المادة: هندسة معامل الاغذية ***FOOD PLANTS ENGINEERING***

الجزء النظري: **عدد الوحدات النظرية (2)** **عدد الساعات (2)**

مدرس المادة: أ.م.د. اسعد رحمان سعيد الحلفي: asaadrehman@yahoo.com http://al-hilphy.gid3an.com ( )

قسم علوم الاغذية – كلية الزراعة – جامعة البصرة

المحاضرة السابعة:

توليد البخار واستعماله *Steam Generation*

يعرف البخار بانه الماء في الحالة الغازية ويتم توليد هذا البخار باستعمال الماء واضافة طاقة حرارية الى ان يتم تويله من الحالة السائلة الى الحالة الغازية ، لذا فان اول عملية لتوليده هو اضافة بعض السعرات الحرارية اللازمة لاجراء مثل هذا التغيير وهذا يتطلب اضافة نوعين من الحرارة:

1- **الحرارة المحسوسة** التي بواسطتها يمكن تغيير درجة حرارة الماء من الدرجة التي هو فيها وهذه الدرجة تتوقف على المنطقة التي يتواجد فيها المعمل الغذائي وفي العادة تتراوح مابين 4 – 30 درجة مئوية الى درجة الحرارة التي يبدأ فيها تحول الماء الى بخار وهي 100 مئوي وتتوقف مقدار السعرات الحرارية الواجب اضافتها على كمية الماء ودرجة الحرارة.

$$q = m\, C_p (T_2 - T_1)$$

Q:مقدار السعرات الواجب اضافتها (كيلو سعرة). ، m:وزن الماء /كغم ، C_p:الحرارة النوعية للماءوتساوي 1 ، T_2:درجة الغليان للماء (مئوي)، T_1: درجة حرارة الماء المستعمل لتوليد البخار (مئوي).

مثال: مامقدار الحرارة الواجب اضافتها الى 1000 كغم ماء في درجة حرارة 20 مئوي لكي يصبح في درجة حرارة 100 مئوي.

$$q = m\, C_p (T_2 - T_1) = 1000 \times 1(100 - 20) = 8000\ kcal.$$

2- حرارة التبخر:

وهي مقدار السعرات الحرارية اللازم اضافتها الى كيلو غرام واحد من الماء لكي يتم تحويله من ماء في درجة حرارة 100 مئوية الى بخار ماء في درجة 100 مئوي وتبلغ هذه 538 كيلو سعرة /كغم ماء في الضغط الجوي الاعتيادي .

3- الحرارة المضافة الى البخار لرفع درجة حرارته وتحويله الى بخار ماء يسمى بالبخار المسخن super heated وتقدر هذه الحرارة المضافة بـ0.47 كيلو سعرة/كغم لكل درجة مئوية.

من هذا يمكن تقدير الحرارة اللازمة لاجراء عملية تحضير البخار المسخن:

$$q = m\, C_p (T_2 - T_1) + 538\, m + 0.47m\, (T_3 - 100)$$

Dr.ASAAD AL-HILPHY

الاغذية

انواع البخار:

يولد البخار بصورة عامة بثلاثة انواع مهمة وذلك لغرض استعمالات معينة لكل نوع وهي:

1-**البخار الرطب** wet steam: يطلق اسم البخار الرطب على البخار الذي يحتوي على قطرات ماء اي ان الكيلوغرام الواحد منه يحتوي على جزء يمثل الماء وهو بحالة سائلة ويعتبر هذا النوع هو الاكثر استعمالا في معامل الاغذية والالبان . ويعبر عن مقدار قطرات الماء الموجودة فيه بدرجة التشبع فاذا قيل ان هذا البخار ذو درجة تشبع 95% فمعنى ان 5% من هذا البخار عبارة عن قطرات من الماء يشكلها السائل. يجب اخذ هذه النقطة بنظر الاعتبار عند اجراء عمليات تسخين لان مقدار السعرات المتوفر في كغم واحد من بخار مشبع بدرجة 10095% اقل من البخار المشبع بدرجة 100% لان الفرق هذا حاصل في ان 0.05 كغم لكل كغم ماء لم يتحول الى بخار وهذا يعني عدم اضافة حرارة تبخيرله وان مثل هذا البخار سوف يحمل :

538 kcal. – 538 ×0.05=511.1kcal.

