# مشكلات تصميم سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني وتصورات التطوير من منظور التصميم الصناعي ( دراسة تحليلية)

# Storage water heater design problems And Perceptions Of Development From An Industrial Design Perspective (An analytical study

**أ.م.د / محمد عبد الحميد محمد سالم الحلو**

أستاذ مساعد– قسم التصميم الصناعي كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلوان

**ملخص البحث:**

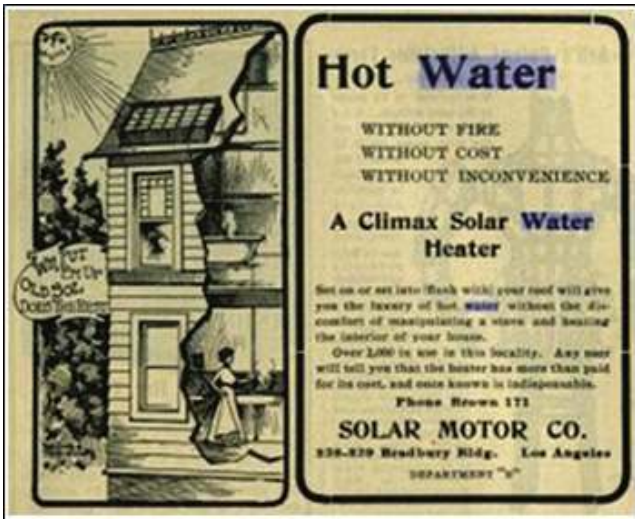
من منطلق دور ورسالة تخصص التصميم الصناعي الأكاديمية في دعم بحوث تطوير وحل مشكلات تصميم المنتجات والأجهزة المنزلية التي يتم طرحها في الاسواق المحلية من جانب بعض الشركات الوطنية أو الأجنبية ورصد الظواهر والقضايا التي تهدد الأمن والسلامة المجتمعية للمواطنين من جانب تلك المنتجات والأرتقاء بمستوي معيشة الأفراد وتوفير كافة معايير الرفاهية والأمان والتنمية المستدامة والأرتقاء بجودة المنتج الوطني لتعزيز قدرتة التنافسية محليا واقليميا وعالميا. وفي هذا السياق تقديم ورقة البحث هذه دراسة تحليلية لأنماط الفشل ومشكلات التصميم لسخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني والذي ينتشر بشكل كبير ويلقا أقبال كبير لدي المستعملين نظراً لحدوث بعض المشكلات التينتج عنها انهيار مفاجئ لقدرة هذا المنتج علي الاستمرار في أداء وظيفته مما يترتب عليه خروج المنتج من الخدمة دون سابق أنذرا، أو التسبب في نشوب الحرائق وربما تهديد حياه مستخدميه للخطر عبر الصعق بالتيار الكهربائي، ...، إلىأخرة. وذلك بهدف تقديم مقترح تصميمي متطور يراعي متطلبات الأمان وأعتبارات الوظيفة الأستخدامية والهندسية وقادر علي تجنب أنماط الفشل الموجودة في التصميم الحالي من منظور التصميم الصناعي حيثإستعان الباحث بالمنهج الوصفي التحليليليتضمن البحث ثلاث محاور رئيسية تناولت تم خلالها دراسةسخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني (النظرية والتطبيق)، وتحليللأنماط فشل تصميم السخان الكهربي (صورها/ أسبابها / تأثيرها)، وأخيرا عرضلتصورات تطوير تصميم السخان الكهربي من منظور التصميم الصناعي.
وقد توصل البحث إلي وضع تصور جديد لتصميم السخان الكهربي قادر علي حل مشكلات التصميم الحالية من خلال تقديم مقترح جديد لتصميم شكل الخزان الداخلي والخامة المصنع منها بالاضافه إلي الشكل الخارجي والهيكل البنائي لتصميم السخان علي نحو من شأنه أن يقضي علي مشكلات التصميم الحالية ويحسن من جوانب تصميم المنتج المتعلقة بـ : الأمان ، التكلفة ، الجودة، والصيانة، الوظيفة الأستخدامية والهندسية.

**الكلمات المفتاحية:**

التصميم الصناعي –سخان مياه كهربائي من النوع التخزيني– بنائية تصميم السخان– خزان مياه داخلي – سخانات مياه هجين –التآكل- تسريب مياه – توقعات السوق العالمية – صلب كربوني – الكلس .

**• الموضوع ومشكلة البحث:**

مع تتطور نمط الحياة الإنسانية وبحث الإنسان المستمر عن كل أسباب الراحة والرفاهية أصبحت منتجات التصميم الصناعي من الأجهزة المنزلية بشكل خاصأحد الضروريات الأساسية التي لا يمكن الاستغناء عنها في حياتنا اليومية، وتعدسخانات المياه احد تلك المنتجات الهامة والضرورية التي حرصالإنسانعلي اقتنائهامنذ سنوات طويلةلتسهيل الحصول علي احتياجاته من المياه الساخنة مما أديلعدم خلو إي منزل من أحد أنواع سخانات المياه الشمسية، الكهربائية، الغاز ويكفي هنا للتأكيد علي أهمية ودور سخانات المياه بالنسبة للإنسان وجهود الباحثين والمبتكرين الأوائل في هذا المجال أن نشير إلي وجودسجلات لمجمعات طاقة شمسية (collectors) في الولايات المتحدة يعود تاريخها إلى ما قبل عام 1900، تضم خزان باللون الأسود مركب على سقف منزل،وبالتالي"فإن أول سخان للمياه صمم كما هي معروفة لنا اليوم. كما أنأول إعلان تسويقي لسخان شمسي يعود إلي عام 1902"(1). شكل رقم 1-.




الشكل رقم - 1 سخان مياه شمسي يعود لعام 1902

ومع مرور الزمن وتعدد وسائل الرفاهية إخترع الإنسان سخان المياه القادر علي تزويد البيتبكاملة أو بعض طوابق منه بالماء الساخن، فكل ما علي المستعملإلا أن يدير صنبور المياه ليتدفق ماءاً ساخناً يستطيع التحكم في درجة حرارته كما يشاء.

إلا أنه من الملاحظ أن هناك بعض من أنواع سخانات المياه ونشير هنا بصفة خاصة إلي (سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني – سخان المياه الغاز) التي تتسبب في وقوع العديد من حالات الوفاه لمستخدميها وحوادث الأنفجار أو أندلاع الحرائق في البيوت أو المنشأت العامة والتجارية التي قد تستخدم بها بما يشكل تهديداً خطيراً علي حياه مستخدميها أو المتواجدين بالقرب من هذا المنتج، وهو ما يقتضي من متخصصي التصميم الصناعي التوقف عند هذه الظاهرة بالدراسه لتشخيص أسباب هذا الخلل والقصور في قدرة المنتج علي القيام بوظيفتة بصورة أكثر آمنةلتحديد مشكلات التصميم بها وأساليب معاجتها من منظور التصميم الصناعي.

والشكل رقم 2- يوضح مجموعة من الصور التي تظهر حالات وأنماط الفشل التي توجد في بعض أنواع سخانات المياه والأثار السلبية المترتبة عليها في الأبنية والمساكن والتي تتسبب في أنهيار أجزاء منها أو حدوث حرائق و تعريض أرواح وحياه مستخدميها للخطر الشديد.

