

# روشی نوین برای بهره‌برداری بهینه از برج خنک‌کننده در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی

احسان جعفریان\*

کارشناسی ارشد مهندسی شیمی، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان

نویسنده مسئول ایمیل: emalekshah72@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۱۲

## چکیده

در این پژوهش نحوه عملکرد یک نمونه برج خنک‌کننده ارزیابی و بررسی شده است. همان‌طور که می‌دانیم، یکی از پارامترهای مهم در بحث خوردگی اکسیژنی مربوط به صنایع پالایش، گاز و پتروشیمی، میزان اکسیژن محلول در آب است. به‌طور اساسی هرچه میزان این پارامتر تقلیل یابد، نقش مؤثری در بهبود عملکرد سیستم‌های خنک‌کاری، نظیر مبدل‌های حرارتی، برج‌های خنک‌کننده خواهد داشت. بر این اساس، در این طرح با استفاده از یک برج خنک‌کننده در مقیاس پایلوت، مقدار اکسیژن محلول در آب حوضچه این برج در دو حالت بدون استفاده از توپ و همراه با توپ، محاسبه و مقایسه شده است؛ به این ترتیب که با شناورسازی توپ‌های پینگ‌پنگ با رنگ مشکی روی سطح آب حوضچه در برج مذکور، نوعی مقاومت در برابر نور خورشید و همچنین در برابر برخورد مستقیم قطرات آب خنک‌شده از قسمت فوقانی برج به سمت حوضچه ایجاد شد. نتایج حاصل از این تحقیق مربوط به حالتی که از توپ استفاده شده است، بیانگر کاهش میزان DO<sup>۱</sup> در شرایط یکسان (دمای °C ۲۳ و فشار ۱ atm)، از ۸/۶ mg/l به ۶/۵ mg/l است. این مقدار (۶/۵ mg/l)، در حالت واقعی بهره‌برداری از یک برج خنک‌کننده در دمای حدود °C ۳۰ می‌تواند بیشتر کاهش یابد. کاهش این پارامتر (DO) اثر مثبتی بر کاهش فعالیت باکتری‌های هوازی و قارچ‌ها خواهد داشت. همچنین قرار گرفتن این توپ‌ها در کنار هم بر روی سطح آب حوضچه، میزان نور مورد نیاز قارچ‌ها برای انجام عمل فتوسنتز را کاهش می‌دهد و از شدت رشدشان به‌شکلی مطلوب می‌کاهد. علاوه بر این، هرچه مقدار اکسیژن محلول در آب کاهش یابد، در مقیاس صنعتی می‌تواند منجر به کاهش مصرف مواد شیمیایی تزریقی به آب Basing شود.

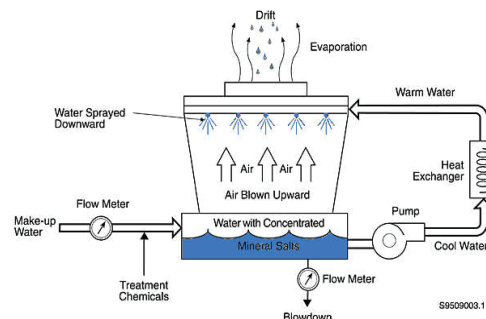
کلمات کلیدی: برج خنک‌کننده، خوردگی اکسیژنی، اکسیژن محلول، باکتری‌های هوازی، فتوسنتز.