511.1 كيلو سعرة المتوفرة في كيلو غرام واحد من البخار درجة تشبعه 95% في درجة 100 مئوي في الضغط الجوي الاعتيادي.

2- **البخار الجاف** dry steam : وهو البخار الذي لايحتوي على قطرات ماء.

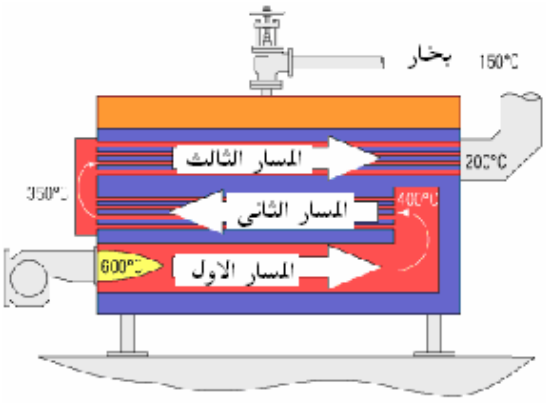
3- **البخار المسخن** super heated steam : عند تسخين البخار المشبع الذي لايحتوي على قطرات ماء بامراره على مسخنات اخرى لرفع درجة حرارته يطلق عليه بالبخار المسخن .

في العادة يوفر البخار وهو في ضغط اكثر من الضغط الجوي وذلك لغرض تخفيض حجمه حيث يبلغ حجمه تحت الضغط الجوي 0.755 مت مكعب بينما ينخفض هذا الحجم الة 0.1 متر مكعب وسهولة نقله بسبب هذا الضغط عبر الانابيب التي تنقله من مولداته الى محلات استعماله في وحدات التصنيع المختلفة ويجهز البخار في معامل الاغذية والالبان وهو تحت ضغط يتراوح من 7 – 12.5 كغم/سم^2.

المراجل البخارية Boilers

تصنف المراجل البخارية الى:

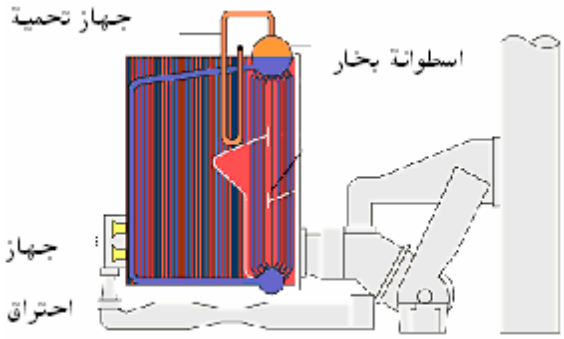
1- المراجل البخارية التي يكون فيها الماء بشكل خزان وتمر في هذا الماء الابخرة والغاززات المسخنة وتسمى fire tube boiler حيث يتم تبادل حراري بين هذه الغازات التي تسخن سطح الانبوب والماء الموجود فتضاف الطاقة الحرارية وتستمر عملية التبخر ويتكون البخار حيث يتجمع في الاعلى . وتتوفر المراجل ذات الحجوم الصغيرة من هذا النوع بطاقة 4000 كغم بالساعة.

