المنشآت الصناعية المعرضة لحرارة عالية

الدكتور : فؤاد دبس

كلية الهندسة

نتيجة للتطور الصناعي الحديث في مختلف الميادين الصناعية كما في محطات توليد الطاقة الكهربائية الذرية والمداخن البيتونية والافران الصناعية وابراج التبريد... معظم هذه المنشآت تستخدم البيتون كمادة انشائية اساسية . سنركز اهتمامنا في هذه المقالة على المحطات النووية المولدة للطاقة الكهربائية ، عناصر وخواص البيتون كمادة انشائية ومدى تطورها وملاءمتها لمثل هذه المنشآت .

عناصر المحطة النووية المولدة للطاقة الكهربائية :

تعتمد هذه المحطات على الاستفادة من الحرارة الهائلة الناجمة عن الانشطار النووي لمادة اليورانيوم لتحويل الماء الى بخار تحت ضغط مرتفع في انابيب خاصة تلتقي في اماكن معينة وتوجه الى المنفات التي بدورها تدير منوبات كهربائية ذات استطاعة ضخمة .

الشكل (١) يوضح عناصر محطة ويلفا WILFA البريطانية كمايلي :

١ – النواة : حيث يتم فيها الانشطار النووي .

٢ – الدرع الواقي : وهو مؤلف من مواد مانعة للاشعاع النووي. وغالبا ما يكون من مادة الغرافيت .

٣ – المراجل : وفيها تتحول المياه الى بخار تحت ضغط مرتفع وحرارة عالية .

٤ – الانابيب الشاقولية : التي تدخل من قضبان اليورانيوم المعزولة والمصفحة

٥ – نافثات الغاز : تتحكم بضغط وحركة الغاز داخل المفاعل ، هذا الغاز ينقل الحرارة من النواة الى المراجل فبعض المفاعل تستخدم CO_2 ثاني اوكسيد الكربون او النتروجين .

٦ – الجيزات الشاقولية : توثق فيها الحبال الفولاذية المسبقة الاجهاد

٧ – الحبال الفولادية المسبقة الاجهاد .

