

ضربه قوچ آب - اساسی ترین مشکل در سیستم های بخار

شرکت پارس جم کنترل

نویسنده مقاله: مهندس علی فرخنده

بر طبق تعریف به ضربه موج فشار قوی پدید آمده ناشی از انرژی جنبشی سیال در حال حرکت (کندانس) در اصطلاح ضربه قوچ یا ضربه چکش (water hammer) گفته می شود.

آگاهی هرچه بیشتر از طبیعت و شدت ضربه چکش آب در سیستم های بخار و کندانس به ما این اجازه را می دهد که از بروز خطرات احتمالی و وقوع خسارت های مالی و جانی توسط این نیروی مخرب جلوگیری کنیم. بنابراین لحاظ کردن این پدیده در ملاحظات اولیه طراحی یک سیستم بخار جهت اطمینان از : عملکرد مطلوب سیستم ، افزایش ایمنی ، کاهش هزینه ها و کاهش زمان توقف سیستم و .. ، امری ضروری است. تجربه نشان داده است که وقوع این پدیده در بدترین حالات خود علاوه بر تخریب بسیار گسترده در سیستم ، موجب مجروح شدن پرسنل نگهدار و یا حتی فوت آنها گردیده است. متأسفانه حدود 82% از سیستم های بخار و کندانس در حال حاضر با انواع مختلفی از ضربه چکش دست و پنجه نرم می کنند. بسیاری به اشتباه معتقدند که ضربه چکش آب ، شامل طبیعت یک سیستم بخار کندانس بوده و بروز آن جزء لاینفک در اینگونه سیستم ها و امری اجتناب ناپذیر می باشد. در حالیکه که بروز این پدیده امری غیر طبیعی و کاملاً نامعقول است و هیچگاه در سیستمهایی که بدرستی و بادر نظر گرفتن استاندارد ها طراحی شده اند، رخ نخواهد داد. این پدیده می تواند در خطوط بخار و خطوط کندانس به طور مجزاء رخ دهد ولی شدت اثر آن عموماً در سیستم های 2 فازی که در آن ها بخار و کندانس همزمان با یکدیگر حضور دارند، مخرب تر می باشد.

اثرات ناشی از ضربه چکش آب :

همانطور که گفته شد ، اثرات مخرب ناشی از این پدیده را نمی توان دست کم گرفت. تشکیل کندانس در یک سیستم بخار به دلایل مختلفی از قبیل اتلافات حرارتی بخار با سطح لوله ها در هنگام خاموشی سیستم و عدم تخلیه صحیح و بموقع کندانس تولیدی روی می دهد. ایجاد جریان فشار قوی از آب در داخل لوله ها و برخورد ناگهانی آن با جداره های داخلی سیستم باعث اعمال ضربه و نیروی بسیار شدید (ضربه چکش) و صدمه به المان ها ، اتصالات و شیرآلات به کار رفته در طول مسیر می شود.

از اثرات مخرب ناشی از وقوع ضربه چکش می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

1. ایجاد ترک بر روی بدنه شیر آلات ، تله های بخار و تخریب اجزای داخلی آن ها از قبیل : سیت و پلاگ ، شناور ، کپسول های ترموستاتیکی و
2. اعمال تنش های سنگین و کاهش دقت عملکرد تجهیزات ابزار دقیق مانند : مانومتر ، ترمومتر ، فلومتر و سنسور ها
3. ایجاد شکست و ترک در اتصالات به کار رفته نظیر : زانو ، سه راه ، درپوش ، فلنج ها
4. اعمال فشار شدید بر ساپورت ها و تکیه گاه های به کار رفته در سیستم لوله کشی و تخریب آنها
5. ایجاد شکستگی و ترک در محل های جوش و نشت بخار
6. اعمال فشار و تخریب دستگاه های به کار رفته در موتور خانه از قبیل شکستن لوله های درون مبدل ها حرارتی یا منابع کویلی
7. کاهش ایمنی جهت پرسنل نگهدار

