قصي عبد الاله محمد سعيد الاعظمي

أساسيات المراجل البخارية

الجزء الأول

أساسيات المراجل البخارية الجزء الأول

الاعظمي

أساسيات المراجل البخارية

يتكون هذا الجزء الأول للكتاب من ثلاثة فصول، الفصل الأول الذي يتناول مواضيع أساسيات توليد البخار ومنها ما هو البخار؟ وكيف يعمل؟ جداول البخار، أنواع البخار وخصائص كل نوع منها، انتقال الحرارة، غليان الماء والعوامل المؤثرة، توليد البخار المحمص. الفصل الثاني الذي يتناول موضوع تصنيف المراجل حيث يغطي تعريف المراجل، المتطلبات التي يجب أن تتوفر في المرجل الجيد، وصف وحدات توليد الطاقة، اختيار المرجل، 20 تصنيف للمراجل. الفصل الثالث الذي يتناول موضوع أنواع المراجل البخارية، مراجل أنابيب النار وأنواعها، أجزاؤها، ملحقاتها ومبدأ عملها، حركة غازات العادم الساخنة و زيادة كفاءة أنابيب مرجل أنابيب النار، مراجل أنابيب الماء، أنواعها، أجزائها، ملحقاتها ومبدأ عملها، أنواع المراجل الجاهزة، وعاء البخار والأجزاء الداخلية ووعاء الماء، مسخنات الهواء، الموفر، أنواع الأنابيب، ضبط درجة حرارة البخار المحمص، إضافة إلى الكثير من المواضيع المعززة بالصور التوضيحية التي تهم العاملين في مجال إنتاج الطاقة والمصافي والشركات النفطية.

قصي عبد الإله محمد سعيد، بكالوريوس هندسة كيمياوية جامعة بغداد، مواليد 1973، 18 سنة خدمة بوحدات إنتاج الطاقة في مصفى الدورة بدرجة معاون رئيس مهندسين، أقام العديد من المحاضرات والوسائل التوضيحية والتدريب العملي للمهندسين والكوادر الوسطية في مجال المراجل البخارية و تعاملات مياه المراجل في مصفى الدورة، معهد التدريب النفطي- بغداد ووزارة النفط العراقية.

NOOR PUBLISHING

978-3-330-85524-3

قصي عبد الاله محمد سعيد الاعظمي

أساسيات المراجل البخارية

متوفر عبر مواقع الامزون وبيع الكتب عبر الانترنت

https://www.amazon.de/%D8%A3%D8%B3%D8%A7%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B1%D8%A7%D8%AC%D9%84-%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AE%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A1-%D8%A7%D9%84%D8%A3%D9%88%D9%84/dp/333085524X/ref=sr_1_1?s=books&ie=UTF8&qid=1492115539&sr=8-1&keywords=%D8%A7%D8%B3%D8%A7%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%AA+%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B1%D8%A7%D8%AC%D9%84+%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AE%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9

https://www.amazon.co.uk/%D8%A3%D8%B3%D8%A7%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B1%D8%A7%D8%AC%D9%84-%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AE%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A1-%D8%A7%D9%84%D8%A3%D9%88%D9%84/dp/333085524X/ref=sr_1_1?s=books&ie=UTF8&qid=1492116148&sr=1-1

https://www.amazon.com/%D8%A3%D8%B3%D8%A7%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B1%D8%A7%D8%AC%D9%84-%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AE%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9-%D8%A7%D9%84%D8%AC%D8%B2%D8%A1-Arabic/dp/333085524X/ref=pd_ybh_a_1?_encoding=UTF8&psc=1&refRID=27B3ARRXRSKXBT2V8633

https://www.morebooks.de/store/gb/book/%D8%A3%D8%B3%D8%A7%D8%B3%D9%8A%D8%A7%D8%AA-%D8%A7%D9%84%D9%85%D8%B1%D8%A7%D8%AC%D9%84-%D8%A7%D9%84%D8%A8%D8%AE%D8%A7%D8%B1%D9%8A%D8%A9/isbn/978-3-330-85524-3

قصي عبد الاله محمد سعيد الاعظمي

أساسيات المراجل البخارية

الجزء الأول

Noor Publishing

Impressum
Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.
Alle in diesem Buch genannten Marken und Produktnamen unterliegen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz bzw. sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der jeweiligen Inhaber. Die Wiedergabe von Marken, Produktnamen, Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen u.s.w. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

البيانات القانونية
معلومات ببليوغرافية للمكتبة الوطنية الألمانية: المكتبة الوطنية الألمانية تسجل هذا المنشور في الببليوغرافيا الوطنية الألمانية. البيانات الببليوغرافية موجودة على شبكة الإنترنت في الموقع التالي: http://dnb.d-nb.de
جميع العلامات التجارية والمنتجات المستخدمة في هذا الكتاب تخضع لقانون براءة الإختراع ،وهي علامات تجارية مسجلة لأصحابها. استنساخ الأسماء التجارية ،أسماء المنتجات ،أو أسماء مشتركة في هذا المنشور ،حتى من دون وضع العلامات الخاصة ،لا يعني أن هذه الأسماء معفاة من التشريعات التجارية لحماية العلامة ،وبالتالي يمكن استخدامها من طرف أي شخص.

Coverbild / صورة الغلاف
www.ingimage.com

Verlag / دار النشر
Noor Publishing
ist ein Imprint der / is a trademark of
OmniScriptum GmbH & Co. KG
Bahnhofstraße 28, 66111 Saarbrücken, Deutschland / Germany
Email / البريد الإلكتروني
info@omniscriptum.com

Herstellung: siehe letzte Seite /
طبع: انظر آخر صفحة
ISBN / رقم دولي معياري للكتاب
978-3-330-85524-3

Copyright © قصي عبد الاله محمد سعيد الاعظمي
Copyright © / حقوق التأليف و النشر
2017 OmniScriptum GmbH & Co. KG

Alle Rechte vorbehalten. /جميع الحقوق محفوظة
Saarbrücken 2017

أساسيات المراجل البخارية

الجزء الأول

Fundamentals of Steam Boilers

Part I

تأليف

المهندس

قصي عبد الاله محمد سعيد

by

Engineer

Qusay Abdulelah Mohammed Saeed

بسم الله الرحمن الرحيم

وقل رب زدني علما

قال رسول الله صلى الله عليه وسلم

(من سلك طريقاً يطلب فيه علماً، سلك الله له به طريقاً إلى الجنة، وإن الملائكة لتضع أجنحتها رضاء لطالب العلم، وإن العالم يستغفر له من في السماوات ومن في الأرض، حتى الحيتان في البحر، وفضل العالم على العابد كفضل القمر على سائر الكواكب، وإن العلماء ورثة الأنبياء، وإن الأنبياء لم يورّثوا ديناراً ولا درهماً، إنما ورّثوا العلم، فمن أخذه أخذ بحظ وافر).

(لايزال المرء عالما ما طلب العلم فاذا ظن انه علم فقد جهل)

قال علي بن أبي طالب رضي الله عنه وأرضاه

(العلم خير من المال؛ العلم يحرسك و أنت تحرس المال، والعلم حاكم والمال محكوم عليه، المال تُنقِصُهُ النفقة والعلم يزكو بالإنفاق).

وقال عمر بن الخطاب رضي الله عنه وأرضاه

(علّموا العلم وعلّموه الناس، وتعلّموا له الوقار والسكينة، وتواضعوا لمن تعلمتم منه ولمن علمتموه)

الإهداء

اهدي ثواب هذا الكتاب لوالدي الشهيد البطل عبد الاله محمد سعيد الذي كان لا يدعني اعمل شيء سوى طلب العلم والدراسة الذي كان يوفر احدث أنواع القرطاسية واغلاها و والدتي التي كانت تحثني أيضا لطلب العلم والعمل بإخلاص وتفاني من اجل خدمة بلدنا العزيز بعد استشهاد والدي عندما كنت في مرحلة الدراسة المتوسطة. رحمهما الله وأسكنهما فسيح جناته ان شاء الله.

كلمة المؤلف

بسم الله الرحمن الرحيم

كنت دائما ابحث في المكتبات عن كتاب عن توليد البخار أو المراجل البخاري سواء باللغة العربية أو الإنكليزية في مكتبات بغداد ولم اجد لسنين ولحد الأن.

وقد وردتني فكرة تأليف هذا الكتاب بعد تحميل بعض كراسات المحاضرات والدورات على شبكة الأنترنت ،التي قمت بأعدادها لكوادر مصفى الدورة و وزارة النفط العراقية من الفنين والمهندسين، وقد تفاجأت بعدد التحميل الذي وصل البعض منها إلى اكثر من (15000) من كافة أرجاء الوطن العربي إضافة إلى الناطقين بالعربية من الدول الأخرى ،وطلب الجديد منها ،حيث استخدمت كمرجع لتعليم مبادئ المراجل البخارية للعاملين على هذه المعدات وطلبة الدراسات العليا إضافة إلى الدراسات الأولية في كليات الهندسة. أتمنى ان يكون هذا الكتاب بأجزائه الثلاثة مفيد للجميع أنشاء الله، وأتقدم بجزيل الشكر لكل الأفراد والأصدقاء و الشركات التي منحتني الترخيص لنشر صور والملومات الفنية.

ارجوا ان لا تبخلوا بالتعليقات والملاحظات لغرض تطوير هذا الكتاب والمراسلة على :

qusay.steamboiler@gmail.com

المهندس

قصي عبد الاله محمد سعيد

Acknowledgments

A book of this size in three parts would not have been possible without the support of several friends and well-wishers, Thank you so much.

I am infinitely grateful to number of renowned companies, organizations, manufacturers, leaders in their respective fields and individuals for their liberal assistance, technical information, web sites , support during the preparation of topics of this book and some of them have lent help by allowing their wonderful pictures to be incorporated, which greatly enhances the utility of this book also. They deserve the special Acknowledgment.

Any author feels happy when he can openly acknowledge and record such generosity.

I wish to once again thank my friends and formers below for the trust they showed in me and for continued cooperation.

1- Aalborg Industries
2- Armstrong International
3- ATTSU steam boilers(Mr. Antoni Jové Ràfols)
4- Babcock & Wilcox Company
5- Bass Electronics, Inc.(Mr. Bill Bass)
6- Bosch Industriekessel GmbH (Mr. Akcicek Zulfiye and Mr. Inal Daghan)

7- Bright source Energy

8- BRIL Inc.

9- Cain Industries, Inc.

10- Changzhou baoyi mech. & elec. instrument co. ltd

11- Cleaver-brooks Co.(Ms. Elizabeth Brown)

12- Clyde Bergemann GmbH

13- Coen Company, Inc.

14- Daura Refinery library

15- Delta Kamerasysteme (Mr. Hubert Stein GM)

16- Eaton Hydraulics LLC

17- ECOMB AB (Mr. Magnus Lagerström)

18- Erensan boilers (MR.Tamer ŞENER)

19- Foster Wheeler Corporation.

