

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

مدل سازی و بررسی پارامترهای موثر بر پدیده سایش در زانویی ۹۰ درجه با

مقاطع بیضوی

حامد امیری

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه رازی
 hamedamiry@yahoo.com

دکتر جعفر جماعتی

استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه رازی
 jafar_jamaati@yahoo.com

چکیده

تولید ذرات جامد در صنعت گاز و نفت باعث افت فشار، گرفتگی لوله و سایش می شود. سایش فرایند مکانیکی پیچیده ای است که طی آن مواد خطوط لوله در اثر اصابت مکرر ذرات جامد از بین می روند. سایش باعث فساد و در نتیجه شکست لوله می شود و اثرات مالی و زیست محیطی در پی دارد. بنابراین این مسئله مهم است که بدانیم چه پارامترهایی بر پدیده سایش حاکم هستند. در این مقاله پدیده سایش در زانویی ها با مقاطع بیضوی با استفاده از روش دینامیک سیالات محاسباتی مدل سازی شده است. جریان هوا به همراه ذرات جامد را به عنوان فازهای گاز- جامد در نظر گرفته ایم و با استفاده از مدل اویلری برای فاز پیوسته (گاز) و مدل لاگرانژی برای فاز گسسته (جامد) حرکت جریان را بررسی کرده ایم. این مدل سازی در نرم افزار فلونت انجام گرفته است. نتایج حاصل از این مدل سازی با داده های آزمایشگاهی موجود در دیگر مقالات مقایسه شده و صحت آنها مورد بررسی قرار گرفته است. سپس برای مقاطع مختلف دایره، بیضی عمودی و بیضی افقی پارامترهای اندازه ذرات جامد و سرعت سیال حامل را مورد بررسی قرار داده ایم.

کلمات کلیدی: سایش، ذرات جامد، جریان آشفته، جریان دو فازی، زانویی، فلونت، دینامیک سیالات محاسباتی

فهرست علائم

شعاع انحنا	r	زاویه مقطع زانویی	θ
قطر مقطع لوله	D	چگالی	ρ
قطر ذرات جامد	d	نسبت حجمی	α
نرخ سایش	E	سرعت	V

۱- مقدمه

پدیده سایش در اثر برخورد ذرات جامد با دیواره و در نتیجه کنده شدن تدریجی فلز دیواره به وجود می آید. نشن این ذرات جامد به سیال جاری در لوله می تواند ناشی از ناخالصی های استخراج شده از چاه ها و یا از کنده شدن ذرات از دیواره لوله باشد.

سایش باعث فساد و در نتیجه شکست لوله می شود و اثرات مالی و زیست محیطی در پی دارد. بنابراین این مسئله مهم است که بدانیم چه پارامترهایی بر پدیده سایش حاکم هستند. پارامترهای زیادی پیدا شده اند که در سایش تاثیر گذارند [1]. بر اساس این پارامترها، محققان معادلات نسبت سایش مختلفی را مطرح کرده اند که جرم از دست رفته دیواره را پیش بینی می کند.

سالیکی و همکاران تاثیر شکل ذره بر مقاومت در برابر سایش برای آلیاژ آلومینیوم را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تغییر شکل ذرات جامد می‌تواند مرتبه بزرگی سایش را تغییر دهد [2]. محققان دیگری نیز رفتار مشابهی را مشاهده کرده و گزارش کردند که تیزی ذرات تاثیر عظیمی بر بزرگی سایش دارد. آنها دو شکل متفاوت برای ذرات به کار بردند، ذرات تیز زاویه دار و ذرات کروی. سایش ناشی از ذرات تیز زاویه دار در مقایسه با سایش ناشی از ذرات کروی چهار برابر بزرگتر بود [3]. همچنین گزارش شده است که که زاویه برخورد ذرات به دیواره به شکل ذرات بستگی دارد و بر اساس زاویه گوشه ذرات تغییر می‌کند [4].

اندازه ذره از جمله خواصی است که بزرگی سایش را تحت تاثیر قرار می‌دهد زیرا ذرات بزرگ تر انرژی جنبشی بزرگ تری دارند. برخی از مقادیر سایش بر حسب تابعی از اندازه ذرات توسط تایلری گزارش شده است. نتایج این گزارش حاکی از این بود که نسبت سایش (جرم مواد خورده شده / جرم ذرات برخورد کننده) وقتی که ذرات بزرگ تر از $100 \mu\text{m}$ باشند تقریباً مستقل از اندازه ذرات خواهد بود [5]. گاندی و بورس هم تاثیر اندازه ذرات بر سایش چدن را برای دو زاویه برخورد متفاوت 30° و 75° بررسی کردند. در این آزمایش سرعت سیال حامل 3.62 m/s و غلظت ذرات جامد هم $20 \text{ wt}\%$ بوده است. آن‌ها یک رابطه خطی بین اندازه ذرات و نرخ سایش مشاهده کردند [6]. این رفتار توسط محققان دیگری نیز گزارش شده است [7, 8]. این نتایج تحت تاثیر این حقیقت هستند که سرعت برخورد ذرات ثابت نیست و با اندازه ذرات وقتی که در جریان مایع حرکت می‌کنند، تغییر می‌کند. دیسیل و همکاران اثر اندازه ذرات بر سایش یک آلیاژ آلومینیوم (AA 6063) برای هشت اندازه مختلف ذره جامد در بازه $37.5-655 \mu\text{m}$ را آزمایش کردند. سرعت سیال حامل 3 m/s و غلظت ذرات جامد هم $20 \text{ wt}\%$ بوده است. آن‌ها دو زاویه برخورد متفاوت 30° و 90° را انتخاب کردند و نتیجه گرفتند که در غلظت ثابت ذرات جامد، افزایش اندازه ذرات حتی اگر تعداد ذرات و برخورد ها را کاهش دهد باعث افزایش نرخ سایش می‌شود. این محققان یک رابطه به صورت $Erosion Rate \propto (Particle Size)^n$ بین نرخ سایش و اندازه ذره پیشنهاد دادند که توسط پژوهشگران دیگر مورد استفاده قرار گرفته است. مقدار n می‌تواند بین 0.3 و 2.0 باشد که این به تفاوت در خواص ماده، شرایط تجربی، سرعت ذره و حتی اندازه و توزیع ذره بستگی دارد. در بیشتر موارد n را می‌تواند برابر یک در نظر گرفت و رابطه ای خطی بین اندازه ذره و نرخ سایش مشاهده کرد [9].

