ضربه قوچ آب

اساسی ترین مشکل در سیستمهای بخار

بخش اول مقاله:

برطبق 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 وشدت ضربه چکش آب در سیستم های بخار وکندانس به ما این اجازه را میدهد که از بروز خطرات احتمالی و وقوع خسارتهای مالی وجانی توسط این نیروی مخرب جلوگیری کنیم.بنابراین لحاظ کردن این پدیده در ملاحظات اولیه طراحی یک سیستم بخار جهت اطمینان از عملکردهای مطلوب سیستم ، افزایش ایمنی ، کاهش هزینه ها وکاهش 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 ویا حتی فوت آنها گردیده است.

متاسفانه حدود82% از سیستمهای بخار وکندانس در حال حاضر با انواع مختلفی از ضربه چکش دست وپنجه نرم میکنند.بسیاری به اشتباه معتقدند که ضربه چکش آب ، جزء طبیعت یک سیستم بخار وکندانس بوده وبروز آن در اینگونه سیستمها امری اجتناب پذیر است در حالیکه بروز این پدیده امری غیرطبیعی وکاملا نامعقول است وهیچگاه در سیستمهایی که بدرستی وبا در نظر گرفتن استانداردها طراحی شده اند.رخ نخواهد داد.این پدیده می تواند در خطوط بخار وخطوط کندانس به طور مجزا رخ دهد ولی شدت اثر آن عموما در سیستمهای 2 فازی که در آنها بخار وکندانس 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 تبادل حرارتی بخار با سطح لوله ها در هنگام خاموشی سیستم وعدم تخلیه صحیح وبموقع کندانس تولیدی روی می دهد.ایجاد جریان فشار قوی از آب در داخل لوله ها وبرخورد ناگهانی آن با جداره های داخلی سیستم باعث اعمال ضربه ونیروی بسیار شدید(ضربه چکش)و صدمه به المانها ، اتصالات وشیرآلات بکاررفته در طول مسیر می شود.از اثرات مخرب ناشی از وقوع ضربه چکش می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

-1ایجاد ترک بر روی بدنه شیرآلات ، تله های بخار وتخریب اجزای داخلی آنها از قبیل سیت وپلاگ ، شناور ، کپسولهای ترموستاتیکی و...؛

-2اعمال تنشهای سنگین وکاهش دقت عملکرد تجهیزات ابزار دقیق مانند مانومتر ، ترمومتر ، فلومتر وسنسورها؛

-3ایجاد شکست وترک در اتصالات بکار رفته نظیر زانو ،سه راه ، درپوش ، فلنجها ؛

-4اعمال فشار شدید بر ساپورتها وتکیه گاه های بکار رفته در سیستم لوله کشی وتخریب آنها ؛

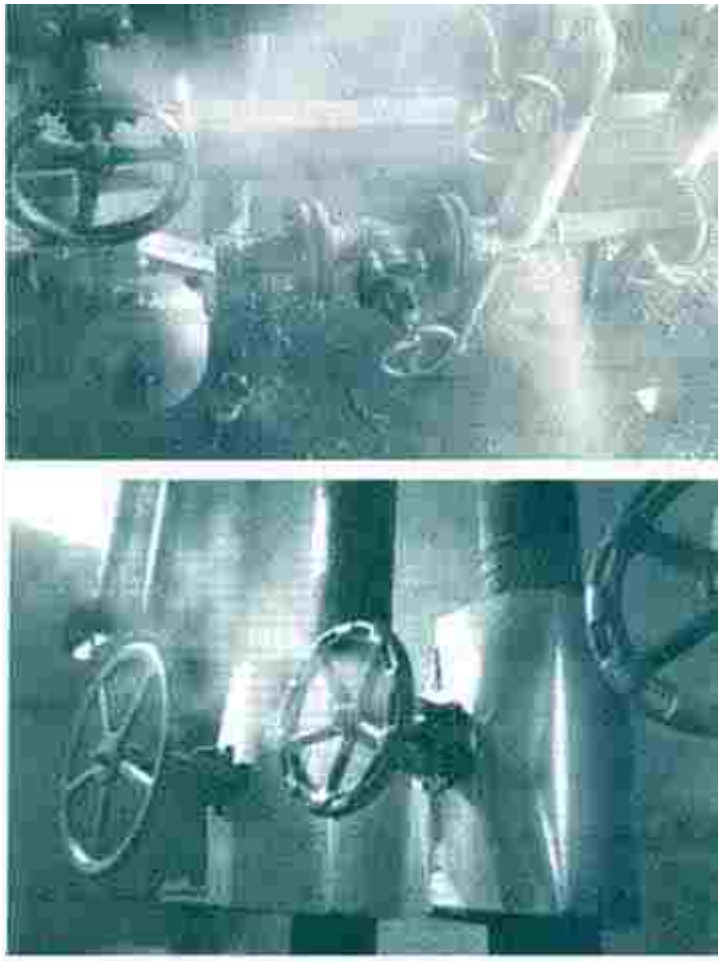
-5ایجاد شکستگی و ترک در محلهای جوش ونشت بخار ؛