20- FUEL EFFICIENCY, LLC

21- GE Energy

22- Hamada boiler

23- Hurst BOILER and WELDING. Co. INC.(Representative by Morex, International, Iraq ,Mr. Shlimon Zaya)

24- IMO pump

25- Jenike & Johanson

26- JX Nippon Oil & Energy (Mr. Megumi Mizutani and Mr.Fumio Tanaka)

27- Lenox Instrument Company, Inc.(Mr. Hugh O'Donnell)

28- LESER safety valves (Representative by Al-Hadil Co. for General Trading,Jordan)
29- Miss Terri Close
30- Mr. Lars Josefsson
31- Naco-san (Ms. Mayumi Nakaya)
32- NPJ Boilers Inc.(Mr. Pierre H. Vidal and Mr.Akbar DEHGHANZAD)
33- PG ENVIRONMENTAL & THERMAL TECHNOLOGIES LLC
34- Pump school
35- Rosemount Analytical Group
36- ScienceDirec
37- Sound Blast Sonic Power Co. Ltd.(Mr. Terry Tam)
38- Spirax Sarco
39- System Separation Sweden AB(Mr. Björn Forsberg)
40- Technology Transfer Services(Miss Jennifer Ciurla)
41- THE NEW YORK BLOWER CO.(Mr. William Kelly)
42- Thermax
43- Thomas C. Wilson, Inc.(Mr. Amar Beninal)
44- TLV INTERNATIONAL, INC.(Mr. Yoshiyasu Fujiwara, Mr. Takaharu Nakashima and Ms. Nicole Randall).
45- VERMEER PROCESS CO.(Mr.Theo de Goede)
46- Viking Pump Inc.(Mr. Trent Schultz)
47- Weishaupt Corporation
48- www. Engineering Toolbox.com

49- York-Shipley Global(Representative by Iraq Technical Support Co. ,Mr.Zaid Abdul Lafta Enayatullah)

50- YOSHIMINE CO., LTD

جدول المحتويات

جدول المحتويات.....10
الفصل الأول 19
(1-1) مقدمة 20
(1-2) البخار مصدر للطاقة 21
(1-3) البخار مصدر للحرارة.....22
(1-3-1) التسخين باستخدام البخار بصورة مباشرة 22
(1-3-2) التسخين باستخدام البخار بصورة غير مباشرة.....23
(1-4): حالات المادة وخصائصها.....24
(1-5) الخواص الجزيئية للمادة.....25
(1-6) الآصرة الهيدروجينية 25
(1-7) تأثير الآصرة الهدروجينية في خواص الماء الفيزيائية 26
(1-8) ما هو البخار(Steam) ؟ 28
(1-9) النقطة الثلاثية Triple Point 30
(1-10) الثلجIce.....31
(1-11) الماءWater.....33
(1-12) انثالبي الماء، انثالبي السائل أو حرارة التسخين 33
(1-13) المواصفات الحرارية للماء 34
(1-14) انتقال الحرارة Heat Transfer 35
(1-15) الغليان ودرجة الغليان للماء.....39
(1-16) العوامل المؤثرة في درجة غليان السائل 41
(1-17) درجة غليان الماء عند الضغط المنخفض أو الفراغي.....42
(1-18) الغليان وعملية الانتقال الحراري وكمية الحرارة 44
(1-19) علاقة درجة الغليان والضغط المسلط والارتفاع عن مستوى سطح البحر 45
(1-20) البخار Steam.....46
(1-21) منحنى البخار المشبع 48
(1-22) الحرارة الكامنة للتبخر أو انثالبي البخار 49
(1-23) انثالبي البخار المشبع أو الحرارة الكلية للبخار المشبع 50
(1-24) الفرق بين حرارة (Sensible) والحرارة الكامنة (Latent Heat) 51
(1-25) مخطط طور البخار 52
(1-26) كيف يعمل البخار؟.....54

(1-27) بخار الماء المتكاثف يعطي حرارة 55
(1-28) التبخير والتكثيف 56
(1-29) التبخير عملية تبريد 57
(1-30) علاقة درجة الحرارة والضغط للماء والبخار 58
(1-31) أنواع البخار (الأطوار المختلفة للبخار) 58
(1-32) البخار الجاف والبخار الرطب 59
(1-33) جداول البخار Steam Tables 60
(1-34) خصائص البخار المشبع 63
(1-35) استخدام البخار المشبع للتسخين 63
(1-36) البعض من صفات وفوائدها للبخار المشبع 63
(1-37) نصائح مهمة Tips 64
(1-38) جدول خواص البخار المشبع بوحدات العالمية 65
(1-39) الرموز المستخدمة في الجدول ووحدات القياس 66
(1-40) أمثلة عن استخدام جداول البخار المشبع 67
مثال (1) ماء يغلي عند (100°C) وضغط (0) بار(bar) 67
مثال (2) ماء يغلي عند (170°C) و(7 bar g). 68
(1-41) خصائص البخار الرطب 70
3- البخار المحمص Superheated Steam 71
(1-42) خصائص البخار المحمص 72
(1-43) فوائد استخدام البخار المحمص لتحريك المحرك البخاري 73
(1-44) مضار استخدام البخار المحمص في عمليات التسخين 73
(1-45) توليد البخار المحمص 77
(1-46) جدول خواص البخار المحمص Steam Tables 80
(1-47) الرموز المستخدمة في الجدول ووحدات القياس 81
الفصل الثاني 84
(1-2) مقدمة 85
(2-2) تعريف المراجل أو الغلايات 85
(3-2) المتطلبات التي يجب إن تتوفر في المرجل الجيد 87
(4-2) الأهداف المطلوب تحقيقها في تصميم إي مرجل 88
(5-2) اختيار المرجل Boiler Selection 88
(6-2) وصف وحدات توليد الطاقة 89

(2-7) تصنيف المراجل البخارية.....89
(2-7-1) تصنيف المراجل على أساس الضغط 90
(2-7-2) تصنيف المراجل على أساس الوقود.....93
(2-7-3) تصنيف المراجل على أساس المواد 97
(2-7-4) تصنيف المراجل على أساس نوع الأنابيب.....98
(2-7-5) تصنيف المراجل على أساس التدوير.....101
(2-7-6) تصنيف المراجل على أساس طريقة الاحتراق 104
(2-7-7) تصنيف المراجل على أساس نوع الدعامات (المساند).....108
(2-7-8) تصنيف المراجل البخارية على أساس تركيب الفرن 111
(2-7-9) تصنيف المرجل على أساس الاستخدام.....117
(2-7-10) تصنيف المرجل على أساس التشييد أو البناء 124
(2-7-11) تصنيف المرجل على أساس قابلية الحركة أو التنقل.....129
(2-7-12) تصنيف المرجل على أساس موقع الفرن.....132
(2-7-13) تصنيف المرجل على أساس قوانين الجمعية الأمريكية للمهندسين الميكانيكيين 134
(2-7-14) تصنيف المرجل على أساس المصدر الحراري 134
(2-7-15) تصنيف المراجل على أساس عدد الأوعية أو الأسطوانات.....136
(2-7-16) تصنيف المراجل على أساس محور الجدار 139
(2-7-17) تصنيف المراجل على أساس تيار السحب.....141
(2-7-18) تصنيف المراجل على أساس الحجم 145
(2-7-19) تصنيف المراجل على أساس المحتوى المائي.....145
(2-7-20) تصنيف المراجل على أساس الانتقال الحراري 147
الفصل الثالث 150
(3-1) مقدمة Introduction 151
(3-2) أنواع المراجل البخارية.....152
(3-2-1) المرجل الأسطواني البسيط.....152
(3-2-2) المرجل العمودي الخالي من الأنابيب 154
(3-2-3) مراجل أنابيب النار.....157
(3-3) أنواع مراجل أنابيب النار.....158
(3-3-1) مرجل كوكران.....159
(3-3-2) مرجل كورنش.....162
(3-3-3) مرجل لانكشير.....164

(3-3-4) مرجل قاطرة السكة الحديدية 168
(3-3-5) مرجل سكوتش البحرية (المرجل الاسكتلندي) 171
(3-4) أجزاء مرجل أنابيب النار 180
(3-5) حركة غازات العادم الساخنة في مراجل أنابيب النار 181
(3-5-1) مراجل أنابيب النار ذات الإرجاع الجاف FT Boiler Dry Back Furnace 181
(3-5-1-1) نموذج مرجل أنابيب النار ذو الإرجاع الجاف ومكوناته 183
(3-5-2) مراجل أنابيب النار ذات الإرجاع الرطب.....189
(3-5-2-1) نموذج مرجل أنابيب النار ذو الإرجاع الرطب ومكوناته.....191
(3-6) ممرات الغازات الساخنة 198
(3-6-1) مرجل أنابيب النار ذو الممر المنفرد أو الواحد F.T. Boiler Single Pass 198
(3-6-2) مرجل أنابيب النار (اللهب) ذو الممرين Fire Tube Boiler Tow Pass 199
(3-6-3) مرجل أنابيب النار(اللهب) ذو الثلاث ممرات.....201
(3-6-4) مرجل أنابيب النار(اللهب) ذو أربعة ممرات 203
(3-6-5) مرجل أنابيب النار اللهب ذو الشعلة المنعكسة.....205
(3-7) سلبيات تصاميم مراجل أنابيب النار.....208
(3-8) مكونات مرجل أنابيب النار 208
(3-8-1) المشعل Burner 209
(3-8-2) وعاء الماء Water Drum 209
(3-8-3) غرفة الاحتراق Combustion Chamber.....210
(3-8-3-1) ميزات الأفران المموجة عن الأفران العادية 211
(3-8-4) أنابيب النار Fire Tube 212
(3-8-5) مزلاج الأمان الهوائي Safety Air Latches.....215
(3-8-6) الموفر Economizer 216
(3-8-7) منظومة تسخين الهواء الأولية Air Blower of Preheater.....217
(3-8-8) المحمصة Superheater Coil.....219
(3-9) الأجزاء المساعدة 220
(3-9-1) صمامات الأمان Safety Valve. 221
(3-9-2) منظومة البزل Blowdown System.....222
(3-9-3) معدات تغذية الماء Feed Water Equipment's.....224
(3-9-3-1) خزان للماء المكثف والمغذي Feed Water and Condensate Tank 224
(3-9-3-2) مضخات الماء المغذيFeed Water Pump.....226

(3-3-9-3) مزيلات العسرة Softeners 227
(3-9-4) أجهزة القياس والمقاييس الزجاجية. 228
(3-9-5) معدات حقن المواد الكيمياوية. 229
(3-9-6) نافخات الرماد والسخام Soot and Ash Blower 230
(3-9-7) المدخنة Stack (Chimney) 232
(3-10) زيادة كفاءة أنابيب مرجل أنابيب النار 233
(3-10-1) لماذا نحتاج إلى محسنات في جانب الأنبوب؟ 234
(3-11) أمثلة على الأنابيب المحسنة والمستخدمة في أنابيب مراجل النار..... 234
(3-11-1) استخدام الأنبوب المحلزن من الداخل..... 234
(3-11-1-1) كيف يعمل أنبوب (X-ID) ؟ 235
(3-11-1-2) فوائد استخدام أنبوب مراجل أنابيب النار نوع (X-ID). 236
(3-11-1-3) مقارنة بين مرجل أنابيب النار ذو ممرين يستخدم الأنبوب نوع (X-ID) ومرجل أخر ذو أربعة ممرات تستخدم الأنبوب العادي Bare Tube 237
(3-11-2) استخدام أنبوب الاضطراب Turbulators Tube 239
(3-12) مراجل أنابيب الماء 241
(3-13) الأجزاء الأساسية لمرجل أنابيب الماء..... 245
(3-13-1) الأنابيب Tubes..... 245
(3-13-2) الأوعية Drums 247
(3-13-2-1) وعاء الماء (Mud Drum) 251
(3-13-2-2) وعاء البخار (Steam Drum) 252
(3-13-3) الموفرEconomizer 259
(3-13-3-1) مسخنات ماء التغذية Feed Water Heaters 261
(3-13-4) مسخنات الهواء الأوليةAir Pre-Heater 263
(3-13-4-1) مسخنات الهواء بالحمل (الأنبوبية) Tubular Air Heaters 264
(3-13-4-2) مسخنات الهواء بالحمل (ذات الألواح) Plate Air Heaters 265
(3-13-4-3) مسخن الهواء بالاسترجاع .Ljungström-type Air Heater..... 265
(3-13-5) غرفة الاحتراق (الفرن) والمحارق 268
(3-13-6) البطانة الخارجية Case (Cover)..... 269
(3-13-7) المدخنة Chimney 272
(3-13-8) صمامات الأمان Safety Valves 273
(3-14) المعدات الملحقة بالمرجل البخاري نوع أنابيب الماء..... 275