سیال حامل ممکن است که بیشترین تاثیر را بر نرخ سایش داشته باشد زیرا سیال حامل می‌تواند بر سرعت برخورد ذرات تاثیر بگذارد. در کاربرد های عملی شامل سایش ذرات جامد، ذرات توسط سیال حامل به دیواره حمل می‌شوند. مشخصات سیال حامل مانند ویسکوزیته و چگالی بر رفتار ذرات تاثیر می‌گذارد و در نتیجه الگو و بزرگی سایش را تحت تاثیر قرار می‌دهد.

میزان تاثیر سیال حامل بر سایش به هندسه و الگو سایش بستگی دارد. به عنوان مثال در یک هندسه برخورد مستقیم سیال حامل به سمت دیواره حرکت می‌کند. در نتیجه سیال حامل ذرات را بر می‌دارد و آن‌ها را به سمت دیواره هدایت می‌کند. در هندسه های دیگر مانند لوله مستقیم سیال حامل موازی دیواره حرکت می‌کند. در این هندسه نوسانات تلاطم مسئول تغییر مسیر ذرات هستند و آنها را به سمت دیواره حرکت می‌دهند [1]. همچنین خصوصیات سیال به طور مستقیم غلظت محلی ذره را تحت تاثیر قرار می‌دهد. این به آن معنا است که حتی اگر غلظت کلی ذره کم باشد، غلظت محلی ذره با توجه به الگو جریان می‌تواند زیاد باشد و می‌تواند بزرگی سایش و الگو سایش را تحت تاثیر قرار دهد. غلظت محلی ذره بالاتر به معنی بر هم کنش ذره-ذره بیشتر است و اثر شیلدینگ¹ که توسط چن مشاهده شد، می‌تواند رخ دهد [10]. بر هم کنش ذره با دیواره به طور مستقیم تحت تاثیر لایه مرزی سیال است. مدلی نیز پیشنهاد شده است که تاثیر لایه مرزی سیال بر رفتار ذره را شامل می‌شود [11].

شکل و هندسه لوله حامل سیال از جمله مواردی است که کمتر مورد توجه محققان قرار گرفته است. هر چند که در بیشتر کاربردهای صنعتی و خانگی استفاده از لوله هایی با مقاطع دایره ای ارجحیت دارد اما بررسی سایش در زانویی هایی با مقاطع غیر دایره ای نیز می‌تواند مفید باشد. ما در این مقاله پارامتر های اندازه ذرات جامد و سرعت سیال حامل را برای زانویی هایی

¹ Shielding

با مقاطع بیضوی مورد بررسی قرار داده ایم. مقدار نرخ سایش دیواره برای سه قطر مختلف ذره برابر با 100×10^{-6} (m) و 150×10^{-6} (m) و 200×10^{-6} (m) در سرعت های مختلف سیال حامل برابر با 12 (m/s)، 19 (m/s) و 28 (m/s) در مقاطع مختلف زانویی برای سه نوع زانویی متفاوت رسم شده اند. همچنین نمودار متوسط نرخ سایش ماکزیمم و کل برای زانویی هایی با سطح مقطع های مختلف ترسیم شده است.

۲- مدل سازی و معادلات حاکم

در صنعت گاز و نفت، جریان های چند فاز به صورت گسترده در مراحل مختلف از استخراج گرفته تا خطوط انتقال رخ می دهند. چندین روش برای مدل کردن جریان های چند فاز وجود دارد که پرکاربردترین و دقیق ترین آن ها عبارتند از: مدل اویلری، مدل لاگرانژی و مدل حجم سیال^۲ (VOF). در اینجا جریان دو فاز گاز-جامد را بررسی می کنیم. در این مورد، معادلات حاکم بر فاز پیوسته (گاز) به روش اویلری و معادلات حاکم بر فاز گسسته (ذرات جامد) به روش لاگرانژی حل شده اند. برای برقراری کوپلینگ بین فاز پیوسته و فاز گسسته از روش کوپلینگ دو طرفه^۳ استفاده کرده ایم. در این مدل سازی سیال حامل هوا با چگالی $1.18415 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ و ویسکوزیته $1.85508 \times 10^{-5} \text{ (kg/m.s)}$ به عنوان فاز پیوسته در نظر گرفته شده است. فاز گسسته یا همان ذرات جامد هم دارای چگالی $2650 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ هستند. معادلات کلی بقا جرم و مومنتم حاکم بر این مدل به ترتیب به صورت زیر نوشته می شوند:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_i \alpha_i) + \nabla \cdot (\rho_i \alpha_i V_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_i \alpha_i V_i) + \nabla \cdot (\rho_i \alpha_i V_i V_i) = -\alpha_i \nabla p + \nabla \cdot [\alpha_i (\tau_i + \tau_i^t)] + \rho_i \alpha_i g_i + M_i \quad (2)$$