الشكل رقم - 2 حالات وأنماط الفشل لبعض أنواع سخانات المياه

**• حدود البحث:**

تركز ورقة البحث هذه علىدراسة مشكلات تصميم سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني باعتباره أحد أنواع سخانات المياه الأوسع انتشاراً في السوق المصري، وأحد أهم المنتجات في الصناعة المصرية التي يعتمد عليها الاقتصادالمصري.

**• هدف البحث:**

**يهدف البحث إلى: -**

- تحديد ودراسة أنماط الفشل ومشكلات التصميم التي تعاني منها سخانات المياه الكهربائية من النوع التخزيني والتي تؤثر في قدرتها على أداء وظيفتها الهندسية والاستخدامية بصورة آمنةمن أجل وضع الحلول والمعالجات التصميمية التي من شأنها معالجة هذه المشكلات.

- تزويد المصمم الصناعي بكافة الجوانب المعرفية الداعمة لأنشطة وعمليات التصميم لتحسين جودة مخرجات العملية التصميمية بما يلبى ويحقق احتياجات وتطلعات المستخدمين لسخان المياه الكهربائي يقود الي إحداث تغيير نوعي في مستوى التصورات التصميمية والمفاهيم الخاصة بطبيعة وخصائص هذه المنتج لديالشركات والمؤسسات الصناعية الوطنية المُصنعة لسخان المياه من النوع التخزيني على المستوى المحلي.

**• أهمية البحث:**

تشير بحوث ودراسات السوق الي وجود نمو متزايد في حجم الطلب على سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني في الأسواق العالمية كما سوف نوضح ذلك لاحقاً. وتمتلك مصر العديد من الشركات الصناعية المتخصصة في مجال تصميم وأنتاج أنظمة تسخين المياه والتي تعاني منتجاتها من نفس جوانب

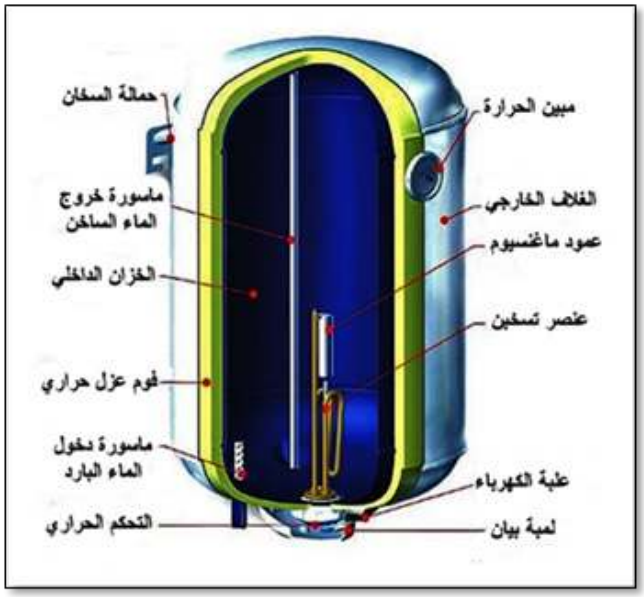
القصور التي أشرنا لها سابقا. ومن ثمة فإن هذا البحث يسهم في دعمالاقتصاد المصري عبر تقديم رؤية تصميميه لتحسين مواصفات تصميم المنتج الوطني بما يحسن قدرته التنافسية محليا، ويسهم في فتح مجالات التصدير إقليميا، وعالميا في ظل التنافسية العالية من جانب العديد من الشركات الصناعية الكبرى من أجل الاستحواذعلى الأسوق العالمية.

**• منهج البحث:**
يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي.

**• محاور البحث:**
**أولا -** سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني (النظرية والتطبيق).
**ثانيا -** دراسة أنماط فشل تصميم السخان الكهربي (صورها / أسبابها / تأثيرها).
**ثالثا -** تصورات تطوير تصميم سخان من منظور التصميم الصناعي.

**أولا: سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني (النظرية والتطبيق):**
**1- ماهية وتعريف سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني:**
يستخدم مصطلح سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني للأشارة إلى نوعية محددة من سخانات المياه التي تعتمد في تصميمها لأداء وظيفتها على ضرورة تزويدها بخزان قادر علي تخزين كمية وفيرة من الماء يتم تسخينها بصورة مسبقة بواسطة عنصر تسخين مغمور في الماء لدرجة حرارة ما دون 100 درجة مئوية. وعند قيام المستعمل بفتح مصدر الماء الساخن تنساب المياه من الخزان ويحل محلها الماء البارد داخل الخزان فتنخفض درجة حرارة الماء به لتقوم وحدة مراقبة درجة حرارة الماء بتشغيل عنصر التسخين للحفاظ على درجة حرارة الماء عند المستوي المطلوب والمحدد من جانب المستعمل وتتكرر هذه العملية بصورة تلقائية كلما دعت الحاجة دون حاجة إلى تدخل بشري.
من هذا المنطلق يمكن لنا تصنيف سخانات المياه من حيث وجود خزان داخلي بها من عدمهالي نمطين رئيسيين هما: -
**الأول - سخانات مياه بدون خزان داخلي:ويشمل هذا النمط انواع السخانات التالية: -**
- سخان مياه كهربائي فوري.
- سخان مياه غاز.
**الثاني - سخانات مياه بخزان داخلي:ويشمل هذا النمط انواع السخانات التالية: -**
- سخان مياه كهربائي تخزيني.
- سخان مياه شمسي.
- سخان مياه هجين (غاز/ كهربائي).
لذا يعد خزان الماء مكون هام وضروري لاستمرار اداء السخان لوظيفته حيث أن حدوث أي خلل أو تأكل لجدران هذا الخزان تعني بكل بساطه تلف أي نوع من سخانات النمط الثاني وفقد المنتج لصلاحيتهالاستخدامية، وهو ما يقتضي منا كمتخصصين في مجال التصميم الصناعي البحث المستمر لتطوير تصميم الخزان الداخلي لسخانات المياه من النوع التخزيني.

**2- بنائية تصميم سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني:**
تتميز بنية تصميم سخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني بالبساطة الشديدة مقارنة بالأنواعالأخرى من سخانات المياه مثل السخان الغاز، أو السخان الشمسي من حيث قله عدد الاجزاء الداخلة في بنائية التصميم والتي تبلغ اثنا عشر جزءاً، وبساطة تصميم هذه الاجزاء والتي لا يحتاج تصنيعها إلى أساليب أنتاج أو تشغيل معقدة،وانخفاض نسب مرتجعات التفتيش ومراقبة ضبط الجودة علي خطوط الإنتاج والتجميعلأجزاء التصميم.