شكل - ١ -

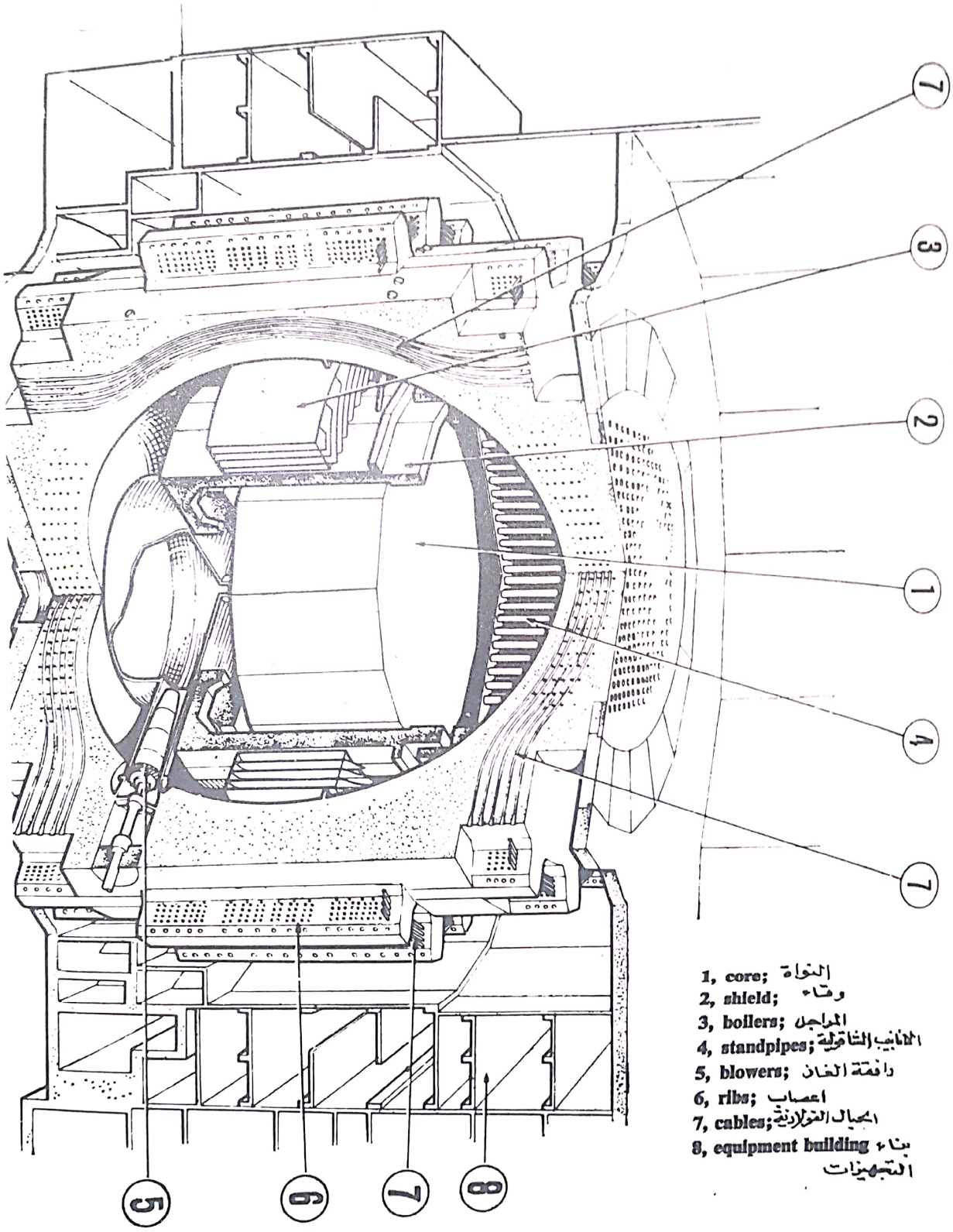
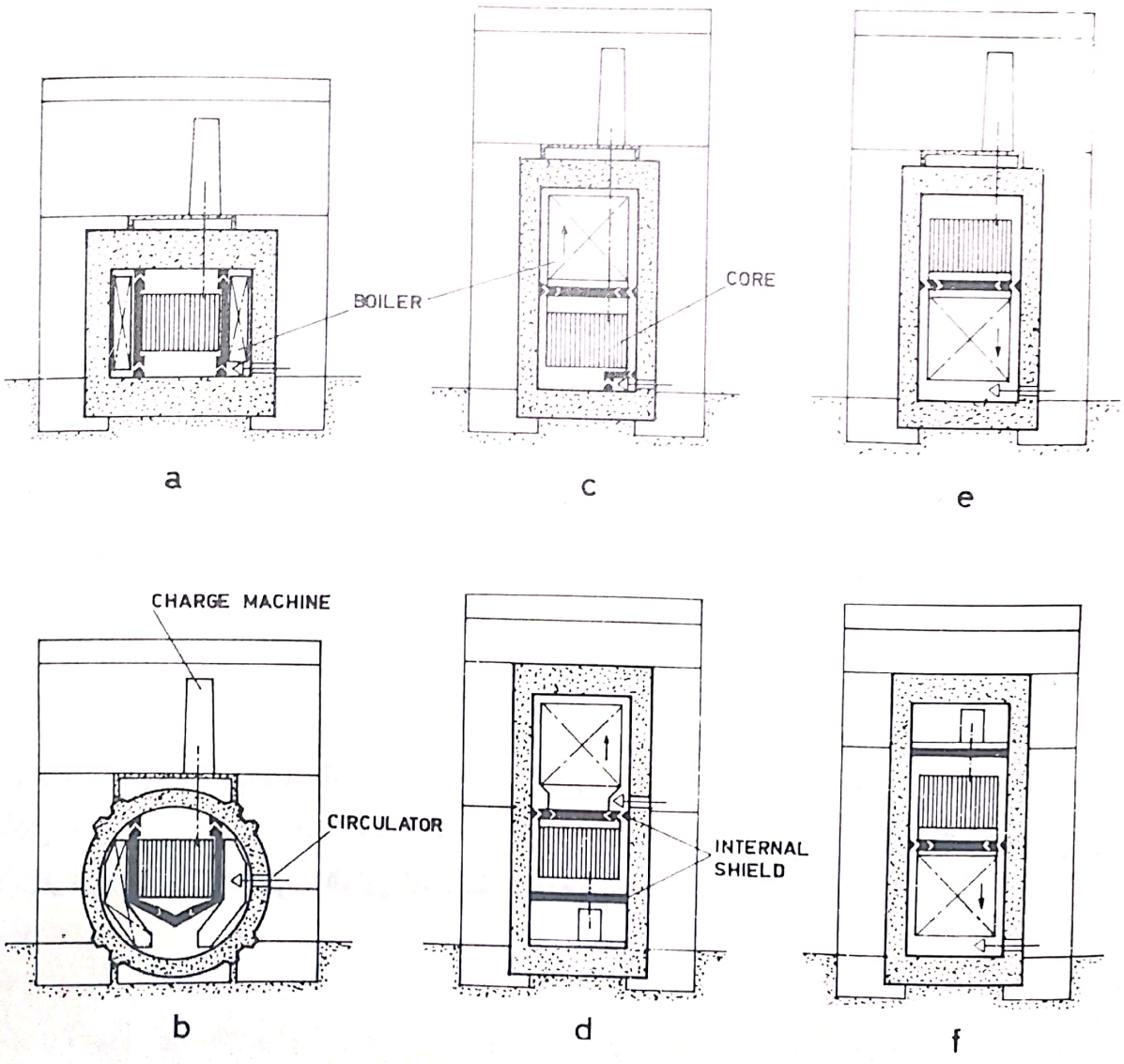