$$M_i = \sum F = \sum F_D + F_{VM} + F_L + F_{TD} \quad (3)$$

در این معادلات i مشخص کننده نوع فاز یعنی گاز (g) یا جامد (s) است. در این مقاله از مدل K-Epsilon برای مدل کردن جریان آشفته استفاده شده است. معادلات انرژی سینماتیکی توربولانسی^۴ (TKE) و اتلاف انرژی توربولانسی^۵ (TED) به صورت زیر هستند:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \nabla \cdot (\rho k V) = \nabla \cdot \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla k \right] + G_k + G_b - \rho \varepsilon - Y_M + S_k \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \nabla \cdot (\rho \varepsilon V) = \nabla \cdot \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \nabla \varepsilon \right] + C_{\varepsilon 1} \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_{\varepsilon 3} G_b) - \rho C_{\varepsilon 2} \frac{\varepsilon^2}{k + \sqrt{\nu \varepsilon}} + S_\varepsilon \quad (5)$$

برای مدل کردن سایش نیز از مدل E/CRC استفاده شده است که معادله آن به صورت زیر می باشد [13]:

$$\varepsilon_m = 2.17 * 10^{-7} * (BH)^{-0.59} F_s V_p^{2.41} F(\alpha) \quad (6)$$

ما با حل معادلات فوق، پارامتر های اندازه ذرات جامد و سرعت سیال حامل را برای زانویی هایی با مقاطع بیضوی مورد بررسی قرار داده ایم. سه سرعت متفاوت 12 (m/s)، 19 (m/s) و 28 (m/s) برای قطر ذره های متفاوت 100×10^{-6} (m).

