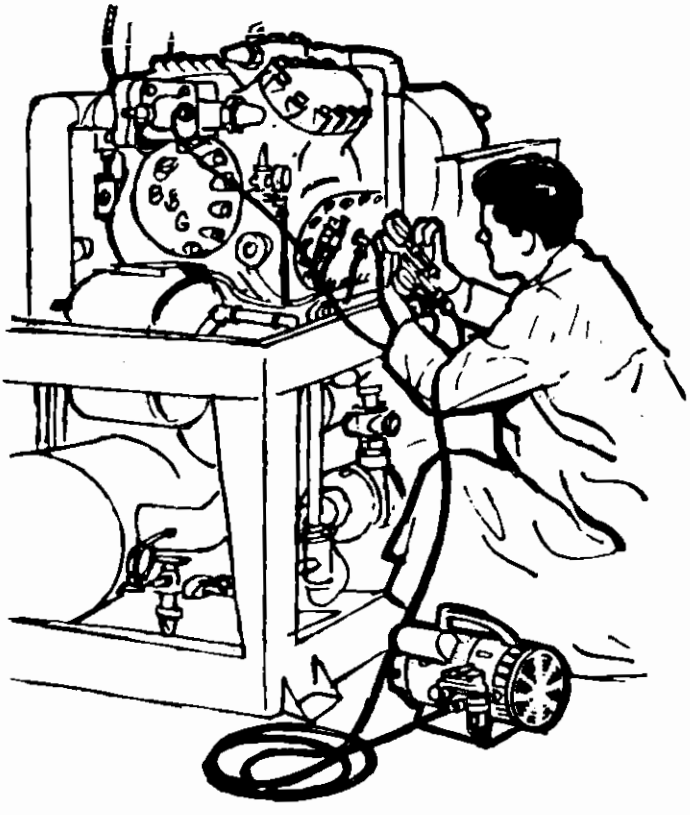
الفصل الثالث



أساسيّات عمليّة التفريغ والتجفيف

الفصل الثالث

أساسيات عملية التفريغ والتجفيف

لقد صرفت حتى الآن مبالغ طائلة فى أبحاث التبريد غير أن كثيراً مما يحدث داخل دوائر التبريد فى أجهزة تكييف الهواء ووحدات التبريد ما زال يعد شيئاً غامضاً حتى الآن – إننا نعلم أن وجود الرطوبة والحرارة والأوكسيجين عند حالات خاصة تسبب حدوث أشكال مختلفة من التلف بدائرة التبريد ، كالتآكل مثلا ، وتكون الاوحال الزيتية ، وترسب طبقة من النحاس فوق الأجزاء المتحركة الموجودة بالضاغط ، وتحلل زيت التزييت ، وتكون الكربون وأخيراً حدوث تلف بالضاغط نفسه بسبب تكون هذه المواد الضارة داخل دائرة التبريد .

إن عدم وجود أحد هذه المواد الملوثة أو تخفيض مقدارها إلى حدود مقبولة تساعد كثيراً على إطالة عمر الضاغط وتبطئ كذلك من حدوث كثير من هذه التأثيرات الضارة ، وإذا أمكننا التحكم فى هذه المواد الملوثة الثلاثة فإننا نكون بذلك قد وضعنا قاعدة ثابتة للحصول على عملية تبريد أو تكييف هواء لا تحدث منها أعطال تقريباً فى أثناء عملها .

إن كل ضواغط التبريد يتم اختبارها فى مصانعها التى تنتجها بعناية تامة ، وذلك لكى تعمل بدون أن ترتفع درجة حرارتها بدرجة كبيرة ، ولكن عند أحسن حالات التشغيل المثالية ، فإن الحرارة بهذه الضواغط ترتفع كشىء طبيعى نتيجة لضغطها مركب التبريد ، ولا يمكن فى كثير من النواحى العملية منع ارتفاع درجة حرارة طرد الضاغط عن ٢٠٠° ف (٩٣,٣°م) ، ولهذا فإنه يجب أن تبذل عناية خاصة فى أثناء القيام بعمليات التركيب والتشغيل والصيانة لمنع كل من الرطوبة والهواء من دخول دائرة التبريد .

الرطوبة داخل دائرة التبريد :

تحدث الرطوبة بثلاثة أشكال ، كجامد عندما تتجمد كثلج ، وكسائل عندما تكون ماء ، وكبخار أو غاز ، ومن النادر جداً أن تدخل هذه الرطوبة دائرة التبريد بشكل ثلج أو ماء – ولكن بخار الماء الذى لا نراه والذى يوجد فى الهواء المحيط بنا هو الذى يخلق لنا المشكلة الحقيقية الخطرة بالنسبة لدائرة التبريد .

إن قابلية هذا الهواء لحمل بخار الماء تزداد بارتفاع درجة حرارته ، وهو ما نلمسه

فى أيام الصيف الحارة ، حيث يكون الهواء محملا بالرطوبة . والرطوبة النسبية هى الاصطلاح الشائع الاستعمال ليعبر عن النسبة المئوية للتشبع ببخار الماء . أى أن الرطوبة التى يحتويها الهواء توضح بالنسبة المئوية لأقصى كمية من الرطوبة يمكن للهواء أن يحتويها عند درجة حرارة معلومة .

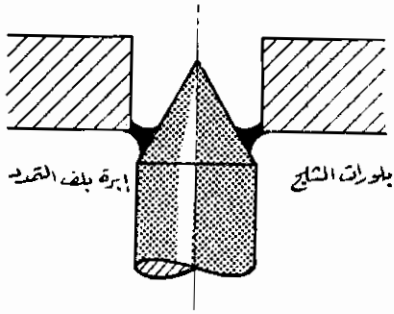
إن الرطوبة النسبية تحدد درجة التندى ، أو درجة الحرارة التى عندها تتكاثف الرطوبة من الهواء ، ويحدث هذا التكاثف مثلا على سطح الزجاج الخارجى لكوب الماء المثلج أو على سطح مواسير وزعانف مبخر دائرة التبريد .