## ۱. مقدمه

در واحدهای فرایندی نظیر پتروشیمی، پالایش و گاز، مبدل‌های حرارتی فراوانی وجود دارند که از آب به‌عنوان خنک‌کننده استفاده می‌کنند [۱]. در این واحدها برخی تجهیزات همراه با تولید حرارت وجود دارند، نظیر رآکتورهای شیمیایی که در آن‌ها واکنش‌های شیمیایی گرمازا اتفاق می‌افتند و لازم است حرارت را به‌نحوی از سیستم خارج کنند. این عمل را برج‌های خنک‌کننده انجام می‌دهند [۲]. در برج‌های خنک‌کننده مطابق (شکل ۱)، آب گرم‌شده خروجی از کندانسورها و سایر تجهیزات واحد فرایندی به بالای این برج تغذیه می‌شود و به قطرات ریز تبدیل می‌شود [۳]. هوا از پایین برج یا عمود بر جهت جریان آب به‌سمت بالا جریان می‌یابد و پس از خنک‌شدن مؤثر آب، هوای گرم‌شده خروجی، از بالای برج وارد جو می‌شود. همچنین برای جلوگیری از فرار ذرات

1. Dissolved Oxygen.

آب با هوا، در بالای برج خنک کننده از قطره گیرها<sup>۱</sup> استفاده می شود [۴]. در واقع برج خنک کننده دمای آب را به شکلی کاهش می دهد که می توان آن (آب) را در تجهیزات تبادل گر حرارتی، مخلوط کن ها و ... استفاده کرد [۵] (شکل ۱).



شکل ۱. شماتیک کلی یک برج خنک کننده [۵]

بسیاری از تجهیزات فرایندی نظیر مبدل های حرارتی از جنس فولاد غیرمقاوم در معرض خوردگی اکسیژنی قرار دارند؛ از این رو شدت خوردگی در تجهیزات فلزی (به خصوص تجهیزات از جنس آهن) و بسیاری از آلیاژهای غیرمقاوم به میزان اکسیژن محلول در آب بستگی دارد. هرچه میزان اکسیژن محلول در آب بیشتر باشد، بر شدت آن افزوده می شود. همچنین در سیستم های خنک کننده، سه عامل همراه با هم تشکیل پدیده خوردگی را می دهند که این سه عامل شامل آند، کاتد و الکترولیت هستند. در صورتی که یکی از این سه عامل را بتوان به طور کامل از سیستم حذف کرد، خوردگی شکل نمی گیرد. برای جلوگیری از خوردگی می توان از مواد بازدارنده نظیر پلی فسفات ها، نیتريت ها، کرومات ها و ... استفاده کرد که روی سطح آند یا کاتد لایه محافظ تشکیل می دهند. همچنین هرچه میزان اکسیژن محلول در آب افزایش یابد، برای رشد باکتری های هوازی و قارچ ها بستر بیشتری فراهم می شود. در واقع این مواد (باکتری های هوازی و قارچ ها) انرژی مورد نیازشان برای رشد را از طریق ترکیب شدن با اکسیژن به وسیله مواد آلی به دست می آورند. رشد هرچه بیشتر باکتری ها، رابطه مستقیمی با تشکیل رسوبات بیولوژیکی دارد [۶]. در این پژوهش نیز گام هایی برای بهره برداری بهینه از سیستم خنک کننده آب برداشته شده است؛ به این ترتیب که با استفاده از تعدادی توپ پینگ پنگ تیره رنگ و شناور سازی این توپ ها روی سطح آب موجود در حوضچه یک برج خنک کننده، اقدام به ایجاد مانعی در برابر برخورد نور خورشید با آب درون حوضچه و همچنین برخورد مستقیم قطرات

1. Drift Eliminator.

ریز آب خنک کاری شده با هوا شده که از قسمت فوقانی برج به سمت پایین (حوضچه) هدایت می شود. در بخش های بعدی بیشتر به آن پرداخته شده است.