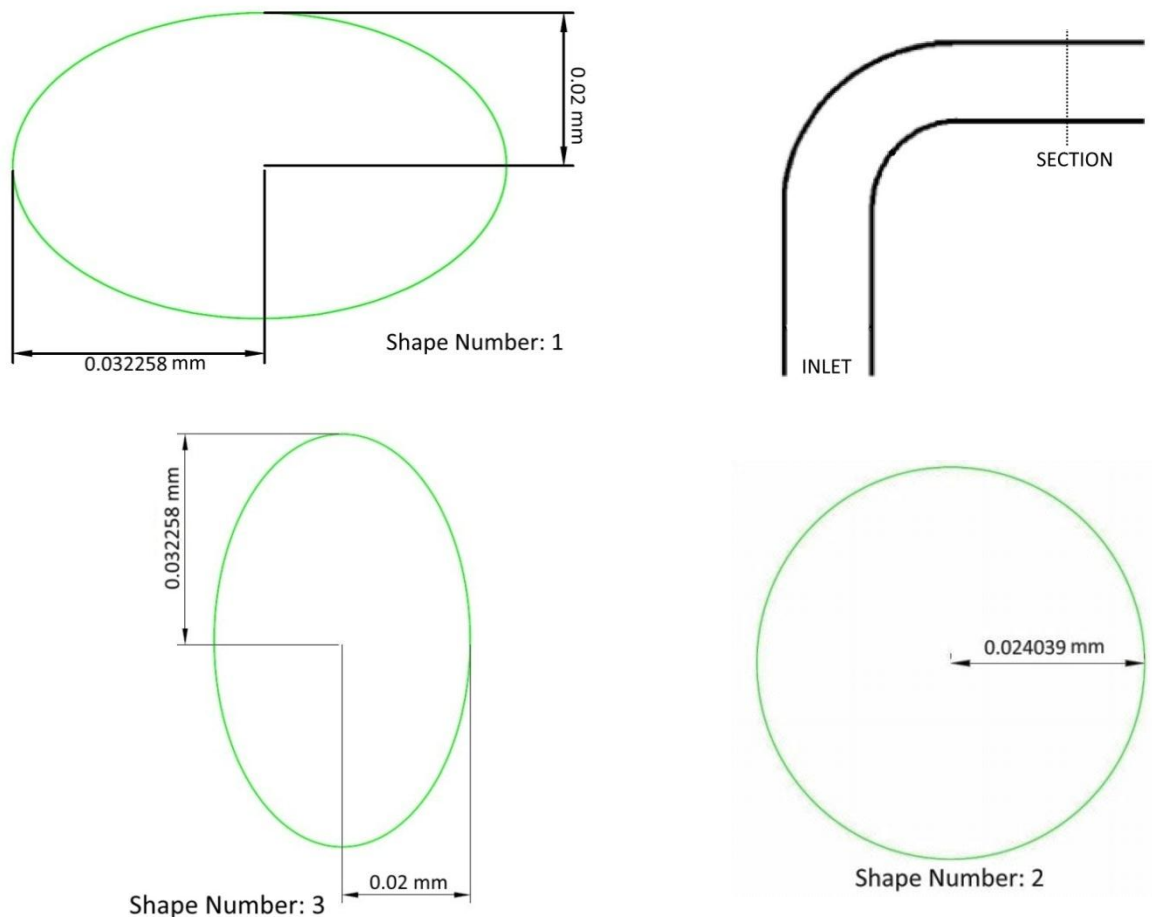
² Volume Of Fluid

³ Two- Way Coupling

⁴ Turbulence Kinetic Energy

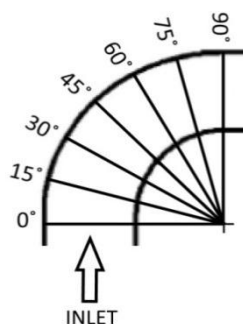
⁵ Turbulence Energy Dissipation

شکل ۱ می‌توان این مقاطع را مشاهده کرد. هر سه این مقاطع دارای قطر هیدرولیکی یکسان برابر با 0.04808 (m) هستند. مختلف در سرعت 19 (m/s) و قطر ذره برابر با $150 \times 10^{-6} \text{ (m)}$ سه شکل متفاوت برای مقطع زانویی در نظر گرفته ایم. در $200 \times 10^{-6} \text{ (m)}$ در زانویی با مقطع دایره ای مطابق شکل ۲ بررسی شده اند. سپس برای مقایسه بین مقاطع



شکل ۱: نما روبرو زانویی و نما راست از مقاطع مختلف به همراه ابعاد و شماره شکل ها

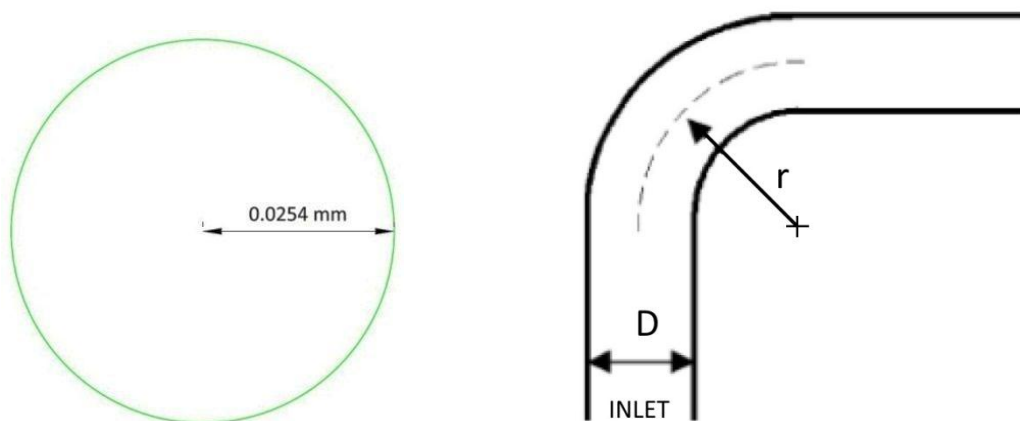
در شکل ۲ مقطعی که برای گزارش نرخ سایش در زوایای مختلف θ ایجاد شده اند را می‌توان مشاهده کرد. به جز این مقاطع، میزان نرخ سایش در مقطعی که نرخ سایش بیشینه دارد نیز محاسبه شده است. در شکل ۴ نحوه مشخص کردن زاویه θ را معین کره ایم.



شکل ۲: مقاطع ایجاد شده در زوایای مختلف θ برای گزارش نرخ سایش

۳- اعتبار سنجی و روش عددی

جهت انجام اعتبار سنجی و بررسی میزان صحت مدل، نتایج حاصل از شبیه سازی زانویی 90° با نتایج آزمایشگاهی ارائه شده توسط اکار [12] مقایسه شده است. لذا هندسه مربوط به زانویی بگونه ای طراحی شده است که با هندسه به کار رفته توسط ایشان یکسان باشد. این هندسه دارای قطر (m) 0.0508 است و نسبت شعاع انحنا به قطر (r/D) برای آن برابر با 1.5 در نظر گرفته شده است. در ابتدا و انتها زانویی، لوله هایی به طول (m) 0.2 قرار داده شده اند. از آن جا که زانویی را می توان متقارن در نظر گرفت، بنابراین برای کاهش میزان محاسبات و نیز کاهش زمان همگرایی، زانویی به صورت نیمه رسم شده است. شبکه مش ایجاد شده از نوع مش چهار گوش^۶ است و شامل 89376 سلول می باشد. در شکل ۳ نمای شماتیک زانویی و مقطع آن عمود بر جهت جریان دیده می شوند.



شکل ۳: هندسه زانویی استفاده شده توسط اکار؛ راست) نمای شماتیک؛ چپ) مقطع زانویی عمود بر جهت جریان.