إن نقطة واحدة من الماء تعد لأول وهلة غير ضارة ولكنها تسبب تعطيلا لدائرة التبريد ، فهى تعمل أولا على خلق مشكلة التجمد "Freeze-Ups" ، فالرطوبة يمتصها مركب التبريد وتنتقل داخل مواسير مركب التبريد على هيئة رذاذ دقيق يكون بلورات ثلج عند مدخل إبرة بلف التمدد كما هو موضح بالرسم رقم (٣ – ١) أو عند مدخل الماسورة الشعرية ، حيث تعمل البلورات الثلجية على إعاقة أو منع سريان مركب التبريد داخل دائرة التبريد مسببة تخفيض جودة التبريد أو منع عملية التبريد كلية ، وعندما ترتفع درجة حرارة بلف التمدد لعدم مرور مركب التبريد خلاله فإن هذا الثلج يذوب ويمر خلال البلف ، ثم يبتدئ مركب التبريد فى السريان داخل الدائرة مرة أخرى حتى تعود الرطوبة إلى بلف التمدد ، وتتكون مرة أخرى بلورات الثلج عند مدخل إبرة البلف وينتج عن ذلك عملية تبريد غير منتظمة .

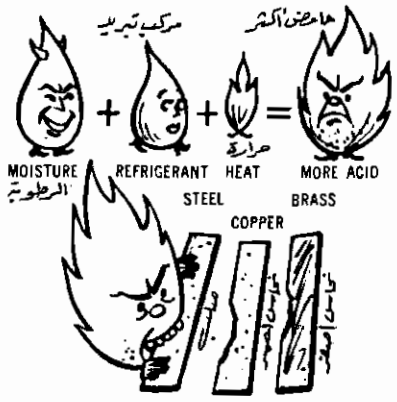
وهذا التجمد لا يعتبر فى الحقيقة المشكلة الوحيدة فقط التى تحدث بسبب تواجد الرطوبة داخل دائرة التبريد ، ولكن الرطوبة أيضاً يمكن أن تعمل بدورها على إحداث التآكل الذى يسبب لنا مشاكل خطيرة ، نظراً لأن تأثير هذا التآكل غالباً لا يظهر إلا بعد حدوث تلف حقيقى بالدائرة .

فمثلا الرطوبة وحدها عندما تكون على شكل ماء قد تسبب حدوث صدأ بعد مضى بعض الوقت ، ولكن عندما توجد مع مركب التبريد فإنها تخلق التآكل ومتاعبه . فمركبات التبريد ، كمركب التبريد – ١٢ يحتوى على الكلورين الذى يتحد ببطء مع الماء مكوناً حامض هيدروكلوريك ، وهذا الحامض يعمل على زيادة حدوث التآكل للمعادن المستعملة فى دائرة التبريد .

هذا وتعمل الحرارة أيضاً على زيادة إحداث التآكل بالمعادن المختلفة نظراً لازدياد تكون الأحماض بازدياد هذه الحرارة كما يوضح ذلك الرسم رقم (٣ – ٢) . ومن الطبيعى أن هذا الحامض يهاجم جميع المعادن التى يلامسها ، ومقدار التآكل الذى



رسم رقم (٣ – ١) – بلورات الثلج التى تتكون عند مدخل إبرة بلف التمدد بسبب وجود الرطوبة داخل دائرة التبريد

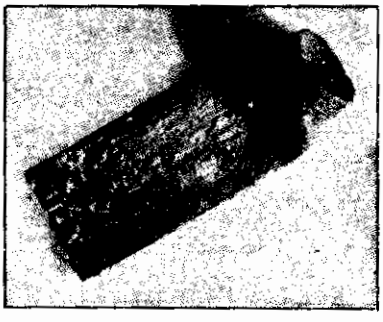


رسم رقم (٣ – ٢) – يوضح هذا الرسم كيف تعمل الحرارة على زيادة إحداث التآكل بالمعادن المختلفة عند وجود الرطوبة مع مركب التبريد

رسم رقم (٣ – ٣) – الوحل بشكل مادة لزجة

رسم رقم (٣ – ٤) – الوحل بشكل مسحوق دقيق

رسم رقم (٣ – ٥) – الوحل على هيئة حبيبات جامدة عادة تكون من كلوريد الحديد



رسم رقم (٣ – ٦) – مصفى سدت بالأوحال

يمكن أن يحدثه بكل معدن تحدده درجة مقاومة المعدن لهذا التآكل ، فمثلا الصلب يحدث عادة به تآكل عند كميات رطوبة أقل وذلك إذا قورن بالنسبة للنحاس الأحمر أو الأصفر .

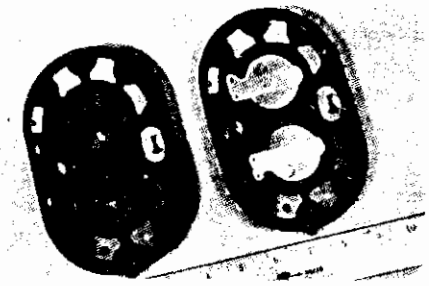
والزيت المختلط بمركب التبريد يحدث هو الآخر متاعب أخرى عند وجود الرطوبة . ولا تنطبق على هذا الزيت المختلط بمركب التبريد قاعدة « إن الزيت والماء لا يمتزج بعضهما ببعض » إذ أن هذا الزيت المختلط بمركب التبريد فى الحقيقة له قابلية على امتصاص الرطوبة بسرعة إذا ترك معرضاً للجو – والماء الذى يتحول إلى حامض فى هذه الحالة يختلط مع مركب التبريد والزيت ، والاثنان يكونان خليطاً متجانساً من الذرات الكروية المتناهية فى الصغر ، وهذا التأثير يطلق عليه عملية تكون الأوحال الزيتية "Sludging" التى تعمل بدورها على إضعاف قدرة الزيت فى قيامه بعملية التزييت المطلوبة منه بشكل كبير .

ويصبح التآكل مشكلة من ناحية التشغيل وذلك عندما يتآكل السطح المعدنى ، وتتكون مادة جامدة تفصل منه . وهذه المادة التى تتكون يطلق عليها عادة الوحل "Sludge" وهذا الوحل يكون إما بشكل مادة لزجة كالمبينة بالرسم رقم (٣ – ٣) . أو مسحوق دقيق كالمبين بالرسم رقم (٣ – ٤) ، أو حبيبات جامدة كالمبنية بالرسم رقم (٣ – ٥) . ويمكن أن يسبب هذا الوحل متاعب مختلفة ، فهو يعمل على سد المصافى الدقيقة كما هو ظاهر فى الرسم رقم (٣ – ٦) أو بلوف التمدد والمواسير الشعرية ، ونظراً لأن هذه الأوحال عادة تحتوى على أحماض فإنها تعمل أيضاً على تآكل الأجزاء التى تلتصق بها وتسبب سرعة تلفها كما هو موضح بالرسم رقم (٣ – ٧)

مما سبق يتضح لنا الضرر البالغ التى تحدثه الرطوبة عندما توجد داخل دائرة التبريد ، فهى تعمل على إحداث التآكل ، وعندما تتجمد تسبب حدوث تعطيل ببلوف التمدد والمواسير الشعرية ، وتكون كذلك الأحماض التى بدورها تكون الأوحال الزيتية التى تعمل على سد المصافى والمجففات والبلوف والمواسير ، وبعد كل هذا فمن غير المستغرب أن يطلق على هذه الرطوبة أنها العدو الأول لدائرة التبريد .