-6اعمال فشار وتخریب دستگاه های بکار رفته در موتورخانه ازقبیل شکستن لوله های درون مبدلهای حرارتی یا منابع کویلی ؛

-7کاهش ایمنی جهت پرسنل نگهدار.

وقوع ضربه چکش آب عموما با سروصدای زیادی که در داخل سیستم بوجود می آورد ، قابل تشخیص است و در صورت هوشیار بودن پرسنل نگهدار وانجام اقدامات لازم ، می توان از شدت بروزآن و در نتیجه تخریبات احتمالی در یک سیستم جلوگیری کرد باید توجه

داشت که در برخی موارد ضربه های چکش با شدت بیشتر و در ابعاد بزرگتر را هشدار می دهد.این مسئله بسیار حائز اهمیت است زیرا در چنین مواردی اپراتور میتواند با تجربه کافی وابزارهای موجود از بروز حادثه وخطرات احتمالی جلوگیری کند.



شکل ۱

بخش دوم:

-علل بروز ضربه چکش در سیستم های بخار

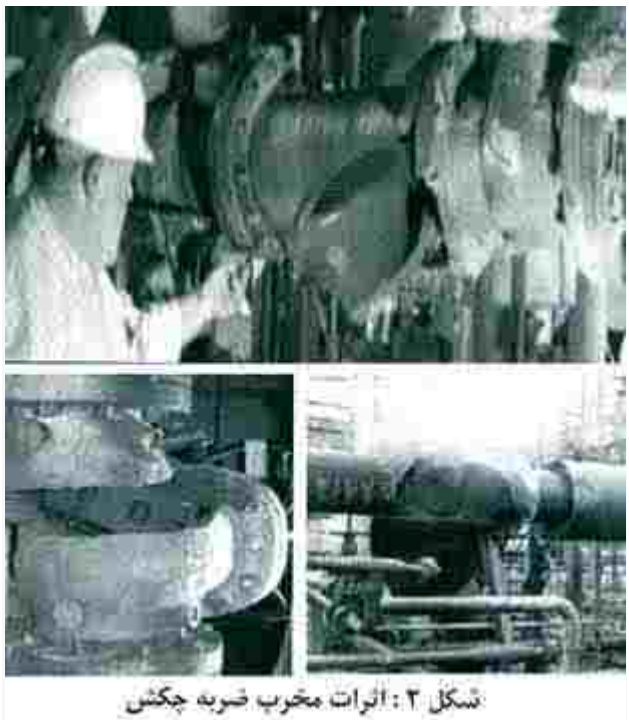
در اسناد ومدارک جمع آوری شده توسط کارشناسان ، سهم ضربه چکش در خرابی زودرس وعملکرد نامطلوب سیستم های بخار در موتورخانه های تازه تاسیس ، در حدود57% درصد می باشد.بنابراین آگاهی از علل وچگونگی بوقوع پیوستن این پدیده واعمال تمهیدات لازم جهت جلوگیری از وقوع یا کاهش شدت ضربه ، امری حیاتی است.

برطبق تحقیقات عواملی که باعث وقوع ضربه چکش آب در سیستمهای بخار وکندانس می شوند عبارتند از:

(1شوک هیدرولیکی:

شوک هیدرولیکی در یک سیستم بخار را می توان به آسانی با مثال شیر آب در منزل شرح داد.هنگامیکه شیرآب منزل را باز میکنیم ، جرم یکنواختی از آب (در حدود200 (Lbاز نقطه ورودی به منزل تا محل خروجی آن (شیرآب)با سرعتی معادل 10 ft/s در داخل لوله ها جریان پیدا می کند.بستن ناگهانی شیرآب ، نیروی بازدارنده در برابر جریان آبی به جرم 200 Lbو سرعت 10 ft/s اعمال میکند و در مقابل نیروی بزرگی از جانب سیال در حال حرکت در فشاری معادل 300 psi بر پشت شیر وارد شده وکل سیستم لوله کشی را مرتعش میکند.