(3-14-1) معدات تعاملات المياه المغذية للمرجل.....276
(3-14-2) معدات إزالة الأوكسجين من الماء المغذي 276
(3-14-3) مضخات الماء المغذي 277
(3-14-4) معدات تصريف ماء المرجل (البزل).....279
(3-14-5) معدات تيار السحب (المراوح) 279
(3-14-6) نافخات الرماد والسخام.....280
(3-14-7) معدات تزويد الوقود 282
(3-14-8) المشاعل ومعدات الاحتراق.....287
(3-14-9) مجمع الأتربة والرماد.....287
(3-14-10) أجهزة السيطرة والقياس 290
(3-14-10-1) لماذا نحتاج إلى السيطرة في المراجل ؟.....293
(3-15) مميزات مراجل أنابيب الماء.....294
(3-16) عيوب مراجل أنابيب الماء.....294
(3-17) أنواع مراجل أنابيب الماء 295
(3-18) المراجل ذات الدورة الجبرية 296
(3-18-1) مرجل لامونت 297
(3-19) مرجل بابكوك و ويلكوكس.....300
(3-19-1) تداول الماء 302
(3-20) مراجل البخار البحرية.....308
(3-21) المرجل الجاهز 310
(3-22) فوائد المراجل الجاهزة.....311
(3-23) ملامح المراجل الجاهزة.....311
(3-24) أنواع المراجل الجاهزة 312
(3-24-1) مرجل نوع D 312
(3-24-1-1) دورة جريان الماء والبخار في المرجل البخار نوع (D) 314
(3-24-2) مرجل نوع O 316
(3-24-3) مرجل نوعA 318
(3-24-4) مرجل نوع أنابيب المحنية أو اكوا Aqua Tube Boiler 323
(3-24-4-1) فوائد الأنابيب المحنية 324
(3-24-4-2) خصائص مرجل نوع أنابيب المحنية أو اكوا 324
(3-25) المراجل التي تعمل بنفاية الحرارة أو استرجاع الحرارة HRSGs and WHRBs.....327

(3-26) أقسام مرجل استرجاع الطاقة 332
(3-26-1) قسم المبخر 333
(3-26-1-1) الأوعية Drums 333
(3-26-1-2) تصميمات ملفات المبخرات 337
(3-26-2) قسم المحمصة Superheater Section 342
(3-26-2-1) أنواع المحمصات 343
(3-26-3) قسم الموفر 345
(3-27) التدوير في مراجل استرجاع الطاقة البخارية 346
(3-27-1) التدوير الجبري Forced circulation 347
(3-27-2) التدوير الطبيعي (السيفون الحراري) 348
(3-27-3) بدون تدوير 349
(3-28) المرجل المركب (أنابيب النار والماء) 349
(3-29) المراجل النووية 351
(3-29-1) أجزاء المرجل النووي 352
(3-29-2) هناك غرضان أساسيان من إنشاء المفاعلات النووية هما: 355
(3-29-3) توليد البخار 355
(3-30) أنواع الأنابيب المستخدمة في مراجل أنابيب الماء 356
(3-30-1) حزمة أنابيب المرجل 356
(3-30-2) أنابيب الموفر 359
(3-30-3) ألواح أنابيب الجدران 360
(3-30-4) الأنابيب المرصعة 361
(3-30-5) ملف أنابيب المحمصة (المحمصات) 362
(3-31) ضبط درجة حرارة البخار المحمص 364
(3-31-1) الطرق التي يمكن إتباعها لضبط درجة التحميص 365
(3-32) جهاز إعادة التسخين Reheater 370
الملاحق 372
الملحق رقم (1) خواص البخار المشبع بوحدات 373
الملحق رقم (1أ) خواص البخار المشبع بوحدة الضغط البار 375
الملحق رقم (2) خواص البخار المحمص 377
الملحق رقم (3) تحويل الوحدات للوحدات الشاعة الاستعمال 382
التعجيل الأرضي (Acceleration) 382

المساحة (Area)..... 382
التيار (Current)..... 385
الكثافة (Density)..... 385
الطاقة، وحدة الحرارة (Energy ,Unit of Heat)..... 387
الطاقة لكل وحدة كتلة (Energy per unit mass)..... 388
الطاقة لكل وحدة كتلة (Energy per unit mass)..... 388
القوة (Force)..... 389
معدل جريان الحرارة (Heat flow rate)..... 390
معامل انتقال الحرارة (Heat transfer coefficient)..... 391
الطول (Length)..... 392
الكتلة، الوزن (Mass, Weight)..... 395
معدل جريان الكتلة (Mass flow rate)..... 397
القدرة (Power)..... 397
القدرة لوحدة المساحة (Power per unit area)..... 400
الضغط (Pressure)..... 400
الدوران (Rotation)..... 404
الطاقة النوعية، الانثالبي، الانتروبي (Specific energy, enthalpy, entropy)..... 405
الحرارة النوعية (Specific Heat)..... 405
الطاقة النوعية (Specific Energy)..... 406
الحجم النوعي (Specific Volume)..... 406
الإجهاد (Stress)..... 407
درجة الحرارة (Temperature)..... 407
التوصيل الحراري (Thermal Conductivity)..... 408
الوقت (Time)..... 408
السرعة (Velocity, Speed)..... 409
اللزوجة الديناميكية (Viscosity Dynamic)..... 411
اللزوجة الكنيماتيكية (Viscosity Kinematic)..... 412
الحجم (Volume)..... 412
الجريان الحجمي (Volume Flow)..... 417
سعة المرجل (Boiler Capacity)..... 419

المراجع والمصادر.....420

الفصل الأول

Chapter one

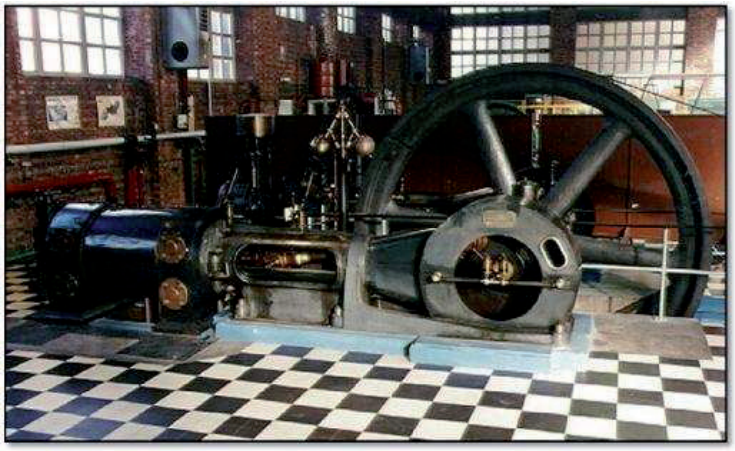
أساسيات البخار

Steam Fundamentals

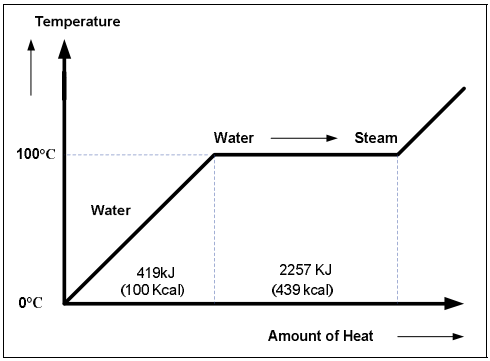
(1-1) مقدمة

Introduction

مثل العديد من المواد فان الماء يمكن يوجد بشكل صلب، سائل أو بخار، بخار الماء هو حاله تبخر للماء والذي يحتوي على طاقة حرارية تنتقل للعديد من العمليات الصناعية تبدء من تسخين الهواء إلى تبخير السوائل في عمليات التكرير. هناك حاجة إلى بخار الماء في الكثير من المعامل الصناعية. وبالإمكان تصنيف استخدامه لأغراض التسخين وتوليد القدرة .ويستخدم بخار الماء لأغراض التسخين عند أدنى ضغط ممكن، وحسب متطلبات درجة حرارة التسخين.



الشكل رقم (1-1) المحرك البخاري الترددي للقطارات والسفن Steam Engine
Single cylinder steam engine courtesy of Stack Exchange Inc.



الشكل رقم (1-14) انثالبي الماء

عند الضغط الجوي (0 bar g) الماء يغلي عند (100°C)، وان (419KJ) من الطاقة تطلب لتسخين (1 Kg) من الماء من (0°C) إلى درجة حرارة الغليان (100°C) . أن السعة الحرارية النوعية (Specific Heat Capacity) (c_p) للماء هي (4.19 kJ/kg °C) والتي تستخدم للحسابات بين(0°C) و(100°C) الشكل رقم (1-14) .

(13-1) المواصفات الحرارية للماء

Thermal Properties for Water

- Maximum density at 4 ^{o}C - 1,000 kg/m^3, 1.940 slugs/ft^3
- Specific Weight at 4 ^{o}C - 9.807 kN/m^3, 62.43 Lbs./Cu.Ft, 8.33 Lbs./Gal., 0.1337 Cu.Ft./Gal.
- Freezing temperature - 0 ^{o}C (Official Ice at 0 ^{o}C)
- Boiling temperature - 100 ^{o}C

(1-18) الغليان وعملية الانتقال الحراري وكمية الحرارة

The Boiling heat transfer and the amount of heat

أذا وضعنا قدر يحتوي على الماء فوق لهب أو مصدر حراري ، ماذا يحصل؟ ،تبدأ درجة حرارة الماء بالارتفاع ،وهذا دليل على انتقال الحرارة من اللهب إلى الماء ،حيث تنتقل الحرارة بواسطة الإشعاع (Radiation) من اللهب الوقود إلى أسفل القدر. يقوم القدر بنقل الحرارة عن طريق معدن القدر إلى الماء بواسطة التوصيل (Conduction) .وبما أن الماء القريب من قعر القدر يعرض للحرارة المتصاعدة فان الماء البارد سوف ينزل إلى القعر ويحل محل الماء الساخن وتنتقل الحرارة بواسطة تيارات الحمل Convection) كما في الشكل رقم (1-24) .

وتقاس كمية الحرارة بالوحدات الحرارة البريطانية (BTU) وتعرف بأنها كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء لـ (1lb) من الماء درجة (1°F) وأيضا (Calorie) وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة (1 gram) من الماء (1°C).

أذا استمر إضافة المزيد من كمية الحرارة (BTU's) سوف تستمر درجة الحرارة بالارتفاع .وعند الاستمرار بإضافة كمية حرارة كافية (BTU's) فالحرارة ستبلغ درجة قريبة من (212°F) .وفي هذه الدرجة سوف تتكون فقاعات من قعر القدر وهذا هو البخار وتتجه الفقاعات إلى الأعلى وهذا يساعد عملية الانتقال الحراري .الماء يحل محل فقاعات البخار، ونحصل على عملية انتقال حرارة بالحمل بصورة جيدة وهذه هي تيارات الحمل.

عند الاستمرار بإضافة كمية حرارة كافية إلى الماء في القدر لإنتاج البخار فتبلغ الحرارة (212°F) وهي درجة غليان الماء عند مستوى سطح البحر وعند الاستمرار بإضافة الحرارة فان درجة الحرارة سوف تثبت ويتحول الماء إلى البخار بنفس درجة الغليان (212°F) دون حدوث تغير فيها وهذه الحرارة هي الحرارة الكامنة للتبخر كما ذكرنا سابقا. ويجب التذكير بان الحرارة المضافة التي تسبب تغير في درجة الحرارة عندما تكون درجة حرارة الماء تحت درجة الغليان.