ولتحاشى هذه المتاعب التى تسببها هذه الرطوبة يكون من الضرورى مراعاة الاحتياطات واتخاذ الخطوات اللازمة التى تجعل دائرة التبريد خالية تماماً منها

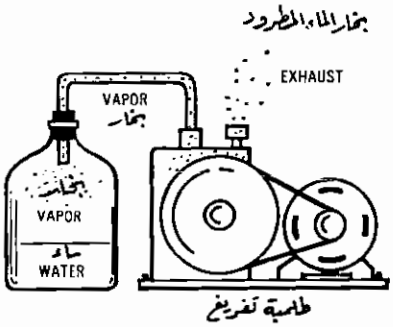
ومن أهم هذه الطرق الفعالة التى تمنع وجود الرطوبة داخل التبريد هو استعمال طلمبة إحداث تفريغ عال كما سنرى ذلك فيما يلى .



رسم رقم (٣ – ٧) – وجه بلف الضاغط الظاهر فى الناحية اليسرى من هذه الصورة قد تأثر بشكل كبير من جرار التآكل ، ويمكن مقارنة ذلك بوجه البلف الجديد الموضوع بجانبه فى الناحية اليمنى من الصورة .

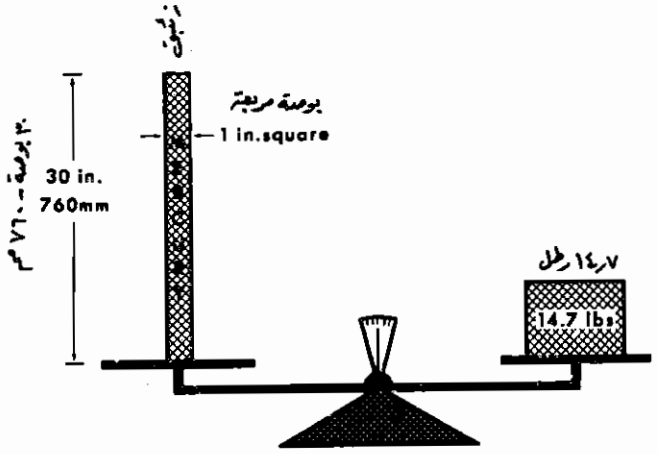
تأثير الضغط ودرجات الحرارة على نقط غليان الماء :

إن طلمبة إحداث التفريغ العالى يمكنها رفع جميع الرطوبة التى توجد داخل دائرة التبريد نظرا لقدرتها على تخفيض الضغط إلى نقطة غليان الماء (يجب أن نعرف أن طلمبة التفريغ لا تقوم بسحب الرطوبة السائلة إلى الخارج ، ولكنها تعمل على غليان هذه الرطوبة وتحولها إلى بخار ، وبذلك يسهل سحبها إلى الخارج مثل الهواء كما هو موضح بالرسم المبسط رقم (٣ – ٨) .



رسم رقم (٣ – ٨) – تعمل طلمبة التفريغ على غليان الرطوبة عند درجة حرارة الجو المحيط وتحولها إلى بخار يسهل سحبه إلى الخارج

إننا جميعاً نعلم أن الكرة الأرضية تحاط بالغلاف الهوائى الذى يتكون من حوالى ٧٨٪ نيتروجين و ٢١٪ أوكسيجين و ١٪ خليط من الغازات النادرة ، وهذا الغلاف يمتد حوالى ٦٠٠ ميل فوق الأرض وينجذب إليها بتأثير الثقل ، وله وزن يقاس بالرطل على البوصة المربعة . فإذا أخذنا عموداً من الهواء مقطعه بوصة واحدة مربعة ويمتد ٦٠٠ ميل فوق سطح الأرض ، فإن وزنه وضغطه الذى يقع على الأرض عند مستوى سطح البحر يكون ١٤,٧ رطلا/□" ، وهذا ما نطلق عليه الضغط الجوى "Atmospheric Pressure" ، وأن أى ضغط أعلى من هذا الضغط الجوى يطلق عليه ضغط المقياس "gauge pressure" ، والضغوط التى هى أقل من ذلك يطلق عليها التفريغ "Vacuum" .



رسم رقم (٣ – ٩) – توازن الضغط الجوى

وعمود الهواء هذا الذى مقطعه بوصة مربعة والذى يحدث ضغطاً قدره ١٤,٧ رطلا/□" يمكنه أن يعادل عموداً من الزئبق مقطعه بوصة مربعة وإرتفاعه ٢٩,٩٢ بوصة. ويمكن تصور ذلك بمقارنته بأرجوحة مهتزة ، فإذا وضعنا فى أحد طرفيهـــا عموداً من الزئبق مقطعة بوصة مربعة وارتفاعه ٢٩,٩٢ بوصة ، ووضعنا وزناً قدره ١٤,٧ رطلا فى الطرف الآخر فإن لوح الأرجوحة يصبح متزناً كما هو موضح بالرسم رقم (٣ – ٩) وهذا والضغط الجوى يختلف باختلاف الارتفاعات المختلفة ، وكما سبق أن ذكرنا أن ارتفاع ٦٠٠ ميل من الهواء الجوى عن مستوى سطح البحر يعادل ١٤,٧ رطلا/□" أو ارتفـــاع عمود زئبقى طوله ٢٩,٩٢ بوصة – ولكن عندما نتصور أننـــا نرتفع من فوق مستوى سطح البحر ونصعد إلى قمة جبل مثلا ، فإننا بذلك نتحاشى ضغط بعض الـ ٦٠٠ ميل من الهواء الجوى .