وقوع ضربه چکش آب عموماً با سر و صدای زیادی که در داخل سیستم بوجود می آورد ، قابل تشخیص است و در صورت هوشیار بودن پرسنل نگهدار و انجام اقدامات لازم، می توان از شدت بروز آن در نتیجه کاهش تخریبات احتمالی در یک سیستم ، جلوگیری کرد. باید توجه داشت که در برخی موارد ضربه های چکش کوچک با سر و صدای کم و تقریباً نا محسوس در سیستم روی می دهند افزایش اینگونه ضربات و محسوس شدن سر و صدا های تولید شده، در واقع خود ارتباطی میان پرسنل نگهدار و سیستم بر قرار می کند و وقوع پدیده ضربه چکش با شدت بیشتر و در ابعاد بزرگتر را نوید می دهد. این مسئله بسیار حائز اهمیت است زیرا در چنین مواردی اوپراتور می تواند با تجربه کافی و ابزار های موجود از بروز حادثه و خطرات احتمالی جلوگیری کند.

علل بروز ضربه چکش در سیستم های بخار :

در اسناد و مدارک جمع آوری شده توسط کارشناسان ، سهم ضربه چکش در خرابی زودرس و عملکرد نا مطلوب سیستم های بخار در موتور خانه های تازه تاسیس ، در حدود 57% درصد می باشد. بنابراین این آگاهی از علل و چگونگی بوقوع پیوستن این پدیده و اعمال تمهیدات لازم جهت جلوگیری از وقوع یا کاهش شدت ضربه، امری حیاتی است.



شکل (1)

برطبق تحقیقات عواملی که باعث وقوع ضربه چکش آب در سیستم های بخار و کندانس می شوند عبارتند از:

1) شوک هیدرولیکی :

شوک هیدرولیکی در یک سیستم بخار را می توان به آسانی با مثال شیر آبی در منزل شرح داد . هنگامیکه شیر آب منزل را باز می کنیم ، جرم یکنواختی از آب (در حدود 200 Lb) از نقطه ای ورودی به منزل تا محل خروجی آن (شیر آب) با سرعتی معادل 10 ft/s در داخل لوله ها جریان پیدا می کند.

بستن ناگهانی شیر آب ، نیرویی بازدارنده در برابر جریان آبی به جرم 200 Lb و سرعت 10 ft/s اعمال می کند و در مقابل نیرویی بزرگی از جانب سیال در حال حرکت در فشاری معادل 300 psi بر پشت شیر وارد شده و کل سیستم لوله کشی را مرتعش می کند. ضربه وارده بر پشت شیر با صدایی بلند و قابل تشخیص به گوش می رسد. این صدا تقریباً مشابه صدای کوبیدن ضربه پتک بر روی تکه ای از فولاد می باشد. به همین دلیل به ایگونه ضربات در سیستم به اصطلاح ضربه چکش (قوچ) گفته می شود. از راه های کاهش شدت ضربه ناشی از شوک هیدرولیکی ، باز و بسته کردن آرام شیر های قطع و وصل سیستم می باشد.

شوک هیدرولیکی در ابعاد بزرگتر و علی الخصوص در موتورخانه های صنعتی بخار و کندانس ، در دو حالت به بروز پدیده ضربه چکش می انجامد. حالت اول در خطوط مکش و دهش پمپ های کندانس سیستم و در زمان روشن و خاموش شدن ناگهانی آنها است. باز و بسته شدن ناگهانی مسیر کندانس به سمت بویلرها توسط پمپ ، شوک هیدرولیکی بزرگی را بر کندانس در حال حرکت وارد نموده و در مقابل عکس العمل آن ، ضربه چکش سنگینی از جانب کندانس بر پمپ ، شیرآلات و اتصالات اطراف آن می باشد. یکی از موثرترین روش ها برای کاهش صدمه بر پمپ و شیرآلات در محدود کردن ضربه چکش وارده ، استفاده از شیر های یکطرفه در مسیر دهش پمپ هاست. شیر یکطرفه علاوه بر ممانعت از بازگشت آب بویلر به تانک کندانس که ناشی از اختلاف فشار میان آن دو می باشد ،

در هنگام اعمال شوک هیدرولیکی ، جریان مغشوش کندانس را در یک جهت محدود کرده و از اعمال نیروی ضربه چکش بر المان های اطراف جلوگیری می کند.