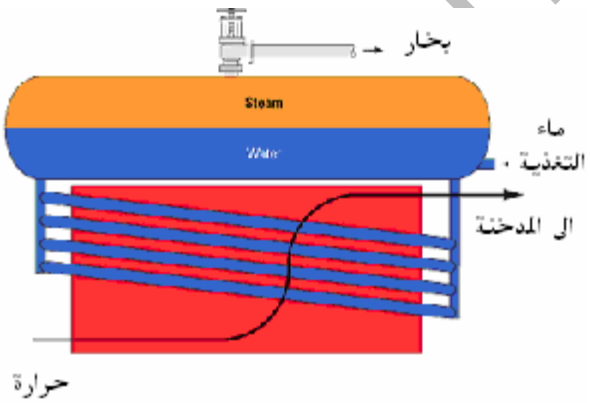


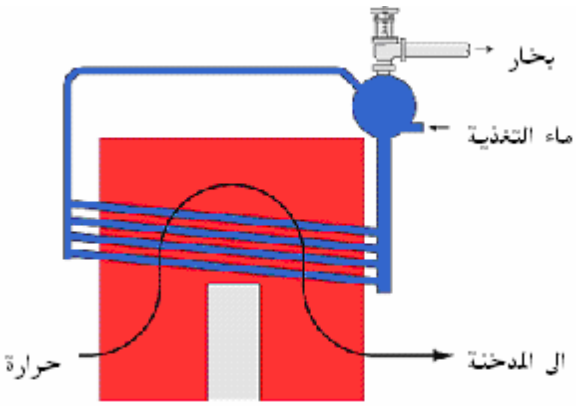
DrASAAD AL-HILPHY

الاغذية

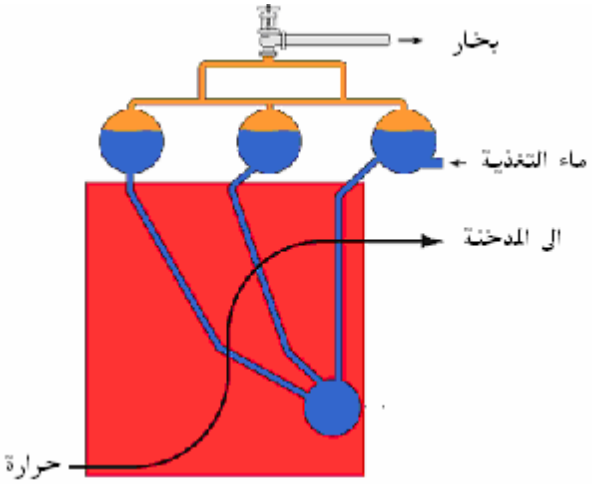
2- المراجل البخارية التي يكون فيها الماء في انابيب وتمر عبرها الغازات الساخنة وتسمى water tube boiler فيتم تسخين الماء وهو داخل الانابيب . وتتراوح طاقتها بين 4000 – 8000 كغم بخار بالساعة. وهذه المراجل تكون بشكلين الاول عمودي والاخر افقي .





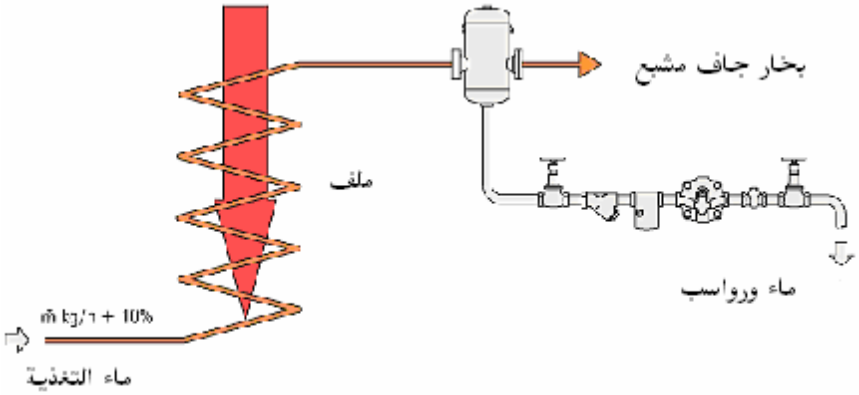


Dr.ASH HILPHY

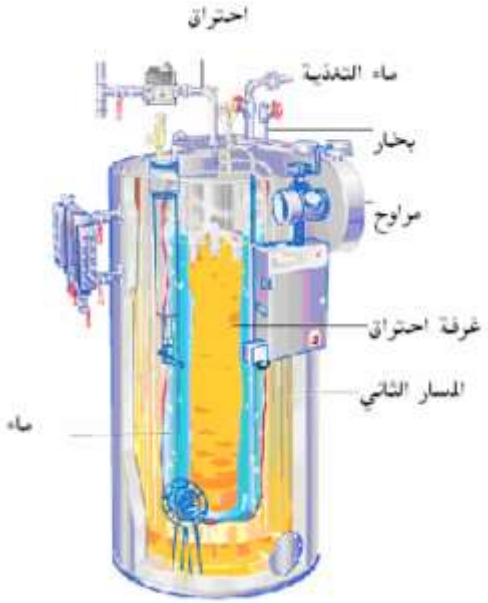


المرجل نوع الملف coil boiler

وهي من نوع انبوب الماء ويمكن ان تنتج بخار تحت ضغط عال وتصلح للاستخدامات التي يكون فيها الطلب على البخار والتغيرات في هذا الطلب منخفضا.