وأهم قوانين الطبيعة التى تؤثر تأثيراً مباشراً على عملية التجفيف هو التحكم فى نقط غليان الماء عند الضغوط المختلفة ، ومن المعروف أن الماء يغلى إذا تم تسخينه حتى درجة ٢١٢° ف (١٠٠° م) وذلك عند مستوى سطح البحر ، وكمرشد مفيد لنا عند إجراء عملية التجفيف لدوائر التبريد فإننا نقدم فيما يلى جدولا يعطينا فكرة عامة عن درجات الحرارة التى يغلى عندها الماء عند الضغوط الأخرى المختلفة :

درجات الحرارة التى يغلى عندها الماء عند الضغوط المختلفة

درجات الحرارة ف°	بوصات زئبقية	رطل/□" (ضغط)	ميكرون *
٢١٢	٢٩,٩٢	١٤,٦٩٦	٧٥٩٩٦٨
٢٠٥	٢٥,٠٠	١٢,٢٧٩	٦٣٥٠٠٠
١٩٤	٢٠,٦٩	١٠,١٦٢	٥٢٥٥٢٦
١٧٦	١٣,٩٨	٦,٨٦٦	٣٥٥٠٩٢
١٥٨	٩,٢٠	٤,٥١٩	٢٣٣٦٨٠
١٤٠	٥,٨٨	٢,٨٨٨	١٤٩٣٥٢
١٢٢	٣,٦٤	١,٧٨٨	٩٢٤٥٦
١٠٤	٢,١٧	١,٠٦٦	٥٥١١٨
٨٦	١,٢٥	,٦١٤	٣٥٥٦٠
٨٠	١,٠٠	,٤٩١	٢٥٤٠٠
٧٦	,٩٠	,٤٤٢	٢٢٨٦٠
٧٢	,٨٠	,٣٩٣	٢٠٣٢٠
٦٩	,٧٠	,٣٤٤	١٧٧٨٠
٦٤	,٦٠	,٢٩٥	١٥٢٤٠
٥٩	,٥٠	,٢٤٦	١٢٧٠٠
٥٣	,٤٠	,١٦٩	١٠١٦٠
٤٥	,٣٠	,١٤٧	٧٦٢٠
٣٢	,١٨	,٠٨٨	٤٥٧٢
٢١	,١٠	,٠٤٩	٢٥٤٠
٦	,٠٥	,٠٢٤٥	١٢٧٠
— ١٤	,٠١	,٠٠٤٩	٢٥٤
— ٣٥	,٠٠٥	,٠٠٢٤٥	١٢٧
— ٦٠	,٠٠١	,٠٠٤٩	٢٥,٤
— ٧٠	,٠٠٠٥	,٠٠٠٢٤	١٢,٧
— ٩٠	,٠٠٠١	,٠٠٠٠٤٩	٢,٥٤

* الضغط المتبقى داخل دائرة التبريد بالميكرون .

١ بوصة = ٢٥٤٠٠ ميكرون = ٢,٥٤٠ سم = ٢٥,٤٠مم

١٠٠ بوصة = ٢٥٤٠ ميكرون = ٢٥٤, سم = ٢,٥٤مم

٠٣٩ بوصة = ١٠٠٠ ميكرون = ١٠٠, سم = ١,٠٠ مم

رطل /□" = ٢,٠٣ بوصة زئبقية

١ بوصة زئبقية = ٤٩١, رطل/□"

هذا ويجب أن نفهم من الحقائق الواردة بالجدول السابق أنها تختص بالضغط الذى يحدثه الجو المحيط بالأرض .

ومن هذا الجدول يمكن أن نرى أيضاً أنه كلما انخفض هذا الضغط الجوى انخفضت نقطة غليان الماء .

وباختصار يمكننا أن نقول إنه توجد ثلاث طرق لمنع وجود الرطوبة داخل دائرة التبريد بالاستفادة بطريقة غليان الماء الذى قد يوجد داخل الدائرة وهذه الطرق هى :

١ – نقل دائرة التبريد إلى ارتفاعات عالية حيث تسمح درجة حرارة الجو والضغط الموجود هناك بغليان الماء الذى قد يكون موجوداً داخل الدائرة .

٢ – تسخين أجزاء دائرة التبريد لتجعل الرطوبة التى قد تكون موجودة بداخلها تغلى .

٣ – استخدام طلمبة إحداث تفريغ عال لتخفيض الضغط الموجود داخل دائرة التبريد إلى نقطة غليان الماء عند درجة حرارة الجو المحيط بالدائرة .

هذا والطريقتان الأولى والثانية لا يمكن إستخدامهما من الناحية العملية فى أعمال التبريد ويجب إهمالهما ، ولكن طريقة استخدام طلمبة إحداث تفريغ عال هى التى تعد الطريقة العملية المثلى التى يوصى باستعمالها عند إجراء عمليات التفريغ والتجفيف اللازمة لدوائر التبريد المختلفة .

العوامل التى تؤثر على عمل طلمبة التفريغ :

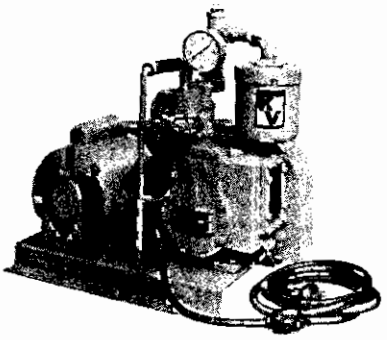
إن طلمبة التفريغ التى تناسب عمليات التبريد لا يجب أن تكون لها قدرة فقط على إحداث تفريغ عال ، ولكن يجب أن تكون لها قدرة على الاحتفاظ بهذا التفريغ داخل دائرة التبريد مدة طويلة . ونظراً لأن الهواء الرطب يُسحب ويُضغط خلال طلمبة

التفريغ فإن الرطوبة التى يحتويها هذا الهواء تتكاثف داخل حوض زيت الطلمبة نفسها ، وعند ما يتشبع هذا الزيت بالرطوبة ، فإن بخار الماء الذى يهرب من الزيت قد يمنع الطلمبة من إحداث تفريغ عال ، وما لم تكن طلمبة التفريغ مصممة خصيصاً لمنع هذه الحالة فإن الزيت الموجود بداخلها قد يصبح مشبعاً بالرطوبة قبل أن تنتهى الطلمبة من إحداث عملية تفريغ واحدة .