ضربه وارده بر پشت شیر با صدایی بلند وقابل تشخیص به گوش می رسد.این صدا تقریبا مشابه صدای کوبیدن ضربه پتک بر روی تکه ای از فولاد می باشد.بهمین دلیل به اینگونه ضربات در سیستم به اصطلاح ضربه چکش (قوچ) گفته میشود.از راه های کاهش شدت ضربه ناشی از شوک هیدرولیکی ، بازوبسته کردن آرام شیرهای قطع و وصل سیستم می باشد.شوک هیدرولیکی در ابعاد بزرگتر وبویژه در موتورخانه های صنعتی بخار وکندانس ، در دو حالت به بروز پدیده ضربه چکش می انجامد.حالت اول در خطوط مکش ودهش پمپهای کندانس سیستم و در زمان روشن وخاموش شدن ناگهانی آنها است.باز وبسته شدن ناگهانی آنها است.باز وبسته 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 واتصالات اطراف آن می باشد.یکی از موثرترین روشها برای کاهش صدمه بر پمپ وشیرآلات ومحدود کردن ضربه چکش وارده ، استفاده از شیرهای 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 واز اعمال نیروی ضربه چکش بر المانهای 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 شیراصلی بخار در هنگام راه اندازی مجدد سیستم ، بخار با سرعت وفشار بسیار بالا وارد این خطوط شده وحجمی از کندانس موجود را با شتاب زیاد به طرف شیرآلات وتجهیزات نصب شده در مسیر حمل میکند.هنگامیکه کندانس در حال حرکت قبل از رسیدن به حالت سکون بطور ناگهانی توسط مانعی در مسیر(شیرآلات بسته ، زانو ، سه راهی و...)متوقف شود ، شوک هیدرولیکی بر آن وارد شده که عکس العمل آن بر شیر آلات مخرب و سهمگین است.راه حل کاهش اینگونه ضربات ، تخلیه حتی المقدور کندانس در زمان خاموشی وبهره برداری مجدد از سیستم است.باز کردن شیر اصلی بخار به آهستگی وبا صرف زمان مورد نیاز(با توجه به شرایط)نیز می تواند اثربخش باشد.با توجه به این مطلب که درصد کمی از ضربه های چکش در سیستمهای چکش در سیستمهای بخار ناشی از شوکهای هیدرولیکی است ، ولی با این حال آثار ونتایج ناشی از آن (شکل2) خطرناکترین ومخربترین نوع ضربه چکش را به مامعرفی می کند.



شکل ۲ : اثرات مخرب ضربه چکش

(2**شوک جریان**:

شوکی را که بعلت بازوبسته شدن شیرآلات کنترل جهت تامین میزان جریان بخار مورد نیاز مصرف کننده ها ، برسیستم اعمال می شود شوک جریان می نامند.این نوع شوک معمولا در خطوط توزیع بخار و در حد فاصل میان شیرآلات ومصرف کننده ها رخ می دهد.در