الشكل رقم 3- الأجزاء الداخلة في بنائية تصميم سخان المياه الكهربي من النوع التخزيني

والجدول رقم 1-يوضح الأجزاء الداخلة في بنائيةتصميم سخان المياه الكهربي من النوع التخزيني.
ووفقا لتصميم بنائية سخان المياه الكهربائي الموضحة سابقا والتي تظهر اعتماد نظرية عمل السخان على ضرورة تسخين الماء وتخزينه لحين الحاجة إلية فإن هذا يفرض على المستعمل لتجنب تلف السخان أو هدر الطاقة الكهربائية إتباع بعض الإجراءات المعقدة والتي يحتاج تطبيقها إلى نوعية خاصة من المستخدمين من أصحاب الوعي المعرفي، علما بإن المصنعين لهذا المنتج في السوق المحلي لا يقدمون هذه التعليمات في كتيبات تعليمات التشغيل:
- عدم ضبط مراقب الحرارة على درجة حرارة مرتفعة لأن هذا الأمر يؤدي الي زيادة الضغط الداخلي على جسم الخزان وأصابه

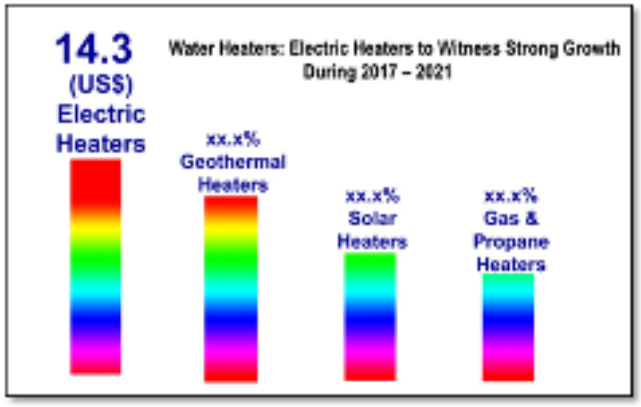
بدن الخزان بالجهاد مما يعرضه للتلف وانخفاض العمر التشغيلي.
- اختيار درجة حرارة تسخين الماء لتكون بين 50: 60 درجة مئوية لتجنب الفقد السريع والعالي لحرارة الماء خاصة وأن خزان الماء مصنع من مادة معدنية جيدة التوصيل للحرارة.
- يفضل عند تمديد شبكات الماء الساخن استخدام أنابيب من اللدائن لتحسين كفاءة عمل السخان والاقتصاد في استهلاك الطاقة الكهربائية.
- يجب اختيار نقطة تثبيت السخان الكهربائي بعناية كبيرة بحيث تبعد قدر الأمكان عن جميع النقاط المطلوب تزويدها بالماء الساخن مسافات لا تتجاوز 10 أمتار لتجنب فقد الماء لحرارته اثناء سريان الماء في أنابيب المياه.
- تشير كتيبات تعليم تشغيل السخان الي ضرورة تنظيف خزان السخان كل 6 شهور وفحص عامود الماغنسيوم لاستبداله عند التآكل، وهذا الأجراء يعد مكلف جدا على العملاء لذا لا يتم تفعيله من جانبهم.

**جدول رقم 1- الأجزاء الداخلة في بنائيةتصميم سخان المياه الكهربي من النوع التخزين**

| م | أسم الجزء | الخامة | التشطيب | الوظيفة |
|---|---|---|---|---|
| ١ | -الغلاف الخارجي. | صاج أسود ٥, ٠مم | طلاء اليكتروستاتيك | - احتواء المكونات الداخلية.<br>- أظهار الشكل الفني للمنتج. |
| ٢ | -حمالة السخان. | - صاج أسود ١,٥مم | | تعليق السخان علي الحائط. |
| ٣ | -مبين الحرارة. | بولي بروبلين | طبيعي | عرض درجة حرارة الماء. |
| ٤ | -علبة الكهرباء. | بولي بروبلين | | عزل وحماية الأجزاء الكهربائية. |
| ٥ | -لمبة البيان. | بولي ستيرين | | عرض وضعية تشغيل السخان. |
| ٦ | -فوم العزل الحراري. | **بولي يوريثان سمك ٢٠ مم وكثافة ٤٠ كجم / سم$^{٣}$** | | عزل الخزان الداخلي والحفاظ على درجة حرارة الماء الساخن. |
| ٧ | -الخزان الداخلي. | **استنليس ستيل ٥, ١مم** | | وعاء تسخين الماء، تخزين أكبر قدر من الماء. |
| | | صاج أسود ٠, ٢مم | طلاء أينامليد أو أستون | |
| ٨ | -ماسورة الماء الساخن. | صلب مقاوم للصدأ | طبيعي | خروج الماء الساخن من الخزان. |
| ٩ | -ماسورة الماء البارد. | بولي بروبلين | | دخول الماء البارد إلي الخزان. |
| ١٠ | -وحدة التحكم الحراري. | - نحاس ومواد أخري | | ضبط درجة حرارة الماء الساخن. |
| ١١ | -عنصر التسخين. | - نحاس ومواد أخري | | تسخين الماء داخل الخزان. |
| ١٢ | -عامود الماغنسيوم. | - ماغنسيوم | | حماية الخزان الداخلي من التأكل. |

**3- توجهات الأسواق العالمية الداعمة لبحوث تطوير تصميم سخان المياه الكهربي التخزيني:**

تعد نتائج دراسات وبحوث الأسواق المستقبلية للتنبؤ بحجم نمو المبيعات المتوقع في سوق أنظمة تسخين المياه هي المؤشر الحقيقي لتوجيه بحوث تطوير المنتجات في الدول الصناعية الكبرى والمؤسسات الصناعية العالمية. وغالبا ما تقوم بهذه الدراسات المستقبلية مؤسسات بحثية متخصصة في هذا المجال حيث يتم التنبؤ بتوجهات الأسوق للأعوام الخمس المقبلة. وفي هذا الصدد فقد أكدالتقريرالذي أصدرته شركة برستانس لأبحاث السوق (Persistence Market Research) -شركةأبحاثمتخصصة في مجال أبحاث السوقلمساعدةالشركاتعلىتحقيقالأداءالأمثل، ودع مالشركاتفيالتغلبعلىتحدياتالأعمالالمعقدة بالإضافة الي توحيدتبادلا لبياناتالمختلفةمنمصادر متعددة الأبعادونشر جمعالبياناتالضخمة،وت حليلتجربةالعملاء - تحت عنوان سخانات المياه : سخانات كهربائية تشهد نموا قويا خلالالفترة 2017-2021م.تصدر سخانات المياه الكهربائية من النوع التخزيني قائمة أكثر أنواع سخانات المياه المفضلة مستقبلا حيث خلصت نتائج هذا التقرير الي التأكيد علي "أنه من المتوقع أن تشهد السوق العالمية لسخانات المياه نمواً مطرداً خلال الفترة 2017-2021م. كما من المقدر أن يحقق السوق العالمي لسخانات المياه إيرادات تبلغ 52.8 مليار دولار أمريكي في نهاية عام 2021 م . تحتل فيها سخانات المياه الكهربائية من النوع التخزيني المرتبة الأولي بحجم مبيعات يبلغ 14.3 مليار دولار أمريكي" . والشكل رقم–4يوضح حجم مبيعات سخانات المياه الكهربائية من النوع التخزين المتوقع خلال الفترة 2017-2021م مقارنة بالنظم الأخرى من سخانات المياه.