## ۲. روش کار

در این تحقیق ابتدا با بهره گیری از وسایلی چون مخزن آب، هیتر حرارتی، آب شهری، پمپ آب، سیستم های لوله کشی و یک نمونه ساده از برج خنک کننده و توپ های پینگ پنگ با هدف بررسی میزان اکسیژن محلول در آب حوضچه این برج طی دو مرحله، اقدام به انجام آزمایش در مقیاس پایلوت کرده ایم. در مرحله اول، پس از گذشت حدود ۱۵ دقیقه از شروع فرایند و پایداری سیستم، ضمن نمونه برداری از آب موجود در حوضچه، میزان اکسیژن محلول  $1/6 \text{ mg/l}$  در شرایط دمایی  $23^\circ \text{C}$  و فشار  $1 \text{ atm}$  محاسبه شد. همان طور که از پیش نیز شرح داده شد، هرچه مقدار این پارامتر در آب کمتر باشد، بهتر است؛ زیرا در مقیاس صنعتی کاهش DO موجود در آب می تواند نقش بسیار مؤثری در کاهش خوردگی تجهیزات موجود در واحد صنعتی و همچنین مختل کردن یا کاهش رشد میکروارگانیسم ها و قارچ ها به دنبال داشته باشد.

(شکل ۲) نمونه ساده ای از یک برج خنک کننده است که در این طرح استفاده شده است.



شکل ۲. نمونه یک برج خنک کننده ساده بدون استفاده از توپ پینگ پنگ

در مرحله بعد، به سبب افزودن تعدادی توپ به آب حوضچه برج خنک کننده، همان طور که قبلاً نیز شرح داده شد، نوعی حفاظت در برابر نور خورشید و قطرات آب خنک شده ایجاد می شود که این، خود منجر به تغییراتی در ضریب شکست نور از محیط رقیق تر (اتمسفر) به محیط غلیظ (آب) می شود.

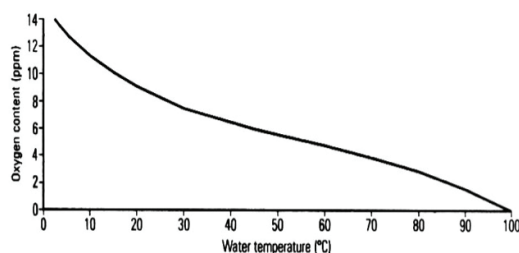
### ۳. نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اهدافی در راستای بهره‌برداری بهینه‌تر از سیستم خنک‌کننده آب در مقیاس آزمایشگاهی دنبال شد. در این طرح مشخص شد که استفاده از توپ‌های پینگ‌پنگ مشکلی‌رنگ می‌تواند منجر به کاهش اکسیژن محلول در آب و کاهش نور موجود در حوضچه، به سبب ایجاد نوعی مقاومت یا مانع شود. به کارگیری و شناورسازی این توپ‌ها در حوضچه برج خنک‌کننده، منجر به کاهش میزان اکسیژن محلول در آب در دمای  $23^{\circ}\text{C}$  و فشار ۱ atm از  $8/6\text{ mg/l}$  به  $6/5\text{ mg/l}$  شد که این، خود می‌تواند ضمن کاهش خوردگی در حد مطلوب، منجر به کاهش مصرف مواد شیمیایی تزریقی به آب Basing برج خنک‌کننده شود. کاهش نور نیز همان‌طور که در بخش‌های پیشین شرح داده شد، در کاهش رشد قارچ‌ها در حوضچه‌های جمع‌آوری تا حدی زیادی اثرگذار خواهد بود. اجرای این طرح در مقیاس صنعتی با توجه کاهش حلالیت اکسیژن در آب با افزایش دما در شرایط اتمسفری، می‌تواند در کاهش خوردگی نقش چشمگیرتری داشته باشد.

### ۴. مراجع

- [1]. Hayashi, K., Tateno, S., & Matsuyama, H. (2019). Optimization of Maintenance Management of Industrial Water Heat Exchangers and Water Treatment. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 52(1), 121-129.
- [۲]. معتمد پ، «برج‌های خنک‌کننده»، شرکت ره‌آوران فنون پتروشیمی، ۱۳۸۴، ص ۴.
- [3]. Aquaprox. (n.d). Cooling water treatment) Springer.
- [4]. Sai, B. Bhavani, et al. (2013). "Design of Cooling Tower. *International Journal of Scientific & Engineering Research*", 4.5: 1560.
- [5]. Alton J. Mathie. (1998). Chemical treatment for cooling water. Prentice Hall.
- [۶]. برفی‌پور ا، عملکرد برج‌های خنک‌کننده، الیاس، چ ۱، ۱۳۹۶.
- [۷]. فاضل ع و پ ابراهیمی، «مرجع کاربردی بویلرهای آب گرم و بخار صنعتی»، نوآور، چ ۳، ۱۳۹۷، ص ۱۹۸.

