

معالجة مياه الفضلات الصناعية بعمليات الأكسدة المتقدمة باستخدام الأوزون

ظاهر عبدالقادر عبو¹، وليد محمد شيت العبدريه² و حسين حبيب حميد³

طالب ماجستير / قسم الهندسة المدنية /

قسم هندسة البيئة / كلية الهندسة / جامعة تكريت

/ الكلية التقنية الشمالية -

فبراير :

الخلاصة

تعد عمليات الأكسدة المتقدمة من الطرائق الكيميائية المهمة في معالجة مياه الفضلات الصناعية . تم خلال هذه الدراسة استخدام عمليات الأكسدة المتقدمة في معالجة مياه الفضلات الصناعية (COD) (O_3) نظام المفاعل الفقاعية Semi batch bubble column اذ تم استخدام خمسة تراكيز من الأوزون وهي على التوالي (96, 192, 288, 384, 480)mg/L.hr وتم تثبيت بقية ظروف المعالجة (pH) عند افضل الظروف لهما حيث جة مياه الفضلات الصناعية فقد كانت كفاءة (10 , 23C^o) .
دقيقة باستخدام تركيز الأوزون 480mg/L.hr بينما كانت كفاءة ازالة اللون 70.73% COD
دقيقة باستخدام تركيز الأوزون 384mg/L.hr كما بينت الدراسة ان استخدام عمليات المعالجة يادة قيمة TDS ولجميع تراكيز الأوزون المستخدمة .

الكلمات الدالة: COD Azo reactive Red 120 عمليات الأكسدة المتقدمة TDS مياه الفضلات الصناعية.

المقدمة

المحيطة (-) دقيقة عندما يذوب في الماء عند pH7 (OH^{*}) التي تبلغ ميكرو ثانية Actis (Grande, G.2015) . ونظرا لكون عمر النصف لجزيئة الأوزون في الماء قليلة (Mehrijouei, M.2012) من جهة وغير مستقرة من جهة اخرى لذا يجب ان تولد () الأوزون عند نقطة التطبيق لاستخدامه لأغراض المعالجة (Puspita, P., 2012).
فاعة نقل غاز الأوزون من المرحلة الغازية الى السائل بشكل رئيسي على المحددات الفيزيائية مثل ()

الجزيئي للأوزون والشكل الهندسي للمفاعل geometry of (reactor) والعوامل الكيميائية مثل pH القوة الأيونية Ionic strength تركيب المحلول المائي وغيرها (Liopis, A.J., 2015; Kuosa, M., 2008)

(Mehrijouei, M.2012).

وقد تم استخدام العديد من الاساليب لنقل الأوزون من المرحلة الغازية الى المرحد packed and plat columns bubble columns static mixers الاوعية المتحركة jet reactors agitated vessels (Gogate, P. R., 2004; Gottschalk, C., 2000)

الميزة الرئيسية في استخدام الأوزون في معالجة مياه الفضلات هي انه يمكن تطبيقه بشكل مباشر في حالته الغازية وبالتالي لا يزيد من حجم مياه الفضلات والحماة. وعادة عملية العضوية الى الماء وثاني اوكسيد الكربون لكن يؤدي الى تشكيل منتجات الأكسدة الجزيئية مثل الاحماض العضوية organic acids الدهيدات aldehydes و الكيتونات ketones (Hassaan, M.A., 2017; MORALI, E. K.2010; Sundrarajan, M., 2007)
ومن المعروف ان الأوزون عامل مؤكسد قوي يبلغ طاقة اكسده E=2.07V وقادر على تشكيل مؤكسد اكثر قوة وغير انتقائية من الجذور الهيدروكسيلية (OH^{*}) اكسدها Eo=2.8V. عند قيم درجة الحموضة القلوية وبسبب هذه الطاقة العالية للأكسدة للأوزون ان يحلل وبفعالية الحلقات العطرية للصبغات مما يؤدي الى ازالة اللون (MORALI, E. K., 2010).

pH التركيب الكيميائي للصبغة التركيز الأولي للمادة العضوية diffusers يؤثر على كفاءة نقل كتلة غاز الأوزون من المرحلة الغازية (Actis Grande, G., 2015) ()

* Corresponding author:
Dr. Waleed M. Sheet Alabdraba
✉ walabdraba@yahoo.com

الجذرية radical chain ويسمى أيضا خطوة الانتشار (propagation) والنهائية (Liopis, A.J., termination) (2015).