الشكل رقم 4- حجم مبيعات سخانات المياه الكهربائية من النوع التخزين المتوقع خلال الفترة 2017-2021م مقارنة بالنظم الأخرى من سخانات المياه.

**4- بيانات واحصائيات هامة:**

4-1بلغ حجم مبيعات شركة توشيبا العربي عام 2016م فقط من سخانات المياه الكهربائية من النوع التخزيني 100 ألف سخان، في حين بلغ حجم استثمارات الشركة في هذا المجال 65 مليون جنية مصري،وهي أحدي الشركات التي دخلت حديثا وتحديدا عام 2007 مجال تصميم أنظمة تسخين المياه في مصر.

4-2 يوجد في مصر ما لا يقل عن 10 شركات تعمل في مجال تصميم وإنتاج السخانات الكهربائية من النوع التخزيني هي: -

1) أوليمبيك اليكتريك. 2) نوفا. 3) جي. أم .سي.
4) يونيون اير. 5) توشيبا.6) المهندس جروب.
7) كريازى. 8) يونيفرسال.
9) اليكتروستار. 10) فريش.

4-3 يتراوح سعر السخان الكهرباء من النوع التخزيني سعة 50 لتر ما بين 1300 : 1900 جنية مصري. في حين يتراوح سعر السخان الغاز سعة 10 لتر ما بين 1400: 3600 جنية مصري.

4-4يستهلك السخان الكهربي 180ك.وات في الشهر، في حين يستخدم جهاز التكييف 1440ك.وات في الشهر، والثلاجة 18قدما 450ك.وات في الشهر.

**ثانيا - دراسة أنماط فشل تصميم السخان الكهربي (صورها / أسبابها / تأثيرها):**

تتعدد الصور التي يظهر بها فشل السخان الكهربائي من النوع التخزيني في أداء وظيفته والتي تتمثل في تزويد المستعمل بالماء الساخن بصورة أمنة لا تعرض حياة المستخدمين للخطر. **وتتخذ صور الفشل الحالات التالية: -**

**1- حدوث تسريب مفاجئ للماء من جسم السخان:**

ينشأ هذا التسريب بسبب حدوث ثقب أو مجموعة من الثقوب في الخزان الداخليو التي غالبا ما تكون في بدايتها صغيرة جدا لايمكن معها للمستخدم الشعور بوجود أي خلل أو تسريب للمياه،ويعزز وجود مادة الفوم

الشكل رقم 5- حالة تسريب مفاجئ للماء من جسم السخان و يظهر الشكل وجود ثقوب في بدن الخزان بالقرب من خط اللحام القطري للخزان نتيجة عملية الصدأ والتأكل

المغلفة لجسم الخزان الخارجي بسمك 2 سم صعوبة اكتشاف هذه الثقوب، والشكل رقم – 5يوضح"حالة تسريب ماء في أحد سخانات المياه من النوع التخزيني" . كما يظهر بعض من حالات تلك الثقوب على جسم الخزان الداخلي والتي تظهر بدء عملية الصدأ والتأمل كما يظهر الشكل وجود الثقوب بشكل قريب من خط اللحام القطري للخزان مع قاع.

ولكن مع مرور الوقت ونتيجة للضغط العالي الذي ينشأ لعملية تسخين المياه داخل الخزان المحكم الغلقيزداد حجم تلك الثقوب محدثة تسريب مفاجئ للماء. وتنشأ تلك الثقوب نتيجة ملامسة الماء مباشرة لخامة جسم الخزان الداخلي المصنع من الصاج المعدني الأسود المعروف بمقاومته الضعيفة للتأكل بفعل الرطوبة، وهو ما دعا متخصصي التصميم في شركات تصنيع وأنتاج سخانات المياه من النوع التخزيني إلىالتوصية بضرورة اتخاذالإجراءاتالتالية لحماية خزان الداخلي للسخان من التأكل:

شكل رقم - 6
(أ) خزان مصنع من الصلب الكربوني وسطحه الداخلي معالج بمادة المينا المقاومة للرطوبة.
(ب) خزان مصنع من الصلب المقاوم للصدأ وسطحه الداخلي غير معالج بمادة مقاومة للرطوبة.

-تبطين الخزان الداخلي بمادة الأينا ميلد/الأستون لعزل جسم الخزان عن الماء.
- تزويد السخان بعمود ماغنسيوم يقوم بتعويض أي جزيئات تتأكل من بدن الخزان.
-استبدالخامة الصاج الأسودعند تصميم جسم الخزان بخامة الصلب الغير قابل للصدأ لتجنب تأكل جدار الخزان والاستغناء عن مادة التبطين الداخلي المقاوم للرطوبة وعمود ماغنسيوم.

وهذا الأجراء لا يعد الحل الأمثل حيث أن تصميم أي خزان معدني يتطلب أجراء عمليات لحام معقدة وهو ما يعني تعريض خامة الخزان لإجهاد حراري يؤثر على بنية المادة في أماكن اللحام مما يزيد فرص حدوث عملية تأكل وصدأ في جسم الخزان، كما يترتب على هذا الأجراءارتفاعالتكلفة النهائية للسخان بصورة كبيرة نتيجةاستخدام خامة الأستنلس ستيل عالية التكلفة وما يترتب عليها من عمليات تشغيل مكلفة أيضا مما يشكل عبء مادي لا يستطيعغالبية العملاء توفيره.
والشكل رقم – 6 يوضح قطاع في خزانين أحدهما مصنع من الصاج الأسود الصورة الموجودة يمين الشكل والأخر من الصلب الغير قابل للصدأ حيث يلاحظ عدم تبطين جسم الخزان بالصورة الموجودة علي يسار الشكل للخزان المصنع من الصلب الغير قابل للصدأ بالإضافة إلى عدم وجود عمود الماغنسيوم.

**• تشخيص المشكلة:**

تحدث عملية التسريب المفاجئ كما أشرنا سابقا لحدوث تقوب في بدن الخزان والتي تنشأ نتيجة لعدده أسباب هي: -
1) تصميم بدن الخزان الداخلي ليتم أتناجهمن خامة الصاج الأسود هو أمر يتطلب الاستعانة بعمليات اللحام الحراري لتجميع أجزاء الخزان وهي عملية يمكن أن تخلف ورائها مشاكل عدة أبسطها وجود بعض الثقوب علي طول خط اللحام وهو ما يشكل صعوبة أثناء هماليه التصنيع كما يحتاج هذا الخزان الي أجراء عملية تبطينه بمادة عازلة للرطوبة من الداخل لحمايته من الصدأ، وهو ما يعني أنه عند حدوث أي تصدعات أو تشققات في مادة التبطين أو وجود أجزاء من جسم الخزان غير مبطنة بصورة جيدة فسوف يتسبب ذلك مباشرة في تأكل جسم الخزان وظهور الثقوب بهوبالتالي حدوث عملية تسريب للماء من السخان.
2) الاعتمادعلى عمود الماغنسيوم لتعويض جزيئات الحديد المتأكلة في بدن الخزان عندحدوث تصدعات أو شقوق في مادة التبطين الداخلية والتي لا يمكن بطبيعة الحال معالجتها أو اصلاحها. هو أيضا حلا لا يعد نموذجيا، لان هذا الحل يعتمد على مراقبة معدل التآكل في عمود الماغنسيوم من قبل المستعمل والذي يكون مسئولا في هذه الحالة عن أبلاغ الشركة لتقوم باستبدال العمود المتأكل بأخر جديد مقابل تحصيل رسوم مادية غالبا ما تكون مرتفعة وهو ما يدفع العملاء إلى عدم المتابعة خوفا من استغلالهم.