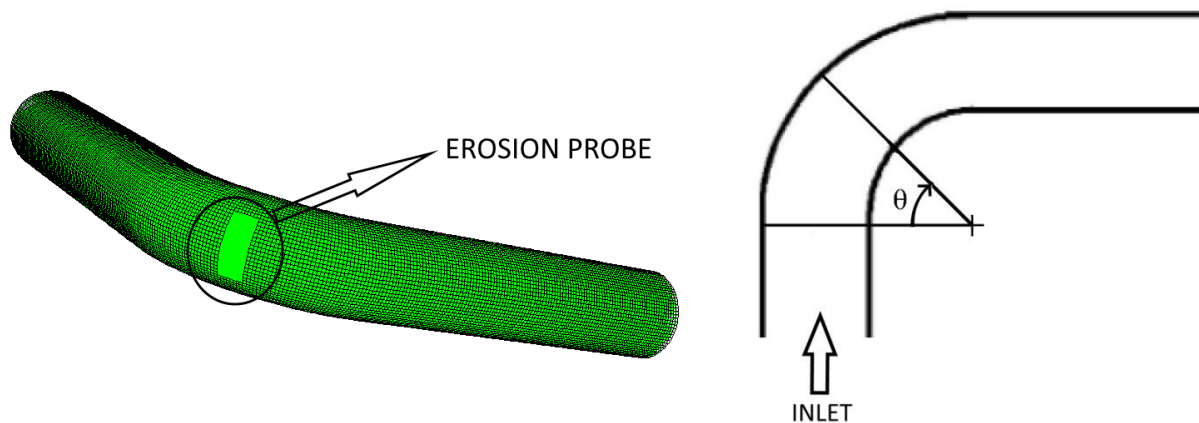
اکار برای بدست آوردن میزان سایش از یک کاوشگر سایش^۷ با ابعاد $0.0142 \times 0.0364 \text{ m}^2$ که در زاویه $\theta = 45^\circ$ در خم خارجی نصب شده بود، استفاده کرد. در این مقاله ما نیز برای بررسی میزان دقت مدل سازی، یک ناحیه با همان ابعاد در مدل ایجاد کرده و میزان سایش روی آن را با اعدادی که توسط اکار گزارش شده بود، مقایسه می کنیم. در شکل ۴ می توان نحوه مشخص کردن زاویه θ و مکان قرار گیری کاوشگر مدل شده را مشاهده کرد. در جدول ۱ نتایج آزمایشگاهی با نتایج حاصل از مدل سازی مقایسه شده اند. شرایط آزمایش و میزان خطا برای هر آزمایش هم در این جدول ذکر شده است. از آن جا که میزان خطا کم است پس می توان ادعا کرد که مدل سازی به درستی انجام گرفته است. لازم به ذکر است که برای حل معادلات از نرم افزار فلوئنت نسخه 6.3.26 استفاده کرده ایم.

جدول ۱: مقایسه نتایج حاصل از کارهای آزمایشگاهی با مدل سازی انجام شده

Experiment Number	Particles Diameter (m)	Velocity (m/s)	Sand Flow Rate (kg/s)	Experimental ER Probe Date (kg/(m ² .s))	Erosion Predicted Using CFD Model (kg/(m ² .s))	ERROR (%)
1	150×10^{-6}	12	0.017	8.242×10^{-8}	9.822×10^{-8}	-19.1
2	150×10^{-6}	19	0.040	7.468×10^{-7}	6.060×10^{-7}	+18.9
3	150×10^{-6}	28	0.092	2.896×10^{-6}	3.503×10^{-6}	-20.1

⁶ Quad

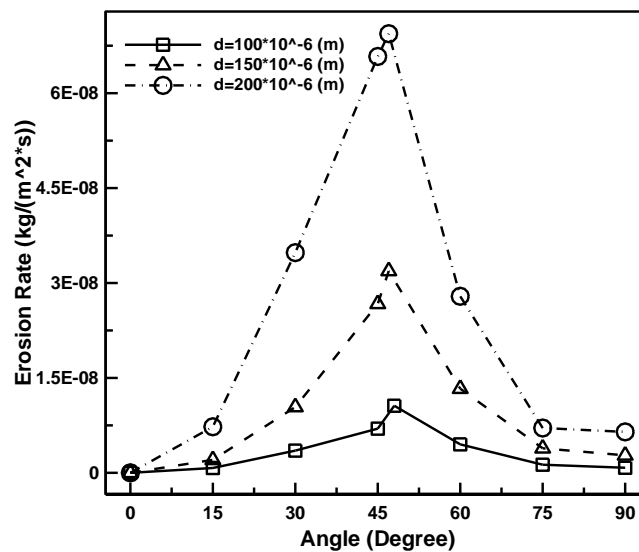
⁷ Erosion Probe



شکل ۴: راست) نحوه مشخص کردن زاویه θ ؛ چپ) کاوشگر سایش که در زاویه $\theta = 45^\circ$ مدل شده است.

۴- نتایج

در نمودار موجود در شکل ۵ نرخ سایش برای زانویی با مقطع دایره به قطر 0.0508 (m) در مقابل زاویه θ مربوط به مقاطع مختلف برای قطر ذره های برابر با 100×10^{-6} (m)، 150×10^{-6} (m) و 200×10^{-6} (m) در سرعت ثابت 19 (m/s) رسم شده اند.