(30-1) علاقة درجة الحرارة والضغط للماء والبخار

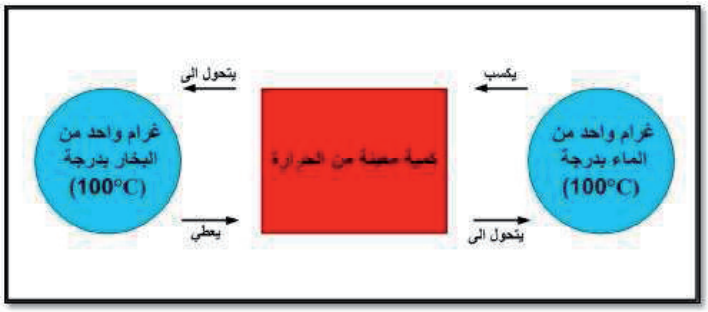
Steam, Water and Temperature, Pressure Relationship

ينتج البخار المشبع (الجاف) (Dry or Saturated Steam) عندما يسخن الماء الى درجة الغليان بواسطة حرارة التسخين (Sensible Heating) ويتبخر عند إضافة الحرارة الكامنة للتبخر (Latent Heat of Vaporization) . هذا البخار المشبع أذا تم تسخينه الى فوق نقطة الإشباع فيصبح بخار محمص (Superheated Steam) المخطط رقم (1-5).

(31-1) أنواع البخار (الأطوار المختلفة للبخار)

Types of Steam (Steam Phases)

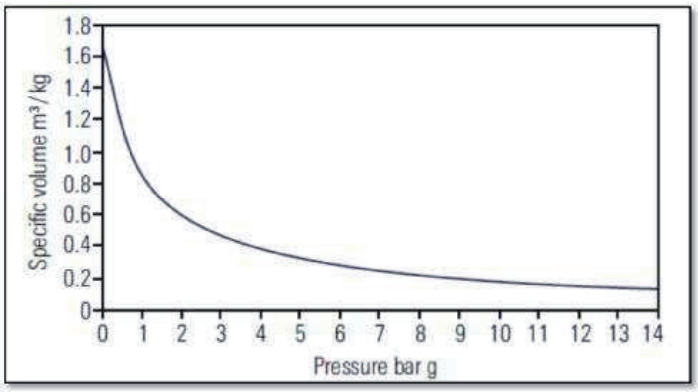
أذا سخن الماء أكثر من درجة الغليان فانه يتبخر الى بخار أو أن الماء في طور الغاز ليس كل البخار المتولد نفسه، أن صفات البخار تتفاوت كثيرا وتعتمد على الضغط ودرجة الحرارة وسوف نتناول استخدامات أنواع البخار وتطبيقاته في الفصول القادمة.



الشكل رقم (1-30) الحرارة الكامنة لتبخر الماء والحرارة الكامنة للتكثيف.

مثال (2) ماء يغلي عند (170°C) و(7 bar g).

أن البخار عند الضغط الجوي محدود الاستعمال العملي ،ولا يمكن أن يبلغ بهذا الضغط على طول أنبوب البخار إلى نقطة الاستهلاك. عند ضغط (7 bar g) (ضغط مقياس) والذي يساوي تقريبا (800 kN/m^2) مطلق .درجة حرارة التشبع للماء تبلغ (170°C) ،مزيد من الطاقة الحرارية تتطلب لصعود درجة الحرارة إلى نقطة الإشباع عند(7 bar g) أكثر من احتياج الماء عند الضغط الجوي .ومن الجدول رقم (1-7) قيمة الطاقة الحرارية (720.9 KJ) يحتاج (1kg)من الماء لصعود من درجة من (0°C) إلى (170°C) .



المخطط رقم (1-6) علاقة الضغط مع الحجم النوعي

Specific volume vs. pressure courtesy of (Spirax Sarco)

الطاقة الحرارية (الطاقة الكامنة للتبخر أو انثالبي التبخر) تحتاج عند ضغط (7barg) للتبخير الماء الى بخار ماء يكون اقل بالمقارنة مع الطاقة الحرارية المطلوبة عند الضغط الجوي . أن الحرارة الكامنة للتبخر أو انثالبي التبخير تقل مع زيادة ضغط البخار .فان الحرارة الكامنة للتبخير من الجدول رقم (1-7) تكون (2047 KJ/Kg).

m = كمية الماء

t_2 = درجة غليان الماء تساوي(100°C or 212°F) عند ضغط واحد جو.

t_1 = درجة حرارة الماء الابتدائية (°C) .

C_{pl} = الحرارة النوعية للماء وتأخذ كمعدل (1.0 cal/gr. °C) ويتم التسخين عادة في أجهزة التسخين الأولية أو مزيلات الغازات (Deaerators) أو الموفر(Economizer) من المرجل البخاري.

2 – تحويل الماء الى بخار عند درجة حرارة وضغط ثابتين. وتدعى الحرارة اللازمة الحرارة الكامنة للتبخر(Latent Heat of Vaporization) (h_2) وتقدر (539kcal/Kg Water) عند الضغط الاعتيادي وينخفض هذا المقدار بزيادة الضغط . حيث يبلغ الصفر عند الضغط الحرج (Critical Pressure) ما يعادل (22.1 MPa) وكما في المعادلة :

$$h_2=m \times 539$$

ويتم تزويد حرارة التبخير في المرجل (Boiler). يدعى البخار بوجود الماء (البخار الرطب) (Wet Steam) إي رذاذ من الماء (الرطوبة) وتثبت درجة حرارته عند ثبوت الضغط لحين تحويل كافة الماء الى بخار وعند ذلك يدعى (البخار المشبع الجاف) (Dry Saturated Steam) .

3- حرارة التحميص (Super Heat) (h_3) وتمثل الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة بخار الماء المشبع وكما في المعادلة :

$$h_3= m(t_3-t_2) \times C_{ps}$$

حيث أن

h_3= درجة حرارة البخار المحمص (°C)

الفصل الثاني

Chapter Two

(تصنيف المراجل)

Boilers

Classification

6. نوع الوقود و مياه التغذية المتاحان.
7. العمر الافتراضي للمحطة ككل.

(2-6) وصف وحدات توليد الطاقة

Power Plant Description

تعتبر وحدات توليد البخار هي أهم مصادر الطاقة في المنشآت الصناعية. و تتضمن تلك الوحدات خطين رئيسيين، خط الوقود و خط المياه، و هما خطان منفصلان تماماً عن بعضهما من حيث انتقال الكتلة (Mass Transfer) ، و العلاقة الوحيدة بين الخطين تتم من خلال انتقال الحرارة الناتجة من حرق الوقود إلى المياه و التي ينتج عنها توليد البخار، المراجل بصفة عامة عبارة عن أوعية يسخن فيها الماء إلى درجة غليانه. والمرجل البخاري هو شكل من إشكال الأجهزة التي بواسطتها ينتج البخار من الماء.ويمكن التفريق بين وحدات توليد البخار المختلفة اعتمادا على ما يلي:

1- نوع وحدة توليد البخار.
2- الاستخدام.
3- نوع الوقود.
4- التقنية المستخدمة لمعالجة المياه.

(2-7) تصنيف المراجل البخارية

Steam Boiler Classification

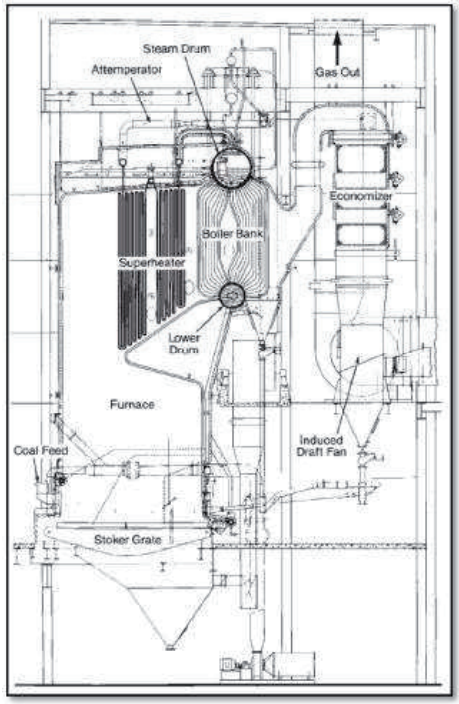
تبنى المراجل البخارية في العالم منذ (200 BC) وحتى يومنا الحاضر، العديد من التطورات حدثت التي تسمح لنا بتصنيف المراجل البخارية بطرق مختلفة لذلك يمكن تصنيف المراجل البخارية استنادا على الخصائص التالية:

(2-7-1) تصنيف المراجل على أساس الضغط

Classification of boiler based on pressure

أ- مرجل ضغط واطئ Low Pressure Boiler

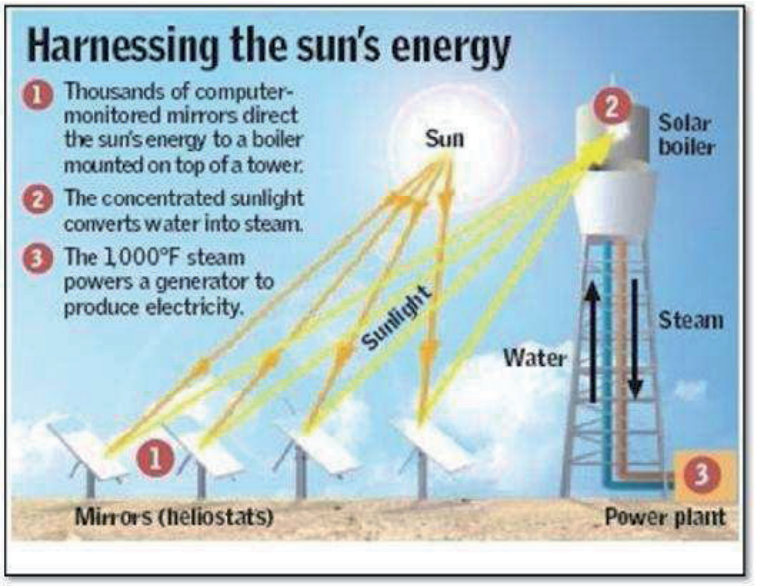
إي مرجل بخاري يولد البخار عند ضغط اقل من (15 psi) أو المرجل الذي ينتج الماء الحار عند ضغط لا يتجاوز (160 psi) و/ أو درجة الحرارة لا تتجاوز (250°F) كما في الشكل رقم (2-1).



الشكل رقم (2-1) مرجل بخاري ضغط واطئ
Lower pressure Stirling ® boiler design

ر- مرجل الطاقة الشمسية Solar Boiler

مرجل الطاقة الشمسية من المراجل الحديثة التي بدأت تنتشر في الآونة الأخيرة حيث تقوم مجمعات بجمع الطاقة الحرارية من الأشعة الشمسية وتحويلها إلى الماء لاستخدامه كماء حار أو لمنظومات التدفئة أو توليد البخار ، يقلل استخدام الطاقة الشمسية في تسخين المياه إلى (65%) من الكلف ،وتكون هذه النوعية من المراجل ملائمة للبيئة وغير ملوثة بسبب استخدام الطاقة المتجددة كما في الشكل رقم (2-8).