**• التأثير السلبي :**

1) عدم قدرة المنتج علي اداء وظيفتهالهندسية على النحو الأمثل.
2) انخفاض العمر الافتراضي للمنتج.
3) تقليل فترة ضمان المنتج.
4) تراجع القدرة التنافسية للمنتج محليا وإقليميا وعالميا.

**2-احتراق السخان:**

عند حدوث تسريب للمياه وبصفة خاصة داخل علبة مجموعة الكهرباء نتيجة وجود تأكل في/حول جلبة تثبيت عنصر التسخين يتلاش مستوي العزل بين الأقطاب الكهربائية للسخان مما يترتب علية حدوث ماس كهربائي داخل علبة السخان ينتج عنه اشتعال الأجزاء البلاستيكية واحتراق السخان.والشكل رقم 7-يوضح "حالة لحدوث تآكل في جلبة تثبيت عنصر التسخين يتسبب فياحتراق السخان" .

**•تشخيص المشكلة:**

لم يراعى المصمم عند تصميم مكان تثبيت عنصر التسخين أو علبة الكهرباء وجودها أسفل السخانوفي اتجاه محور السخان الرأسي وهومايعني انه في حالة حدوث اي تسريب للماء نتيجة اي خلل فني محتملمثل وجود خطأ في لحام جسم الخزان أو تأكل جسم الخزان فان ذلك سوف يؤدي بالضرورةالىامتلاءعلبة مجموعة الكهرباء بالماء وغمرجميع الاجزاء الكهربائية من بالماء وهو ما سوف يؤدي الى حدوث ماس كهربائي ينتج عنه احتراق السخان او اصابهالمستخدم بصدمةكهربائيةقد تكون قاتلة.

الشكل رقم 7- تاكل في جلبة تثبيت عنصر التسخين يتسبب في أحتراق السخان

**• التأثيرالسلبي:**

1) تعريض حياة المستخدمين للخطر.
2) خسائر ماديه جسيمه في حالة امتداد الحريق إلى اجزاء من المنزل.
3) تلف المنتج بصوره كلية وعدم صلاحية استخدامه او صيانته في حالة الاحتراق.
4) امكانية اقامة دعاوي قضائية ضد الشركة المنتجة لطلب التعويضات المادية في مثل هذه الحالات ووفقا للتشريعات القانونية.

**3- تغير لون الماء وتراكم الرواسب الطينية والجيرية داخل جسم الخزان :**

يلاحظ بعد فتره من الزمن حدوث تغير في لون الماء الخارج من سخان المياه وتكون المياه مائله للاصفرار مع وجود بعض الرواسب الجيرية وخاصة إذا ترك السخان لفترة طويلة دون استخدام. كما يمكن سماع أصوات فرقعة عند تشغيل السخانويكون معدل تدفق الماء الساخن بطيء جدا او ضعيف.

**• تشخيص المشكلة:**

تعتمد نظرية عملالسخان علي وجودعنصرتسخين مغمور بشكلمباشرفي الماء الموجود بالخزان لأجراء عملية التسخين وعند تسخين الماء تحدث عملية تأين للماء ينتج عنه تكون طبقات من الكلس والحجر الجيري على عنصرالتسخينوالجدران الداخلية لجسم الخزان وهذه الطبقات تتزايد مع مرورالوقت وتكون فيحاجه الى الإزالة ولكن تصميم السخان لم يراعي وجود فتحه خاصه بهذا الاجراء معتمدا علي فتحة تثبيت عنصر التسخين لتنفيذ هذا الاجراء وهو ما يعني القيام بنزع جميعالوصلات الكهربائية وازاله عنصر التسخين من موضعهبالإضافة الى فقد جميع الماءالساخن بالخزان وهوما يعد اجراء معقد يحتاج الى متخصصين من الشركة المصنعة مقابل أجرعاليلذايقوم معظم المستعملين للمنتج بعدم أتباع تعليمات الصيانةالمتعلقة بهذا الشأن. شكل رقم – 8

**• التأثير السلبي :**

1) استخدام مياه غير صالحه للاستخدام الآدمي نتيجة وجود ترسيبات جيريه وطينيه عاليةبالإضافة الى صدأ الحديد.
2) سرعه تأكل عنصر التسخينواستهلاك كميات اكبرمن الطاقة الكهربائية نتيجة عدمالاتصالالمباشر بالماء.
3) انخفاض عمر السخان الاستخدامي

**4- تعقيب :**

الشكل رقم - 8تراكم الكلس والرواسب الجيرية داخل جسم الخزان

من خلال التحليل التشخيصي السابق لجوانب الخلل والقصورالهندسي والفني لسخان المياه الكهربائي من النوع التخزيني حول المشكلات الاكثر شيوعاوارتباطا باستخدامه نخلص الي وجود قصور واضح في تصميم الخزان الداخلي ينتج عنه جميع أوجه القصورالتي اوضحناها سابقا ولعل اهمها هو اختيار مادةمعدنية مثل الحديد الاسود(الصلب الكربوني) لبناء بدن الخزان وهي مادة ضعيفة المقاومة للرطوبة مما ينتجعنها عملية تأكل بدن الخزان بعد فشل جميع الاجراءات الاحترازية من جانب المصنعين لحماية الخزانمن التأكلسوأ بعزل جدارة الداخلي او حتىبتزويد الخزان بعمود ماغنسيوم،لتكون النتيجة الحتمية هوحدوث عمليات تسريب الماء والتي يترتب عليها تلفالخزان، اوحدوث ماس كهربي يؤدي الي احتراق السخان اواصابه المستعملبصدمة كهربائية.
كما يعد اختيار موضع عنصر التسخين وعلبة الكهرباء في قاعدة السخان وفي مسارسقوط الماء إذا حدث اي تسريب للماء من الخزان او الجلبة الداخلية قرار خاطئمن الناحية التصميمية لتجاهلمتطلبات الامان، بالإضافة الي عدم مراعاةمتطلبات اجراء عمليات الصيانة الدورية وتزويد الجهاز بفتحة لأجراء عملياتالتنظيف للخزان بعيدا عنالاجزاء الكهربائيةالخطيرةوالتييتطلبالتعاملمعهافنيينعلىدرجةعاليةمنالتدريبالمهنيالمتخصص.

**ثالثا - تصورات تطوير تصميم سخان من منظور التصميم الصناعي:**

يقدم هذا المبحث التصورات والمعالجات التصميمية لسخان مياه من النوع التخزيني وقد تم اختيار المواصفات الفنية لسخان المياه أريستون سعة (50) لتر المزود بخزان مصنع من الصلب الكربوني مبطن من الداخل بطبقة أينامليد لحمايته ضد الصدأ لتقديم مقترحات التطوير لهذا السخان، حيث تعد شركة أريستون الإيطالية واحده من أكبر الشركات العالمية الرائدة في مجال أنتاج أنظمة تسخين المياه، وتتمتع منتجاتها بمواصفات جيدة على مستوي الأسواق العالمية.