حالت دوم معمولا در زمان راه اندازی سیستم (Start Up) و در لوله های اصلی بخار روی می دهد. در این شرایط بدلیل خاموشی طولانی مدت سیستم ، لوله های اصلی بخار مملو از کندانس بوده و در صورت باز کردن ناگهانی شیر اصلی بخار در هنگام راه اندازی مجدد سیستم ، بخار با سرعت و فشار بسیار بالا وارد این خطوط شده و حجمی از کندانس موجود را با شتاب زیاد بطرف شیرآلات و تجهیزات نصب شده در مسیر حمل می کند. هنگامیکه کندانس در حال حرکت قبل از رسیدن به حالت سکون بطور ناگهانی توسط مانعی در مسیر (شیرالات بسته ، زانو ، سه راهی و ...) متوقف شود ، شوک هیدرولیکی بر آن وارد شده که عکس العمل آن بر شیرالات مخرب و سهمگین است. راه حل کاهش اینگونه ضربات ، تخلیه حتی المقدور کندانس در زمان خاموشی و بهره برداری مجدد از سیستم می باشد . بازکردن شیر اصلی بخار به آهستگی و با صرف زمان مورد نیاز (با توجه به شرایط) نیز می تواند اثر بخش باشد . با توجه به این مطلب که درصد کمی از ضربه های چکش در سیستم های بخار ناشی از شوک های هیدرولیکی است ، ولی با این حال آثار و نتایج ناشی از آن (شکل 2) خطرناک ترین و مخرب ترین نوع ضربه چکش را به ما معرفی می کند.



شکل (2) : اثرات مخرب ضربه چکش

(2) شوک جریان :

شوکی را که بعلت باز و بسته شدن شیرالات کنترل جهت تامین میزان جریان بخار مورد نیاز مصرف کننده ها ، بر سیستم اعمال می شود را شوک جریان می نامند. این نوع شوک معمولا در خطوط توزیع بخار و در حدفاصل میان شیرآلات و مصرف کننده ها رخ می دهد.

در این حالت ، کاهش میزان مصرف بخار توسط مصرف کننده منجر به بسته شدن تقریبی شیرهای کنترلی دما - فشار شده و بخار محبوس شده در این فاصله (شیرکنترلی تا مصرف کننده) در اثر اتلافات حرارتی با محیط اطراف به کندانس تبدیل می شود. در هنگام شروع مجدد کار دستگاه ها و نیاز آنها به بخار، با باز شدن شیر کنترل ، بخار با سرعت و فشار بالا وارد لوله شده و کندانس جمع شده را با شدت به سمت دستگاه ها و تجهیزات مصرف کننده می

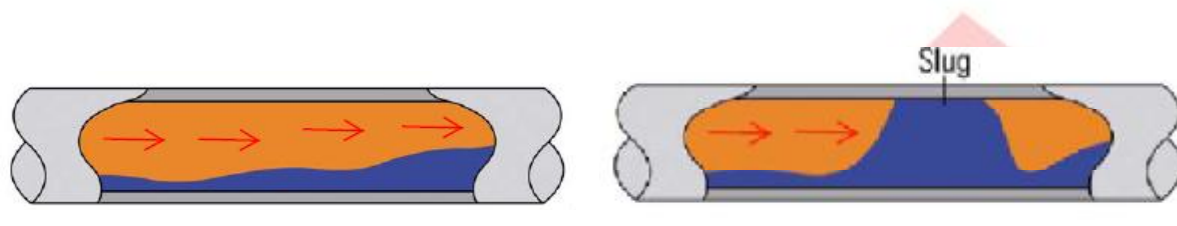
راند. حاصل این عمل ، برخورد شدید ستونی از آب با شتاب زیاد با قطعات داخلی تجهیزات و مصرف کننده ها (بروز پدیده ضربه چکش) می باشد. به طور مثال ترکیدگی لوله ها و یا در برخی موارد ایجاد شکستگی و ترک بر روی بدنه (پوسته) مبدل های حرارتی ، ناشی از این نوع ضربه چکش می باشد. راه حل مناسب جهت جلوگیری و یا کاهش اینگونه ضربات چکش ناشی از شوک جریان ، انتخاب سایز دقیق و مناسب شیرآلات کنترلی دما-فشار می باشد. شیر کنترلی با سایز تقریباً بزرگ ("3) را در نظر بگیرید که در هنگام باز و بسته شدن خود ، حجم قابل ملاحظه ای از بخار را در سرعت و فشار بالا وارد خط می کند. بنابراین انتخاب دقیق سایز مناسب اینگونه شیرآلات جهت کاهش باز و بسته شدن آنها و کاهش تغییرات در میزان جریان بخار ورودی ، امری ضروری است. بر طبق استاندارد ، شرایط صحیح کارکرد اینگونه شیرآلات به صورت نیمه باز بوده و فقط در زمان های لازم و با توجه به میزان مصرف ، اندکی از حالت اولیه خود تغییر وضعیت (اندکی باز یا بسته) می دهند. باید توجه داشت که نصب تله بخار با ظرفیت و سایز مناسب در ورودی سیستم قبل از شیر کنترل بخار و در خروجی مصرف کننده ها نیز جهت تخلیه کامل و بموقع کندانس تشکیلی، لازم الاجراست.

