بودن در کاربردهای مختلف سرعت و فشار زیاد خیلی از مشکلات موجود در این زمینه را حل می‌کند .

● - گرافیت با سطح سیلیکونه همواره برای فشارهای کم و متوسط پیشنهاد می‌شود

● - فعالیتهای توسعه‌ای در زمینهٔ مواد سرامیکی بی‌اندازه گوناگون بوده و هنوز بطور کامل در آببندهای مکانیکی مورد استفاده قرار نگرفته‌اند . مواد تقویت شدهٔ الیافی (Fibre - reinforced)با افزایش در استحکام و کاهش تردی همراه هستند . و لیکن این مواد هنوز بطور تجاری در دسترس نمی‌باشند .

در عین حال در آینده می‌توان ترکیب فراوانی از کربن و سیلیکون کاربید انتظار داشت ، بنابراین امکان ساخت ، همواره محتاج طبقه‌بندی این گروه از مواد خواهد بود .

سیلیکون نیترایدِ (شکل ۲۰) از نظر تولید مشکلی نخواهد داشت . ولیکن اهمیت موضوع ، در کارکرد آن با مواد دیگر می‌باشد . که باعث استهلاک سریع آنها خواهد شد .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

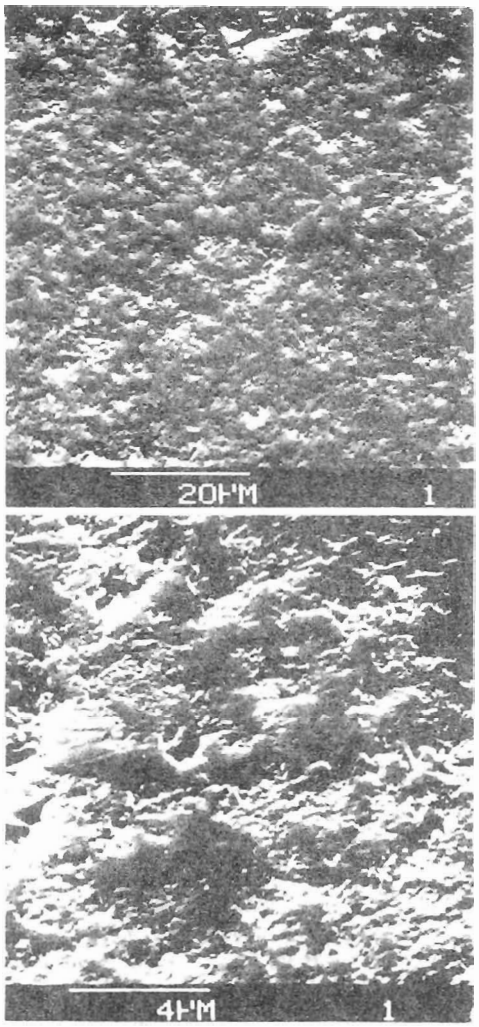
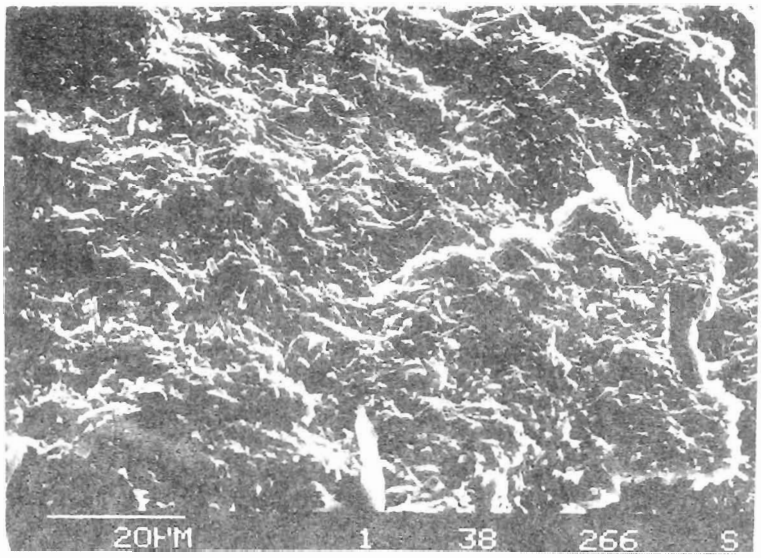


Fig. 20. Fracture structure and sliding-surface structure of silicon nitride (Si_3N_4)



❑ پلاستیکها (Plastics)

کربن صنعتی در محیطهای اکسید کننده بسیار قوی (مثلاً H_2O_2) مقاومتی نداشته بنابراین در این محیطها بایستی از PTFE (تفلون یا پلی تترافلوراتیلن) که یک مادهٔ شیمیائی مقاوم بوده بعنوان سطوح لغزشی آببندی استفاده نمود.