**1- المواصفات الفنية لسخان مياه أريستون من النوع التخزيني:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **السعـة:** | ٥٠ لتر. | | **وقت التسخين ( ٤٥ درجة مئوية) :** | ١,٥٢ ساعة / دقيقة |
| **القـدرة:** | ١٥٠٠ وات. | | **أقصي درجة حرارة:** | ٧٥ درجة مئوية. |
| **فرق الجهد:** | ٢٢٠ فولت. | | **سمك جدار الخزان:** | ١,٨ مم. |
| **الـوزن :** | ١٧ كجم. | | **أقصي ضغط:** | ٨ ضغط جوي |
| **الأبـــعاد:** | ٤٥٠ X ٤٨٠ X ٥٥٠ مم | | **سمك طبقة العزل الحراري:** | ٢٠ مم |

ووفقا لأبعاد جسم السخان الخارجي وسمك طبق العزل بمكن تحديد أبعاد جسم الخزان الداخلي ليصبح على النحو التالي: 400- ± 5X 5 ±5X 510 ±5X 410 مم

**2- الأطار الفكري لاتجاهاتوتصوراتالتصميم:**

يمكن تحديد مجالات تطوير تصميم السخان الكهربي القادرة علي معالجة أنماط ومظاهر الفشل وأثارها السلبية التي تم عرضها سابقا من خلال الأطار النظري في النقاط التاليه:-

**2-1 تصميم خزان المياه الداخلي :**

للتغلب على مشكلة حدوث تسريب الماء بسبب تكون الثقوب نتيجة تأكل جسم الخزان بفعل الرطوبةوالصدأ،وللاستغناءعن عمليات تبطين جدار الخزان الداخلي وهي عملية عالية التكلفة سواء على مستوي البنية التحتية أو عملية التبطين ذاتها، واستخدام عمود المغنيسيوم يقترح الباحث في هذا الصدد دراسة مدي أمكانية الاستعانة بخامة بديلة لخامة الصاج الأسود (الصلب الكربوني) بحيث تتمتع هذه الخامة بمواصفات جيدة تعالج أوجه القصور في الخامة الحالية بحيث تتمتع بالخصائص التالية:

- القدرة علي تحمل ضغط 8 ضغط / جوي.
- تقاوم الرطوبة والصدأ.
- تحمل درجات حرارة تتراوح بين 75: 85 درجة مئوية.
- تتميز بعزل حراري وكهربي عالي.
- تتميز بدفعات إنتاجية عالية.
- قابلية إعادة التدوير.

ويجدر الأشارة هنا إلي أن قدرة أي خامة علي تحمل الضغوط تتوقف علي عاملين هامين هما:

- متانة الخامة المرشحة للاختيار وغالبا ما يكون هذا الحل ذو مردود سلبي على سعر المنتج النهائي وهو أمر غير مرغوب فيه على الأقل من جانب شريحة كبيرة من عملاء الشركة المصنعة.
- شكل تصميم الخزان وهو مجال يعتمد بصورة كبيرة علي المصمم الصناعي في وضع الحلول الإنشائية للخزان بما يدعم الوظيفة الهندسية للمنتج .

**2-2 - تعديل موضع عنصر التسخين:**

لتجنب وقوع ماس كهربائي في حال حدوث تسريب مائي يجب اختيار مكان بديل لعنصر التسخين عن المكان الحالي (بقاعدةالسخان) بحيث يكون بعيدا عن مسار اي تسريب مائي من السخان في حال حدوثه ويعد جانب السخان مكان جيد ومثالي للتغلب على تلك المشكلة لكونه يكون بعيدا عن مسار سقوط أو تجمع المياه في حال حدوث أي مشكلة تسريب.

**2-3تزويد السخان بوسيلة صيانة تتيح تنظيف السخان الداخلي:**

تكون الرواسب الكلسية والطينية مشكلة خطيرة تسهم بشكل كبير في تقليل عمر المنتج الأستخدامي وللتغلب على تلك المشكلةيجب تزويد الخزانبفتحة صيانةلأجراء عمليات التنظيف الدوري لجسم الخزان من الداخل بشكل غير معقد مع مراعاة عند تصميمهااختيار مكان يسهل الوصول اليه دون اي صعوبات.

**3- الأفكار والحلول التصميمية المقترحة:**

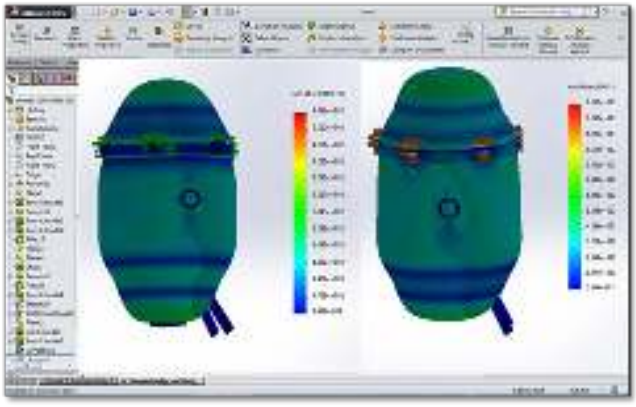
**3-1مقترح تصميم الخزان :**

ويهدف هذا الأجراء إلي تحسين كفاءة الخزان الداخلي فيما يتعلق بقدرتهعلى مقاومة الصدأ والتآكل وهو ما سوف يؤثر بصورة إيجابيهعلى عدد الساعات التشغيلية للسخان ومن ثم دورة حياة المنتج، وتكلفة عمليات الصيانة، والأثر البيئي السلبي للمنتجات المتقادمة والتي تزيد من أعباء التلوث البيئيوبالإضافة الي عمليات التصنيع التي تتسبب فيمخلفات أنتاج مرتفعة. وهو ما يعني ضرورة التخلي عن الخامات المستخدمة حاليا والبحث عن خامة بديلة، حيث أتجه البحث الي المواد البلاستيكية كأحد البدائل التي يمكن توظيفها في هذا الصدد نظرا لقدرتها الممتازة في مقاومة الصدأ والعزل الحراري والكهربي، مع ضرورة الأخذ بعين الاعتبار مدي قدرة الخامة المرشحة علي تحمل الحرارة والضغط الواقع على جسم الخزان.