3) شوک اختلاف فشار :

این نوع شوک مختص به لوله های برگشت کندانس بوده و عموماً در کلکتورهای اصلی جمع کننده کندانس اعمال می شود. می دانید که اگر کندانس فشار بالا ، بطور مستقیم به فضای آزاد (اتمسفریک) و یا به لوله ای با فشار بسیار کمتر وارد شود ، بدلیل افت فشار زیاد (بیش از 4 بار) ، حجم زیادی از آن در شرایط دما ثابت تغییر فاز داده و مستقیماً به بخار تبدیل می شود ، که به این بخار در اصطلاح بخار فلاش گفته می شود. بخار فلاش با سرعت و شتابی معادل 10 برابر کندانس در داخل لوله شروع به حرکت می کند. در صورتیکه سایز لوله کندانس مناسب نبوده (سایز لوله کوچک انتخاب شده باشد) و فضای کافی برای جریان بخار فلاش بوجود آمده در لوله فراهم نباشد (لوله کاملاً مملو از کندانس باشد) ، تغییر حجم ناگهانی و سرعت بالای آن فشاری را بر ستون های متحرک آب وارد کرده و باعث رانده شدن حجم زیادی از کندانس در امتداد لوله می شود. این حرکت شتابدار آب که اصطلاحاً به حرکت پیستونی معروف است در امتداد جریان خود به مرور بر جرم و سرعت افزوده و اندازه حرکت (ممنتوم) بسیار بالایی را در خود ذخیره می کند و در هنگام تغییر مسیر ناگهانی در زانو - سه راه و یا توقف توسط شیرآلات قطع و وصل ، ضربه چکش را بر سیستم و اتصالات آن وارد می آورد.

همانطور که می دانید در شرایط دو فازی در داخل سیستم ها ، کندانس بدلیل داشتن جرم حجمی بالاتر در سطح زیرین لوله حرکت کرده و بخار از فضای خالی بالای آن جریان دارد. بنابراین یکی از مهمترین مسائل در طراحی سیستم ها ، انتخاب سایز مناسب و دقیق لوله های برگشت کندانس با در نظر گرفتن فضایی مناسب جهت حرکت بخار فلاش جهت جلوگیری از بروز ضربه چکش ناشی از اختلاف فشار می باشد. لازم به ذکر است تا زمانی که ارتفاع ستون های کندانس در حال حرکت به سطح بالایی لوله نرسد (شکل 3) ، مسیر لازم جهت عبور بخار فلاش فراهم

می باشد و پدیده ضربه چکش بوقوع نمی پیوندد. به محض اینکه ستون های آب تشکیلی در اثر افزایش میزان کندانس ، سطح بالایی لوله را لمس کنند (شکل 4) ، در این صورت مسیر گذر بخار فلاش بسته شده و بخار فلاش برای حرکت بر پشت ستون های آب فشار وارد کرده و آنها را با شتاب به سمت جلو رانده و باعث بروز ضربه چکش می شود. بنابراین انتخاب سایزهای بالاتر برای لوله های بازگشت کندانس ارجح می باشد. علاوه بر آن ، عدم اختلاط کندانس لوله ها یی با اختلاف فشار زیاد نسبت یکدیگر ، در کاهش این پدیده بسیار موثر است.