مرجل بخار بدون انابيب ويتراوح ارتفاعها من 1.7 الى 2 م ويتراوح الانتاج فيها من 100 كغم/ساعة الى 1000 كغم/ساعة



Dr.ASAD ALHILPHY

مكونات المرجل البخاري:

1- مصدر للطاقة الحرارية :

يتم تسخين الماء لغرض تحويله الى بخار داخل المرجل البخاري باحد الطريقتين:

أ- التسخين باستعمال المسخنات الكهربائية. ب- التسخين باستعمال الوقود المختلفة.

2- **خزان للماء والبخار:**

قد يكون الماء في المرجل موضوع في قعر الخزان بشكل مفتوح بحيث يتم تسخين هذا الماء وعند تبخره يرتفع الى الاعلى حيث يجمع في حيز يقع في اعلى هذا الحيز او ان يمرر الماء في انابيب فيتم تبخر الماء ثم يرتفع البخار وفي العادة يؤدي تجمع البخار الى حصول ضغط يزداد بازدياد تكون البخار وتجمعه في هذا الحيز.

لذا فان هذا الجزء من المرجل يجب ان يكون مصنوعا من معدن له مقاومة جيدة بحيث يمنع حدوث الانفجارات في هذه المراجل .

تعتمد قوة اي كمية مضغوطة على مقدار قطر هذا الاناء فمثلا ان قطر الخزان في المراج المسماة scotish marine الى 2.25 م وان حجم الانابيب في المراجل ذات الماء في الانابيب بقطر 10 سم ويمكن تقدير قوة الشد للمعدن:

$$S = \frac{R\,P}{L}$$

S: قوة الشد لمعدن الاناء (كغم/سم^2) ، R: نصف قطر الاسطوانة (سم). ،P: الضغط داخل الاسطوانة (كغم/سم^2) ، L: سمك الجدار (سم).

مثال: اسطوانة مرجل بخاري ذات قطر 60 سم مصنوع من حديد سمك 1 سم يحتوي على بخار ضغطه 12 كغم/سم^2 ، اوجد مقدار قوة الشد tensile stress في الاسطوانة.

$$S = \frac{R\,P}{L} = \frac{60\ \times 12}{1} = 720\ kg/cm^2$$

ولمعرفة مقدار الامان الذي يتوفر في مثل هذا المرجل لابد من معرفة مقدار الشد الذي يمكن للحديد مقاومته وفي العادة يزيد مقدار الشد القابل تحمله من قبل هذا الحديد الى 4000 كغم/سم^2 وبذلك يصبح عامل الامان للمرجل:

$$\text{عامل الامان} = \frac{4000}{720} = 5.7$$

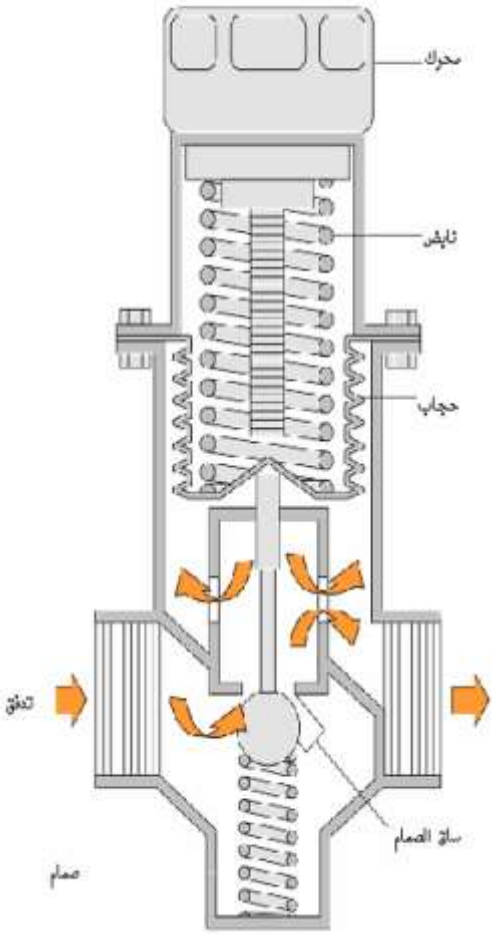
3- **صمام امان**:safety valve

يعتبر هذا الصمام من الاجزاء المهمة في المراجل البخارية التي يجب ان تكون تحت مراقبة دورية للتاكد من انها تقوم بعملها حسب المطلوب عند وصول الضغط الحد الاعلى.تثبت هذه الصمامات في اعلى حيز البخار

Dr.ASAAD AL-HILPHY

الاغذية

والغرض منها فتح فتحة تسمح لتسلرب البخار من الاسطوانة للتخلص من البخار عند ما يكون الضغط عال وبذلك تسبب خفض الضغط عن الحد الذي قد يؤدي الى تراكم الضغط وانفجار المرجل البخاري. واهم



الصمامات المستعملة لهذا الغرض هو pop safety valve .

4-**زجاجة قياس مستوى الماء** water glass gauge:

توضع هذه الزجاجة لتحدد مستوى الماء في المرجل وهي مدرجة لمعرفة مستوى الماء لان انخفاض مستوى الماء عن الحد الطبيعي يؤدي الى تسخين اكثر من اللازم ويؤدي الى حدوث مشاكل.

Dr.ASAAD

5- **مقياس ضغط البخار** :pressure gauge

وهو مهم جدا لغرض تحديد الضغط بشكل دقيق وهو اما ان يقيس بوحدات باوند/انج^2 او كغم/سم^2.

6- **ضاغطة الماء water injector او مضخة** :

وبواسطتها يجهز الماء الى المرجل البخاري حيث يجهز بضغط عال يقاوم ضغط المرجل .وتعمل على توفير الماء للحد المطلوب لجميع الاوقات وتعمل بشكل اوتوماتيكي.

7- **جهاز السيطرة الحرارية**:heating controller

ويتالف من فاصم حيث يذوب عند انخفاض مستوى الماء في المرجل البخاري بنما اذا بقي المرجل يحتوي على ماء ضمن الحد المطلوب فان يعمل بشكل جيد وهو يحافظ على المرجل من توليد حرارة اكثر من اللازم قد تؤدي الى تلفه.

صفات المرجل الجيد:

1- ان يكون قادر على توفير البخار بالسعة التي تم اختياره على اساسها وبالسرعة المناسبة .

2- ان يولد البخار بسرعة وبضغط مناسب وان تكون سرعة تكونه جيدة وتعتبر المراجل التي تكون 50 كغم /سا جيدة.

3- ان يكون استعمال الوقود اقتصادي اي كفاءة سطح التسخين عالية.

4- ان يكون ذا حجم مناسب لسعة حاجة المصنع الغذائي وان لاتكون طاقته اكثر مما يحتاجه المعمل .

5- ان يكون البخار على درجة من الجفاف الجيد (التشبع) تحت الضغط الجوي وذلك لحمل اكبر طاقة حرارية ممكنة لوحدة الوزن.

يجب توفير مصدر مناسب للمياه لتجهيز المرجل بما يحتاجه من المياه ويجب ان كون المياه خالية من المواد العلقة والمركبات الكيمياويةالمسببة للعسرة لان هذه المواد تترسب داخل المرجل وتؤدي الى خفض كفاءته كما انها تؤدي الى حدوث انفجار فيه عند تراكمها بكل كبير وعدم تنظيفها. لذلك يجب اضافة هيدروكسيد الصوديود او هيدروكسيد الكالسيوم لترسيب هذه المواد والتخلص منها او تمرير المياه في مزيلات العسرة والتي تسمى بالزيولايت zeolite

طاقة المراجل البخارية:

تقدر طاقة المراجل التجارية لتوليد البخار بعدد حصان – مرجل boiler Hp والحصان الواحد يعادل تبخر حوالي 15.68 كيلوغرام من الماء لكل ساعة عند درجة 100 مئوي.وهذا يعني ان الحصان الواحد يساوي:

538 × 15.68 = 8435 كيلو سعرة .