(Yasar, A., 2007).

COD واللون من مياه الفضلات الصناعية حيث بلغت

COD 67%, 68%

COD pH=8 pH=9

92%.94% فيما استخدم الباحث

(Turhan, K., 2012)

Methylene Blue (MB) من مياه الفضلات الصناعية

حيث بلغت كفاءة ازالة كل من COD 100%,

643.96% pH=12 (Che

Zulzikrami Azner , 2015)

(R120) (Azo reactive Red 120)

المحاليل المائية اذ بلغت كفاءة ازالة الصبغة 100% 58%

COD 20min pH=11

(Multani Shah, 2014)

COD واللون من مياه الفضلات الصناعية لصناعة الاصبغ

Reactive Green-19

(RG19) 99.68% (RG19)

COD 82%

ان الهدف من هذا البحث هو دراسة تأثير تركيز الاوزون

COD واللون وعلى قيمة

TDS بعد اجراء عملية المعالجة لمياه الفضلات الصناعية .

(R120) (Azo reactive Red 120)

المواد وطرائق العمل:

خواص مياه الفضلات الصناعية

استخدام مياه مصنعة لإجراء التجارب من خلال اضافة

مواد ومركبات وعناصر مغذية كيميائية الى مياه الشرب

() يوضح خصائص ومواصفات مياه الفضلات

التي تم تصنيعها . () فيوضح تفاصيل الصبغة

الفحوصات المخبرية

تم قياس COD للمياه قبل اجراء عملية المعالجة وبعدها

بموجب الطريقة القياسية المعتمدة في معالجة المياه والصرف

الصحي وتم الاعتماد على طريقة Closed Reflux

Colorimetric Method (5220 D)

(APHA, 1998) . بينما تم قياس اللون كقيم الامتصاصية

475nm باستخدام جهاز

Spectrophotometer وقد تم التعبير عن نسبة ازالة اللون

كنسبة مئوية من انخفاض الامتصاصية عند الطول الموجي

475nm المتعلقة بالامتصاصية الاولى المقاسة عند الطول

الموجي نفسه (Singh, S. S., 2012). فيما تم قياس TDS

EC باستخدام جهاز TDS and EC meter . اما قياس

pH فتم باستخدام جهاز pH meter .

وبصفة عامة يتم زيادة كفاءة نقل الاوزون من خلال زيادة (تقليل حجم الفقاعة) وزيادة معدل تدفق الغاز

وزيادة وقت الاتصال بين الغاز و مياه الفضلات الصحية

واستخدام حلقة اعادة التدوير ذات نسبة اعادة تدوير عالية

(Alvares, A. B. C. 2001).

يمكن للأوزون ان يتفاعل مع المركبات من خلال احد

المسارين او كليهما في المحاليل المائية

بواسطة الاوزون الجزئي او الاكسدة غير المباشرة

للمركبات من خلال الجذور الحرة الهيدروكسيلية (OH^*)

(EPA., 1999)

ف الحامضية فان الاكسدة المباشرة مع الاوزون

الجزئي تكون مهيمنة بينما في ظل الظروف القاعدية للوسط

او عند التعرض للأشعة فوق البنفسجية و بيروكسيد

الهيدروجين يهيمن المسار غير المباشر من خلال انتاج

وتوليد جذور الهيدروكسيل الحرة (OH^*) حيث يبدأ الاكسدة

(OH) (Hoigne, J., 1976).