الشكل رقم (2-8) مرجل توليد البخار بالطاقة الشمسية

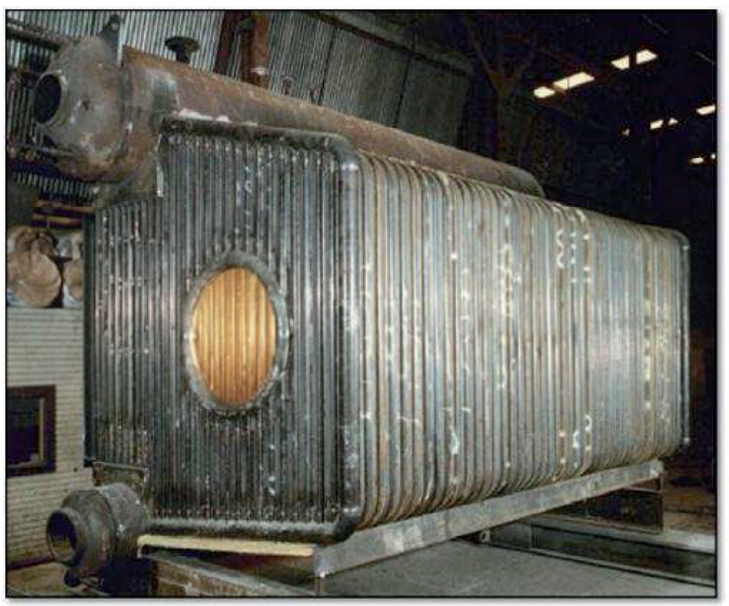
Solar Boiler courtesy of (Bright source Energy)

ت- مرجل استرجاع الحرارة Heat Recovery Boiler

وهو المرجل الذي يستخدم حرارة الغاز العادم كمصدر حراري وهي على نوعين رئيسين هما مراجل البخار التي تعمل بنفاية الحرارة Waste Heat Recovery Boiler (WHRB) والذي تم توضيحه مسبقا و مولد البخار من استرجاع الحرارة Heat Recovery Steam Generator (HRSG) الذي سوف يوضح لاحقا.

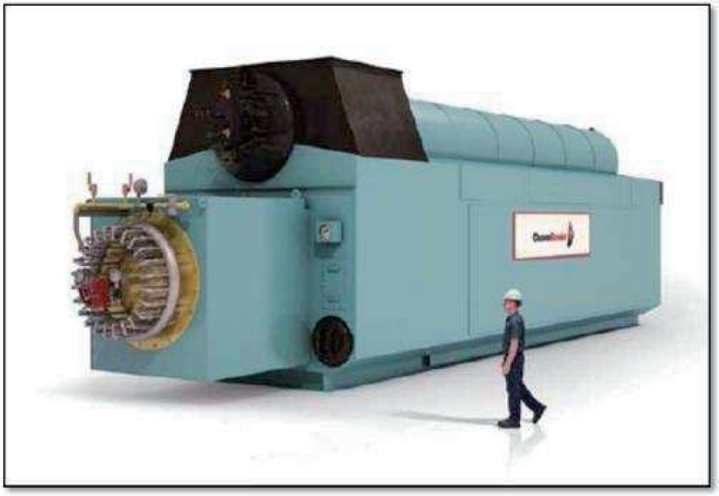
ر- مرجل المؤسساتي Institutional boiler

المراجل المؤسسية تشمل هذا هذه الفئة من المراجل المستخدمة في المنشآت المؤسسية مثل المراكز الطبية والجامعات والمباني الحكومية و المنشآت العسكرية لتوفير البخار والمياه الساخنة أو الكهرباء. وتقع غالبية هذه في المرافق التعليمية.



الشكل رقم (2-33) مرجل جاهز إثناء عملية التصنيع

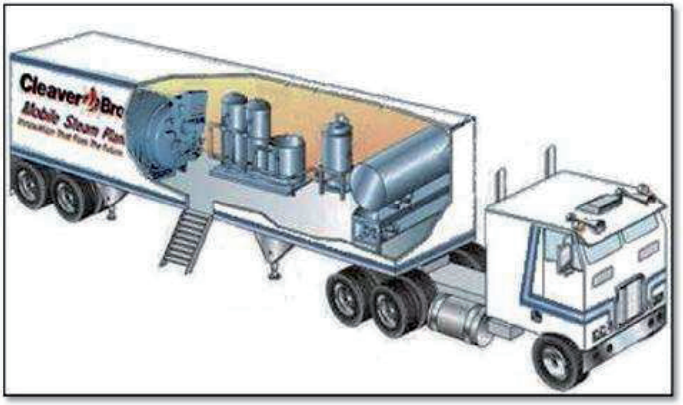
Package Boiler During production (with permission Cleaver-Brooks co.)



الشكل رقم (2-36) مرجل أنابيب الماء نوع A
Water tube Boiler A-type (with permission Cleaver-Brooks co.)

4- مرجل الأنابيب المنحنية أو اكوا Aqua or (flexible)Tube Boiler

يعتبر هذا النوع من المراجل الحديثة كما في الشكل رقم (2- 37) ويتكون من الأنابيب المحنية وعاءين ويشبه شكل المرجل نوع (O) وله مزايا عديدة وأهمها سرعة الإنتاج سواء في تسخين الماء أو إنتاج البخار بالمقارنة مع مراجل أنابيب النار.



الشكل رقم (2-40) مرجل متنقل مع ووحدة معالجة الماء المغذي

Mobile boiler (with permission Cleaver-Brooks co.)

الشكل رقم (2-41) مرجل على عربة

Truck Boiler with permission (ATTSU steam boilers)

(2-7-18) تصنيف المراجل على أساس الحجم

Classification of boilers based on size

أ- مرجل أنابيب الماء الصغيرة Small Water Tube Boiler

في هذا النوع من الحجم يستخدم الوقود الغازي أو السائل غالبا في عملية الاحتراق وتكون الطاقة الإنتاجية اقل من (10 MMBTU/Hr).

ب- مراجل الحجم الكبيرة Large Water Tube Boiler

هذا النوع من الحجم ينتج البخار ويستخدم الوقود الصلب غالبا وتتراوح الطاقة الإنتاجية من (10 MMBTU/Hr) إلى (10000 MMBTU/Hr).

(2-7-19) تصنيف المراجل على أساس المحتوى المائي

Classification of boilers based on water content

أ- مرجل ذو محتوى الماء العالي High Water Content Boiler

في هذا النوع من المراجل يكون المحتوى الماء فيها بين (50-100Kg) لكل (M^2) من سطح التسخين ، وتكون مراجل أنابيب النار ضمن هذه الفئة. يسمح هذا النوع بالتشغيل السريع ويكون غير حساس جدا للهب أو (الشعلة) الغير منتظمة أو لا نظامية (flame irregularities) ،تعمل كتلة الماء بطريقة ما كمركمات بخار (steam accumulators).

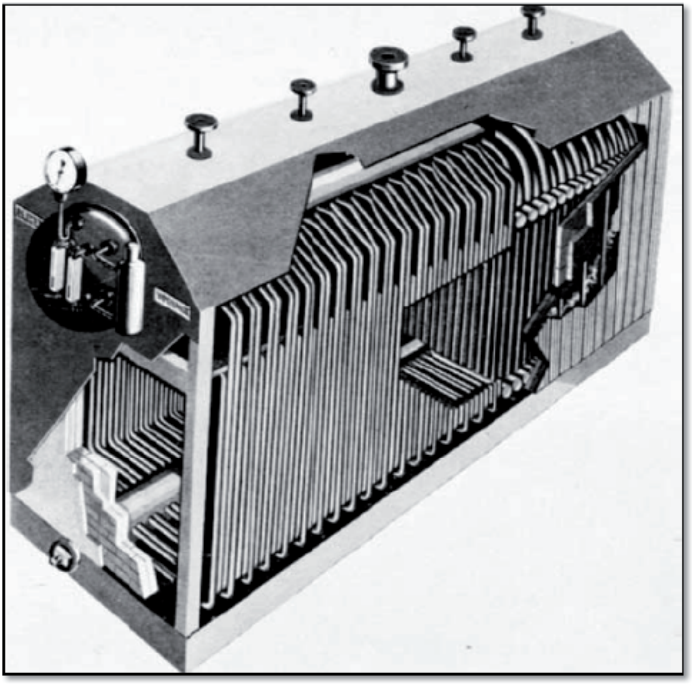
ب- مرجل ذو محتوى الماء المتوسط Medium Water Content Boiler

في هذا النوع من المراجل يكون المحتوى الماء فيها بين (20-50Kg) لكل (M^2) من سطح التسخين ،يكون هذا النوع أكثر مرونة ولكن حساس جدا إلى الشعلة أو اللهب الغير منتظم ،

الاختلافات في كمية البخار المطلوبة بسرعة يجب إن تتماشى مع الاختلافات في الوقود المحترق الذي أعطى حرارة بسيطة متراكمة بالماء.

ج- مرجل ذو محتوى ماء صغير Small Water Content Bboiler

في هذا النوع له نفس الخصائص ويكون محتوى الماء قل من (20Kg) ،وقت التشغيل السريع و المتطلبات المحددة من ناحية ضبط ومعالجة المياه. حدات الانتقال الحراري بالحمل الكبيرة ووحدات الانتقال الحراري بالإشعاع تعود إلى هذا الصنف.



الشكل رقم (2-54) مرجل الانتقال الحراري بالحمل ذو وعاء مركزي

Central drum convection generator

المراجل استخدمت لأكثر من قرن ونصف في بلدان عديدة في أوربا ،أمريكا كذلك اليابان، جنوب إفريقيا، روسيا وأستراليا. في السنوات الأخيرة ومع التصنيع السريع للعالم النامي أضيفت سعة توليد الطاقة الكهربائية الواسعة لها خصوصا في بلدان مثل الهند والصين والتي ازداد استخدام المراجل في كافة المصانع ومحطات التوليد .في هذا الفصل سوف نتناول شرح بعض الأنواع من المراجل البخارية ومنها القديمة التي تبين لنا بداية اختراعها وما تم من تطوير لها حتى عصرنا الحاضر مع نماذج مصنعة ومستخدمة في مصانع عديدة في العالم.

(2-3) أنواع المراجل البخارية

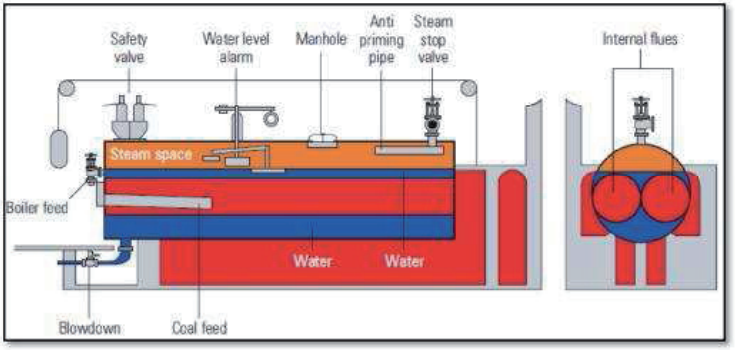
Steam Boilers Types

(1-2-3) المرجل الأسطواني البسيط

The Plain Cylinder Boiler

إن أول تقدم حقيقي في تصميم المراجل هو اختراع مرجل اسطواني بسيط كتصميم بسيط وسهل البناء. كما يدل اسمه المرجل الأسطواني البسيط (The Plain Cylinder Boiler) ،وهو عبارة عن أسطوانة معدنية طويلة مع نهايات مدورة (Conical (round) ends) وتكون بشكل أفقي (Horizontally) وتنصب على بناء من الطابوق الحراري ،كن بعض من هذا النوع من المراجل بطول (40ft) طوليا، تملأ نصف الأسطوانة بالماء ويتم إيقاد الفرن (Furnace) من إحدى النهايتين ،النار والغازات الساخنة (Hot gasses) توجه من الفرن على طول الجزء السفلي للأسطوانة إلى الطرف الأخر من المرجل ،وهذا ما يسمى (ممر الغازات) (Flue) والمبني من الطابوق الحراري من ثلاث جهات على الجانب الأخر من المدخنة (Chimney) وهو الجدار المعدني للمرجل والغازات الساخنة تلامس المعدن المكشوف (Bare metal) للأسطوانة وتسخن الماء داخل المرجل، عندما تصل الغازات الساخنة إلى نهاية الممر الأول للغازات ،تنعطف مرة أخرى على طول جانب واحد من الأسطوانة باتجاه الجزء الأمامي من المرجل. من هناك مرة أخرى تنعطف الغازات الساخنة