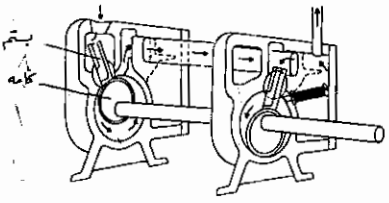
ولمنع حدوث هذا التكاثف فإن بعض طلمبات التفريغ تجهز بفتحة خروج العادم "Vented exhaust" أومساعد لدخول الهواء "Gas Ballast" فائدتهما السماح بتسرب كمية صغيرة جداً من الهواء الجوى بالدخول إلى المرحلة الثانية فى طلمبة التفريغ التى تعمل بمرحلتين ، أو بالدخول إلى حجرة الطرد فى طلمبة التفريغ التى تعمل بمرحلة واحدة ، وذلك قبل مشوار الطرد لمنع تكاثف الرطوبة فى أثناء مرحلة الانضغاط .

ونظراً لأن الطلمبات الترددية العادية تفقد جودتها عند التفريغ الأكبر من ٢٧ بوصة زئبقية فإن الطلمبات الدائرية تستعمل عادة فى إحداث التفريغ العالى . ويمكن الحصول على طلمبات تفريغ تعمل بمرحلة واحدة لها قدرة على إحداث تفريغ عال جداً ولكنها بوجه عام تكون معرضة لحدوث تلوث لزيت التزييت الموجود بها ، وإذا أُخرج العادم عن طريق الفتحة الخاصة الموجودة بها فإن جودة هذا النوع من الطلمبات تنخفض ، ولو أن طلمبة التفريغ التى تعمل بمرحلة واحدة يمكن استخدامها بنجاح تام فى إحداث التفريغ لداوئر التبريد الصغيرة وللحصول على أحسن خواص تفريغ عال فى عمليات التبريد المختلفة فإنه يرصى باستعمال طلمبة إحداث تفريغ عال تعمل على مرحلتين وتكون مجهزة بمساعد لدخول الهواء فى المرحلة الثانية . هذا والرسم رقم (٣ – ١٠) يبين شكل طلمبة إحداث التفريغ العالى التى تعمل بمرحلتين ومركب بها مقياس قراءة التفريغ من نوع بوردن "Bourdon Type Vacuum Gauge"، وأما الرسم المبسط رقم (٣ – ١١٠) فيوضح تركيب هذا النوع من الطلمبات التى تشتمل كل مرحلة منها على كامة وبستم يعملان بالتوالى للوصول إلى تفريغ قدره ٢ ميكرون .

هذا وحتى عند الضغوط المنخفضة جداً فإنه يلزم عند إحداث تفريغ بدوائر التبريد المختلفة أن تكون درجة حرارة الجو المحيط بهذه الدوائر مرتفعة بدرجة كافية لضمان حدوث غليان بأية كمية من الرطوبة قد تكون موجودة داخل الدائرة ويلزم إخراجها منها . وعند الضغوط التى قدرها ٢٠٠٠ ميكرون أو أقل فإن درجة حرارة المكان العادية التى تتراوح ما بين ٧٠° ف (٢١,١° م) و ٨٠° ف (٢٦,٧° م) تعد مناسبة ،



رسم رقم (٣ – ١٠) – شكل طلمبة إحداث التفريغ العالى التى تعمل بمرحلتين ومركب بها مقياس قراءة التفريغ من نوع « بوردن »



رسم رقم (٣ – ١١٠) رسم توضيحى يبين تركيب الطلمبة التى تعمل بمرحلتين وطريقة عملها

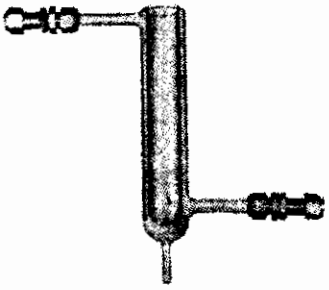
ولكن إجراء عملية التفريغ عندما تكون درجة حرارة المكان أقل من ٥٠° ف (١٠°م) لا يوصى باتباعها .

وعندما يتطلب الأمر إخراج كمية من الرطوبة من داخل دائرة التبريد باستعمال طلمبة التفريغ ، فإن الزيت الموجود داخل الطلمبة قد يصبح مشبعاً بالرطوبة وذلك بالرغم من وجود مساعد لدخول الهواء بالطلمبة وذلك حتى لو كانت هذه الطلمبة من نوع ممتاز من ناحية التصميم ، وعندما تحدث هذه الحالة فإن العلاج الوحيد لها ، هو القيام بتغيير زيت الطلمبة ، وعموماً يوصى بتغيير هذا الزيت بصفة دورية لجميع أنواع طلمبات التفريغ وذلك للمحافظة على الحصول على جودة عالية منها .

وفى حالة احتمال تسرب كمية كبيرة من الماء داخل دائرة التبريد نفسها ، فإن مواسير الدائرة يجب أن يمرر بداخلها غاز مركب تبريد أو غاز نيتروجين جاف قبل توصيل طلمبة التفريغ بالدائرة ، وباتباع ذلك فإننا لا نعمل فقط على إطالة عمر الطلمبة ولكننا فى الوقت نفسه نقوم بتخفيض الزمن اللازم لإحداث التفريغ بالدائرة .

وعندما نعلم أن دائرة التبريد تكون قد تشبعت بالماء بسبب حدوث كسر أو ثقب مثلا فى أحد مواسير المكثف الذى يبرد بالماء ، فإنه يجب فى هذه الحالة تركيب مصيدة باردة للرطوبة "Cold Trap" كالظاهرة فى الرسم رقم (٣ – ١١) فى خط سحب طلمبة التفريغ ، ويستعمل فى هذه المصيدة خليط من الثلج الجاف ومركب التبريد – ١١ لإحداث تكاثف للغازات على جدران المصيدة .

هذا وهناك عامل هام جداً يجب أن يراعى بمعرفة فنيين ومهندسى صيانة عمليات



رسم رقم (٣— ١١) – المصيدة الباردة التى تركب فى خط سحب طلمبة التفريغ .