التفاعل المباشر مع جزئ الاوزون تفاعل انتقائي للغاية

(Liopis, A.J., $(1-10^6)M^{-1}S^{-1}$)

(2015) فعال وتنطوي على المواد التي لها كثافة الكترونية

عالية مع الاوزون و بانتقائية مهاجما الاواصر الغنية

بالإلكترونات غير المشبعة على سبيل المثال العطريات

والامينات

(Puspita, P., (Aromatic, Olefins and amines)

2012)

التفاعل غير المباشر من خلال جذور الهيدروكسيل

(OH^*) المتولدة من تحلل الاوزون التي يبذورها ويروج لها

ايون الهيدروكسيل (OH) اسرع بكثير

(OH^*) مؤكسد اقوى بكثير مقارنة مع

(Nilsson, F.2015). اذ ان معدل الهجوم من قبل

OH^*

الجزئي بمقدار (10^6-10^9) (Lucas, M.P.G.D.S.,

2009; Munter, 2001)

ويتأثر تشكيل (OH^*) بعمق بقيمة pH

بتركيز جذور نابش الفضلات (Scavengers)

(carbonate CO_3^{2-}) والبيكربونات

bicarbonate (HCO_3^-) (Nilsson, F.2015).

(Fajardo, A.S.D.S., 2011; Mico,

M. M.2010) . وتسود في الجزينات الاقل تفاعلا مثل

الهيدروكربونات الاليفاتية aliphatic hydrocarbons

الاحماض الكربوكسيلية carboxylic acids

(Penarroya, J.B.2007) البنزينات (benzenes)

وكلورو بنزينات (chloro benzenes)

(Lucas, M.P.G.D.S., 2009).

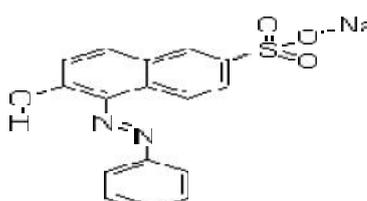
ان الية التفاعل غير المباشر للأوزون مع المركبات تمر

بسلسلة معقدة من التفاعلات ويمكن تقسيمها الى ثلاث

خطوات رئيسة (initiation)

المعامل	القيمة
الطلب الكيميائي للأوكسجين COD	1100 mg O ₂ / l
(TDS)	520 (mg/L)
الرقم الهيدروجيني (pH)	6.5
التوصيلية الكهربائية (EC)	1040 millisiemens/meter
تركيز الصبغة	60 mg/L
امتصاصية للصبغة Absorbance	0.45 at 475 nm Wave Length

جدول (١) خصائص مياه الفضلات المصنعة التي تم استخدامها لإجراء التجارب.

Name	Acid orange 12
CAS	1934-20-9
C.I. No.	C.I. 15970
Molecular Formula	C ₁₆ H ₁₁ N ₂ NaO ₄ S
Molecular Weight	350.3243 g/mol
UV absorption max	475 nm
Molecular Structure	

جدول (٢) تفاصيل الصبغة المستخدمة في التجارب وخصائصها.

الاوزون الى المفاعل بواسطة انابيب بلاستيكية ايضا ويتم تثبيت ناشر الاوزون diffuser في اسفل المفاعل حيث يمر الاوزون من خلاله الى المفاعل ويتم الاتصال والتفاعل مع مياه الفضلات المراد معالجته. () يوضح مخططا

وصف التجربة

تم استخدام جهاز نوع (1VTTL) لتوليد غاز الاوزون بينما تم استخدام المفاعل الفقاعية وهي عبارة عن اسطوانة زجاجية ذات قطر الاسطوانة لغاية () ومن المهم ادخال الاوزون الى العملية بأكثر الطرائق كفاءة

حركية (kinetic)

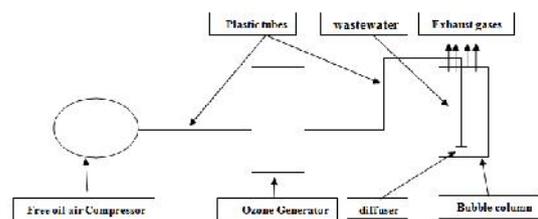
(Ro sal, R.2006;

Shin, W. T.; Chu, L.2007)

تزداد من خلال زيادة المساحة السطحية لفقاعات الاوزون وذلك من خلال توليد فقاعات صغيرة جدا (Mitani, M. (2005) لذلك تم استخدام مناشير (Diffuser) غاز الاوزون وعمل فقاعات صغيرة الحجم ومتجانسة لزيادة المساحة السطحية المتلامسة بين الاوزون ومياه الفضلات المراد معالجتها.