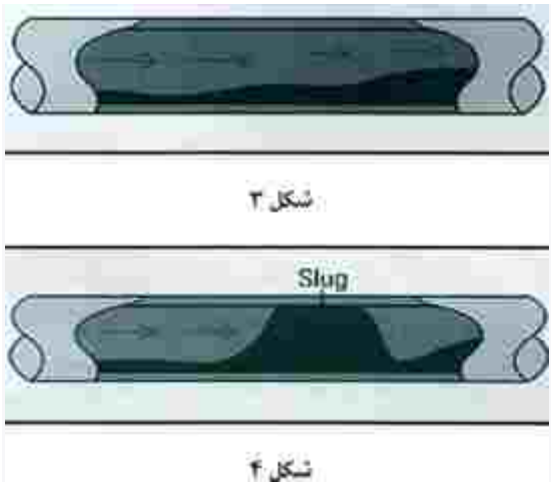
این حالت ، کاهش میزان مصرف کننده منجر به بسته شدن تقریبی شیرهای کنترلی دما - فشارشده وبخار محبوس شده در این فاصله(شیرکنترلی تا مصرف کننده)در اثر تبادل حرارت با محیط اطراف به کندانس تبدیل می شود.در هنگام شروع مجدد کار دستگاه ها ونیاز آنها به بخار ، باباز شدن شیرکنترل ، بخار با سرعت وفشار بالا وارد لوله شده وکندانس جمع شده را با شدت به سمت دستگاه ها وتجهیزات مصرف کننده می راند.حاصل این عمل ، برخورد شدید ستونی از آب با شتاب زیاد با قطعات داخلی تجهیزات ومصرف کننده ها (بروز پدیده ضربه چکش) می باشد.به طور مثال ترکیدگی لوله ها ویا در برخی موارد ایجاد شکستگی وترک بر روی بدنه (پوسته) مبدلهای حرارتی ناشی از این نوع ضربه چکش است.راه حل مناسب جهت جلوگیری ویا کاهش اینگونه ضربات چکش ناشی از شوک جریان ، انتخاب سایز دقیق ومنا سب شیرآلات کنترلی دما - فشار می باشد.شیرکنترلی با سایز تقریبا بزرگ (3) را در نظر بگیرید که در هنگام باز وبسته شدن خود ، حجم قابل ملاحظه ای از بخار را در سرعت وفشار بالا وارد خط می کند.بنابراین انتخاب دقیق سایز مناسب اینگونه شیرآلات جهت کاهش باز وبسته شدن آنها وکاهش تغییرات در میزان جریان بخار ورودی ، امری ضروری است .بر طبق استاندارد ، شرایط صحیح کارکرداینگونه شیر آلات بصورت نیمه باز بوده وفقط در زمانهای لازم وبا توجه به میزان مصرف ، اندکی از حالت اولیه خود تغییر وضعیت (اندکی بازیا بسته)می دهند.باید توجه داشت که نصب تله بخار با ظرفیت وسایز مناسب در ورودی سیستم قبل از شیر کنترل بخار و در خروجی مصرف کننده ها نیز جهت تخلیه کامل وبموقع کندانس تشکیلی ، لازم الاجراست.

بخش سوم:

(3شوک اختلاف فشار:

این نوع شوک مختص لوله های برگشت کندانس بوده وعموما در کلکتورهای اصلی جمع کننده کندانس اعمال می شود.می دانید که اگر کندانس فشاربالا ، بطور مستقیم به فضای آزاد(اتمسفریک) ویا به لوله ای با فشار بسیار کمتر وارد شود ، بدلیل افت فشار زیاد(بیش از 4بار) ، حجم زیادی از آن در شرایط دما ثابت تغییر فاز داده ومستقیما به بخار تبدیل می شود ، که به این بخار در اصطلاح بخار فلاش گفته می شود.بخار فلاش با سرعت وشتابی 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)وفضای کافی برای جریان بخار فلاش بوجود آمده در لوله فراهم نباشد (لوله کاملا مملو از کندانس باشد) ، تغییر حجم ناگهانی وسرعت بالای آن فشاری را بر ستونهای متحرک آب وارد کرده وباعث رانده شدن حجم زیادی از کندانس در امتداد لوله می شود.این حرکت شتابدار آب که اصطلاحا به حرکت پیستونی معروف است در امتداد جریان خود به مرور بر جرم وسرعت افزوده واندازه حرکت (ممنتوم) بسیار بالایی را در خود ذخیره می کند و در هنگام تغییر مسیر ناگهانی در زانو - سه راه ویا توقف توسط شیرآلات قطع ووصل ، ضربه چکش را بر سیستم واتصالات آن وارد می آورد.

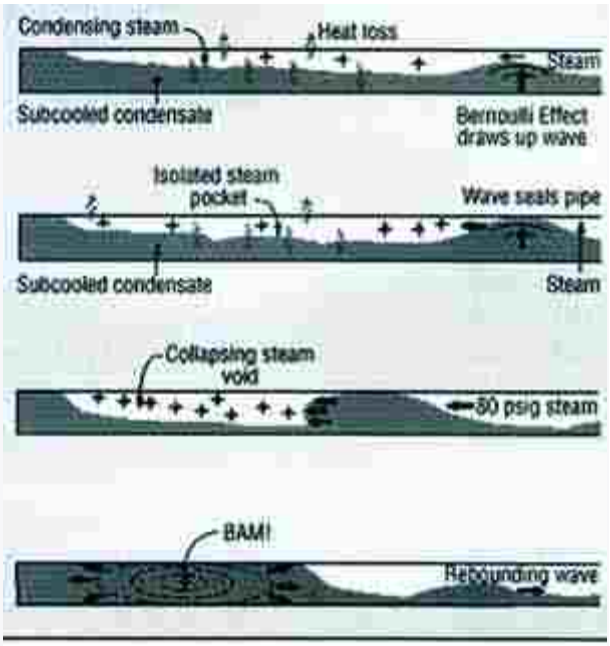
همانطور که میدانید در شرایط دو فازی در داخل سیستمها ، کندانس بدلیل داشتن جرم حجمی بالاتر در سطح زیرین لوله حرکت کرده وبخار در فضای خالی بالای آن جریان دارد.بنابراین یکی از مهمترین مسائل در طراحی سیستمها ، انتخاب سایز مناسب ودقیق لوله های برگشت کندانس با درنظر گرفتن فضایی مناسب جهت جلوگیری از بروز ضربه چکش ناشی از اختلاف فشار می باشد.لازم به ذکر است تا زمانی که ارتفاع ستونهای کندانس در حال حرکت به سطح بالایی لوله نرسد(شکل3) ، مسیر لازم جهت عبور بخار فلاش فراهم می باشد وپدیده ضربه چکش به وقوع نمی پیوندد.