وفي هذا الصدد تم الاستعانةببرنامج التصميمالرقمي ثلاثي الأبعاد "SOLIDWORKS CAD CAM" والذي يحتوي على تطبيق افتراضي لتقييم وقياس قدرة الخامات علي تحمل الضغوطوالأحمال الواقعة عليها للتحقق من مدي صلاحية الحلول التصميمية والخامة المقترحة. ويجب الأشارة هنا أن عملية أختيار مادة الخزان القادرة علي تحمل الضغط الداخلي ( 8 ضغط / جو) تتوقف علي تصميم شكل الخزان، ونوع الخامة بالأضافة الي سمك الخامة.ووفقا لنتائج الأختبارات التي قام بها الباحث والتي لا يتسع المجال هنا لذكرها جميعا فقد جاءت البيانات لتأكد علي ما يلي : _

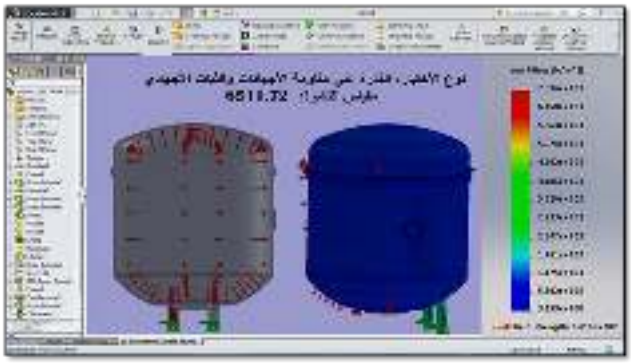
عدم صلاحية الخامات البلاستيكية المرنة مثل: PP. PPS لتحمل الأجهادات الداخلية الواقعة علي جسم الخزان نتيجة ظهور تشوهات وتغيرات كبيرة في الشكل عند أختيارها علي الرغم من زيادة سمك الخامة إلي 15، 20 مم. شكل رقم–9

- أن خامة التصميم الأمثل لشكل خزن السخان الداخلي القادرة على تحمل الضغط الداخلي هي أحد خلائط مركبات الخامات البلاستيكية والمعروفة باسمأكريلونيتريل بيوتادايين ستيرين – البولي كربونيت (ABS-PC). والتي أظهرت ثباتا واستقرار ممتاز في الأبعاد والشكل تحت تأثير الأحمال الداخلية الواقعة علية في ضوء الاختبارات والقياسات التي أجريت علية عند سمك 6مم. والشكل رقم 10- يوضح نتائج اختبار خامة (ABS-PC) علي تحمل الاجتهادات الداخلية والثبات الأجهادي في ضوء تصميم شكل الخزان الداخلي.

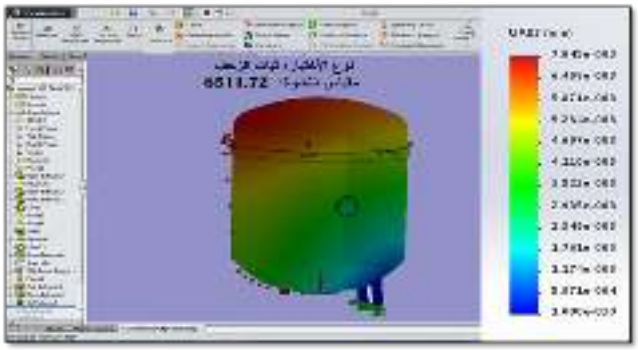


الشكل رقم9- نتائج أختبارات بعض المواد البلاستيكية التي أظهرت عدم صلاحيتها في التصميم

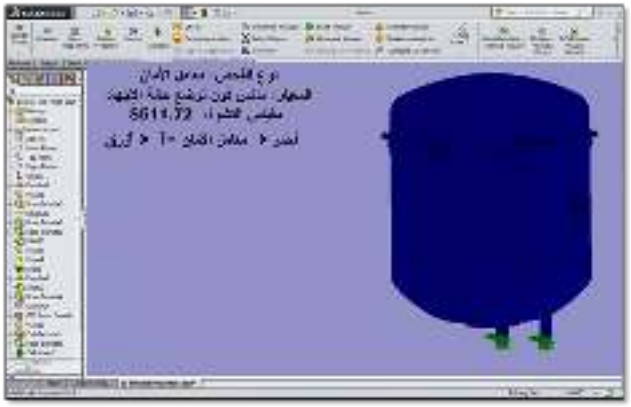
كـما يوضح الشكل رقم – 11 نتائـــج مقاومة خامة (ABS-PC) وتصمـيم جسم الخزان لاختيار ثبات الزحـــف. والشـــكل رقم – 12 نتائج معامل أمان تصميم الخزان الداخلي للسخان والذي أظهر نتائج جيدة لقدرة هذا التصميم على الوفاء بمتطلبات وظيفته الهندسية.



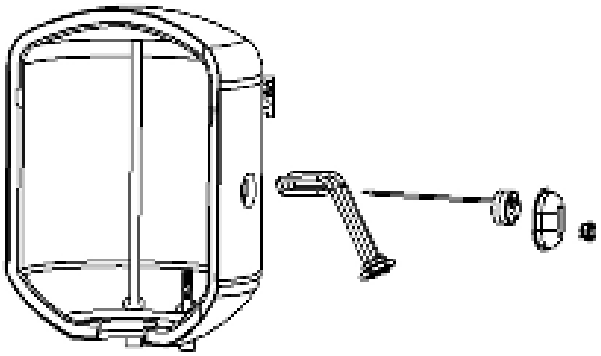
الشكل رقم 10- شكل تصميم الخزان الداخلي وتوزيع الضغوط علية ونتائج أختبار خامة (ABS-PC) علي مقاومة الأجهادات



الشكل رقم 11- نتائج مقاومة خامة (ABS-PC) وتصميم جسم الخزان لاختيار ثبات الزحف



الشكل رقم 12- نتائج معامل أمان تصميم الخزان الداخلي للسخان



الشكل رقم 13- مقترح تعديل موضع عنصر التسخين

**3-2 مقترح تعديل موضع عنصر التسخين:**

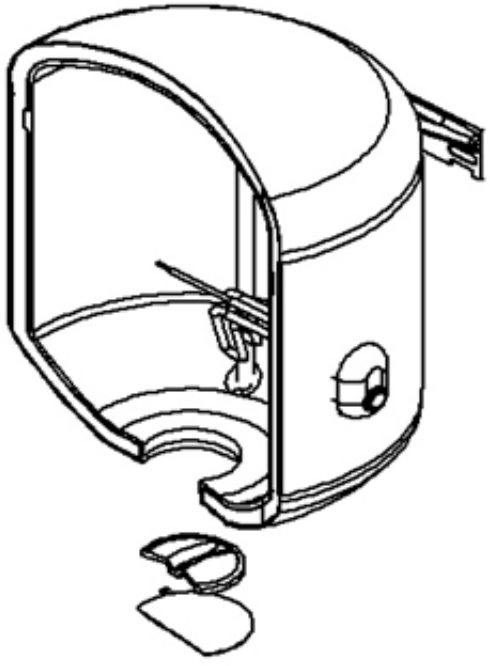
يعد تعديل موضع عنصر التسخين أجراء معقد بعض الشيء نظرا لضرورة أن تكون نقطة التسخين داخل السخان في أدني نقطة منخفضة من السخان لتتحقق نظرية عمل السخان التي تعتمد علىانتقالالحرارة داخل السوائل بالحمل. لذا فقد جاء تعديل موضع عنصر التسخين في مقترح التصميم هنا علي النحو التالي: شكل رقم - 13

- تم تعدبل موضع فتحة عنصر التسخين ومجموعة الكهرباء للسخان لتكون على الجانب الأيمن من السخان بحيث تكون بعيده عن مسار حركة سقوط الماء والذي غالبا ما يكون في اتجاه عموديعلى الأرض وهذا التعديل سيقلل بشكل كبير احتمالاتحدوث ماس كهربي أو احتراق السخان في المستقبل.