Semi batch bubble column ويتألف هذا النظام من جهاز لتوليد الاوزون باستخدام طريقة تدفق الاكليل Corona discharge (Ozomax)

متصل بواسطة انابيب بلاستيكية بمضخة هواء نوع Free oil لتزويد الجهاز بالهواء النقي الخالي من الزيوت ويتم نقل غاز الاوزون المتولد من جهاز توليد



الشكل (١) مخطط توضيحي لنظام المفاعل.

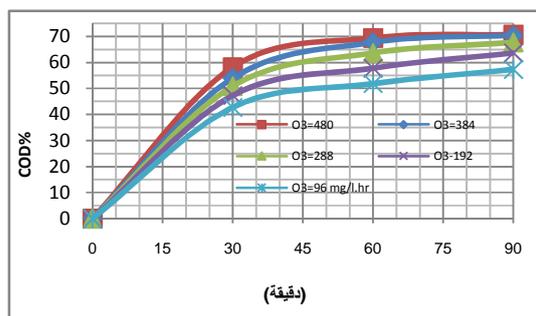
طريقة العمل

تم خطوات العمل لعمليات الاكسدة حسب الخطوات المدرجة

يتم تحضير المياه الملوثة وذلك بإضافة المواد والمركبات والمغذيات الى مياه الشرب ويمزج جيدا حتى يتم اذابة

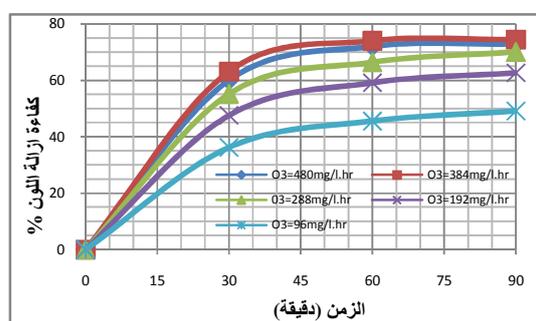
HO_2^* الذي يسبب انتهاء تفاعلات السلسلة .
 COD هو ان ازالة اللون
 .COD
 COD بعملية الاكسدة بالأوزون اقل كفاءة
 (Hassaan, M. A.2017;
 MORALI, E. K.2010). كما ان هذا الاختلاف قد يكون
 ناجما عن الاختلاف في التركيز الاولي لكل من COD
 والصبغة او بسبب الاختلاف في الخواص الكيميائية
 والفيزيائية لكل من مواد الصبغة والمواد العضوية التي تعطي
 COD (Huang,2010; Andreozzi, R.1999).
 هذه النتائج مع ما توصل اليه (Yasar.A,2007)
 68% pH=9 .
 تأثير عملية الاكسدة بالأوزون على قيمة TDS
 () نجد ان قيمة TDS زداد مع زيادة جرعة
 . ان قيمة TDS الاولية قبل اجراء عملية
 520mg/L . وان السبب في زيادة قيمة TDS يعود
 منها اضافة محلول هيدروكسيد الصوديوم
 لغرض تعديل قيمة pH وكذلك نتيجة لتمعدن بعض المواد
 العضوية خلال عملية الاكسدة الى ماء وثاني اوكسيد الكربون
 واملاح المعادن غير العضوية الذائبة في مياه الف
 (Bolton, J. R.2001; Pignatello, J. J.1992).
 انه مع زيادة كفاءة ازالة المواد العضوية خلال عملية الاكسدة
 زداد قيمة TDS وبالرغم من ان عملية الاكسدة
 تزيل بعض المواد الصلبة الذائبة TDS
 مقدار الزيادة في TDS نتيجة للأسباب التي تم ذكرها
 من كمية TDS زيلها عملية الاكسدة وبالنتيجة النهائية
 زيادة قيمة TDS . كما ونجد ان ميل المنحني يكون عاليا عند
 288)mg/L.hr (96 - وبعدها
 يقل تدريجيا . مما يدل على ان سرعة الزيادة في قيمة TDS
 يكون عاليا لغاية الجرعة / ساعة وبعدها
 يكون مقدار الزيادة في قيمة TDS قليلا بسبب وجود
 الأوزون الفائض عن حاجة المواد العضوية.
 ولمعرفة تأثير عامل الزمن على كفاءة ازالة COD
 () ومنها
 تزداد مع زيادة زمن ا كما نلاحظ ان عملية الاكسدة
 تتم بكفاءة عالية جدا خلال الدقائق 30 (ميل المنحني
) بسبب فعالية الأوزون العالية.
 الزيادة في عملية الاكسدة تدريجيا بعد ذلك (يقال ميل المنحني)
 بسبب استفاد الأوزون نتيجة لتوليد OH^*
 مع المواد العضوية .لحين الوصول الى الدقيقة 60
 تستمر عملية الاكسدة وتستمر كفاءة الازالة بالارتفاع ولكن
 جدا وخاصة بالنسبة لتركيزي الأوزون , 384
 480)mg/L.hr
 لدراسة تأثير عامل الزمن على كفاءة ازالة اللون خلال
 عمليات الاكسدة بالأوزون ن
 ()
 عملية الاكسدة ()
 سريعة جدا الى ان تصل الى الدقيقة كون ميل المنحني
 عالي . وبعد الدقيقة تستمر عملية الاكسدة الا انها
 سرعتها في الدقائق التي قبلها الى ان تصل
 الى الدقيقة تتوقف عملية تحلل جزيئات الصبغات هذه