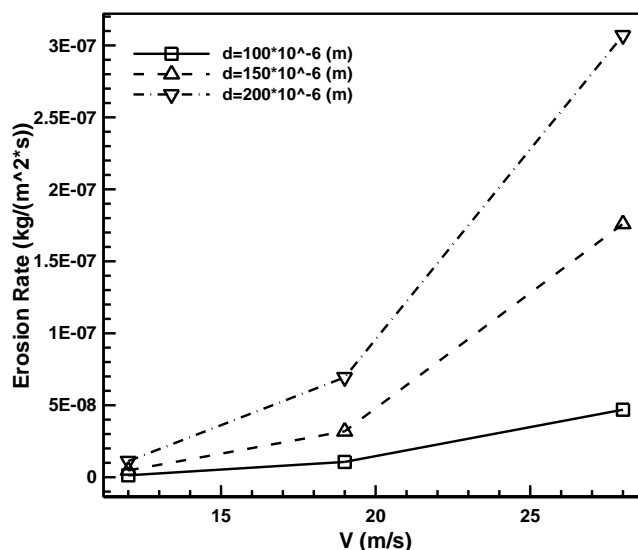


شکل ۵: نرخ سایش برای مقاطع با θ های مختلف، برای قطر ذره های متفاوت در سرعت ثابت 19 m/s

همان طور که مشاهده می شود در تمام موارد میزان نرخ سایش در زاویه صفر درجه، صفر می باشد. علت این است که در زاویه صفر درجه زانویی هنوز انحنایی ندارد و ذرات جامد هم مستقیم حرکت می کنند. در نتیجه با دیواره برخورد ندارند. با افزایش زاویه θ ، انحنا در زانویی زیاد می شود اما ذرات جامد به خاطر خاصیت اینرسی همچنان تمایل دارند که مستقیم حرکت کنند. بنابراین ذرات با دیواره برخورد کرده و سایش رخ می دهد. با افزایش زاویه θ تا زاویه ای بیشتر از 45° میزان شدت برخورد ذرات و در نتیجه سایش زیاد می شود اما بعد از این زاویه، مسیر حرکت ذرات در اثر برخورد با دیواره تغییر می

کند. در نتیجه از شدت و تعداد برخورد ها کاسته می شود و نرخ سایش نیز کمتر می شود. این روند تا زاویه 90° ادامه پیدا می کند. در زاویه 90° برخورد ذرات با دیواره خیلی کم می شود اما همچنان وجود دارد و این باعث می شود که نرخ سایش صفر نشود.

همان طور که در شکل ۵ مشاهده می شود نرخ سایش مقطعی در زاویه ای بین 46° تا 48° به بیشینه مقدار خود می رسد. در شکل ۶ میزان نرخ سایش این مقاطع در مقابل سرعت های مختلف سیال حامل برای سه قطر ذره مختلف برابر با 100×10^{-6} (m)، 150×10^{-6} (m) و 200×10^{-6} (m) رسم شده است. این نمودار نشان می دهد که نرخ سایش مقطعی بیشینه با افزایش سرعت به صورت غیر خطی و با توانی بزرگتر از یک افزایش می یابد.



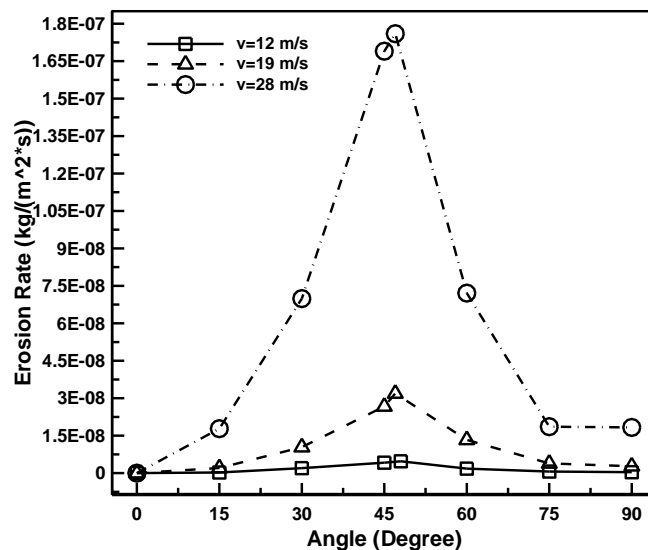
شکل ۶: نرخ سایش برای مقاطع با سایش بیشینه در مقابل سرعت های متفاوت برای قطر ذره های متفاوت

همچنین در نمودار های ۵ و ۶ می توان مشاهده کرد که نرخ سایش در مقاطع مختلف زانویی با افزایش قطر ذره، افزایش می یابد. علت این امر آن است که ذرات بزرگ تر جرم و در نتیجه اینرسی بیشتری دارند. بنابراین با برخورد با دیواره مقدار بیش تری از جرم آن را جدا می کنند.