به‌طور کلی، کاهش نور در حوضچه آب تأثیر مطلوبی در کاهش رشد قارچ‌ها به دنبال دارد [۷]. علاوه بر این، به‌علت مقاومت ایجادشده در برابر برخورد مستقیم قطرات آب رهاشده با سطح آب حوضچه، انتظار می‌رود که میزان DO موجود در آب نیز به‌طور مؤثری کاهش یابد. به همین علت در این مرحله همان‌طور که از (شکل ۴) نیز مشخص است، مقدار پارامتر DO آب حوضچه نیز در آزمایش جدید در دمای  $23^{\circ}\text{C}$ ،  $6/5\text{ mg/l}$  محاسبه شد که این مقدار ( $6/5$ )، بر اساس نمودار موجود در (شکل ۳)، در دمای نزدیک به  $40^{\circ}\text{C}$  حاصل می‌شود. بنابراین، اجرای این طرح در دمای نزدیک به  $30^{\circ}\text{C}$  که دمای مناسب یک برج خنک‌کننده در مقیاس صنعتی است، می‌تواند با توجه به (شکل ۳)، که افزایش دما منجر به کاهش حلالیت اکسیژن محلول در آب می‌شود، نقش مفیدتری در راستای کاهش پارامتر DO نسبت به انجام آزمایش در دماهای پایین‌تر ( $23^{\circ}\text{C}$ ) داشته باشد.



شکل ۳. میزان اکسیژن محلول در آب در دماهای مختلف و فشار اتمسفری [۷]



شکل ۴. نمونه یک برج خنک‌کننده ساده به همراه توپ‌های پینگ‌پنگ



# A New Method for Optimal Operation of a Cooling Tower in The Oil, Gas and Petrochemical Industries

Ehsan Jafarian\*

MSc in Chemical Engineering, Department of Chemical Engineering, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran

Corresponding Author, Email: ehsan57@pgs.usb.ac.ir

## Abstract

*In this research, the performance of a water cooling tower has been evaluated. As we know, one of the most important parameters in the discussion of oxygen corrosion in the refining, gas and petrochemical industries is the amount of dissolved oxygen in water. Basically, the lower this parameter will have an effective role in improving the performance of cooling systems such as heat exchangers, cooling towers. Accordingly, in this project, using a pilot scale cooling tower, we compared and compared the amount of water-soluble oxygen in the pond of this tower in two non-use balls and with a ball. It was created by floating black ping pong balls on the surface of the pond of the tower; a kind of resistance to sunlight, and also against the direct collision of water drips from the upper part of the tower toward the pond. The results of this study related to the condition of the ball used indicate a decrease in DO in the same conditions (temperature of 23°C and atm1) from 8.6 mg/l to 6.5 mg/l. This amount (6.5mg/l), in real mode, the operation of a cooling tower at a temperature of about 30°C can be further reduced. Reducing this parameter (DO) will have a positive effect on reducing the activity of aerobic bacteria and fungi. Also, placing these balls together on the water surface of the pond decreases the amount of light required by the fungi to perform the photosynthesis operation and reduces their growth intensity in a desirable manner. In addition, the lower the amount of dissolved oxygen in water, the industrial scale can reduce the consumption of injectable chemicals into water.*

**Keywords:** Cooling Tower; Oxygen Corrosion, Dissolved Oxygen, Aerobic Bacteria, Photosynthesis.