يتم تثبيت المعلمات التي لا يتم دراسة تأثيرها مثل درجة
 pH حيث
 23°C اما قيمة pH
 فقد تم تثبيته عند 10 .
 يتم تعديل قيمة pH 6.5 10
 قطرات من محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)
 ركيز 4000mg/L الى المياه الملوثة
 الى ان يصبح قيمة pH مساويا ل 10 .
 يتم اضافة
 () وبعد تعديل قيمة pH
 يتم تشغيل مضخة الهواء وجهاز توليد الأوزون ومعايرة
 جهاز توليد الأوزون ليتم ضخ الكمية المطلوبة من
 الأوزون الى المفاعل حيث يبدأ التفاعل.
 تستمر العملية لمدة دقيقة يتم اخذ العينات
 () دقيقة لغرض اجراء الفحوصات
 (COD , Absorbance , TDS , EC ,
 pH).
 بعد انتهاء مدة المعالجة البالغة دقيقة يتم اطفاء جهاز
 توليد الأوزون و مضخة الهواء ويفرغ المفاعل من المياه
 ويغسل جيدا بالماء المقطر.
 عاد الخطوات السابقة لإجراء بقية التجارب وهكذا الى
 ان يتم انتهاء جميع التجارب.
النتائج والمناقشة:
 () يوضح تأثير تغير تركيز الأوزون على كفاءة
 COD
 COD زداد مع زيادة تركيز الأوزون وتصل اعلى قيمة
 لها عند تركيز الأوزون /
 70.73% . كما ونلاحظ ان سرعة الزيادة في كفاءة ازالة
 COD (96-384)mg/L.hr
 كون كبير (اي ان ميل المنحني عال) بينما بعد جرعة
 384mg/L.hr ولغاية 480mg/L.hr
 سرعة الزيادة في كفاءة ازالة COD كون قليلا (ميل
 المنحني قليل جدا). وان سبب حدوث هذه الظاهرة هو ان
 المواد العضوية تستهلك كامل جرعة الأوزون عند التراكيز
 بينما في التراكيز العالية من الأوزون فان وجود
 الأوزون الزائد عن حاجة المواد العضوية يؤدي الى زيادة في
 توليد الجذور الحرة وبالتالي يثبط من فعالية الأوزون
 (Gottschalk, C. 2000). ان هذه النتائج تتفق مع ما
 توصل اليه (MORALI, E. K.2010;
 Huang,2010)
 تأثير تركيز الأوزون على كفاءة ازالة اللون نتابع
 () حيث نجد ان كفاءة ازالة اللون زداد تدريجيا مع
 زيادة جرعة الأوزون الى ان تصل الى اعلى قيمة لها والتي
 384mg/L (74.44%) وبعدها
 بدا الكفاءة بالهبوط ان السبب في انخفاض الكفاءة بعد جرعة
 384mg/L.hr هو وجود الأوزون الفائض الذي
 يولد المزيد من OH^* يتفاعل مع بعض المواد
 العضوية وغير العضوية مكونا جذور ثانوية ضعيفة مما
 يؤدي الى انتهاء تفاعلات السلسلة وتثبيت تحلل الأوزون
 OH^* (Liopis, A.J.2015)