التبريد وتكييف الهواء وذلك فى أثناء قيامهم بإجراء عمليات التفريغ لدوائر التبريد ، وهو أن المواسير النحاس التى توصل بطلمبة التفريغ يجب ألا يقل قطرها الداخلى عن ¼" وذلك عند إحداث تفريغ بدوائر التبريد الصغيرة ، ولا يقل عن ½" بالنسبة لدوائر التبريد الكبيرة . وكذلك لا يوصى باستعمال وصلة أجهزة القياس العادية "Gauge Manifold" وخراطيم الشحن المركبة بها لإجراء عمليات التفريغ حيث إن هذه الخراطيم تسبب حدوث اختناق كبير يمنـــع الطلمبة من إحـــداث عملية التفريغ المطلوبة ، وكذلك فإن أجهزة القياس المركبة بطلمبة التفريغ تسجل عند حدوث هذا الاختناق تفريغ الطلمبة فقط ولا تعطى صورة صحيحة لمقدار الضغط الموجود داخل دائرة التبريد نفسها .

إن السرعة التى تتم بها عملية التفريغ لدائرة التبريد تتوقف على كل من مقدار إزاحة طلمبة التفريغ نفسها وحجم المواسير أو الخراطيم التى توصل بها . فمثلا طلمبة التفريغ التى تحدث تفريغاً عالياً جداً يصل إلى ضغوط قدرها ١٠٠٠ ميكرون أو أقل فإن جودتها تتراوح ما بين ٨٥٪ و ٩٠٪ ومعنى ذلك أن طلمبة التفريغ التى مقدار إزاحتها قدم واحد مكعب فى الدقيقة يمكنها أن تسحب وتضغط ٩, قدم مكعب فى الدقيقة وبضغط سحب قدره ١٠٠٠ ميكرون وتطرده إلى الجو .

وبوجه عام فإن جودة عمل الطلمبة يتأثر كثيراً بحجم المواسير أو الخراطيم التى توصل بها ، فبالنسبة للتفريغ المنخفض أو المتوسط فإن حجم هذه المواسير أو الخراطيم لا يؤثر كثيراً على جودة عمل الطلمبة ، ولكن عندما نحتاج إلى ضغوط أقل من ٥٠٠٠ ميكرون ، فإن سعة الطلمبة تنخفض بسرعة ، والمقارنة التالية توضح لنا هذا الكلام .

سعة الطلمبة بدون وجود اختناق عند مدخلها	سعة الطلمبة الفعلية التى نحصل عليها وموصل معها مواسير طولها ٦ قدم		
	$\frac{1}{4}$" قطر داخلى	$\frac{3}{8}$" قطر داخلى	$\frac{1}{2}$" قطر داخلى
الضغط عند المدخل ٢٠٠٠ ميكرون			
١ قدم٣/دقيقة	٣٧, قدم٣/دقيقة	٧٤, قدم٣/دقيقة	٩٣, قدم٣/دقيقة
٢ قدم٣/دقيقة	٤٦, قدم٣/دقيقة	١,١٨ قدم٣/دقيقة	١,٧٥ قدم٣/دقيقة
٥ قدم٣/دقيقة	٥٤, قدم٣/دقيقة	١,٨٤ قدم٣/دقيقة	٣,٧ قدم٣/دقيقة
الضغط عند المدخل ١٠٠٠ ميكرون			
١ قدم٣/دقيقة	٢٣, قدم٣/دقيقة	٦٠, قدم٣/دقيقة	٨٣, قدم٣/دقيقة
٢ قدم٣/دقيقة	٢٦, قدم٣/دقيقة	٨٣, قدم٣/دقيقة	١,٥ قدم٣/دقيقة
٥ قدم٣/دقيقة	٢٩, قدم٣/دقيقة	١,١١ قدم٣/دقيقة	٢,٩٥ قدم٣/دقيقة

ويلاحظ أننا يمكننا الحصول على جودة أكبر من طلمبة التفريغ التى سعتها قدم مكعب فى الدقيقة بتوصيل مواسير مقاسها أكبر من المواسير التى قطرها الداخلى $\frac{1}{4}$" التى توصل بها ، وبهذه الطريقة يمكننا أن تحصل على جودة أكبر من التى يمكن الحصول عليها إذا قمنا بتوصيل طلمبة تفريغ سعتها ٥ أقدام مكعب فى الدقيقة مع المواسير نفسها التى قطرها الداخلى $\frac{1}{4}$" .

إن الحسابات التى تحدد الزمن اللازم للوصول إلى التفريغ المطلوب بدائرة التبريد تعد معقدة للغاية ، نظراً لأن جودة طلمبة التفريغ تتغير بانخفاض الضغط ، وكذلك لأن مقاس وطول المواسير الموصلة معها يؤثر بشكل كبير على خواص عمل الطلمبة ، وكمرشد لنا فإن الجدول التالى يعطينا فكرة تقريبية عن الزمن التقديرى اللازم للوصول إلى التفريغ المطلوب لدائرة تبريد حجمها الداخلى ٥ أقدام مكعب وذلك باستعمال طلمبات تفريغ ذات سعات مختلفة :

الزمن التقديرى اللازم للوصول للتفريغ المطلوب لدائرة تبريد حجمها الداخلى ٥ أقدام مكعب

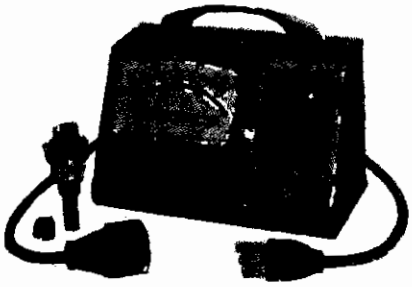
سعة إزاحة الطلمبة	المواسير الموصلة بالطلمبة طول ٦ أقدام	الضغط المطلق النهائى ١٥٠٠ ميكرون	الضغط المطلق النهائى ٥٠٠ ميكرون
١ قدم٣/ الدقيقة	$\frac{1}{4}$" قطر داخلى	٥٧ دقيقة	٧٨ دقيقة
٢ » / »	» » »	٣٩ »	٥٦ »
٥ » / »	» » »	٢٨ »	٤٣ »
١ قدم٣/الدقيقة	$\frac{3}{8}$" قطر داخلى	٤٠ دقيقة	٥١ دقيقة
٢ » / »	» » »	٢٢ »	٢٩ »
٥ » / »	» » »	١٢ »	١٦ »
١ قدم٣/الدقيقة	$\frac{1}{2}$" قطر داخلى	٣٧ دقيقة	٤٥ دقيقة
٢ » / »	» » »	١٩ »	٢٣ »
٥ » / »	» » »	٨ »	١٠ »