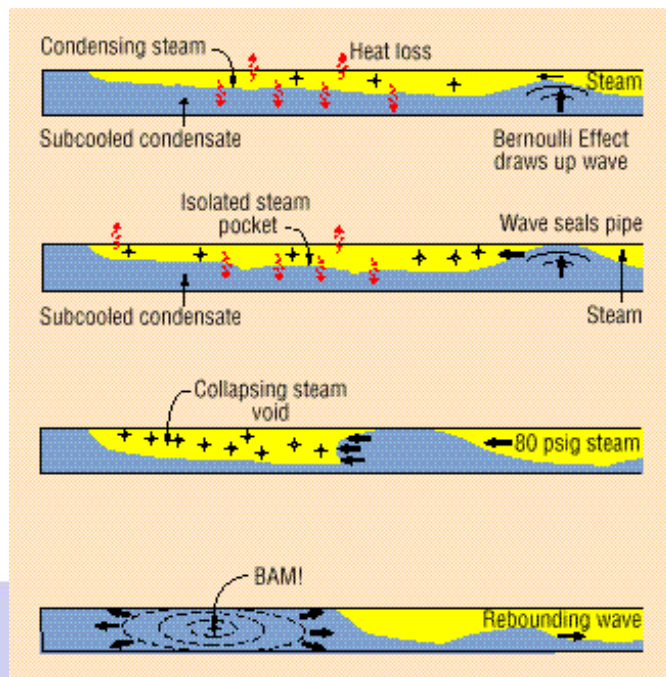
شکل (3)

شکل (4)

4) شوک دمایی :

این شوک نیز همانند شوک ناشی از اختلاف فشار ، فقط در خطوط بازگشت کندانس رخ داده و بسیار مخرب است. عموماً در لوله ها با شرایط دو فازی ، بدلیل آشفتگی جریان کندانس که بر اثر ورود ناگهانی کندانس های نواحی مختلف و تشکیل بخار فلاش پدید می آید ، همواره حجمی از بخار توسط کندانس های اطراف احاطه و محبوس می شود . این حجم احاطه شده به صورت مجموعه ای متمرکز از حباب های ریز ، در داخل کندانس غوطه ور می شود. در این شرایط کندانس های موجود ، بدلیل داشتن اختلاف دما ، حباب های بخار فلاش را سرد کرده و به سرعت باعث متلاشی شدن و تغییر فاز آنها می شوند. از طرفی جرم مشخصی از آب در فاز بخار فضایی در حدود $1/6$ برابر فضای اشغالی خود در فاز مایع را ، به خود اختصاص می دهد. بنابراین متلاشی شدن ناگهانی حباب های بخار در اثر انتقال حرارت خود با کندانس های اطراف ، فضایی خالی را در داخل کندانس بوجود می آورد. در این حالت کندانس های موجود در اطراف فضای خالی ، در اثر خلاء نسبی پدید آمده ناشی از تغییر حجم بخار ، با شتاب و سرعت بسیار بالا و از تمامی جهات برای پرکردن این فضای خالی، به سمت آن هجوم آورده و این امر منجر به برخورد امواج مغشوش و شتابدار کندانس با یکدیگر ، ایجاد ضربه و تولید صدای شدید و نهایتاً وارد آمدن ضربه چکشی موضعی از محل برخورد امواج بر سیستم می شود. تنها راه جلوگیری و یا کاهش میزان این برخورد ها انجام صحیح لوله کشی خطوط کندانس و رعایت نکات انشعاب گیری در آنهاست. همانطور که در شکل 5 مشخص است ، واریز کندانس های جمع آوری شده از نقاط مختلف به کلکتور اصلی کندانس ، حتماً باید از قسمت فوقانی کلکتور صورت پذیرد و در غیر این صورت اگر این عمل از سطح میانی و یا سطح زیرین کلکتور انجام پذیرد ، همواره

مقدار زیادی بخار فلاش مستقیماً به درون کندانس های سرد تزریق شده و مسائلی از قبیل ایجاد آشفته‌گی در جریان کندانس ، ایجاد شوک های دمایی و بروز ضربه چکش در سیستم را به همراه دارد.



شکل (5) : نحوه وقوع ضربه چکش در خطوط کندانس بر اثر شوک دمایی

علاقمندان جهت دریافت اطلاعات بیشتر می توانند با شرکت پارس جم کنترل (شماره تلفن های 24- 88708223 و [E-mail : info@pars-jam.com](mailto:info@pars-jam.com)) تماس حاصل فرمایند.

کنترل