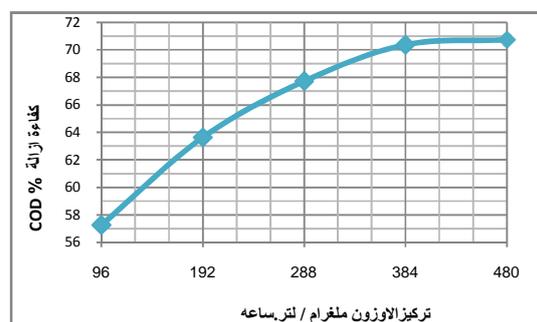


الشكل (٥) تأثير زمن COD خلال عملية

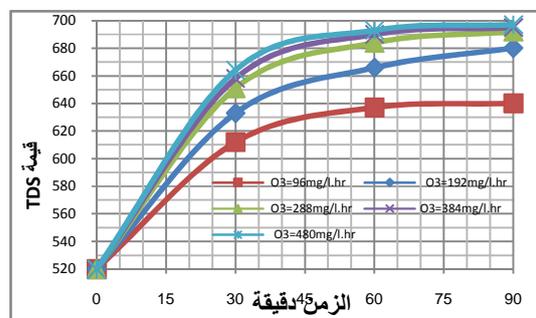
اي ان الزمن اللازم لإزالة اللون هي (384,480)mg/L.hr. اي ان الزمن اللازم لإزالة اللون هي 70 دقيقة باستخدام تركيزي الاوزون (384,480)mg/L.hr (69.09, 70.36)% اما بالنسبة لبقية جرع الاوزون فان عملية الاكسدة تستمر دون توقف حتى الدقيقة ولمعرفة تأثير زمن التفاعل على قيمة TDS () ومن الشكل نلاحظ ان قيم TDS الا ان الزيادة الكبيرة في قيمة TDS دقيقة وبعدها يقل مقدار الزيادة تدريجيا لحين الوصول الى الدقيقة وبعد الدقيقة تستمر الزيادة في قيمة TDS ولكن بشكل اقل بكثير عن الدقائق التي قبلها كون الزيادة طفيفة جدا لغاية الدقيقة



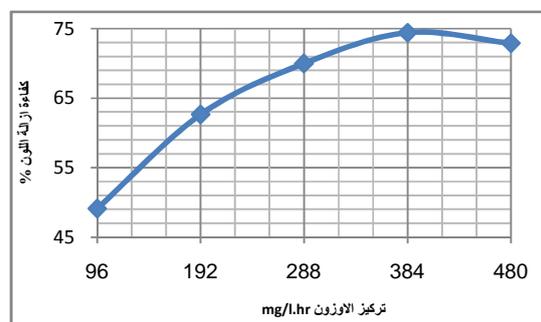
الشكل (٦) تأثير زمن على كفاءة ازالة اللون خلال عملية



الشكل (٧) تأثير تغير تركيز الاوزون على كفاءة ازالة COD.