Fig. 2.5. Pressure Vessel for Wylfa. (From Ref. 11)

الشكل الداخلي لبناء المفاعل هو كروي ، والخارجي اسطواني تمر في بعض موالدته جيزان شاقولية RIBS والاشكال الاخرى للمفاعلات مبينة في الشكل (٢) والاسم الدراج لهذا البناء (وعاء الضغط للمفاعل NUCLEAR PRESSUR VESSEL ونظرًا لانه صمم ليقاوم ضغط الغاز الداخلي تحت درجة حرارة مرتفعة ، بالاضافة الى قدرته العالية على امتصاص الاشعاعات المختلفة ومنعها من التسرب ، وفيما يلي سوف نتكلم عن وعاء الضغط للمفاعل من حيث خواص المواد المكونة وطرق التصميم الانشائي المتطورة والمبرمجة بشكل مختصر .

شكل ٢



المواد المكونة لوعاء الضغط للمفاعل :

ان المواد التي استخدمت في بناء هذه المنشات كانت من الفولاذ في المراحل الاولى من تطوره بسبب عدم توفر معلومات كافية عن سلوك البيتون CONCRETE في درجات الحرارة المرتفعة ، وبالرغم من ان الفولاذ مادة انشائية غير مناسبة لسببين رئيسين :

آ ـ الكلفة الباهظة في امثال هذه المنشآت الضخمة .

ب ـ عدم القدرة على العزل الحراري والاشعاعي ، لذا فقد تركز الاهتمام على مادة البيتون ، وهناك نوعان من البيتون جرت العادة على استخدامها كما هو مبين ادناه .

١- بيتون عالي المقاومة وكثافته عادية :

وهو شبيه بالبيتون المستخدم في معظم الورشات ويتكون من البحص العادي والرمل العادي والاسمنت البورتلاندي والماء، الا ان نسب الخلائط مصممة بحيث تعطي للبيتون خواص ميكانيكيه مرتفعه لتلائم التصميم الانشائي المقترح .

٢ ـ البيتون الثقيل :

وهذا النوع من البيتون يختلف عن سابقه بنوعية البحص والرمل المستخدم اذ ان البحص والرمل عادة يكونان ذا وزن نوعي عال كما في البحص والرمل المستخرج من الصخر الطبيعي كبريت الباريوم ، اذ ان وزنه النوعي حوالي ٤٫١ ويسمى هذا البيتون بـ (بارايت كونكريت ـ BARYTES CONCRETE) ومعادل المرونة وعامل بواسون لا يختلفان في هذا البيتون عن سابقهما ، لكن ناقليته الحرارية منخفضة عن تلك التي في البيتون العادي . ويمكن استخدام فلزات الحديد الطبيعية بدلا من كبريتان الباريوم امثال معناتايت والليمونايت .. الخ، يرفع المقاومة ثلاثة امثال عن تلك التي في البيتون ذي البحص والرمل العادي. ويتميز هذا النوع من البيتون بمقدرته العالية على امتصاص الاشعاعات النووية ويفضل استخدامه عندما تكون المساحة التي يبنى عليها وعاء الضغط للمفاعل محدودة ، اما اذا كانت هذه المساحة غير محدودة فيفضل زيادة سماكة الجدران والاسقف واستخدام البيتون العالي المقاومة العادي .