إن الجدول السابق يعطينا فكرة واضحة بالنسبة لخواص عمل طلمبات التفريغ . ومن هذا يتضح لنا تماماً أننا لو استعملنا مواسير توصل بالطلمبة يكون قطرها الداخلى أقل من $\frac{1}{4}$" لا نحصل على التفريغ المطلوب حتى ولو قمنا باستعمال طلمبات تفريغ سعتها أكبر . فبالنسبة لدوائر التبريد الكبيرة ، لجعل المدة اللازمة لإحداث التفريغ المطلوب بها أقل ما يمكن يجب اختيار طلمبة تفريغ ذات سعة مناسبة وكذلك مواسير مقاسها كبير توصل معها . هذا والزمن اللازم للوصول إلى التفريغ المطلوب يتغير تبعاً للحجم الداخلى لدائرة التبريد . وبوجه عام فإن طلمبة التفريغ التى سعتها قدم مكعب فى الدقيقة تعد مناسبة تماماً لإحداث التفريغ المطلوب لدوائر التبريد الصغيرة .

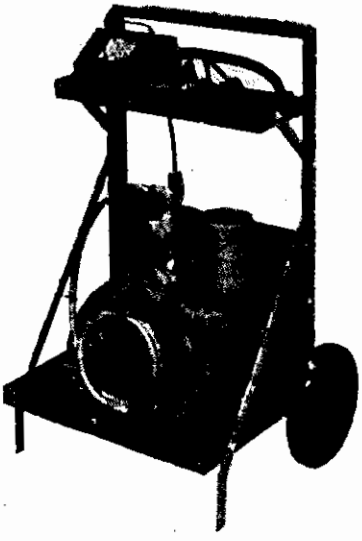
قياس التفريغ :

كما سبق أن ذكرنا أن أجهزة قياس الضغط العادية التى تستعمل بمعرفة فنيي التبريد وتكييف الهواء تسجل فقط الضغط وذلك بالنسبة للضغط المطلق ، وكذلك فإن المقياس المركب من نوع أنبوبة بوردن "Bourdon Tube" كالظاهر فى الرسم رقم (٣ – ١٢) ولو أنه يستعمل أحياناً لقياس التفريغ فى دوائر التبريد ، إلا

رسم رقم (٣ – ١٢) – مقياس تفريغ من نوع أنبوبة بوردن – يستعمل لقياس التفريغ الذى يتراوح ما بين صفرو ٣٠ بوصة زئبقية .



رسم رقم (٣ – ١٣) – جهاز قياس التفريغ من نوع المزدوج الحرارى الإلكترونى



رسم رقم (٣ – ١٣ ا) – طريقة عملية لتوصيل جهاز قياس التفريغ من نوع المزدوج الحرارى الإلكترونى مع طلمبة التفريغ .

رسم رقم (٣ – ١٤) مقياس التفريغ من نوع ماكلويد

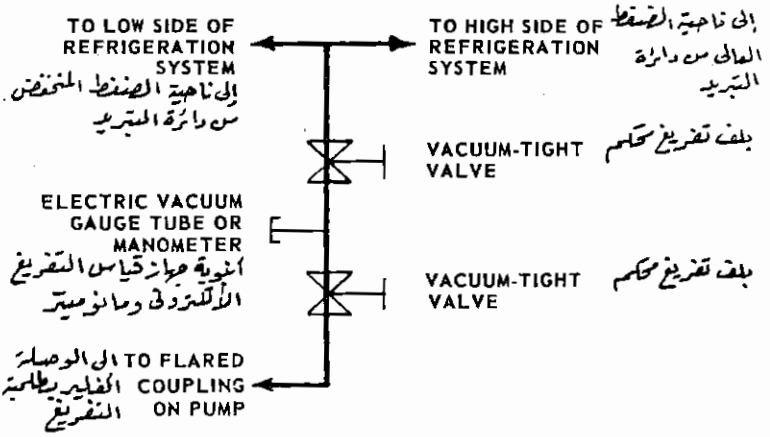
أنه غير مصمم لقياس التفريغ العالى بدقة – لهذه الأسباب فإنه يلزم استعمال جهاز قياس التفريغ المزدوج الحرارى الإلكترونى كالظاهر فى الرسم رقم (٣ – ١٣) ، وهذا النوع من الأجهزة سهل الاستعمال ، ويصلح أيضاً للاستعمال فى أماكن تركيب الأجهزة ولا يحتاج إلى صيانة تذكر ، والرسم رقم (٣ – ١٣ ا) يوضح طريقة توصيل هذا الجهاز مع طلمبة التفريغ . ومن فوائد هذا الجهاز أنه عند وجود أية كمية من

الرطوبة داخل دائرة التبريد ، فإنه لا يقيس فقط ضغط الغازات المتبقية داخل الدائرة ولكنه يسجل أيضاً الضغط الناتج من أى بخار ماء يتبقى داخلها . هذا ومقياس التفريغ من نوع ماكلويد كالظاهر فى الرسم رقم (٣ – ١٤) يستعمل بكثرة فى المعامل لأخذ قراءات التفريغ ، وهو دقيق جداً ولكن فى الحالة التى لا تكون الرطوبة فيها عاملا مهماً عند إجراء عملية التفريغ ، ولهذا فإنه لا يوصى أيضاً باستعماله مع طلمبات التفريغ الخاصة بتفريغ دوائر التبريد نظراً لأنه لا يسجل الضغط الناتج بسبب وجود بخار الماء .

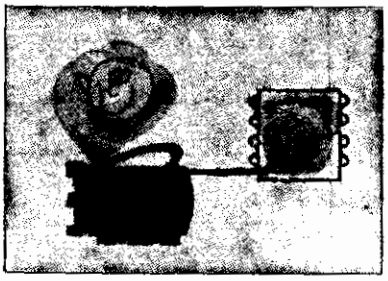
عملية التفريغ الثلاثى :

توصل طلمبة التفريغ وأجهزة قياس التفريغ بدائرة التبريد بالطريقة المبينة بالرسم المبسط رقم (٣ – ١٥) . وللحصول على عملية تفريغ تامة يوصى بإجراء عملية التفريغ الثلاثى "Triple Evacuation" التى تعد من أحسن وأضمن الطرق التى تتبع لإجراء عملية التفريغ بدوائر التبريد حيث نقوم أولا بإحداث تفريغ قدره ١٥٠٠ ميكرون مرتين للدائرة ، وفى المرة الثالثة نقوم بإحداث تفريغ بها قدره ٥٠٠ ميكرون . هذا ويجب أن يقطع التفريغ بعد إجرائه كل مرة بإدخال كمية قليلة من مركب التبريد المستعمل بالدائرة حتى يُرفع الضغط بداخلها إلى ٢ رطل / □" .