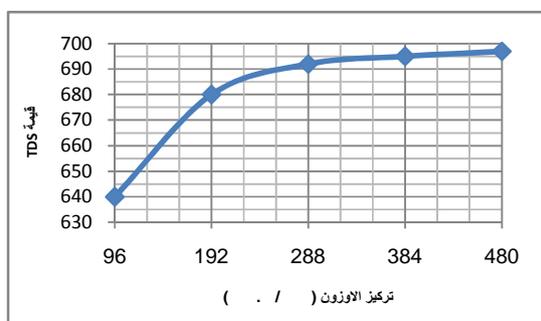


الشكل (٨) تأثير زمن على قيمة TDS خلال عملية



الشكل (٩) تأثير تغيير تركيز

اثبتت الدراسة كفاءة استخدام الاوزون في عملية معالجة مياه الفضلات الصناعية (COD) حيث بلغت 70.73% COD 480mg/L.hr 90 دقيقة فيما بلغت كفاءة ازالة 74.44% 384mg/L.hr دقيقة. كما بينت الدراسة ان عملية المعالجة باستخدام الاوزون ادت الى زيادة قيمة TDS .



الشكل (١٠) تأثير تركيز الاوزون على قيمة TDS.

المصادر:

- Actis Grande, G. (2015). Treatment of wastewater from textile dyeing by Ozonation (Doctoral dissertation, Polytechnic University of Torino). Italia
- Alvares, A.B.C., Diaper, C., & Parsons, S.A. (2001). Partial Oxidation by Ozone to remove recalcitrance from wastewaters-a review. *Environmental Technology*, 22(4), 409-427.
- Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A., & Marotta, R. (1999). Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery. *Catalysis today*, 53(1), 51-59.
- APHA, (1998). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. American Public Health Association, New York.
- Bolton, J.R., Bircher, K.G., Tumas, W., & Tolman, C.A. (2001). Figures-of-merit for the technical development and application of advanced oxidation technologies for both electric-and solar-driven systems (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 73(4), 627-637.
- Che Zulzikrami Azner, A., Muhammad Ridwan, F., Ong, S.A., Siti Nurfatim Nadhirah, M.M., & Nazzeri Rosmady, R. (2015). Decolourization of an azo dye in aqueous solution by Ozonation in a semi-batch bubble column reactor.
- Chu, L., Xing, X., Yu, A., Sun, X. & Jurcik, B. (2007). Enhanced Ozonation of textile wastewater by microbubbles. In *Proceedings of the European Congress of Chemical Engineering (ECCE-6)*, Copenhagen (pp. 16-20).
- EP, A. (1999). Guidance Manual, Alternative Disinfectants and Oxidants, chapter seven, PEROXONE (OZONE/HYDROGEN PEROXIDE) . April 1999.
- Fajardo, A.S.D.S. (2011). Treatment of liquid effluents by catalytic Ozonation and photo-Fenton's processes. In *Treatment of liquid effluents by catalytic Ozonation and photo-Fenton's processes*.
- Gogate, P.R., & Pandit, A.B. (2004). A review of imperative technologies for wastewater treatment I: oxidation technologies at ambient conditions. *Advances in Environmental Research*, 8(3), pp501-551.
- Gottschalk, C., Libra, J.A. & Saupe, A. (2000). *Ozonation of Water and Waste Water*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag. pp. 15-17.
- Hassaan, M.A. & El Nemr, A. (2017). Advanced Oxidation Processes for Textile Wastewater Treatment. *International Journal of Photochemistry and Photobiology*, 2(3), pp85-93.
- Hoigne, J. & Bader, H. (1976). The role of hydroxyl radical reactions in Ozonation processes in aqueous solutions. *Water Research*, 10(5), pp377-386.
- Huang, Yuanxing (2010). Degradation of waterborne contaminants by ozone and hydrogen peroxide. The University of Utah, 2010.
- Kuosa, M. (2008). Modeling reaction kinetics and mass transfer in Ozonation in water solutions. Lappeenranta University of Technology. Finland
- Liopis, A.J. (2015). Advanced technologies applied to wastewater treatment plant effluents.
- Lucas, M.P.G.D.S. (2009). Application of advanced oxidation processes to wastewater treatment.
- Mehrjouei, M. (2012). Advanced oxidation processes for water treatment: reactor design and case studies.
- Mico, M.M., Chourdaki, S., Bacardit, J., & Sans, C. (2010). Comparison between Ozonation and photo-Fenton processes for pesticide methomyl removal in advanced greenhouses. *Ozone: Science & Engineering*, 32(4), pp259-264.
- Mitani, M.M., Keller, A.A., Sandall, O.C. & Rinker, R.G. (2005). Mass transfer of