مواد تفلونی بتوسط مواد پرکننده تقویت می‌شوند . بطوریکه این عمل سبب افزایش استحکام و کاهش سایش و ضمناً کاهش لهیدگی (cold Flow) می‌شود . اشکال 21 و 22 و جدول 5: خواص و شکل ساختمانی مواد تفلونی قابل استفاده بعنوان مواد سطوح لغزشی را نشان می‌دهد . مواد اکسید آلومینیومی با خلوص زیاد در ابتدا و سپس SIC و WC بعنوان سطوح لغزشی همراه این مواد استفاده می‌شود . در عین حال باید توجه کرد که این ترکیب سطوح لغزشی از نقطه نظر تحمل بارهای مکانیکی نسبت به هر ترکیب سخت و نرم دیگری ضعیف خواهد بود .

میزان سایش در این ترکیب به قدرت ترکردن محیط عمل (مایعی که آببندی می‌شود) بستگی خواهد داشت . در نتیجه نیازی به تست با آب غیریونیزه نمی‌باشد .

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

Magnitude \ Material			PTFE	PTFE with 25% glass fibres	PTFE with 25% carbon
Gravity	ϱ	(g/cm³)	2,14–2,2	2,22–2,24	2,10–2,12
Hardness		(Shore D)	55–59	57	66
Thermal coefficient of expansion	$\alpha \cdot 10^{-5}$	(1/K)	12,7*	7,5*	7,7*
Thermal conductivity	λ	(W/mK)	0,25	0,5	0,44
Temperature resistance in oxidizing environment		(°C)	260	260	260

Table 5: Physical data of some PTFE compounds — ** in circumferential direction*

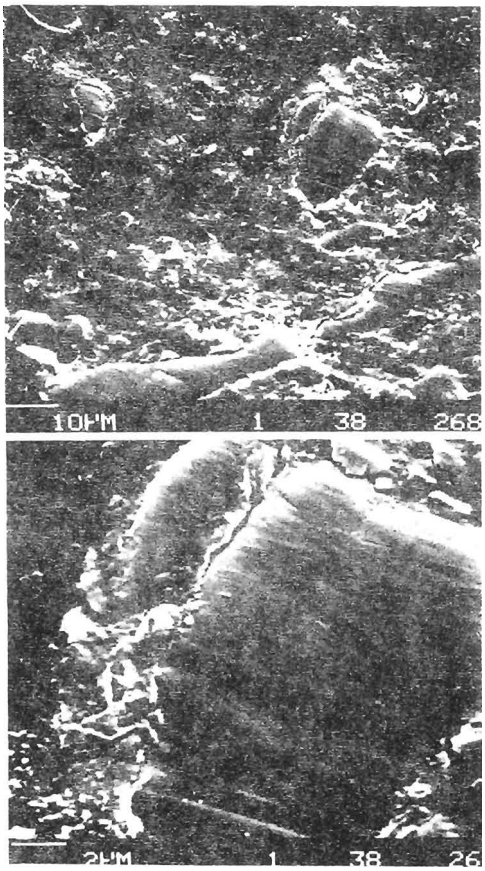


Fig. 21: Sliding-surface structure of PTFE with 25% glass fibre

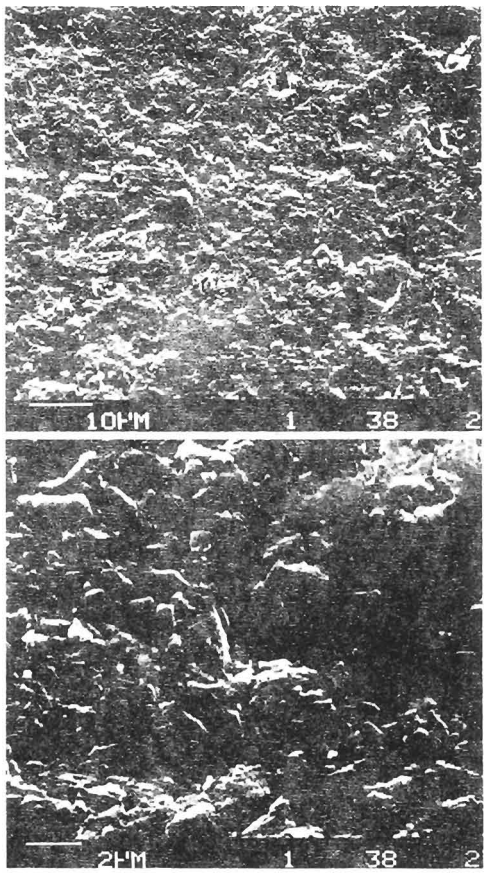


Fig. 22: Sliding-surface structure of PTFE with 25% carbon

❑ نتیجه

مطالب بحث شده به وضوح نشان می‌دهند که سازندگان آببندها در موقعیتی قرار دارند که مواد سطوح لغزنده را صرفاً برای محل مورد مصرف انتخاب می‌کنند و تنها تجربه و فن سازندگان آنها را

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

قادر می‌سازد که بطور صحیح تأثیرات متقابل عوامل مؤثر در خواص مواد مورد استفاده در حین کارکرد را تشخیص دهند. در زیر به پاره‌ای از این عوامل اشاره می‌شود.

- مشخصات فیزیکی (مثلاً ضریب انتقال حرارت بالا)
- مواد و ساختمان سطوح لغزشی (مثلاً شکل نقاط روانکاری میکروسکپی)
- پایداری شیمیائی (مثلاً خوردگی انتخابی)
- طراحی آببند

این اطلاعات و همکاری نزدیک با سازندگان مواد مختلف از اصلاح ممتد این مواد و توسعهٔ مواد جدید برای رضایت بیشتر مشتریان خبر می‌دهد.

قبول تمام مشخصات مورد نظر خریداران با وجود اینکه موجب باقیماندن مواد در حد استاندارد می‌شود و لیکن این امر تا حدی باعث عدم پیشرفت نیز می‌گردد.

پایان

منابع

1. Seal and Sealing H.B.
2. Application Mechanical Seals 37E (BURGMANN)

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

شیرهای کنترل راه‌دهنده

Directional - Control Valves

علیرضا مختارزاده

شرکت صنایع پمپ‌سازی ایران

کار اولیه یک شیر راه دهنده ، کنترل جهت جریان سیال در یک مدار هیدرولیکی و کار ثانویه آن ، کنترل فشار و میزان جریان سیال در بعضی مدارهای هیدرولیکی می‌باشد . در این فصل تعدادی از این شیرهای مفید مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرند .

۱۲ - ۱ شیرهای یک طرفه CHECK VALVES

یک شیر یک طرفه (چک والو) ، جریان آزاد سیال را فقط در یک جهت عبور می‌دهد . جریان سیال در جهت معکوس برحسب طرح شیر و موارد کاربرد آن ، ممکن است کاملاً بسته ، محدود و یا فرمان گیرنده باشد .

شیرهای یک طرفه زاویه‌ای
ANGLE CHECK VALVES

این شیرها به شکل یک زانوئی ساخته می‌شوند (شکل 1a - 12) . شیر یک طرفهٔ فنری شکل (1a - 12) جریان سیال را در جهت عکس کاملاً می‌بندد . در طی عبور سیال از شیر ، پاپیت در مقابل

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

کشش فنر ، در اثر فشار سیال از نشیمنگاه خود جدا نگهداشته می‌شود . به علت اینکه فنر یک نیروئی رو به پائین به پاپیت وارد می‌کند ، یک افت فشار در سیال زمانیکه از شیر عبور می‌کند بوجود خواهد آمد . این افت فشار برحسب میزان جریان سیال و نوع سیال تفاوت می‌کند . وقتی جریان سیال متوقف میشود فنر ، پاپیت را در نشیمنگاهش قرار می‌دهد . با پاپیتی که بطور محکم در نشیمنگاه خود قرار گرفته ، سیال نمی‌تواند در جهت معکوس از شیر عبور کند .

شیر یک طرفه زاویه‌ای فنری در شکل (12 - 1b) یک درپوش قابل باز شدن در مرکز پاپیت دارد . در صورت تمایل ، این درپوش را می‌توان از پاپیت باز کرده و یا به یک اندازهٔ مشخصی سوراخکاری کرد . در صورت درآوردن در پوش یا با سوراخ ایجاد شده در آن ، یک اریفیس با اندازه ثابت برای جریان سیال در جهت معکوس زمانی که پاپیت در نشیمنگاه خود قرار می‌گیرد ، ایجاد می‌شود .

شرایط جریان آزاد همانگونه که در شکل (12 - 1a) نشان داده شده می‌باشد . شکل (12 - 1c). سمبول ISO را برای یک شیر یک طرفه نشان می‌دهد که شیر وقتی باز می‌کند که فشار ورودی از خروجی بزرگتر باشد . وزن پاپیت که مسیر را در اثر نیروی ثقل می‌بندد نیز بایستی در نظر گرفته شود . پاپیت از نشیمنگاه خود در اثر اختلاف فشار بین دریچه‌های ورودی و خروجی حرکت می‌کند .

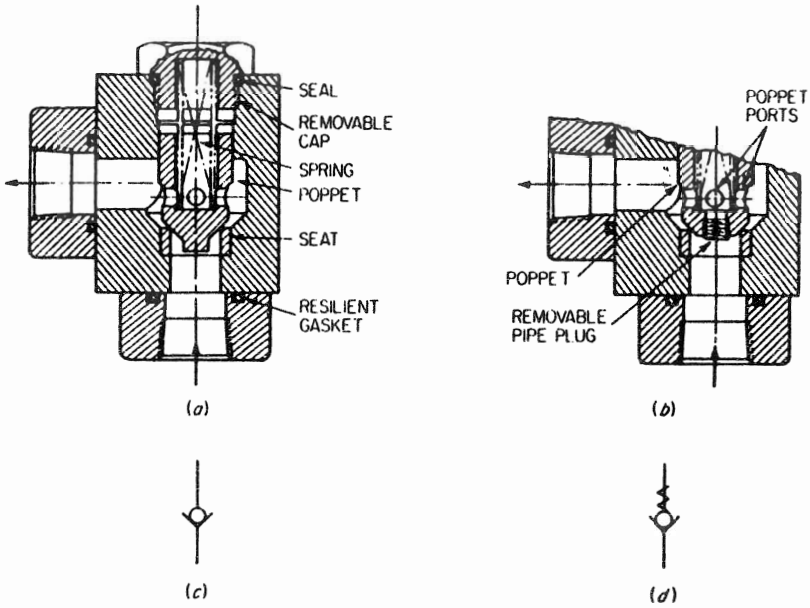


Fig. 12-1 (*a*) Poppet-type angle check valve for complete seal in reverse-flow direction. (*b*) Orifice-type angle check valve. (*c*) ISO symbol for check valve which is free to open if the inlet pressure is higher than the outlet pressure. (*d*) ISO symbol for a check valve which opens if the inlet pressure is greater than the outlet pressure plus the spring pressure.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

شکل (1d - 12) سمبول ISO را برای یک شیر یک طرفه نشان می‌دهد که شیر وقتی باز می‌کند که فشار ورودی بزرگتر از فشار خروجی بعلاوهٔ نیروی فنر باشد .

شیرهای یک طرفه همچنین در یک خط مستقیم با یک ورودی و خروجی نیز ساخته می‌شوند . در بعضی طرحها بدنه شیر سوراخ گردیده است بنحوی که سیال دو تا چرخش °۹۰ در طی عبور از شیر می‌سازد . در این طرح ، پاپیت می‌تواند با درآوردن درپوش همانند شیر یک طرفه زاویه‌ای سرویس گردد . انواع دیگر یک جریان موازی از داخل نشیمنگاه شیر ، از داخل و یا اطراف پاپیت دارند . در این آرایش امکان سرویس بدون در آوردن کامل شیر از خط و دمونتاژ میّسر نمی‌باشد. نوع جریان موازی یک صرفه‌جوئی در هزینه ساخت را با حفظ مشخصات یک جریان مناسب فراهم می‌کند . نیازهای مدار ، با صرفه‌ترین طرح برای یک اجرای بخصوص را تعیین می‌کند . در ارزیابی اقتصادی لوله‌کشی مدارهای هیدرولیکی واضح است که یک شیر یک طرفهٔ زاویه‌ای یک زاویه قائمه به لوله می‌دهد و می‌تواند با یک اتصال زانوئی جایگزین شود . شیرهای شکل (1 - 12) یک اتصالات فلنجی دارد که نگهداری و سرویس شیر را آسانتر می‌کند . شیرهای یک طرفه فنری معمولاً جهت ایجاد یک مقاومتی در سیال به منظور ایجاد یک فشار پایلوت یا حصول به یک مقدار فشار معیّن در یک قسمت از مدار بکار می‌روند . همچنین شیرهای یک طرفه می‌توانند به عنوان یک نقطه انتهائی در خطوط تانک باشند . شیر همچنین در مقابل جریان سیال یک مقاومت کافی بطوریکه آنرا به یک مبدل حرارتی یا سیستم فیلتر کننده منحرف کند ایجاد می‌کند . یک شیر یک طرفهٔ فنری ممکن است در مسیر خطوط تانک، جهت اطمینان از پربودن لوله‌ها از سیال در موقع خاموش بودن ماشین ، نصب گردد . نشت‌های جزئی در مدار معمولاً به تانک برگشت داده می‌شود . خطوط خالی از سیال موقع استارت‌های مجدد ماشین می‌توانند یک حرکات لرزشی در لوله‌ها بوجود بیاورند که پر نگه داشتن خطوط از سیال ، مشکلات راه‌اندازی از این نوع را برطرف نموده و ماشین را برای راه‌اندازی سریع آماده می‌کند .

شیرهای یک‌طرفه دروازه‌ای چرخان

SWING - GATE TYPE OF CHECK VALVES

این شیرها (شکل 2 - 12) طوری طراحی شده‌اند که سیال را با کمترین مقاومت عبور می‌دهند در حالیکه در جهت معکوس جریان را متوقف می‌کنند . این نوع شیرهای یک طرفه معمولاً در طرف فشار پائین مدار یعنی جائیکه خلاء وجود دارد و نیروی وارد بر سیال مانند خطوط مکش پمپ

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

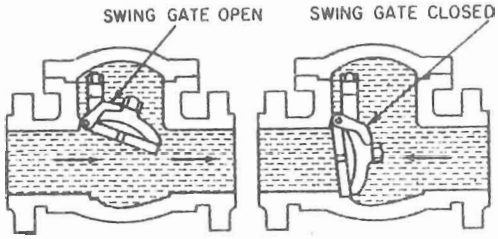


Fig. 12-2 Swing-gate type of check valve

کوچک است نصب می‌گردد . بعضی ساختارهای پمپ نیاز به یک شیر یک طرفهٔ ورودی در مدخل لوله مکش زیر سطح سیال دارند . پمپ‌های روتاری ، این شیر را به اندازه پمپ‌های رفت برگشتی (reciprocating) پیستونی تحت فشار قرار نخواهد داد . در صورتی که احتمال فشار هد نسبتاً بالائی در قسمت تخلیه یک پمپ موقعی که کار نمی‌کند وجود داشته باشد معمولاً یک شیر یک طرفه زاویه‌ای (نظیر شکل 1 - 12) در خروجی پمپ قبل از نقطه‌ای که فشار شکن نصب می‌شود ، قرار می‌دهند .

۱۲ - ۲ شیرهای یکطرفهٔ پایلوت‌دار PILOT CHECK VALVES

چهار نوع از این شیرها برای عمل پایلوت یا فرمان مورد استفاده قرار می‌گیرند که عبارتند از

۱ - در حالت عادی باز normally open type

۲ - در حالت عادی بسته normally closed type

۳ - نوع سدکننده barrier type

۴ - نوع غیرتراکمی decompression type

نوع " در حالت عادی باز "
NORMALLY OPEN TYPE

این نوع شیر (شکل 3 - 12) جریان سیال را در هر دو جهت تا زمانیکه یک فشار پایلوت کافی پاپیت را محکم به نشیمنگاه خود فشار نداده است هدایت خواهد کرد . پاپیت به عنوان یک قطعه متحرک عمل کرده و مسیر را می‌بندد . قطر نشیمنگاه کوچکتر از قطر سوراخ اصلی می‌باشد . فشار در

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

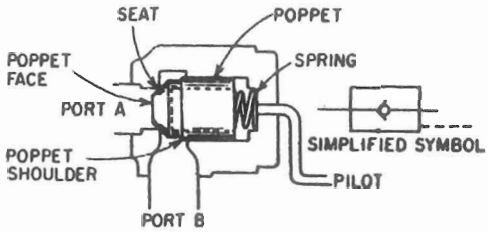


Fig. 12-3 Normally open pilot check valve.

یک جهت ، به قسمت برآمدگی پاپیت که شامل قطر سوراخ اصلی منهای قطر ناحیه نشیمنگاهی می‌باشد وارد شده که باعث می‌شود که اگر هیچ فشاری در خط پایلوت نباشد و یا ناکافی باشد شیر باز کند . فشار در جهت عکس به قسمت پیشانی پاپیت وارد می‌شود .

نوع در حالت عادی بسته
NORMALLY CLOSED TYPE

شکل (4 - 12) یک شیر یک طرفهٔ پایلوتی در " حالت عادی بسته " را نشان می‌دهد . این شیر جریان آزاد سیال را فقط در یک جهت عبور می‌دهد . در جهت دیگر ، جریان تا زمانیکه فشار پایلوتی کافی بر سطح پیستون پایلوت برای وارد کردن نیرو به پاپیت جهت بلند شدن از نشیمنگاه وجود نداشته

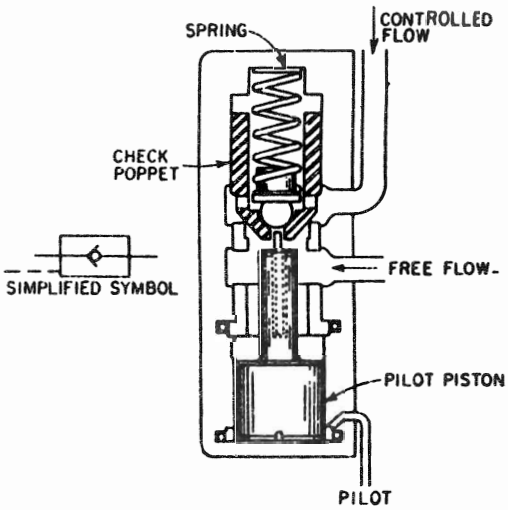


Fig. 12-4 Normally closed pilot check valve.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

باشد بسته می‌شود . به سطح پیستون پایلوت و ناحیه نشیمنگاهی پاپیت در شکل توجه کنید . نسبت بین سطح پیستون پایلوت و سطح نشیمنگاهی پاپیت ، فشار خط پایلوتی مورد نیاز جهت بلندکردن پاپیت در مقابل نیروی فنر را تعیین خواهد کرد . یک جریان از داخل شیر از هر جهت به سطح پیستون مجاور پایلوت فشار وارد می‌آورد این در حالتی خواهد بود که جریان با یک مقاومتی روبرو شود ، که نتیجتاً می‌تواند یک فشاری را در مقابل سطح پیستون پایلوت منعکس و تمام یا قسمتی از فشار پایلوت را خنثی کند ، به طوریکه منجر شود پاپیت در نشیمنگاه خود قرار گرفته و مسیر را ببندد . اگر شیر برای برگرداندن جریان سیال به یک ناحیه با فشار پائین مورد استفاده قرار گیرد مشکلی پیش نخواهد آورد . ولی اگر شیر ، جریان سیال را به یک ناحیه با فشار بالا برگرداند ممکن است عمل شیر رضایتبخش نباشد .

نوع سدکننده
BARRIER TYPE

شکل (5 - 12) نشان می‌دهد که چگونه یک پاپیت بازدارنده می‌تواند برای کاهش دادن اثر فشار در داخل مجاری اصلی بر روی سطح پیستون پایلوت مجاور پاپیت مؤثر واقع گردد . یک بوش سدکننده جهت کاهش دادن اختلاف بین سطح مقطع قرار داده شده است.پیستون عمل کننده دارای قطر نسبتاً کوچکی است البته به اندازه‌ای است که قدرت لازم جهت به حرکت در آوردن پاپیت تحت فشار

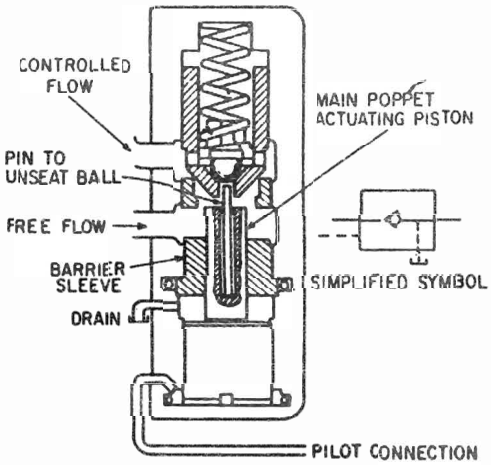


Fig. 12-5 Barrier-type pilot check valve.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

به طرف فنر و باز کردن مجرای بین دریچه‌ها را فراهم کند . فضای بین بوش سد کننده و سطح طرف دسته پیستون به یک ناحیه کم فشار تخلیه می‌گردد . شیرهای از این نوع یک کنترلی را برای انرژی ذخیره شده در یک انباره (اکومولاتور) فراهم می‌کنند . جریان با سرعت بالای انباره از پیستون عمل کننده ایزوله می‌گردد به طوریکه فشارهای پایلوت گرفته شده از انباره وقتی که دو تا دریچه بهم توسط شیر متصل می‌گردند خنثی نمی‌شوند .

نوع غیرتراکمی
DECOMPRESSION TYPE

شکل (6 - 12) یک مجموعهٔ پاپیت از نوع " غیرتراکمی " را نشان می‌دهد . این نوع شیرها در داخل پاپیت اصلی ، یک پاپیت میانی دارند . در داخل ساختار پاپیت میانی ، یک پاپیت ساچمه‌ای به صورت هم مرکز با دو تا پاپیت دیگر قرار می‌گیرد . یک پین جهت منحرف کردن ساچمه قبل از باز کردن اولین پاپیت تعبیه گردیده است . ساچمه یک مجرای کوچکی ، جهت کم کردن فشارهای استاتیک بالا باز می‌کند . بعد از اینکه فشار به یک مقدار معینی کاهش پیدا کرد مرحله بعدی می‌تواند برنامه‌ریزی شود. پیستون پایلوت ، بعد از پائین آوردن فشار استاتیک، محبوس شده به اندازه‌ای که بتواند فشار پایلوت ، پاپیت کوچک را به حرکت در آورد با سطح پاپیت میانی تماس پیدا می‌کند . حرکت پاپیت کوچک یک مجرای اضافی جهت جریان سیال به طوریکه عمل کاهش فشار سریع‌تر انجام گیرد ، ایجاد می‌کند . وقتی فشار به حد کافی پائین آورده شد پاپیت اصلی می‌تواند از نشیمنگاه خود بلند شده و مسیر جریان ماکزیمم را باز کند .

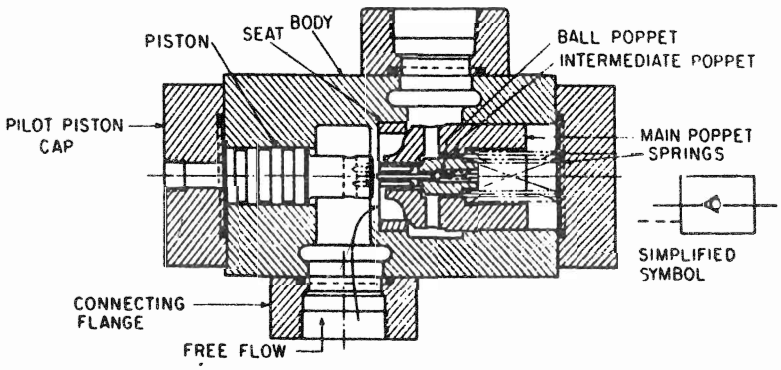


Fig. 12-6 Decompression-type pilot check valve.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

۱۲ - ۳ مدارهای شیرهای یکطرفه پایلوتی
PILOT CHECK CIRCUITS

شکل (7 - 12) نشان می‌دهد که چگونه دو تا شیر یک طرفهٔ نظیر شکل (4 - 12) می‌تواند در یک مجموعه واحد ترکیب شود . این مجموعه می‌تواند به صورت مانیفولد به یک شیر کنترل راه دهنده چهار راهه نصب گردد پیستون عمل کننده برحسب سطح فشار داخل خطوط سیلندر ، در هر دو جهت عمل خواهد کرد .

شکل (8 - 12) نشان می‌دهد که چگونه مجموعهٔ شکل (7 - 12) می‌تواند در یک مدار انتقال قدرت مورد استفاده قرار گیرد . یک سیلندر دو طرفه برای موقعیت دادن به یک شیب در ماشین بتن مورد استفاده قرار می‌گیرد . وقتی شیب در یک موقعیت قرار گرفت ، بایستی به طور محکم در برابر بارگیری متغیر و نیز از حرکات و تکان‌های ناشی از آن قفل شود . حالت خنثای (وسط) شیر راه دهنده، طوری طراحی گردیده است که دریچه‌های دو طرف سیلندر را به مجرای تانک مرتبط کند . فشارهای پایلوت در هر دو شیر یک طرفه به تخلیه متصل می‌گردد . پاپیت‌های شیرهای یک طرفه ، مسیر سیال را در سیلندرها می‌بندند بطوریکه سیلندر در یک موقعیت ثابت و محکم نگهداشته می‌شود . خط فشار در موقعیت خنثی (وسط) شیر راه دهنده برای اینکه خروجی پمپ برای عملیات دیگر در دسترس باشد کاملاً بسته می‌شود . همینکه سولونوئید طرف چپ شیر راه دهنده تحریک می‌شود سیال تحت فشار به طور آزاد از شیر یک طرفهٔ طرف چپ ، عبور می‌کند . سیال تحت فشار ، پیستون عمل کنندهٔ قسمت

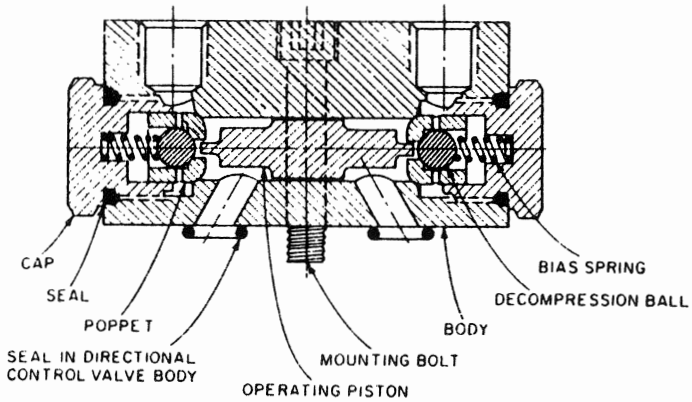


Fig. 12-7 Dual pilot check assembly.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

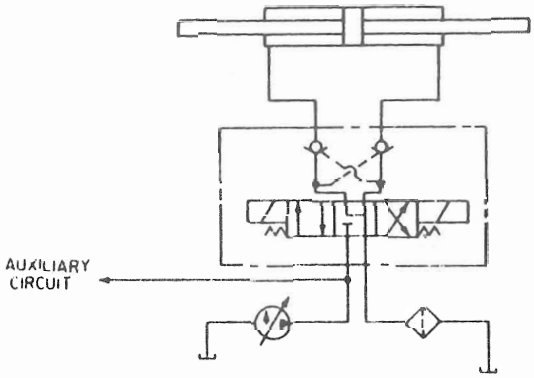


Fig. 12-8 Dual pilot-actuated check valve assembled to four-way directional-control valve

پایلوت شیر یک طرفه را به طرف مجموعهٔ پاپیت طرف راست می‌فشارد و باعث ایجاد یک مجرائی جهت برگشت سیال به مخزن می‌شود معکوس کردن جهت عمل شیر راه دهنده (تحریک سولونوئید طرف راست) باعث حرکت در جهت عکس می‌شود از تحریک خارج کردن هر دو سولونوئید در شیر راه دهنده ، آن را در موقعیت خنثی (وسط) قرار داده و باعث بستن مسیر سیال در هر دو خط سیلندر می‌شود .

۱۲ - ۴ شیرهای دو راهه TWO - WAY VALVES

بسیاری از شیرهای کنترل فشار ، اساساً شیرهای دو راهه هستند . شیرهای کنترل فشار بعضی مواقع با تغییر فنر و نحوهٔ فرمان ، به عنوان شیرهای کنترل راه دهنده در دو جهت مورد استفاده قرار می‌گیرد .

شکل (9 - 12) یک اسپول دو راهه را با عمل کنندهٔ بادامکی نشان می‌دهد . بدنهٔ شیر همچنین شامل یک شیر یک طرفهٔ کامل برای برگشت دادن سیال از طریق شیر بدون توجه به موقعیت اسپول عمل کننده بادامکی و همچنین یک اریفیس قابل تنظیم می‌باشد . این نوع شیر به طور وسیعی برای برگرداندن سیال کنترل به داخل شیرهای کنترل جریان (flow - control valves) چه از نوع جبران کننده فشاری و چه از نوع اریفیس سادهٔ نشان داده شده در شکل (9 - 12) بکار می‌رود . جزء ماشین در یک میزان بالای سرعت تا لحظه تماس بادامک با قسمت چرخان (roller) اسپول شیر دو راهه ، حرکت

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

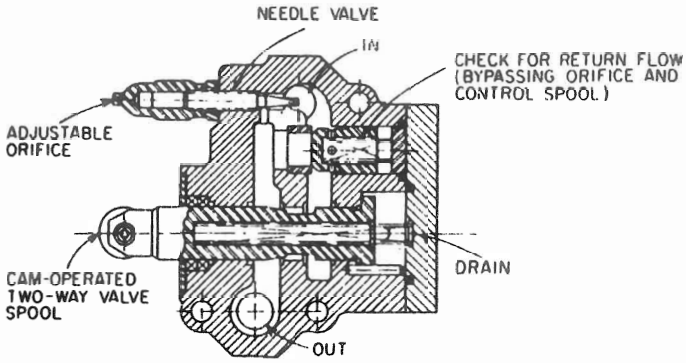


Fig. 12-9 Noncompensated adjustable orifice in a two-way-valve envelope.

می‌کند. بعد از تماس، سیال به قسمت "کنترل جریان" هدایت می‌گردد. توجه کنید که اسپول نشان داده شده در این شیر در حالت عادی تا تماس با رولر، باز می‌باشد شیرهای در "حالت عادی بسته" هر موقع رولر فشار داده شود، باز می‌کند.

در مجموعهٔ نشان داده شده در شکل (10 - 12) یک سری عملیات اضافی تدارک دیده شده است. حرکت انتقالی سریع با اسپول کنترل کاملاً باز (حالت نشان داده شده در شکل) امکانپذیر می‌باشد. همینکه بادامک با رولر تماس پیدا می‌کند، اسپول کنترل در مقابل فنر بایاس به حرکت واداشته می‌شود. مسیر مستقیم از ورودی (in) به خروجی (out) بسته می‌شود و مسیر جریان به شیرهای کنترل جریان یا بار هدایت می‌شود. حرکت بیشتر اسپول کنترل، مسیر شیر کنترل بار شماره 2 را می‌بندد. میزان بار دقیق (fine feed) در شیر شماره ۱ و بار خشن (coarse feed) در شیر شماره ۲ تنظیم می‌گردد هر دو حالت انتقال سریع و انتخاب‌های بار (بوسیله شیرهای کنترل جریان) توسط مکانیزم اسپول دو راهه "نوع شیرکاهنده" جبران می‌گردند. لذا انتقال از یک حالت به حالت بعدی آرام و عادی از تکان و لرزش خواهد بود. مجموعه شیر یک طرفهٔ شکل (10 - 12) یک جریان برگشت آزاد سیال را اجازه می‌دهد.

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

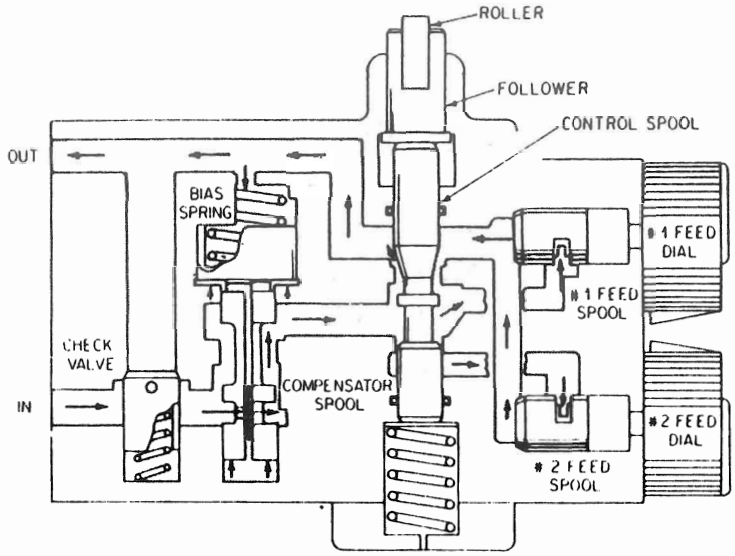


Fig. 12-10 Compensating-type two-way valve regulating flow to a three way diversion valve and adjustable orifice assembly

▣ مرجع

Industrial hydraulics

John Pippenger
Tyler Hicks

Part 12 : *Directional control valves*

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]

نشانی تبریز: صندوق پستی ۱۳۵-۵۱۸ تلفن ۹-۸۰۸۰۵۶ تلگرافی «پمپیران تبریز» تلکس «۴۱۲۰۱۷» فاکس «۸۱۲۶۹۸»

[Downloaded from journal.pumpiran.com on 2026-02-05]