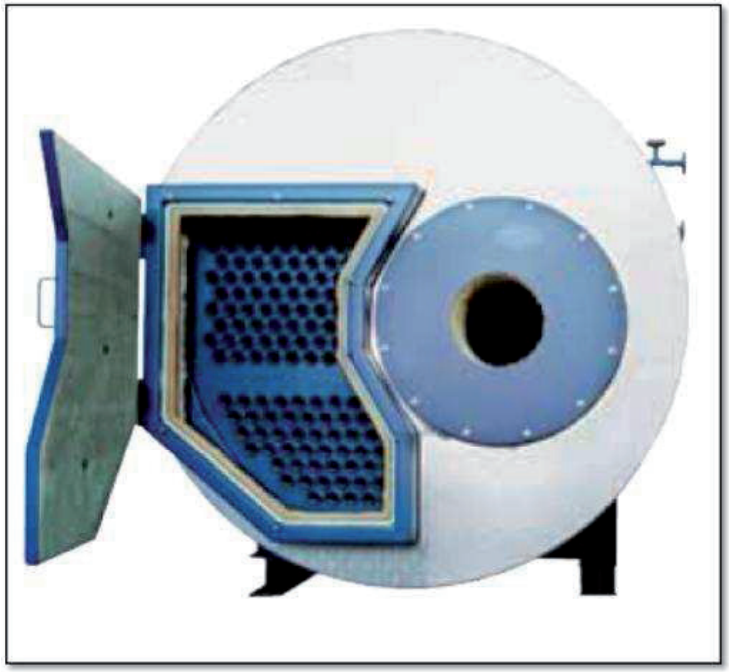
يتألف المرجل لانكشير من وعاء من الفولاذ (Steel) يتراوح طولها عادة بين (5-9 M) يتخللها فتحتان واسعتان تضم أنبوبين الفرن المسمين ممران الغازات (Flues) كما في الشكل رقم (3-15). ولكل ممر للغازات يكون أنبوب متموج (Corrugated) لاحتواء التمدد عندما يصبح المرجل ساخن ،ومانعا الانهيار تحت الضغط. يركب الفرن عند مدخل كل ممر للغازات وفي مقدمة المرجل .نموذجيا الفرن يصمم لحرق الفحم، الخشب أو إي وقود أخر متوفر ويكون التغذية بالوقود إما يدويا أو بصورة ميكانيكية كما في الشكل رقم (3-16).



الشكل رقم (3-16) مرجل لانكشير

Lancashire Boiler courtesy of (Spirax Sarco)

تمر غازات الاحتراق الناتجة من حرق الفحم من الفرن عن طريق ممرات الغازات المتموجة ،يتم انتقال الحرارة من غازات الاحتراق إلى المياه المحيطة بممرات الغازات ،المرجل مبني بالطابوق الناري المحيط بالمرجل من الجوانب والجهة الخلفية ليكون ممرا أخر للغازات الساخنة الناتجة من الاحتراق والتي تنتقل بعد خروجها من ممرات الغازات داخل الوعاء إلى الأسفل وتحت الوعاء حيث تنتقل الحرارة من الغازات الساخنة إلى الماء عن طريق معدن الوعاء ثم تخرج الغازات من مقدمة المرجل وتنتقل إلى جانبيي الوعاء المحاط بجدار طابوقي



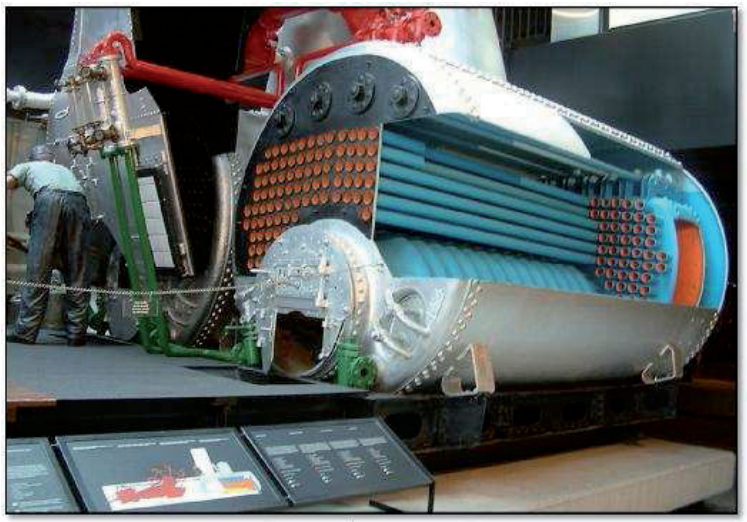
الشكل رقم (3-24) مرجل أنابيب النار يحتوي فرن واحد ذو ثلاث ممرات للغازات

shell boiler in the three-pass single flame tube-smoke tube boiler (Bosch Industriekessel GmbH) with permission

يبين الشكل رقم (3-23) مرجل بخاري من نوع حديث مجمع بالمصنع من نوع أنابيب النار الأفقية ذا الثلاث ممرات و مصممما على أساس إمكانية استعمال وقود سائل أو غازي ومجهزا للتحكم الأوتوماتيكي ومراوح للسحب المستحث والجبري وغير ذلك من الملحقات.

3- استخدام دعامات تقوية ملحومة

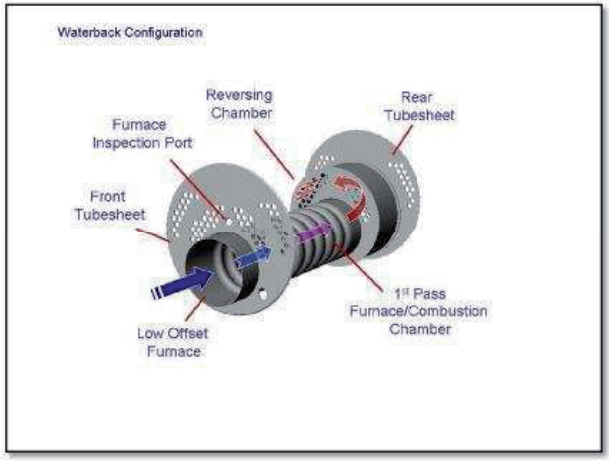
4- تركيب مسامير تثبيت (Stay Bolts) بين الفرن والغلاف الخارجي.



الشكل رقم (3-27) الأفران المتموجة

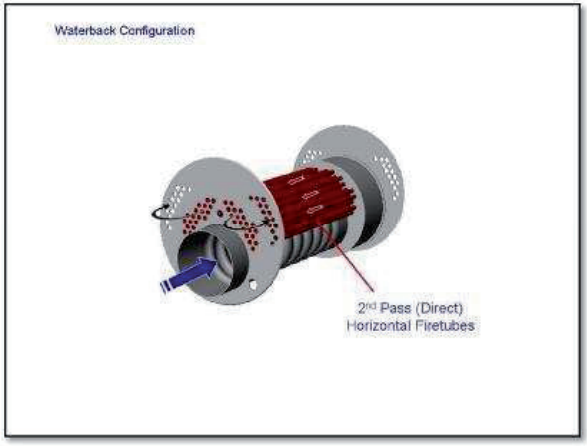
Corrugated furnace courtesy of (The Swiss Transport Museum)

يصل قطر غلاف مرجل أنابيب اللهب أو النار إلى حوالي ثلاثة أمتار، وتكون مساحة مقطع المنطقة العلوية للمرجل كبيرة، لذلك تحتاج هذه المنطقة إلى دعامات تثبيت قطرية يتراوح قطرها بين ("3-2).يتضمن تصميم المراجل الضخمة ،حيث تزيد المدخلات الحرارية عن (12MW) ،اكثر من فرن واحد (اثنين أو أكثر) .يوضح الشكل رقم (3-23) مقطعا في احد مراجل أنابيب النار أو اللهب ثلاثي الممرات، التي تسمح بالاحتفاظ بسرعة عالية وثابتة لغازات العادم. تفقد غازات العادم حرارتها إثناء مرورها خلال ممرات المرجل الثلاثة عن طريق انتقال الحرارة للمياه ويتبع انخفاض درجة الحرارة الغازات انخفاض في حجمها .لذلك



الشكل رقم (3-47) الفرن الممر الأول للغازات

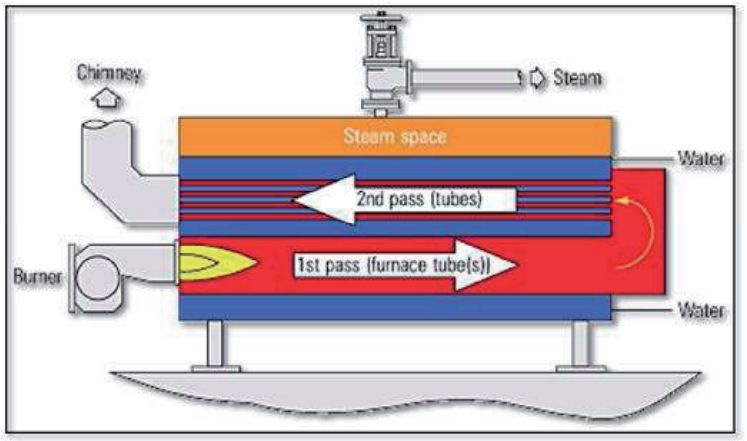
Furnace 1st passes (with permission York-Shipley Global)



الشكل رقم (3-48) الممر الثاني للغازات

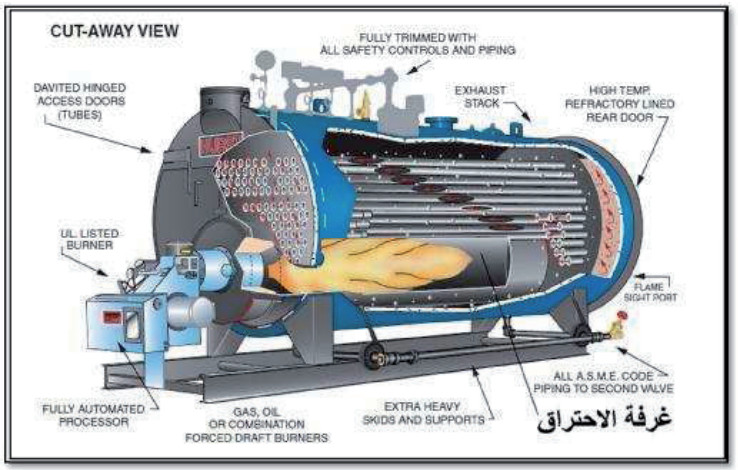
2nd pass (with permission York-Shipley Global)

الرئيسة (Main combustion chambers)، تتجه الغازات الساخنة (Hot flue gases) من ممر الفرن عند خلف المرجل المغلف بالطابوق الناري(الحراري) (Brickwork setting) (إرجاع جاف) ((Dry back) وتنعطف خلال عدد من الأنابيب (حزمة) وهي الممر الثاني ذات الأقطار الداخلية الصغيرة (Small-bore tubes) والتي تحيط بالفرن من الأعلى، هذه الأنابيب ذات الأقطار الداخلية الصغيرة تمثل مساحة سطحية كبيرة للتسخين الماء وتحويله إلى بخار ،غازات الاحتراق (العادم) تخرج من الجهة الأمامية للمرجل من خلال مروحة السحب المستحث (Induced draught fan) والتي تمرره إلى المدخنة (Chimney).