وتجدر الاشارة هنا الى ان ارتفاع درجة الحرارة تضعف مقاومة البيتون ومعادل مرونة فمثلا عند ارتفاع حرارة البيتون الى ١٠٠ درجة مئوية فان مقاومته تنقص بمعدل ١٥٪ وارتفاع درجة حرارة البيتون الى ١٧٥ تنقص مقاومة البيتون ومعادل المرونة بمعدل ٢٠-٢٥٪ لذا فان الدراسة الانشائية يجب ان تؤخذ بعين الاعتبار تغير خواص البيتون بتأثير الحرارة والزمن .

الدراســـة الانشائيـة لوعاء الضغط للمفاعل :

بناء معظم المفاعلات من البيتون المسبق الاجهاد المسلح وسبب التسليح الاضافي هو الحد من التشققات التي قدتحدث بنتيجة التدرج الحراري الشديد في الجدران والتقلص بسبب حركة الرطوبة في الجدران المفاعل .

اما طرق التحليل المتبعة في الدراسة الانشائية فهي متعددة اهمها :

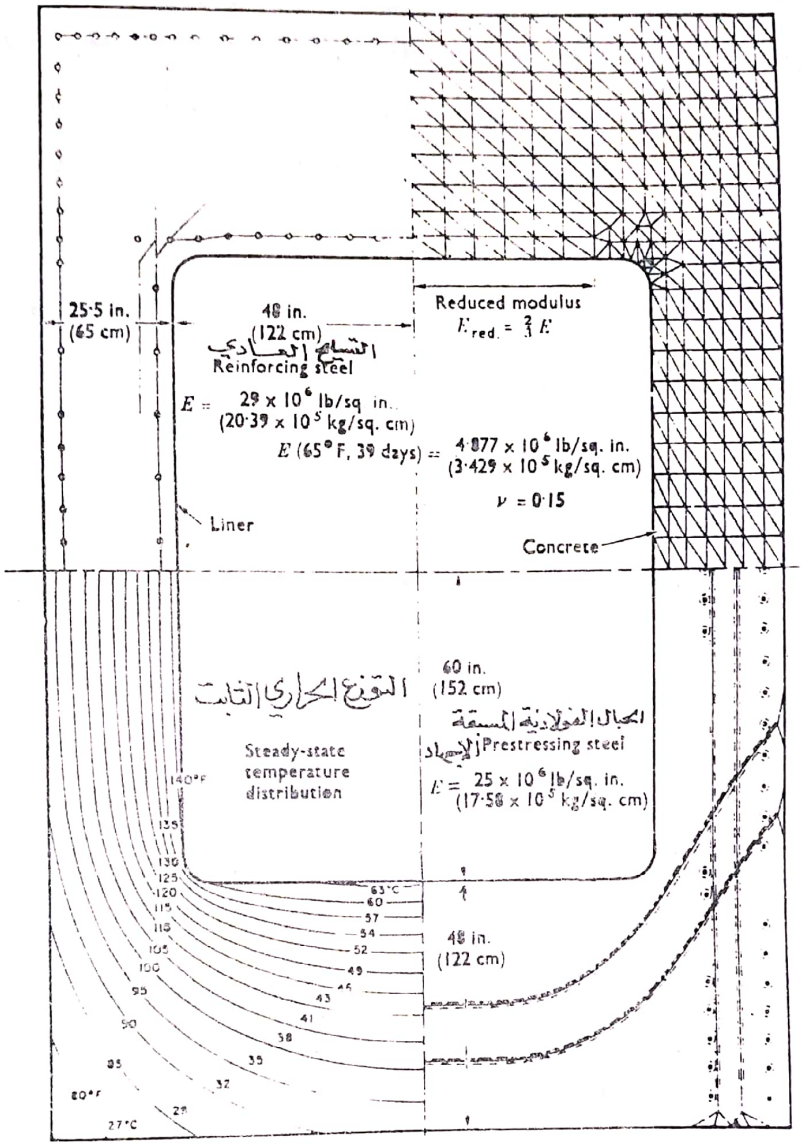
١ – مبدأ الحمولة القصوى ULTIMATE LOAD CONCEPT