- تم تعديل تصميم شكل عنصر التسخين من الشكل الخطي الي شكل زاوية منفرجة تبلغ 135 درجة وهو ما يعيد نقطة تركيز التسخين الي منتصف السخان وبحيث تكون في نقطة منخفضة داخل جسم الخزان. منح هذا التعديل التصميم أمكانية أجراء عمليات الأصلاح والصيانة لعنصر التسخين بدون فقد كامل السعة التخزينية لماء الخزان.

**3-3مقترح تصميم فتحة الصيانة:**

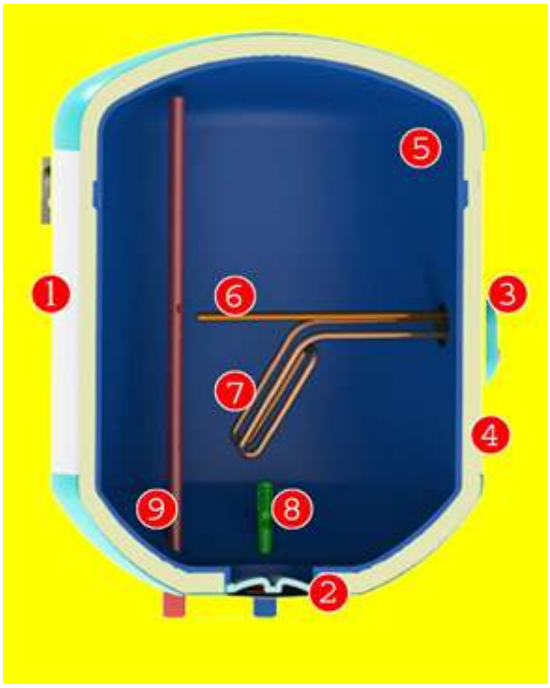
لتحقيق هذه الميزة وجد أنه من الضروري تزويد جسم الخزان بفتحة في أدني جزء من جسم الخزان بماء يسهل عملية خروج جميع الماء الموجود به عند أجراء عملية التنظيف وقد تم تصميم فتحة الصيانة بحيث يبلغ قطرها 10 سم ذات غطاء محكم الغلق بواسطة سن قلاووظ دقيق وهو ما سوف يتيح أمكانية أجراء عملية تنظيف بدن الخزان الداخلي وازالة الرواسب بشكل سهل دون الحاجة الي متخصص أو فني وهو ما سوف يزيد من عمر السخان التشغيلي كما زود الجسم الخارجي بغطاء فوق غطاء الخزان لتحسين شكل الغلاف الخارجي. شكل رقم – 14



الشكل رقم 14- تصميم فتحة صيانة الخزان الداخلي

**4-الشكل البنائي العام النهائي المقترح لتصميم السخان الكهربي من النوع التخزيني:**

في ضوء المقترحات السابقة فقد تم تعديل الهيكل الانشائي لبنائية تصميم السخان الكهربائي من النوع التخزيني على النحو الموضح بالشكل رقم – 15 والذي يظهر حدوث تغيير نوعي في تصميمالخزان. كما يوضح الشكل رقم – 16 الشكل العام لتصميم الجسم الخارجي للسخان الكهربي والذي يتميز بالبساطة وانسيابية خطوط التصميم.




الشكل ر قم 1- 5 تصميم فتحة صيانة الخزان الداخلي

1- جسم الخزان الخارجي.
2- غطاء فتحة الصيانة.
3- غطء مجموعة الكهرباء.
4- طبقة العزل الحراري.
5- جسم الخزان الدلخلي.
6- منظم الحرارة
7- عنصر التسخين.
8 - ماسورة الماء البارد.
9 - ماسورة الماء الساخن.

الشكل رقم - 16 الشكل العام لتصميم الجسم الخارجي للسخان

**رابعا– النتائج والتوصيات :**

**1- نتائج البحث:**

1-1أمكن من خلال البحث التوصل الي تشخيص دقيق لمشكلات تصميم السخانات الكهربائية من النوع التخزيني والمتمثلة في تعرض بدن الخزان الداخلي للتأكل،وأمكانية احتراق السخان حال حدوث تسريب داخلي للماء بالإضافة الي تكون الرواسب والكلس داخل السخان والتي تتسبب في فشل نظام التسخين وانهياره بشكل مفاجئ.

1-2 أكد البحث علي عدم صلاحية خامة التصميم الحالي لخزان السخان الكهربي ( الصلب الكربوني / الصلب الغير قابل للصدأ) علي أداء وظيفتها علي النحو الأمثل وضرورة البحث عن خامة بديلة تكون أكثر قدرة علي تحقيق متطلبات وظيفتها الهندسية.

1-3 قدم البحث تصور تصميمي لعلاج مشكلات التصميم الحالية في السخان الكهربي من النوع الخزيني القادرة على تجنب أنماط الفشل الحالية تمثلت في تعديل موضع عنصر التسخين لتجنب حدوث مشكلات الماس الكهربي المتسببة في احتراق السخان الكهربي، وتزويد السخان بفتحة صيانة بقطر 100 مم لتسهيل عمليات الوصول الي قلب الخزان لأجراء عمليات الصيانة الدورية للتخلص من الرواسب الناتجة عن عمليات تخزين وتسخين المياه.

1-4 طرح البحث رؤية جديدة غير مسبوقة في مجال تصميم السخانات الكهربائية ترتكز على أمكانية الاستعانة لأول مرة بالخامات البلاستيكية لإنتاج الخزان الداخلي للسخان الكهربي وهو ما سوف يكون له أعظم الأثر في مجال تصميم نظم تسخين المياه وخاصة فيما يتعلق باقتصاديات تصميم المنتج، وتحسين دورة حياه المنتج .

**2- توصيات البحث :**

2-1 ضرورة توجيه المزيد من البحوث التطبيقية لدراسة ورصد الأثار السلبية لاستخدام بعض المنتجات وتأثيرها على المستخدم في ظل الانفتاح الكبيرعلى الأسواق العالمية وتعدد مصادر تصنيع المنتجات وعدم وجود مواصفات قياسية محلية لتقنيين إجراءات مراقبة المنتجات المطروحة بالأسوق.

2-2 التأكيدعلى ضرورة ربط مراكز البحوث والجامعات بالمؤسسات الصناعية المحلية بحيث توجه الخطط البحثية بها لخدمة مشكلات المجتمع وبما يدعم الصناعات الوطنية.

**خامسا –المراجع العلمية:**

- Gillet, W.B. Moon, J.E , Test Methods and Design Guidelines", D. Reidel Publishing Company .Co, Holland, 1985
- Global Market Study on Water Heaters: Electric Heaters to Witness Strong Growth During 2017 – 2021,Report code, PMRREP3289, Published On: .Mar-2018
- Solar evolution- the history of solar energy, .john perlin, california solar center
- www.alriyadh.com/214676
- www.emaratalyoum.com/local-section/1.337889
- www.mtsgroup.com