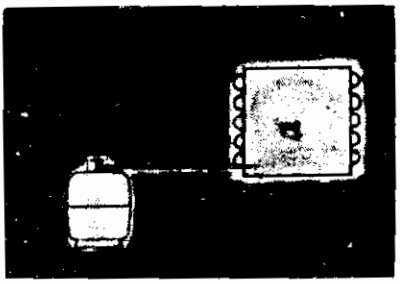
وتجرى عملية التفريغ الثلاثى لأنه من المحتمل عند إجراء تفريغ للدائرة مرة واحدة لمدة غير كافية ، أنه لا يمكن رفع جميع الهواء والرطوبة التى قد تكون موجودة بداخلها .



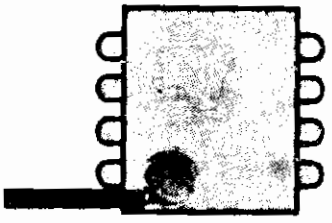
رسم رقم (٣ – ١٥) – طريقة توصيل طلمبة التفريغ وأجهزة قياس التفريغ بدائرة التبريد .



رسم رقم (٣ – ١١٦) – عملية التفريغ الأولى – نرفع ٩٠ ٪ من الرطوبة والهواء التى تحتويها دائرة التبريد .



رسم رقم (٣ – ١٦ ب) – عند إدخال كمية قليلة من مركب التبريد بالدائرة ، فإنها تختلط مع ما يتبقى بداخلها من الرطوبة والهواء وقدره ١٠ ٪



رسم رقم (٣ – ١٦ حـ) – عند إجراء عملية التفريغ الثانية ، نقوم بإخراج الخليط ، وبذلك لا يتبقى داخل الدائرة سوى ١ ٪ من الرطوبة والهواء .

رسم رقم (٣ – ١٦ د) – بإدخال كمية بسيطة من مركب التبريد بالدائرة للمرة الثانية فإنها تختلط مع ما يتبقى من الرطوبة والهواء – وبعمل تفريغ للمرة الثالثة فإننا نقوم بإخراج ما يتبقى منها تماماً .

فعند إجراء عملية التفريغ الأولى نقوم برفع ٩٠ ٪ من الرطوبة والهواء التى تحتويها دائرة التبريد كما هو موضح بالرسم المبسط رقم (٣ – ١١٦) – ثم يقطع هذا التفريغ بإدخال كمية بسيطة من مركب التبريد إلى الدائرة ، وبذلك نسمح لمركب التبريد بالاختلاط مع الكمية المتبقية من الرطوبة والهواء والتى تبلغ حوالى ١٠ ٪ كما هو موضح بالرسم المبسط رقم (٣ – ١٦ ب) – ونقوم بعد ذلك بإجراء عملية التفريغ الثانية التى تعمل على إخراج هذا الخليط ، وبذلك لا يتبقى داخل دائرة التبريد سوى ١ ٪ تقريباً من الرطوبة والهواء كما هو موضح بالرسم المبسط (٣ – ١٦ حـ) – ثم نقطع عملية التفريغ الثانية بإدخال كمية بسيطة أيضاً من مركب التبريد الذى يختلط هذه المرة مع الكمية المتبقية بدائرة التبريد من الرطوبة والهواء والتى قدرها كما سبق أن ذكرنا ١ ٪ ، وبإجراء عملية التفريغ الثالثة بعد ذلك فإننا نعمل على إخراج جميع الكمية

المتبقية داخل دائرة التبريد من الرطوبة والهواء كما هو موضع بالرسم المبسط رقم (٣ - ١٦د) .

من هذا يتضح لنا لماذا أصبحت عملية التفريغ الثلاثى هامة جداً بالنسبة لدوائر التبريد ، وخصوصا إذا كانت طلمبة التفريغ المستعملة ليست من النوع ذى الجودة العالية ، أو أن مدة إحداث التفريغ ليست كافية لضمان إحداث تفريغ تام مناسب بالدائرة .

ومن الطبيعى أيضاً أن عملية التفريغ الناجحة تحتاج إلى وقت كاف وعناية تامة ، إذ أن أى إهمال فى حماية دائرة التبريد المحكمة القفل يمكن أن يفسد جميع الاحتياطات السابق إجراؤها ، ولكن المجهود البسيط الذى يبذل لإحداث التفريغ المطلوب يساعد كثيراً فى تخفيض عمليات الصيانة اللازمة وبالتالى الحصول على عملية تبريد لا تحدث منها أعطال تقريباً مستقبلا .

معادلات التحويل التى تستعمل فى عمليات التفريغ

الطول

١ سنتيمتر (سم) = ١٠ ملليمتر (مم)

١ بوصة = ٢,٥٤سم = ٢٥,٤ مم

٣٠ بوصة = ٧٦سم = ٧٦٠ مم

١ مم = ٠٤, بوصة = $\frac{١}{٢٥}$ بوصة

١ مم = ١٠٠٠ ميكرون

١ ميكرون = ٠٠١, مم = $\frac{١}{١٠٠٠}$ مم

الضغط :

١ رطل/□″ = ٢ بوصة زئبقية

١٤,٧ رطل/□″ = ٣٠ بوصة زئبقية

١٤,٧ رطل/□″ = ٧٦٠ مم زئبق

١٤,٧ رطل/□″ = ١,٠٣ كجم/سم٢

* ١ تُر (Torr) = ١ مم زئبق مطلق

١ ضغط جوى متر = ١ كجم/سم٢ = ٧٣٥ مم زئبق مطلق

١ بوصة زئبقية = ٥, رطل/□″

٣٠ بوصة زئبقية = ١٤,٧ رطل/□″

١ مم زئبق = ٠٢,٠ رطل/□″

١ رطل/□″ = ٥١,٧ مم زئبق

١ كجم/سم٢ = ١٤,٢٢ رطل /□″

١ ميكرون زئبق / ٠٠٠٤,″ زئبق ، مطلق .

* الوحدة تو (Torr) وضعت لتخليد ذكرى عالم الطبيعة الإيطالى إيفانجليستا تورشيلى .