الشكل رقم (3-59) مخطط مرجل أنابيب النار ذو ممران للغازات الاقتصادي

Economic boiler (two-pass, dry back) source courtesy of (Spirax Sarco)



الشكل رقم (3-69)غرفة الاحتراق المسطحة Combustion Chamber
"Packaged Scotch boiler"
(with permission Hurst BOILER and WELDING Co.INC)

(3-8-3-1) ميزات الأفران المموجة عن الأفران العادية

Advantages of Corrugated Furnaces vs. Plain Furnaces

1- الأفران الموجة تكون أقوى من الأفران العادية التي بنفس الإبعاد.
2- تفاوت أفضل للتمدد بواسطة التموجات أو الأضلاع.
3- مساحة سطحية أكثر لنفس الطول ولذلك يمكن الحصول على التبخير الأفضل.

ضغط التشغيل المسموح للأفران المموجة يمكن إيجاده بالمعادلة التالية :

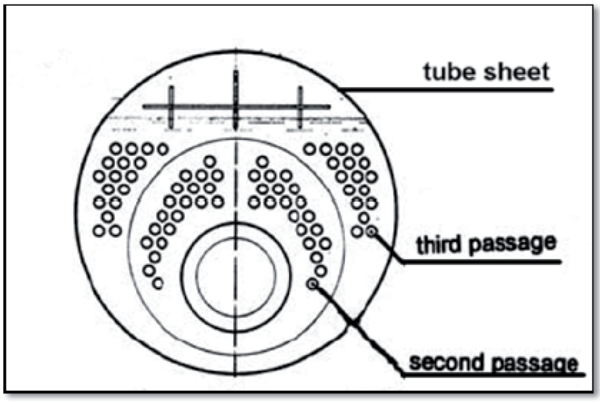
وعمليا بوجه عام حوالي ("1/3) أو أكثر من إجمالي الأنابيب مجهزة كأنابيب تدعيم وهذه تكون مثبتة بإحدى الطرق الآتية :

1- يتم لولبة الألواح الأنابيب وتثبت ثم تمدد داخل الألواح كما في الشكل رقم (3-72).

2- يتم لولبة الألواح وتثبت الأنابيب داخل الألواح وتركب صامولة قطرها ("¾) سمك خارج لوحة الأنابيب الأمامية فقط. والطرف الخلفي يكون محزز أحيانا.

والمعرف عمليا هو وضع الصواميل فقط على أنابيب التدعيم الحدية والأنابيب الأخرى تكون تقريبا مثبتة داخل الألواح وممددة.

وغالبا يستخدم عدد ثلاثة سمك لأنابيب التدعيم في مرجل واحدة لمطابقة مساحات التدعيم المختلفة لألواح الأنابيب واكبر نوع في السمك ("½) يستخدم لأنابيب التدعيم الحدية والأنابيب الأخرى التي تختلف في السمك من ("3/8) إلى ("5/16) يتم تركيبها داخل المساحة الحدية للألواح كما في الشكل رقم (3-73).



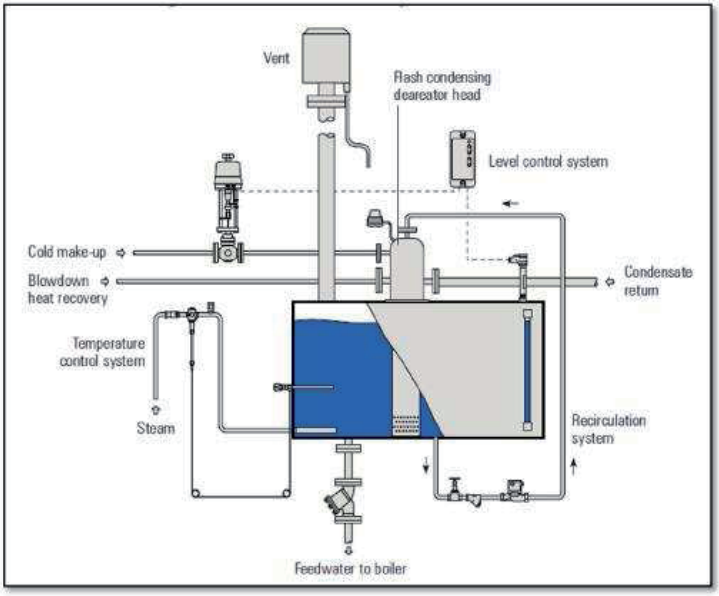
الشكل رقم (3-73) لوحة الأنابيب لمرجل أنابيب النار

الشكل رقم (3-80) بيت مرجل أنابيب النار

Boiler Room (Bosch Industriekessel GmbH) with permission

(3-9-1) صمامات الأمان Safety Valve.

إن وظيفة صمام الأمان كما في الشكل رقم (3-81) هي تصريف البخار عندما يكون ضغط البخار داخل المرجل قد تجاوز الضغط التشغيلي.



الشكل رقم (3-85) خزان الماء المغذي للمرجل

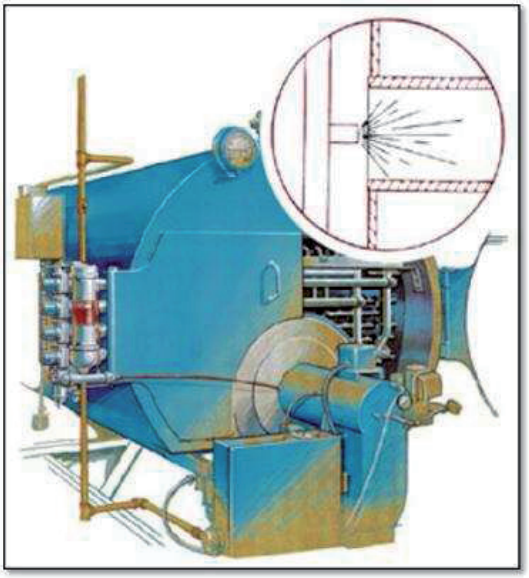
Boiler feed water Tank courtesy of (Spirax Sarco)

الشكل رقم (3-86) خزان الماء المغذي

Feed water Surge tank (with permission Cleaver-Brooks co.)

(6-9-3) نافخات الرماد والسخام Soot and Ash Blower

تنتج عن عملية الاحتراق مخلفات تترسب على السطوح الداخلية لأنابيب النار مما يؤدي إلى تقليل عملية الانتقال الحراري وبالتالي إلى تقليل كفاءة المرجل وزيادة في استهلاك الوقود ولضمان المحافظة على أفضل أداء وأعلى كفاءة يجب المحافظة على أسطح نظيفة لعملية الانتقال الحراري .

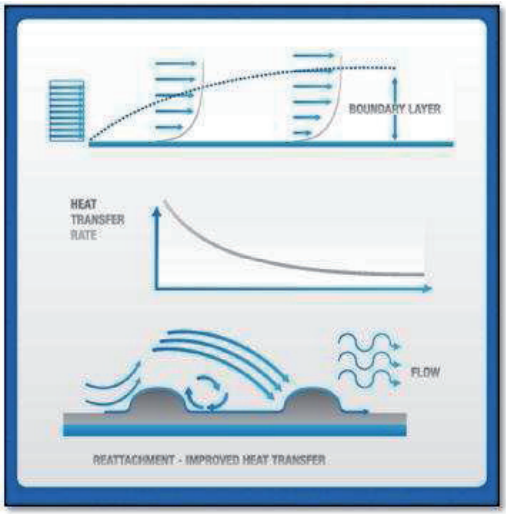


الشكل رقم (3-92) نافخات السخام في مراجل أنابيب النار

Soot blower for fire tube boiler courtesy of (FUEL EFFICIENCY, LLC)

تستخدم نوع خاص من نافخات الرماد في مراجل أنابيب النار حيث تتكون من شبكة من الأنابيب تكون نهاياتها على شكل فوهة داخل كل أنبوب كما في الشكل رقم (3-92) يتم استخدام البخار وبضغط عالي لأجل كسح الرماد والسخام وإخراجه مع الغاز العادم، كذلك

الانتقال الحراري. كما في الشكل رقم (3-98)،إما عند استخدام ها النوع من الأنابيب الذي يحتوي على جدار حلزوني على طول الأنبوب من الداخل ،يسبب هذا الجدار الحلزوني جريان للمائع بشكل مضطرب مما يؤدي إلى عدم تكون طبقة التماس وبالتالي تقل المقاومة (Resistance) ويزداد معدل الانتقال الحراري.



الشكل رقم (3-98) طبقة التماس وجريان الغازات
FT Boiler Tube (X-ID)) courtesy of (FINTUBE CO.)

(3-1-11-2) فوائد استخدام أنبوب مراجل أنابيب النار نوع (X-ID).

1- معدل الانتقال الحراري الداخلي (85%) أكثر من الأنبوب العادي (Bare tube) المسطح من الداخل.

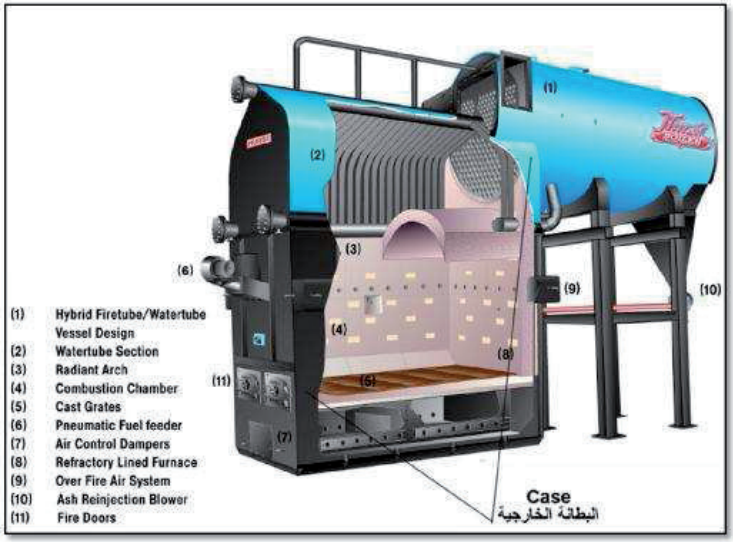
2- زيادة في كفاءة المرجل (Boiler efficiency).

3- تقليل استهلاك الوقود.