يمكن تحديد حجم المرجل البخاري حسب المساحة الخاصة بالتسخين للماء ويحب ذلك للمراجل البخارية من نوع fire tube boiler :

DR.ASAAD AL-HILPHY

الاغذية

1 حصان – بويلر لكل 1.07 الى 1.39 م^2 من المساحة الخاصة بالتسخين.

1 حصان – بويلر لكل 0.93 م^2 من المساحة الخاصة بالتسخين.

يستعمل البخار في معامل التصنيع الغذائي اما بصورة مباشرة مع الغذاء مثل تعريض الحليب الى التسخين مباشرة عند صناعة جبن ريكوتا . ويجب ان يكون البخار خال من الشوائب وبدرجة عالية من النقاوة لكي لايتلوث الغذاء .او يستخدم البخار بصورة غير مباشرة وهي الطريقة السائدة لتسخين الغذاء كما في المبادلات الحرارية .

مثال: ماهي الحرارة اللازمة لتحويل 100 كغم من الماء في درجة حرارة 20 مئوي الى بخار تحت الضغط الجوي والحرارة النوعية للماء 1 سعرة / غم.م^o . وما هي الحرارة اللازمة لتسخين البخارالى درجة 110 مئوي؟

الحرارة المحسوسة لرفع درجة حرارة الماء من 20 الى 100 مئوي تحسب:

$$q= m\, C_p\, (T_2-T_1)$$

$$q =100\times1(100-20)=8000 \text{ kcal.}$$

الحرارة اللازم اضافتها الى الماء لكي يتحول الى بخار في درجة 100 مئوي في الضغط الجوي (الحرارة الكامنة للتبخير) تحسب:

$$q2=m\ 538 =100\times538=53800 \text{ kcal.}$$

مجموع الحرارة اللازمة = 8000 + 53800 =61800 كيلوسعرة.

$$q3=8000+53800+100\times0.47(110-100)=62270 \text{ kcal.}$$

مثال: اوجد كمية بخار مشبع 90 % يلزم لتسخين 2000 كغم من الحليب درجة حرارته 4 مئوي الى درجة حرارة 74 مئوي اذا علمت ان البخار في ضغط 7 كغم / سم^2 علما بان كفاءة المسخن 90 % وان الحرارة النوعية للحليب 0.93 وان الماء يترك المسخن في درجة حرارة 74 مئوي. والحرارة الكامنة للبخار 478.87 كيلوسعرة / كغم.

$$q=2000\times0.93\times(74-4)=130200 \text{ kcal.}$$

بما ان كفاءة المسخن 90 %

الحرارة اللازمة = 130200 ×(100/90) =144660 كيلو سعرة.

لتحويل درجة الحرارة من المئوي الى الفهرنهايتي

$$74\times(9/5) +32=165\ ^oF$$

$$q=1\times(165-32)=133 \text{ Btu/1b}$$

من جداول البخار الطاقة الحرارية لكل باوند= 308 Btu/1b

Dr.ASAAD AL-HILPHY

308-133=97.46 kcal./kg

حرارة السائل 487.87 ×(90/100)=439.8 kcal./kg

439.1 + 97.46 =536.54 kcal.

مقدار البخار 144660/536.54 =269.6 kg for steam

مثال: ماهي القوة الحصانية اللازمة لتسخين 2000 كغم من الماء من درجة حرارة 30 مئوي الى درجة 90 مئوي في ساعة واحدة علما بان الحرارة النوعية للماء 1.

Q=2000 ×1(90 – 30)

1 حصان- بويلر = 8435.8 كيلوسعرة

القوة الحصانية اللازمة = 8436.8/ ((90 – 30)1× (2000 =14.2 حصان-بويلر.

اوجد القدرة الحصانية لمرجل بخاري من نوع water tube مساحته 92.9 م^2 لـ 1000 قدم مربع كمساحة للتسخين.

92.9/0.93=100 Hp

Dr. ASAD AL-HILPHY