٢ – طريقة الارتياح الديناميكي DINAMIC RELAXATION METHOD

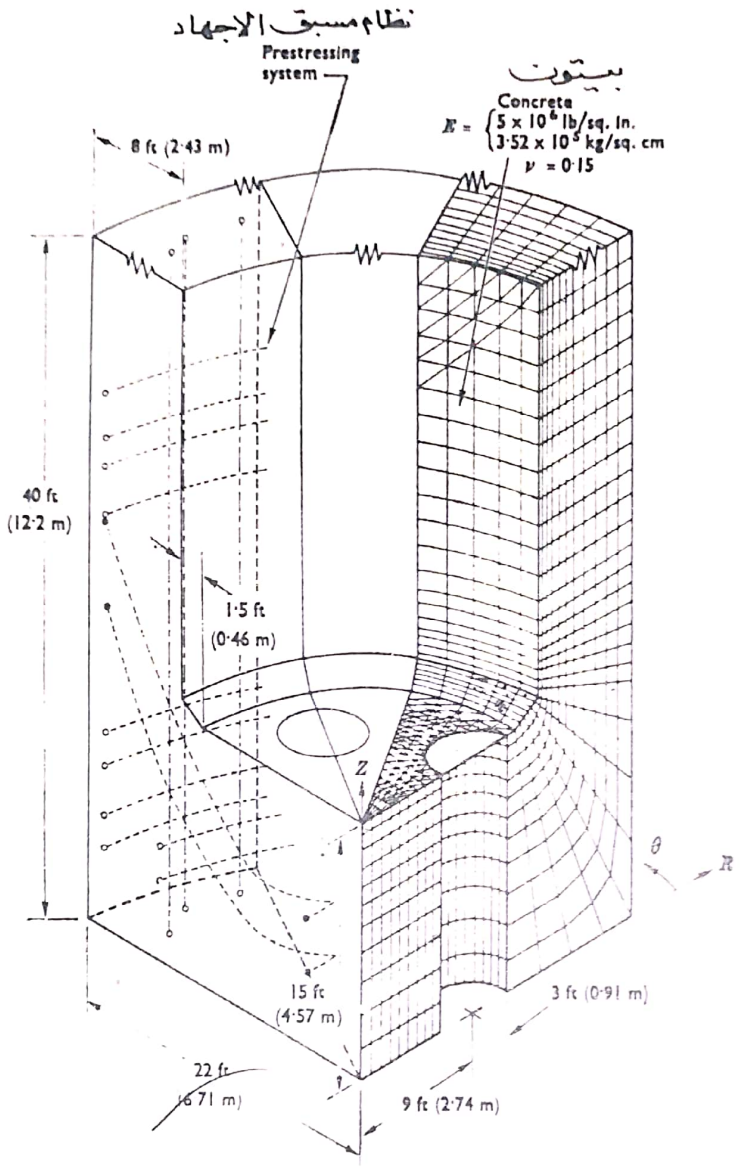
٣ – فايتابت ايلنت والطريقة الثالثة هي ابرز الطرق

تطورا واكثرها انتشارًا في انـكلترا والولايات المتحدة الاميريكية وتعتمد على تقسيم المنشأ الى عناصر مثلثية صغيرة بحيث يحافـظ على مبدأ الاستمرار بـــين العناصر المتجاورة . والشكل (٣) يبين نموذج المفاعل مقسما الى شبكة من العناصر المثلثية الحلقية ، امـــا الشكل (٤) فيبين نموذجاً لمفاعل مقسم لعدد كبير من العناصر الموشورية ونتيجة الحـــل تعطي الاجهادات والتغيرات المقابلة لحمولة معينة في كل عقدة من الشبكة او رؤوس العنصر الواحد والبرامـــج الحديثة يمكنها على الكمبيوتر حـــل ما يزيد على ٥٠٠ عنصر ، ويمكن توليد هذه الشبكات اتوماتيكيا بفصل برامج حديثة ، ويمكن عرضها على شاشة تلفزيونية (V D U) بدقائق ثم تعديلها اذا تطلب الامر .

ويصعب الدخـــول في تفاصيل التحليـــل بهذه المقـالة ، فحديثها شيق لكنـــه طويل يحتاج الى سلسلة من المقالات ، آمل أن اتمكن من نشرها في المستقبل .



شكل ٣ الشكل الهندسي لشبكة الفاينايت ايلمنت ثلاثية الأبعاد .



شكل ٣

Fig. 2.17. Plant Layout and Vessel Shapes. (From Ref. 29)

the Societe d'Etude et d'Equipments d'Enterprises (SEEE) of France. Based on their preliminary Study, which showed that spherical vessels provide the lowest cost per cubic meter of internal space, they chose they chose the spherical configuration for their reference design. However, after conducting an optimization study that dealt with the overall cost of the reactor, they discovered that a layout using a cylindrical vessel was slightly cheaper than any alternate layouts with a spherical vessel. This resulted from the better use of internal space of a cylinder than that of a sphere Moreover cylindrical vessels had already been used in EDF 3., EDF 4 and Oldbury. Therefore there is more experience in design and