- ozone using a microporous diffuser reactor system. *Ozone: science & engineering*, 27(1), pp45-51.
- Morali, E.K. (2010). Ozonation of A Denim Producing Textile Industry Wastewater–Process Optimization (Doctoral dissertation, Middle East Technical University).
- Multani, M.Y. & Shah, M.J. (2014). Removal of Colour and COD from reactive green–19 dyeing wastewater using ozone. *Int. J. Eng. Sci. Res. Technol*, 3(2), pp699-704.
- Munter, (2001). Advanced oxidation processes–current status and prospects. *Proc. Estonian Acad. Sci. Chem*, 50(2), pp59-80.
- Nilsson, F. (2015). Application of Ozone in Wastewater Treatment.
- Penarroja, J.B. (2007). Coupled photochemical-biological system to treat biorecalcitrant wastewaters. Universitat de Barcelona.
- Pignatello, J.J. (1992). Dark and photo assisted iron (3+)-catalyzed degradation of chlorophenoxy herbicides by hydrogen peroxide. *Environmental Science & Technology*, 26(5), pp944-951.
- Puspita, P. (2012). Decolourization of secondary-treated effluent by advanced oxidation processes (AOPs).
- Rosal, R., Rodriguez, A. & Zerhouni, M. (2006). Enhancement of gas–liquid mass transfer during the unsteady-state catalytic decomposition of ozone in water. *Applied Catalysis A: General*, 305(2), pp169-175.
- Shin, W.T., Mirmiran, A., Yiacoumi, S. & Tsouris, C. (1999). Ozonation using microbubbles formed by electric fields. *Separation and Purification Technology*, 15(3), pp271-282.
- Singh, S.S. & Dikshit, A.K. (2012). Decolourization of polyaluminium chloride and fungal sequencing batch aerobic reactor treated molasses spentwash by ozone. *American Journal of Environmental Engineering*, 2(3), pp45-48.
- Sundrarajan, M., Vishnu, G. & Joseph, K. (2007). Ozonation of light-shaded exhausted reactive dye bath for reuse. *Dyes and Pigments*, 75(2), pp273-278
- Turhan, K., Durukan, I., Ozturkcan, S. A. & Turgut, Z. (2012). Decolorization of textile basic dye in aqueous solution by ozone. *Dyes and Pigments*, 92(3), pp897-901.
- Yasar, A., Ahmad, N., Chaudhry, M.N., Rehman, M.S.U. & Khan, A.A.A. (2007). Ozone for Color and COD Removal of Raw and Anaerobically Biotreated Combined Industrial Wastewater. *Polish Journal of Environmental Studies*, 16(2).

Treatment of industrial wastewater by advanced oxidation processes using Ozone

Taher A. Aboo¹, Waleed M. Sheet Alabdraba², Hussein H. Hameed³

¹ civil engineering department/ College of engineering/ Mosul University

² Environment engineering department/ College of engineering/ Tikrit University

³ Fuel & Power department/ Kirkuk Technical College

Abstract

Advanced oxidation processes are important chemical methods in the treatment of industrial wastewater. During this study, advanced oxidation processes were used in the treatment of industrial wastewater (removal of COD and color) using Ozone(O₃) and by using the semi bubble column system. Five concentrations of Ozone were used (96, 192, 288, 384, 480) mg / L.hr respectively. The rest of the treatment conditions (temperature, pH) were fixed at their best conditions (10, 23 °C, respectively). The study showed a good efficiency of using Ozone in the industrial wastewater treatment. The efficiency of removal of COD was 70.73% with contact time of 90 minutes using the concentration of Ozone 480mg / L.hr, while the color removal efficiency was 74.44% and contact time 70 minutes using the concentration of Ozone 384mg / L.hr ,The study showed that the using of the treatment processes led to an increase in the value of TDS for the all concentrations of Ozone used.

Key Words:- Ozone, Reactive Red 120, AOPs, Industrial Wastewater