الشكل رقم (3-112) بوابة الوعاء مركبة على الوعاء

الشكل رقم (3-113)) نوع أخر لبوابة الأوعية نوع Blind Flange
courtesy of (Henan Province Shi Xing Machinery Co., Ltd)

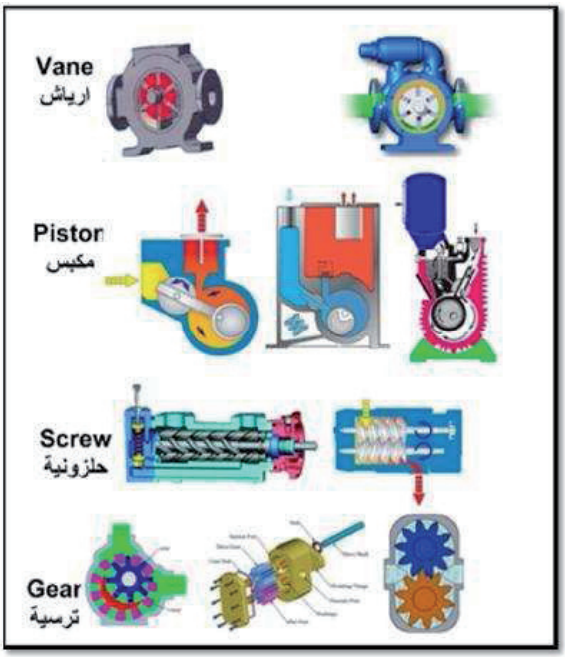
من اجل الكفاءة يجب إن تكون مساحة سطح الأنابيب المعرضة لغازات الاحتراق كافية، إذا استعملت أنابيب صغيرة ،فأنه يمكن الحصول على مساحة سطحية اكبر في حيز معين كما إن سمك الأنابيب يكون اصغر لضغط معين، ولو انه للحصول على دورة جريان طبيعي ،يجب إن تكون الأنابيب اقصر في الطول ،وهذا يستلزم عددا اكبر من الأوعية والمجمعات .وضع الأنابيب متقاربة ينتج اضطرابا دوامي كثيرا في الغازات مما يؤدي إلى انتقال الحرارة جيدا،



الشكل رقم (3-133)البطانة الخارجية Case والعوازل الحرارية رقم (8)

"Hybrid" Fire tube/Water tube Vessel Design

(with permission **Hurst** BOILER and WELDING Co.INC)



الشكل رقم (3-148) مضخات الوقود ذات الإزاحة الموجبة

د- المصافي والمرشحات Strainers and Filters

المصافي والمرشحات (Strainers & Filters) كما في الشكل رقم (3-149)هي أدوات يتم تركيبها في خطوط نابيي الوقود لتجميع المواد الغريبة وخاصة المعدنية منها التي تكون في خطوط الأنابيب أو الخزانات والتي يجب إزالتها لحماية المشاعل من حدوث الانسداد فيها. من الضروري عمل فحص دوري للمرشحات والمصافي للتأكيد على أنها تعمل في حالة جيدة. وتركب المبينات على كل جانب من المرشح بحيث يمكن قراءة فرق الضغط دوريا لمعرفة إذا كان هناك انسداد أم لا وتجهز المرشحات والفلاتر بالزوج بحيث يمكن حل مرشح أو مصفي واحد لتنظيفه والأخر في الخدمة كما في الشكل رقم (3-150) و(3-151).

(3-14-10) أجهزة السيطرة والقياس

Control and Measurement Devices

تتضمن غرف السيطرة على تشغيل المراجل البخارية على أجهزة السيطرة على جريان الماء المغذي والبخار والوقود ،مقياس مستوى الماء في وعاء البخار ،مسيطرات الاحتراق ،مقاييس الضغط كما في الشكل رقم (3-159)،مقاييس درجة الحرارة كما في الشكل رقم (3-158) للماء والوقود والبخار المحمص ...الخ ،وتتواجد بعض هذه الأجهزة أيضا في أجزاء المرجل الخارجية أيضا كما في الشكل رقم (3-155).إن التطور الهائل في منظومات السيطرة والتي تستخدم الأنظمة المتطورة والحديثة باستخدام الحاسوب كما في الشكل رقم (3-156) أدت إلى تحسين كفاءة أداء المراجل البخارية .

الشكل رقم (3-155) لوحة السيطرة على المراجل البخارية النوع التقليدي

والماء وممر كلا من الماء والبخار يكون قصير ومباشر والماء المبخر في الأنابيب يستبدل بواسطة الماء المتدفق مباشرة في الاتجاه إلى أسفل من خلال المجمعات الأمامية ثم إلى داخل الأنابيب وجزء من هذا الماء يكون بالتالي متبخر. وعند الدخول الوعاء يرتطم كل من البخار والماء المتداول مع الألواح العارضة والتي تجعل الماء يتجه إلى الأسفل بينما ينفصل البخار ويمر حول إطراف الألواح العارضة ثم إلى حيز البخار ثم يؤخذ بواسطة أنبوب مثقوب إلى صمام المنع . وهكذا يكون هناك تداول مستمر للماء في اتجاه واحد ولا يعترض بأي تيار معاكس وهذا التداول المستمر يعطي المرجل درجة حرارة متساوية في جميع أجزائه بحيث انه يمكن تجنب الانفعال غير الضروري الناتج من عدم تكافؤ درجات الحرارة. وأسطوانة أو وعاء الماء تزود أيضا بألواح تصريف لمنع الحركة غير المرغوبة للماء عندما تتأرجح السفينة. والأنابيب تكون من الصلب الغير ملحوم. وفي الطرف المضاد لكل أنبوب في المجمع توجد فتحة أو فتحة يدوية والتي من خلالها يمكن فحص الأنبوب وينظف أو يتم تجديده وكل فتحة يتم غلقها بواسطة باب من الصلب بفلنجة ومانع تسريب وصامولة. والباب يتم سحبه إلى الأعلى إلى قاعدته بواسطة كلابه من الصلب بفلنجة أو بواسطة غطاء محمل وصامولة والوصلة التي تصنع على داخل المجمع تكون من مانع تسريب مناسب.

للهواء مباشرة على مخرج غازات الاحتراق إما في الشكل رقم (3-77) فان المسخن يكون في الواجهة الأمامية للمرجل عن طريق ربطه بمجاري من مخرج الغازات.

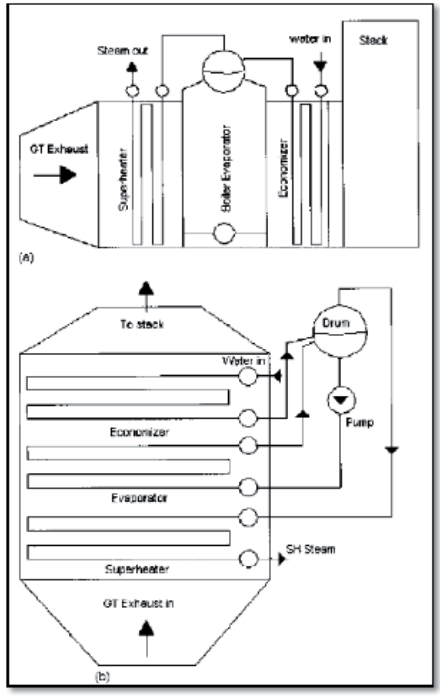
الشكل رقم (3-77) مسخن الهواء الأولي

Air pre-heater ((Bosch Industriekessel GmbH) with permission

(3-27) التدوير في مراجل استرجاع الطاقة البخارية

Circulation in HRSG

مراجل استرجاع الطاقة بصورة عامة تصنف بالاعتماد على نوع نظام التدوير يمكن إن يكون طبيعي ، جبري كما في الشكل رقم (3-205) أو بدون تدوير.

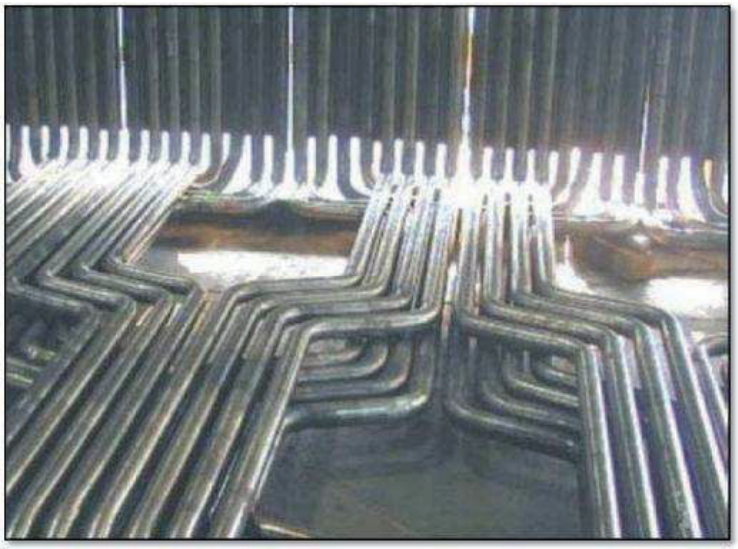


الشكل رقم (3-205) (A) مخطط لمرجل التدوير الطبيعي (B) مخطط لمرجل التدوير الجبري

(3-30-3) ألواح أنابيب الجدران

Water Wall Panels

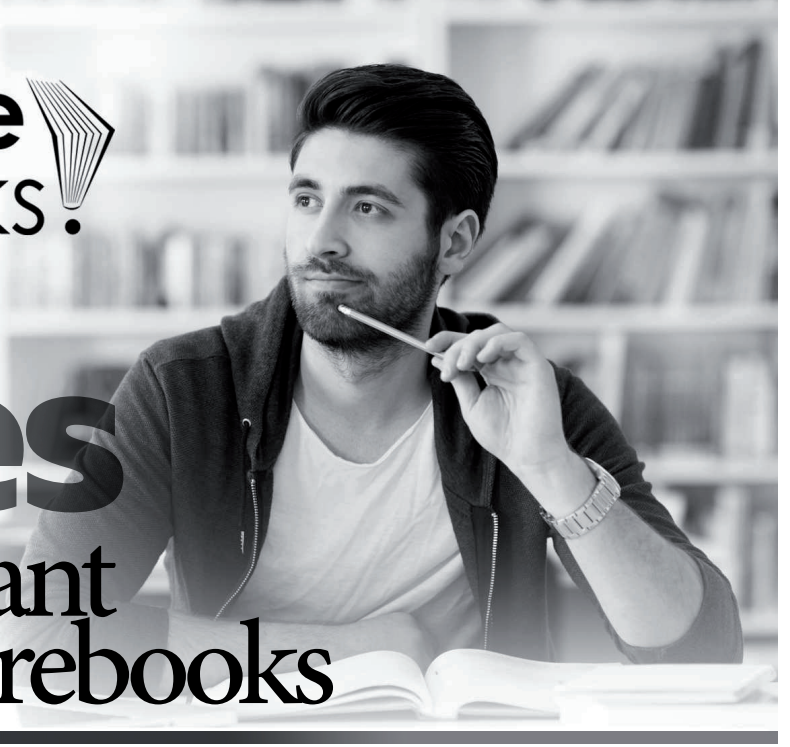
تستخدم هذه الأنابيب في المراجل الحديثة كما في الشكل رقم (3-218) بدل من أنابيب المولدة للبخار(Steam Generating Tubes) وذلك لتقليل الحرارة المفقودة (Heat lost)من الجدار وتقليل كلفة العوازل الحرارية ،تكون هذه الأنابيب الجدران وقد تكون ذو نهاية ذات قطر اقل من قطر الأنبوب ،محنية، ملفوفة لتكون فتحات للدخول أو للمشاعل وقد تلحم إلى المجمعات الرئيسية (Headers) .تكون أقطار وسمك وأطوال الأنابيب بحدود (50.8 mm OD x 5.6 Mm MWT conforming to SA- 210 Gr. C in . Lengths of up to 24 mtrs. X max.28 tubes (2 mtrs. wide))



الشكل رقم (3-218) أنابيب الجدران

Water wall panels courtesy of (TPP BOILERS PVT. LTD.)

More Books!



Yes
I want
morebooks

اشتري كتبك سريعا و مباشرة من الأنترنيت, على أسرع متاجر الكتب الالكترونية في العالم
بفضل تقنية الطباعة عند الطلب, فكتبنا صديقة للبيئة

اشتري كتبك على الأنترنيت

www.get-morebooks.com

Kaufen Sie Ihre Bücher schnell und unkompliziert online – auf einer der am schnellsten wachsenden Buchhandelsplattformen weltweit!
Dank Print-On-Demand umwelt- und ressourcenschonend produziert.

Bücher schneller online kaufen
www.morebooks.de

OmniScriptum Marketing DEU GmbH
Bahnhofstr. 28
D - 66111 Saarbrücken
Telefax: +49 681 93 81 567-9

info@omniscriptum.com
www.omniscriptum.com

OMNIScriptum