به محض اینکه ستونهای آب تشکیلی در اثر افزایش میزان کندانس ، سطح بالایی لوله را لمس کنن(شکل4) ، در این صورت مسیر گذر بخار فلاش بسته شده وبخار فلاش برای حرکت بر پشت ستونهای آب فشار وارد کرده وآنها را با شتاب به سمت جلو رانده وباعث بروز ضربه چکش می شود.بنابراین انتخاب سایزهای بالاتر برای لوله های برگشت کندانس ارجح می باشد.علاوه برآن ، عدم اختلاط کندانس لوله هایی با اختلاف فشار زیاد نسبت به یکدیگر ، در کاهش این پدیده بسیار موثر است.

(4شوک دمایی:

این شوک نیز همانند شوک ناشی از اختلاف فشار ، فقط در خطوط برگشت کندانس رخ داده وبسیار مخرب است.عموما در لوله ها با شرایط دو فازی ، بدلیل آشفتگی جریان کندانس که بر اثر ورود ناگهانی کندانسهای نواحی مختلف وتشکیل بخار فلاش پدید می آید ، همواره حجمی از بخار توسط کندانسهای اطراف احاطه ومحبوس می شود.این حجم احاطه شده بصورت مجموعه ای متمرکز از حبابهای ریز ، در داخل کندانس غوطه ور می شود.در این شرایط کندانسهای موجود ، بدلیل داشتن اختلاف دما ، حبابهای بخار فلاش را سرد کرده وبه سرعت باعث متلاشی شدن وتغییرفاز آنها می شوند.از طرفی جرم مشخصی از آب در فاز بخار فضایی در حدود1/6 برابر فضای اشغالی خود در فاز مایع را به خود اختصاص می دهد.بنابراین متلاشی شدن ناگهانی حبابهای بخار در اثر انتقال حرارت خود با کندانسهای اطراف ، فضایی خالی را در داخل کندانس بوجود می آورد.در این حالت کندانسهای موجود در اطراف فضای خالی ، در اثر خلاء نسبی پدید آمده ناشی از تغییر حجم بخار ، با شتاب وسرعت بسیار بالا و از تمامی جهات برای پرکردن این فضای خالی ، به سمت آن هجوم آورده واین امر منجر به برخورد امواج مغشوش وشتابدار کندانس با یکدیگر ، ایجاد ضربه وتولید صدای شدید ونهایتا وارد آمدن ضربه چکشی موضعی از محل برخورد امواج بر سیستم می شود.



شکل ۵ : نحوه وقوع ضربه چکش در خطوط کندانس بر اثر شوک دمایی

تنها راه جلوگیری ویا کاهش میزان این برخوردها انجام صحیح لوله کشی خطوط کندانس و رعایت نکات انشعاب گیری در آنهاست همانطور که در شکل5 مشخص است ، واریز کندانسهای جمع آوری شده از نقاط مختلف به کلکتور اصلی کندانس ، حتما باید از قسمت فوقانی کلکتور صورت گیرد و در غیر اینصورت اگر این عمل از سطح میانی ویا سطح زیرین کلکتور انجام پذیرد ، همواره مقدار زیادی بخار فلاش مستقیما به درون کندانسهای سرد تزریق شده ومسائلی از قبیل ایجاد آشفتگی در جریان کندانس ، ایجاد شوک دمایی وبروز ضربه چکش در سیستم را بهمراه دارد.