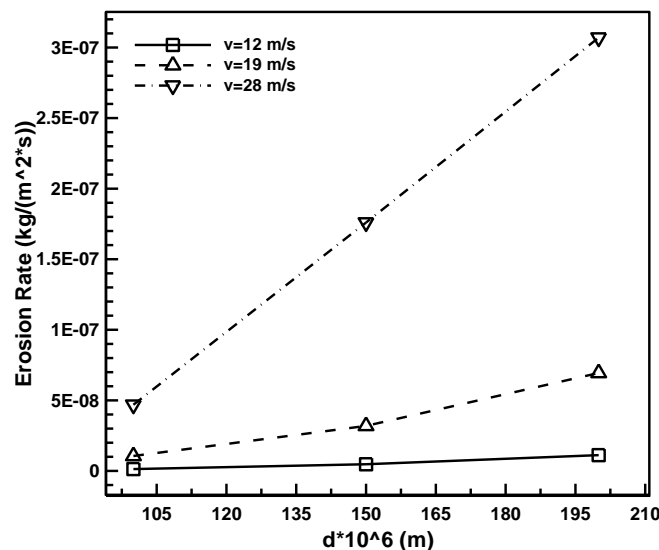
در شکل ۷ نمودار نرخ سایش برای زانویی با مقطع دایره به قطر 0.0508 (m) در مقابل زاویه θ مربوط به مقاطع مختلف برای سرعت های 12 (m/s)، 19 (m/s) و 28 (m/s) در قطر ذره ثابت برابر با 150×10^{-6} (m) رسم شده اند. همان طور که مشاهده می شود با افزایش زاویه θ تا زاویه ای بیشتر از 45° میزان نرخ سایش زیاد می شود اما بعد از این زاویه، مسیر حرکت ذرات در اثر برخورد با دیواره تغییر می کند. در نتیجه از شدت و تعداد برخورد ها کاسته می شود و نرخ سایش نیز کمتر می شود.

در نمودار ۷ نیز مانند نمودار قبلی، نرخ سایش مقطعی در زاویه ای بین 46° تا 48° به بیشینه مقدار خود می رسد. در شکل ۸ میزان نرخ سایش این مقاطع در مقابل قطر های مختلف ذرات جامد برای سه سرعت سیال حامل مختلف برابر با 12 (m/s)، 19 (m/s) و 28 (m/s) رسم شده است. این نمودار نشان می دهد که نرخ سایش مقطعی بیشینه با افزایش سرعت تقریباً به صورت خطی افزایش می یابد.

از آن جا که سرعت سیال حامل بیشتر، باعث می شود که ذرات جامد با سرعت بیشتری به دیواره برخورد کنند بنابراین انتظار داریم که نرخ سایش در مقاطع مختلف زانویی با افزایش سرعت سیال حامل، افزایش یابد که این پیش بینی با توجه به نمودار های ۷ و ۸ تایید می شود.



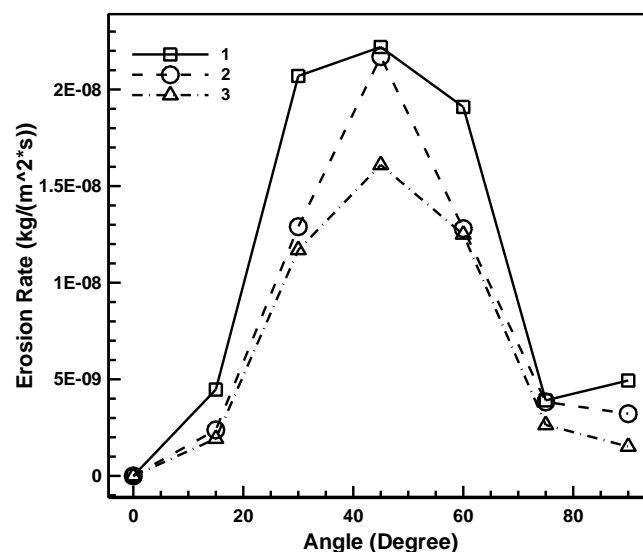
شکل ۷: نرخ سایش برای مقاطع با θ های مختلف، برای سرعت متفاوت در قطر ذره ثابت 150×10^{-6} m



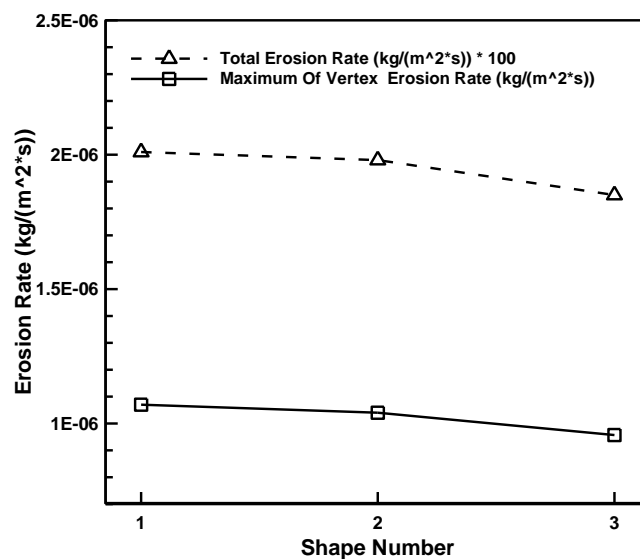
شکل ۸: نرخ سایش برای مقاطع با سایش بیشینه در مقابل قطر ذره های متفاوت برای سرعت های متفاوت

در شکل ۹ نرخ سایش برای زانویی هایی با شکل مقطع مختلف در مقابل زاویه θ مربوط به مقاطع مختلف برای قطر ذره ثابت برابر با 150×10^{-6} (m) در سرعت سیال حامل ثابت 19 (m/s) رسم شده است. شکل، ابعاد و شماره مربوط به هر مقطع در شکل ۱ نمایش داده شده است. همان طور که مشاهده می شود زانویی با سطح مقطع بیضی عمودی در تمام مقاطع زانویی بین 0° تا 90° ، کمترین نرخ سایش را دارد. بیشترین نرخ سایش در تمام مقاطع هم در زانویی با سطح مقطع بیضی افقی مشاهده می شود. هر چند که در مقطع 45° میزان نرخ سایش برای زانویی با سطح مقطع دایره نزدیک به نرخ سایش زانویی با سطح مقطع بیضی افقی است اما در باقی مقاطع نرخ سایش آن به نرخ سایش زانویی با سطح مقطع بیضی عمودی نزدیک تر است.

در شکل ۱۰ نمودار میزان نرخ سایش کل دیواره که صد برابر شده و همچنین نمودار حداکثر نرخ سایش نقطه ای برای زانویی ها با شکل سطح مقطع متفاوت رسم شده است.



شکل ۹: نرخ سایش برای زانویی هایی با شکل مقطع مختلف در مقابل زاویه θ مربوط به مقاطع مختلف برای قطر ذره ثابت برابر با 150×10^{-6} (m) در سرعت سیال حامل ثابت 19 (m/s)



شکل ۱۰: میزان نرخ سایش کل دیواره و حداکثر نرخ سایش نقطه ای برای زانویی ها با شکل سطح مقطع متفاوت

با توجه به شکل های ۹ و ۱۰ می توان نتیجه گرفت که به ترتیب سطح مقطع بیضی عمودی، دایره و بیضی افقی در زانویی ها منجر به نرخ سایش کمتری می شوند. علت این امر را با توجه به این نکته که تنش برشی برابر است با اختلاف سرعت مرکز و انتها شعاع عمودی بیضی تقسیم بر اختلاف ارتفاع آن ها، می توان توجیح کرد. زیرا در سرعت ثابت این اختلاف ارتفاع برای بیضی عمودی بیشتر است و در نتیجه منجر به تنش برشی و سایش کمتری می شود. این اختلاف ارتفاع برای دایره نیز نسبت به بیضی افقی بیشتر است بنابراین زانویی با سطح مقطع دایره تنش کمتر و در نتیجه نرخ سایش کمتری هم نسبت به زانویی با سطح مقطع بیضی افقی دارد.

۵- نتیجه‌گیری

ما در این مقاله پارامترهای اندازه ذرات جامد و سرعت سیال حامل را برای زانویی‌هایی با مقاطع مختلف شامل بیضی افقی، دایره و بیضی عمودی مورد بررسی قرار داده ایم. این نتیجه حاصل شد که به طور کلی با افزایش سرعت، نرخ سایش افزایش می‌یابد. افزایش قطر ذره هم، باعث افزایش نرخ سایش به صورت خطی می‌شود. در بین مقاطع بررسی شده و برای یک قطر هیدرولیکی یکسان، بیضی عمودی کمترین و بیضی افقی بیشترین نرخ سایش را داشتند.

مراجع

- [1] Parsi, M., Najmi, K., Fard, F.N., Hassani, S., McLaury, B.S., Shirazi, S.A., 2014. A comprehensive review of solid particle erosion modeling and prediction for oil and gas wells and pipeline. Invited Paper Review J. Nat. Gas Sci. Eng. 21, 850e873. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jngse.2014.10.001>.
- [2] Salik, J., Buckey, D., Brainard, W., 1981. The effect of mechanical surface and heat treatments on erosion resistance of 6061 aluminum alloy. Wear 65, 351e358.
- [3] Levy, A., Chik, P., 1983. The effect of erodent composition and shape on the erosion of steel. Wear 89, 151e162.
- [4] Hutchings, I., Winter, R., Field, J., 1976. Solid particle erosion of metals: the removal of surface material by spherical projectiles. Proc. R. Soc. Lond. Ser. A Math. Phys. Sci. 348, 370e392.
- [5] Tilly, G., 1973. A two stage mechanism of ductile erosion. Wear 23 (1), 87e96.
- [6] Gandhi, B.K., Borse, S.V., 2002. Effect of particle size and size distribution on estimating erosion wear of cast iron in sand-water slurries. Indian J. Eng. Mater. Sci. 9, 480e486.
- [7] Clark, H. Mcl, 1991. on the impact rate and impact energy of particles in a slurry pot erosion tester. Wear 146, 165e183.
- [8] Elkholy, A., 1983. Prediction of abrasion wear for slurry pump materials. Wear 84 (1), 39e49.
- [9] Desale, G.R., Gandhi, B.K., Jain, S.C., 2009. Particle size effects on the slurry erosion of aluminum alloy (AA 6063). Wear 266 (11e12), 1066e1071.
- [10] Chen, X., 2004. Application of Computational Fluid Dynamic (CFD) to Single Phase and Multiphase Flow Simulation and Erosion Prediction (Ph.D. dissertation). Department of Mechanical Engineering, The University of Tulsa.
- [11] Clark, H., Burmeister, L., 1992. The influence of the squeeze film on particle impact velocities in erosion. Int. J. Impact Eng. 12 (No. 3), 415e426.
- [12] Abdullah, Akar, "Estimating Erosion in oil and gas pipeline due to sand presence", Master dissertation, Department of Mechanical engineering, Blekinge Institute of Technology, Karlskrone, Sweden, 2011.
- [13] Ahlert, K., 1994. Effect of Particle Impingement Angle and Surface Wetting on Solid Particle Erosion of AISI 1018 Steel (M.Sc. thesis). Department of Mechanical Engineering, The University of Tulsa, Tulsa.

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی