Journal of
Design Sciences and Applied Arts

"إستراتيجية تصميم المنتجات المعدنية وفقا لمبادئ الاقتصاد الدائرى"

مروة عبد الرحمن أحمد عبد الرحمن

مدرس بقسم المنتجات المعدنية والحلى - كلية الفنون التطبيقية – جامعة بنها

Submit Date: 2023-07-11 15:56:43 | Revise Date: 2023-09-05 03:17:14 | Accept Date: 2023-09-05 07:47:39

DOI:10.21608/jdsaa.2023.222472.1349

ملخص البحث:-

يدفعنا الابتكار والتقدم التكنولوجى المستمر والتسويق لهما إلى شراء منتجات جديدة قد لا نكون فى إحتياج لها، مما يزيد من معدلات الإستهلاك للخامات والموارد الغير متجددة وخاصة المعادن، وتشكل المعادن العمود الفقري للثورة الصناعية كالنحاس والألمنيوم، ويمثل تصميم المنتجات المعدنية نقطة البداية لتحدي إستنزاف الموارد حيث أن التصميم هو جوهر الإقتصاد الدائرى، ولمنع المعادن من أن تصبح نفايات في نهاية عمر المنتج، تحتاج الصناعة إلى ضمان استخراج هذه المواد وإدارتها بالطريقة الصحيحة، حتى نتمكن من تسهيل الانتقال العادل إلى الاقتصاد الدائري وجعل المعادن داخل حلقة مغلقة، ولذلك يجب التخطيط السليم للتصميم الدائرى للمنتجات المعدنية وفقا لمبادئ الإقتصاد الدائرى حيث يتطلب مجموعة مبادئ وإستراتيجيات وطرق جديدة أو معدلة تتعلق بقابلية الإستعادة والتجديد في مراحل دورة حياة المنتج المعدنى أثناء القيام بالتصميم، مثل إعادة الاستخدام والتصميم للتفكيك ومسار إعادة التدوير وما إلى ذلك، ومن أجل تحقيق هذا نحن بحاجة إلى تبني إقتصاد دائري يتضمن زيادة إنتاجية المواد، والحد من النفايات وتجديد الطبيعة، ويعتبر إستخدام المواد الدائمة أمر هام لتسريع الإقتصاد الدائري حيث أنها مواد مثالية في الظروف المناسبة يمكن إعادة تدويرها تقريبًا إلى أجل غير مسمى، مما يعمل على تقليل البصمة البيئية، وتتلخص مشكلة البحث فى الإجابة عن التساؤل: كيف يمكن لتصميم المنتجات المعدنية أن يساعد في تمكين الإقتصاد الدائري؟ لتبرز أهمية البحث فى وضع إستراتيجية لتصميم المنتجات المعدنية من خلال مبادئ الإقتصاد الدائرى، ويتبع البحث المنهج الوصفى ، ويفترض البحث إمكانية وضع إستراتيجية لتصميم منتج معدنى دائرى وفقا لمبادئ الإقتصاد الدائرى، ويهدف البحث إلى دراسة كيفية الإستفادة من الإقتصاد الدائرى وربطه بتصميم المنتجات المعدنية وقد توصلت نتائج البحث إلى أن إستراتيجية التفكيك وإعادة التجميع تتناسب أكثر مع المعادن والمواد التى يعاد تدويرها وذلك لسهولة تفكيك المواد

الكلمات المفتاحية:-

الإقتصاد الدائرى
Circular Economy
المنتجات المعدنية
Metal Products
البصمة البيئية
Environmental Footprint
التصميم للتفكيك
Design for Disassembly
المواد الدائمة
Permanent Materials

➢ المقدمة :

يركز مصممى المنتجات المعدنية عادة على المنتج نفسه بداية من تصميمه وحتى إنتاجه وكيفيه استخدامه، ويرغب المصنعين دائما فى إنتاج وبيع المزيد من المنتجات مما جعل المصنعين والمستهلكين غالبا لا ينتبهوا إلى ما يحدث مع المنتجات المعدنية بعد تلفها أو عدم صلاحيتها للاستخدام أو عند نهاية دورة حياة المنتجات والتخلص منها، وفى الأغلب لا يتم تصميم المنتجات لتدوم وذلك للسماح بإنتاج منتجات جديدة لتلبية احتياجات ورغبات المستهلكين حيث يتم التركيز على جماليات المنتج وجاذبيته والترويج للعلامة التجارية، ونتيجة لذلك يصبح المجتمع استهلاكي ويحتاج إنتاج هذا الكم من المنتجات المعدنية وفرة من الموارد والخامات المعدنية لإنتاج المزيد من المنتجات، وعلى الجانب الآخر زيادة كبيرة فى النفايات مما يضر بالبيئة والموارد المعدنية الغير متجددة، ولقد أصبح الإحتياج إلى حماية البيئة والحفاظ عليها أمر حتمى، ولذلك أصبح تكامل مفهوم الاقتصاد الدائري الذى يستهدف عدم وجود نفايات وتصميم المنتجات المعدنية اعتبارًا استراتيجيًا أساسيًا، حيث يلعب التصميم دورًا أساسيًا في الإقتصاد الدائرى لأنه يمكن أن يساعد في تقليل الفاقد من الطاقة وزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحسين الاستدامة الكلية للمنتج والحفاظ على الموارد الطبيعية الغير متجددة، ولا يوجد اقتصاد دائري بدون معادن لأنها أساس من أسس الحياة وحجر الزاوية فى إقامة المشروعات عامة ومشروعات التنمية المستدامة والحفاظ على الطاقة والبيئة خاصة ، حيث يؤدي تزايد عدد السكان والتقدم الاجتماعي والدافع نحو تقنيات الطاقة النظيفة إلى زيادة الطلب على المعادن والفلزات من أجل تلبية هذا الطلب المتزايد ، مما يجعلنا بحاجة إلى تبني فلسفة وفكر الاقتصاد الدائري بما يتضمن زيادة إنتاجية المواد، والقضاء على النفايات وتجديد الطبيعة والإستخدام الآمن والمستدام للخامات

وهنا يتضح الدور الهام لمصممى المنتجات المعدنية فى التحرك نحو الإقتصاد الدائرى من خلال قدرتهم على فهم دورة حياة المنتجات المحتملة طوال مرحلة التصميم وما بعدها، ولا بد أن يولي العالم مزيدًا من الاهتمام للتصميم الدائري حيث يهدف إلى النظر في قابلية الاستعادة والتجديد في مراحل دورة حياة المنتج أثناء القيام بالتصميم، مثل مسار إعادة التدوير والتفكيك وإعادة الاستخدام وما إلى ذلك، والغرض من ذلك هو السماح للنفايات بأن تصبح موارد إلى ما لا نهاية وخلق قيمة باستمرار، وكذلك لمواجهة الطلب على المنتجات المتغيرة باستمرار

وتتلخص مشكلة البحث فى الإجابة عن التساؤل: كيف يمكن لتصميم المنتجات المعدنية أن يساعد في تمكين الإقتصاد الدائري؟

لتبرز أهمية البحث فى تبنى وضع إستراتيجية لتصميم المنتجات المعدنية من خلال مبادئ الإقتصاد الدائرى

ويتبع البحث المنهج الوصفى

ويفترض البحث إمكانية وضع إستراتيجية لتصميم منتج معدنى مستدام وفقا لمبادئ الإقتصاد الدائرى

ويهدف البحث إلى دراسة كيفية الإستفادة من الإقتصاد الدائرى وربطه بتصميم المنتجات المعدنية

ولتحقيق الهدف من البحث تقوم الدراسة على المحاور التالية:

المحور الأول: الإقتصاد الدائرى مفهومه ومبادئه

المحور الثانى: التصميم الدائرى والتسلسل الهرمى لإدارة المواد

المحور الثالث: المواد الدائمة والبصمة البيئية

المحور الرابع: استراتيجية تصميم المنتجات المعدنية الدائرية

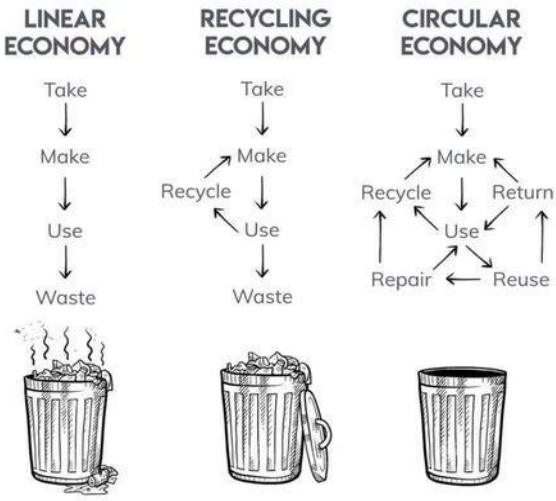
➢ الإطار النظرى:

▪ الإقتصاد الدائرى (Circular Economy (CE:

إن الإقتصاد الدائري مفهوم حديث التداول ولا يوجد تعريف محدد له فقد تعددت الآراء والتعريفات حوله ، وسوف نستعرض بعضها:

- يشير تقرير مؤسسة إلين ماك آرثر إلى أن مفهوم الإقتصاد الدائري يعتمد على فكرتين بسيطتين : الأولى مفادها الوعي بأن ما يعتبر نفايات يمكن استخدامه كموارد ، أما الثانية فتتمثل في الحاجة إلى فصل النمو الإقتصادي عن استخدام الموارد الطبيعية (مردان، ٢٠٢١)
- يعرف الإقتصاد الدائري على أنه إقتصاد تصميمي يهدف إلى الحفاظ علي المواد والمنتجات في أعلى فائدة وقيمة لها وإمكانية إستخدامها أكثر من مرة (Nobre & Tavares, 2021)
- إن الاقتصاد الدائري يقوم على مبادئ تصميم النفايات ، والحفاظ على المنتجات والمواد قيد الإستخدام ، وتجديد النظم الطبيعية (The time of Circular Economy has come, 2021)
- هو نظام إقتصادي يستهدف تقليل الهدر من المواد والمنتجات والطاقة والإستفادة منها قدر الإمكان والحفاظ على الموارد قيد الاستخدام لأطول فترة ممكنة، والحد من النفايات والتلوث البيئى وتعظيم قيمة المواد والمنتجات، ويساعد هذا في تقليل الحاجة إلى إدخال مواد جديدة وطاقة ، وبالتالي تقليل الضغط البيئي المرتبط بدورة حياة المنتجات ، من استخراج الموارد ومن خلال مراحل الإنتاج والاستخدام إلى نهاية العمر
- وهو مصطلح عام يعنى الإقتصاد الصناعى ويعتمد على تصميم المنتجات بحيث يمكن استخدامها بشكل مستمر لفترة طويلة من خلال إغلاق حلقة المواد والطاقة بداية من تصميم المنتج والتفكير في الإنتاج وعدم ربط النمو الإقتصادى بإستهلاك الموارد (كما هو موضح بالشكل ١)

- ويتطور مفهوم الإقتصاد الدائري للمعادن بإستمرار فهو مفهوم يهدف إلى تحقيق الاستدامة البيئية والإقتصادية وذلك من خلال تصميم المنتجات المعدنية والعمليات الصناعية بحيث تكون مستدامة وتحد من النفايات المعدنية والإستهلاك الزائد للخامات المعدنية.



الشكل رقم (١)
الإقتصاد الدائرى يحد من النفايات

- **مبادئ الاقتصاد الدائرى Circular Economy Principle:**

يعمل الإقتصاد الدائرى فى إطار معالجة التحديات البيئية مثل تغيير المناخ والإحتباس الحرارى وزيادة النفايات والتلوث البيئى ويقوم على عدة مبادئ أساسها جميعا التصميم

وتعتبر مراعاة مبادئ الاقتصاد الدائري ذات صلة بشكل خاص في تطوير المنتجات المعدنية ، حيث يجب دمج إرشادات التصميم التي تهدف إلى إعادة استخدام المنتج أو إعادة تدويره أو إعادة تصنيعه أو تجديده وتحديثه بداية من مراحل التصميم المبكرة (Babbitt, 2021)

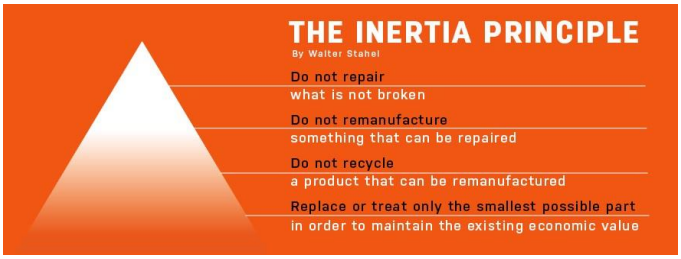
إن أول من وضع أساس الإقتصاد الدائرى هو المعمارى والبيئى السويسرى والتر ستاهيل (walter stahl) مبتكر قاعدة من المهد إلى المهد قام بوضع مبادئ استرشادية للإقتصاد الدائرى.

فمن المنطقي الحفاظ على المنتج المعدنى بدلاً من إصلاحه ، ويكون إصلاحه أفضل من إعادة تصنيعه ، وإعادة التصنيع أكثر كفاءة وربحية من إعادة تدوير المواد.

وهذا ما نص عليه والتر ستاهيل من خلال "مبادئ الجمود" (The Inertia Principle) التى وضعها والتى تنص على ما يلى (كما هو موضح بالشكل ٢) :
(Den Hollander M. C., (2018)

- لا تقم بإصلاح ما لم يتم كسره
- لا تعيد تصنيع شيء يمكن إصلاحه
- لا تعيد تدوير منتج يمكن إعادة تصنيعه
- استبدل أو تعامل فقط مع أصغر جزء ممكن من أجل الحفاظ على القيمة الاقتصادية الحالية للنظام التقنى

هذه المبادئ تفيد البيئة والمستهلك فهى تساعد على توفير الموارد والطاقة والمال من خلال إطالة عمر المنتجات والأنظمة



الشكل رقم (٢)
THE INERTIA PRINCIPLE BY WALTER STAHEL

بالنسبة لمصممي المنتجات المعدنية ، يتعلق مبدأ والتر ستاهيل بسلامة المنتج المعدنى وقدرته على أداء الغرض الوظيفى منه بكفاءة ، ومعنى سلامة المنتج أن يظل مطابقًا لحالته الأصلية (حالته عند التصنيع) ، حيث أن نقطة البداية هي المنتج الأصلي وتهدف هذه المبادئ إلى الحفاظ على المنتج في هذه الحالة ، أو في حالة قريبة قدر الإمكان من المنتج الأصلي ، لأطول فترة ممكنة ، وبالتالي تقليل أو إزالة التكاليف البيئية عند تنفيذ أى تدخلات للحفاظ على القيمة الإقتصادية المضافة للمنتج أو استعادتها بمرور الوقت.

ومما سبق يتضح طبيعة هذه المبادئ حيث أنها تبدأ من أعلى مستوى لسلامة المنتج المعدنى ثم تتدرج إلى أسفل التسلسل الهرمى لإدارة المواد

- **محاور تطبيق الإقتصاد الدائري**
Axis of Applying the Circular Economy:

١. **إدارة النفايات والتلوث:**
Eliminate Waste and Pollution

الهدف من إدارة النفايات والتلوث هو تقليل استخدام المواد وإعادة تصميم المواد والمنتجات والخدمات لتكون أقل كثافة في استخدام الموارد واستعادة النفايات كمورد لتصنيع مواد ومنتجات جديدة وهو يتضمن عمليات التصميم وإيجاد حلول جديدة لتحسين الموارد ، وفصل الاعتماد على الموارد المحدودة ، ومعالجة النفايات ، وكذلك استبدال الاقتصاد الخطي التقليدي ، الذي يعمل في نظام أخذ النفايات ، بنظام صناعي ترميمي أو متجدد يقضي على النفايات من خلال التصميم المتفوق للمواد والمنتجات والأنظمة ونماذج الأعمال وتداول المنتجات والمواد بأعلى قيمة لها
(ellenmacarthurfoundation, n.d.)

٢. **الإحتفاظ بالمنتجات والموارد قيد الإستخدام لأطول فترة ممكنة Keep Products and Materials in Use**

يعتمد هذا المحور على مشاركة المواد والمنتجات الحالية وتأجيرها وإعادة استخدامها وإصلاحها وتجديدها وإعادة تدويرها لأطول فترة ممكنة ، وكذلك إنتاج المنتجات والمواد

بأعلى قيمة لها ، ويتضمن ذلك تحسين العائد من الموارد من خلال الحفاظ على المنتجات والمكونات والمواد المستخدمة بأعلى فائدة في جميع الأوقات ، من خلال تغيير طريقة تفكيرنا ، يمكننا التعامل مع النفايات على أنها عيب في التصميم. ففي الاقتصاد الدائري ، مواصفات أي تصميم هي أن المواد تدخل الاقتصاد مرة أخرى وتظل داخل حلقة مغلقة

٣. **إعادة تجديد النظم الطبيعية**
Regenerate Natural Systems

هو إعادة تجديد الطبيعة ، ويتضمن ذلك تصميم عمليات وحلول جديدة لتحسين وتجديد الأنظمة الطبيعية وتعزز استخدام الطاقة والمواد المتجددة وفصل الاعتماد على الموارد المحدودة ، والهدف هو إنشاء نموذج اقتصادي مرن وموزع ومتنوع وشامل يعمل على تحسين عائدات الموارد ويعزز رفاهية الأفراد

- **التصميم الدائرى للمنتجات المعدنية:**

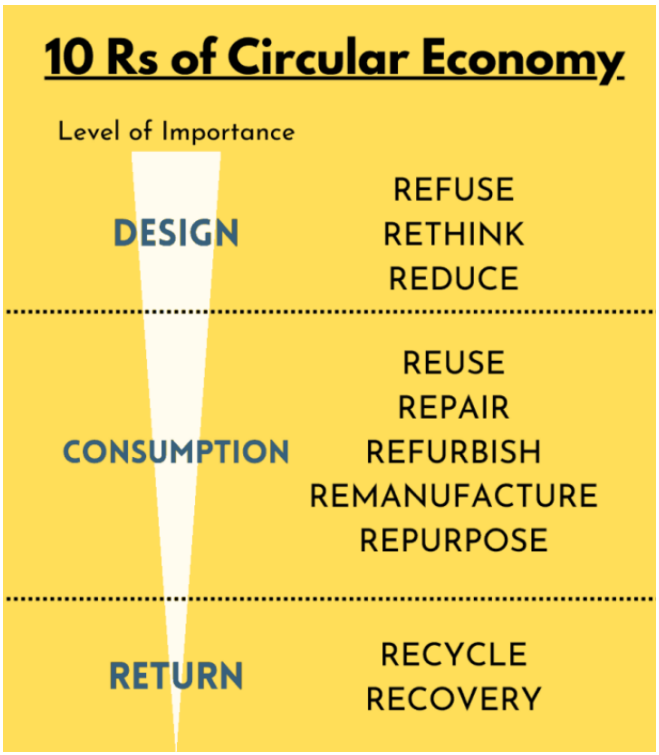
يهتم التصميم الدائرى بجعل المنتج المعدنى مناسبا لعدة دورات حياة ، ويتم ذلك بوضع دورة حياة المنتج بأكملها في الاعتبار ، بداية من التصميم وإختيار المواد الخام مرورا بخطوات الإنتاج إلى نهاية العمر الإفتراضى للمنتج ، ويهدف التصميم الدائري لتقديم أفضل أداء للمنتج المعدنى مع تقليل التأثير السلبي له على مدار دورة الحياة بأكملها ، ويستهدف التصميم الدائري جيلًا من المنتجات والمواد بطريقة تقلل من استخدام المواد الخام الأولية ، وينصب تركيز التصميم الدائري للمنتجات المعدنية على تقليص خسارة القيمة المضمنة في هذه المنتجات من مواد وطاقة وعمالة مضمنة فيها ، من خلال إبقائها متداولة في حلقات مغلقة ، تعمل هذه الحلقات على إطالة دورة حياة المنتج وتحسين إنتاجية الموارد في نهاية العمر الإفتراضى مثل إعادة الاستخدام أو الإصلاح أو إعادة التصنيع أو التجديد أو إعادة التدوير ، وبذلك سيصبح المنتج المعدنى نفسه أو جزء منه أو خامة المنتج المعدنى موردا لمنتج آخر داخل أو خارج المنتج الأصلي ، وتصبح المنتجات المعدنية جزء من حل مشكلة النفايات والتلوث وإهدار الطاقة بدلا من زيادة مشكلة البيئة ، ويستخدم التصميم الدائري مجموعة من هذه الإستراتيجيات مع تفضيل الأقرب إلى المستهلك.

وتركز معظم الحلول البيئية الحالية تركز بشكل أساسي على حلول "نهاية العمر" مثل إعادة التدوير والتي يمكن الإشارة إليها بشكل أكثر دقة على أنها إعادة تدوير إلى أسفل وفقدان كبير للقيمة المضمنة ولذلك لا ينبغي التعامل مع تحدي الموارد من النهاية ، فالتصميم الدائرى للمنتج هو نقطة البداية لتحدي الموارد"ومن هنا تتضح أهمية التصميم الدائرى للمنتجات لأن علينا البدء من دورة حياة المنتج والخامة المكونة له قبل إنتاجه وإدراك أن تأثيرات المنتج وتكاليفه خلال عمره الافتراضي وأثناء إعادة المعالجة في نهاية العمر الافتراضي يتم تحديدها خلال مرحلة التصميم.

- **التسلسل الهرمى لإدارة المواد:**

مع الإطار العقلي الجديد الذي وضعه تفكير الإقتصاد الدائري بأن المنتج لا يمكن أن يصبح نفايات من حيث المبدأ ، نعتقد أن هناك حاجة إلى تسلسل هرمي جديد من إدارة النفايات إلى إدارة المواد ، هذا يعني أن القوة الدافعة للتسلسل الهرمي يجب ألا تكون فقط التخلص الآمن من النفايات ولكن أيضًا لضمان الحفاظ على قيمة مواردنا في الإقتصاد للأجيال الجديدة ، إن الحديث عن الحفاظ على القيمة يعني في الأساس جعل المنتجات تبقى في الاقتصاد لفترة أطول ، ليس كنفايات ولكن كمواد ومنتجات في الممارسة العملية وتتضمن هذه الأسس تجنب التسبب في الهدر، وتعظيم استخدام المواد على مدى عمر المنتج المتعدد ، وتوسيع استخدام المواد في كل دورة.
ولقد تم تقسيم التسلسل الهرمى وفقا لمبادئ الإقتصاد الدائرى إلى ثلاث مراحل لتوضيح التسلسل الأفضل فى كل مرحلة (كما بالشكل رقم ٣) وهم كالأتى:

١. **مرحلة التصميم (Design):**
ما زلنا بحاجة إلى تغيير جوهري في أنماط استهلاكنا وفهم أن النفايات يجب ألا تكون نفايات ومن هنا يأتى دور المصمم من خلال التصميم وفق مبادئ الإقتصاد الدائرى وضمن إستراتيجيات تصميم توجه المستهلك إلى الحفاظ على البيئة ومن الضرورى الإلتزام بتسلسل إدارة المواد بحيث لا يتم الإنتقال إلى خطوة دون المرور بما يسبقها فى التسلسل.



الشكل رقم (٣)
التسلسل الهرمى لإدارة المواد

- **رفض Refuse**

بداية من التصميم يتم رفض أو استبعاد أى جزء زائد فى التصميم ليس له فائدة او وظيفة فى المنتج لأنه يترجم فى الإنتاج إلى زيادة فى خام المعدن وزيادة فى مراحل الإنتاج وهدر للمعدن والطاقة والوقت

- **إعادة تفكير Rethink**

تشير إعادة التفكير هنا إلى تغيير العقلية الثابتة التي لدينا مع المنتجات ، بحيث يمكن أن يشمل ذلك إعادة تعريف طريقة مختلفة لإستخدام المنتجات ومدة استخدام المنتج ، وغالبًا ما يتم استخدامه أكثر مما ندرك.

ويعتبر الإقتصاد التشاركي أحد مظاهر إعادة التفكير في كيفية استخدامنا للأشياء ، حيث يتم تغير فكر المستهلك من خلال التصميم والحث على مشاركة وتبادل المنتجات بدلا من إمتلاكها إن أمكن ذلك ، وبهذا يتم تحدى الوضع الراهن بأسئلة مثل "لماذا نحتاج لشراء منتج جديد؟" "لماذا نحتاج أن نمتلك؟" و "ماذا يحدث عندما يتحول المنتج إلى خدمة؟"

- **تقليل Reduce**

يجب أن نكون على دراية بأهمية المنتج ومدى إحتياج السوق له ، فيجب أن نجعل هذا التساؤل موضع التنفيذ "هل نحن بحاجة فعلاً إلى هذا المنتج بكميات كبيرة؟"

وبما اننا نتحدث في المرتبة الثالثة في القائمة فيوضح ذلك مدى التأثير على المجتمع والبيئة ولذا وضعت العديد من العلامات التجارية هذا الفكر (Reduce) موضع التنفيذ.

ويمكننا استخدام التكنولوجيا لإيجاد فرص للتقليل أيضًا ، فمثلا تقدم شركة DATAFLUCT اليابانية الناشئة خدمة الذكاء الاصطناعي لمساعدة تجار التجزئة في البقالة على تحديد أسباب وموضع الهدر وذلك لتحسين الربح ، حتى أنه يأخذ في الاعتبار ظروف الطقس ودرجة الحرارة للحصول على تنبؤات دقيقة ، وبذلك يمكن لبائعي التجزئة تقليل مخزون الطلب لديهم لتجنب الهدر والخسارة.

٢. **مرحلة الإستهلاك (Consumption)**

فى مرحلة الإستهلاك لا يمكننا أن ننكر حقيقة زيادة أعداد المستهليكين لزيادة النمو السكانى مع إنخفاض فى مخزون الموارد الطبيعية المعدنية ولذلك يجب توعية المستهلك وإمداده بمعلومات أكثر عن المنتج المعدنى الذى يمتلكه كيف يحافظ عليه بحالته الأصلية أطول فترة ممكنة وكيف يمكن إعادة إستخدامه او إصلاحه وأفكار لكيفية تجديده ومتى يمكن إعادة تصنيعه وتغيير الغرض من المنتج.

- **إعادة الإستخدام Reuse**

هى الأكثر تفضيلا فهى واحدة من أفضل الطرق للحفاظ على سلامة المنتج ولإنشاء نمط حياة خالٍ من النفايات لأنه يبعدنا عن مفهوم الاستخدام الواحد مع عدم التضحية بالراحة ، وقد يتطلب موارد قليلة نسبيًا لإعادة المنتج إلى النظام الاقتصادي ، مثال لإعادة الإستخدام لساعة قديمة (كما موضح بالشكل ٤)

الشكل رقم (٤)
توظيف ساعة قديمة كدلاية (إعادة إستخدام)

- **الإصلاح Repair**

العناية بالمنتج مصطلح شامل يغطي معالجة المنتج بالإهتمام به أو تنظيفه أو إجراء صيانة وقائية عليه ، ويتضمن الإصلاح إعادة المنتج إلى حالة صالحة للعمل وتصحيح أي عيوب به ، والإصلاح عامل مهم لإطالة عمر المنتج المعدنى

- **التجديد Refurbish**

كيف يمكننا تنشيط المنتجات القديمة ؟ هذا يختلف عن إعادة التدوير ، حيث يتم إنشاء قيمة جديدة ومختلفة ، ويعيد التجديد القيمة الأصلية التي تم صنع المنتج من أجلها ، فيتم تجديد المنتج المعدنى بتغيير لونه مثلا عن طريق الطلاء أو إضافة المينا

- **إعادة التصنيع Remanufacture**

إن صنع منتجات جديدة من المنتجات المعدنية المهملة هو ما تدور حوله إعادة التصنيع ، ولابد أن نتدرج فى التسلسل الهرمى لإدارة المواد حتى نصل إلى إعادة التصنيع ، ولكن هناك عقبات قد نواجهها مثل تدهور المواد عند إعادة استخدامها ، لذلك هناك حاجة إلى التقدم التكنولوجي.

- **إعادة الغرض Repurpose**

عندما يتعذر إصلاح المنتج أو تجديده ، فهذا لا يعني معاملته على أنه نفايات حتى الآن.

تندرج إعادة التدوير ضمن إعادة الغرض ، حيث نأخذ المنتجات "المكسورة" ونصلحها لإنشاء قيم مختلفة عما كانت عليه من قبل ، ومثال على ذلك توظيف الشوكة وتحويلها إلى أسورة جمالية (كما موضح بالشكل ٥)

الشكل رقم (٥)
تحويل الشوكة وتوظيفها كأسورة (إعادة الغرض)

٣. **مرحلة الإرجاع (Return)**

فى هذه المرحلة يتم إيجاد وسيلة للنفايات لجعلها موارد ، فعندما يكون المنتج غير قابل للإصلاح ، وتصبح إعادة الاستخدام مستحيلة ، نريد محاولة إعادة المواد إلى مخزون الموارد الخاص بنا، أو كخيار أخير، استخدامها كطاقة ، ويتم ذلك من خلال إعادة التدوير وإستعادة المواد.

- **إعادة التدوير Recycle**

هي الطريقة التي نستعيد بها المواد من النفايات ، غالبًا من خلال إعادة تدوير المواد أو المواد الكيميائية (المعادن المهدره ضمن محاليل الطلاء)، ولابد أن يأخذ فى الإعتبار عند التصميم إمكانية إعادة تدوير المنتج لأنه سيساهم فى تحقيق التوافق البيئى للمنتج ، وجزء كبير من إعادة التدوير يشمل الفن أيضًا (كما موضح بالشكل ٦)

الشكل رقم (٦)
إعادة تدوير لمفتاح وتوظيفه كدلاية

- **الإستعادة Recovery**

الاسترداد هو أخر حل نهائي ، يستخدم كملاذ أخير عندما لا تصلح الإحتمالات الأخرى ، وهو إستعادة الطاقة ويتم إستخدام تقنيات لإعادة المواد من النفايات المختلطة إلى مواد قيمة جديدة بطريق سليمة بيئيا

- **المواد الدائمة Permanent materials :**

قد لا يكون من الممكن إنشاء اقتصاد دائري تمامًا لكل تدفق للمواد ، لكننا نقترب أكثر من مستقبل مستدام في كل مرة نقوم فيها بتقليل النفايات ضمن حلقة مغلقة ، والخطوة الأولى هي فهم المواد الخاصة مثل المواد الدائمة

- ما هى المواد الدائمة؟

يتم تعريف المادة على أنها دائمة إذا لم تتغير خصائصها المتأصلة أثناء الاستخدام ، وحتى بعد التحول من حالة لأخرى مثل التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة (Grosso, 2017)، فيمكن أن تعود إلى حالتها الأولية هذا هو الحال عند إستخدام المواد الدائمة فى تصميم وإنتاج المنتجات مما يجعل الاستخدام المتكرر للمنتج وإعادة التدوير ممكنًا دون تغيير خصائص المواد المتأصلة ، نظرًا لأنه لا يمكن تنفيذ إعادة التدوير المتكرر إلا إذا تم الحفاظ على المادة أثناء الاستخدام والتحول ، فإن التوافر الفني لإعادة التدوير كان شرطًا أساسيًا ضروريًا لمفهوم الإشراف على المواد ، والمواد الدائمة هى مواد قابلة لإعادة التدوير بلا حدود

إن المعادن مثل الألومنيوم والنحاس والصلب مواد دائمة لا تتغير خصائصها المتأصلة ، بغض النظر عن عدد المرات التي تمر فيها بعملية إعادة التدوير ، فبمجرد إنتاجها لأول مرة وجمعها ومعالجتها بشكل صحيح في نهاية عمرها تصبح مادة خام لحلقات إنتاج جديدة لا نهاية لها ، ستبقى هذه المواد في قلب أي اقتصاد دائري مثبت وفعال.

- **أهمية المعادن فى الإقتصاد الدائرى:**

إن الإتجاه العام نحو بيئة نظيفة واستخدام تقنيات الطاقة النظيفة يؤدى إلى زيادة الطلب على المعادن والفلزات ، فمن الصعب بناء محطات لتوليد الطاقة من الرياح والطاقة الشمسية ، وكذلك المركبات الكهربائية ، بدون كميات كبيرة من النحاس والألمنيوم والفولاذ ، لذلك فإن محدودية المواد الخام وموارد الطاقة التي ينمو الطلب عليها حتماً تحدد الحاجة إلى العمليات الدائرية ،

وتعتبر المعادن ضرورية في صميم مستقبلنا المستدام ، لأنها تشكل قاعدة صناعية قوية وهي جوهر الحياة اليومية لكل فرد نظرًا لدورها الرئيسي في مجموعة واسعة من المنتجات والتطبيقات والتقنيات ومع ذلك ، فهي أيضًا في قلب الاقتصاد الدائري منخفض الكربون (Petrova, 2021)

- **إعادة تدوير المعادن :**

إن المعادن من المواد الدائمة حيث يتم إستخدامها ضمن حلقة مغلقة وهى أساس فى العديد من الصناعات الهامة والحيوية وتتميز إعادة التدوير للمعادن بتخفيض الطاقة والحد من البصمة البيئية وتقليل نسبة الكربون ، وتتم إعادة التدوير بشكل متكرر بلا نهاية ، فإذا انتهى الأمر بالمنتج المعدنى لإعادة التدوير بعد المرور بكل مراحل التسلسل الهرمى لإدارة المواد فإنه على عكس الكثير من المواد الأخرى يستهلك المعدن المعاد تدويره طاقة أقل بكثير من إستخراج نفس المعدن وإنتاجه لأول مره
وبالأخص النحاس والألومنيوم فهم من المواد القليلة التي يمكن إعادة تدويرها بشكل متكرر دون أي خسارة في الأداء ، بالإضافة إلى المساعدة في تلبية الطلب السنوي على النحاس والألومنيوم كمعادن هامة فى العديد من الصناعات الحيوية ، فإن إعادة التدوير تحافظ على الموارد الطبيعية القيمة وتوفر الطاقة وتقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (Hagelüken, 2022) .
حيث يساهم إعادة تدويرهما في التحرك التدريجي نحو اقتصاد دائري أكثر ، ومع ذلك لا يمكن إغلاق الحلقة بالكامل لسببين : أولاً ، سيستمر الطلب في الزيادة بسبب النمو السكاني وابتكار المنتجات والتنمية الاقتصادية ، ثانيًا ، في معظم التطبيقات يظل النحاس والألومنيوم قيد الاستخدام لعقود قبل أن يصبح المعدن جاهزًا لإعادة التدوير والاستخدام مرة أخرى ، وبالتالي فإن الطلب المتزايد على النحاس والألومنيوم سيتطلب مزيجًا من المواد الخام القادمة من المناجم (الخام الأساسي) ، وكذلك من المواد المعاد تدويرها (الخام الثانوي).

- إن أحد أكثر جوانب الألومنيوم إثارة للاهتمام هو أنه يعوض فعليًا استهلاكه الأولي للطاقة من خلال توفير قدر كبير من الطاقة أثناء مرحلتي الاستخدام وإعادة التدوير.

فيتطلب إنتاج الألمنيوم الأساسي عملية تستهلك الكثير من الموارد والطاقة مع تأثير بيئي كبير ، إن تصنيع الألومنيوم بداية من التعدين من خام البوكسيت إلى نقل المنتج النهائي للمستخدمين ينتج حوالى ١١,٥ طنًا من ثاني أكسيد الكربون لكل طن من الألومنيوم ، لكن استخدام الألومنيوم القائم على الخردة يمكن أن يخفض هذا الرقم بنسبة ٨٥-٩٥٪ ، وإن إعادة تدوير الألومنيوم يوفر ٩٥٪ من الطاقة اللازمة لإنتاجه بدءًا من المعدن الخام ، فمثلا هناك حاجة إلى ١٦ كيلو واط / ساعة لإنتاج ١ كجم من الألمنيوم البوكسيت (خام الألومنيوم) بينما هناك حاجة إلى ٠,٤ كيلو واط / ساعة لإنتاج ١ كجم من الألومنيوم المعاد تدويره من النفايات ، ويُعرف الألمنيوم أيضًا بإمكانياته في نقل مصادر الطاقة المتجددة لأنه مادة خفيفة الوزن ، حيث تستهلك السيارة المصنوعة من الألومنيوم وقودًا أقل من السيارة المصنوعة من مواد أخرى. وتوفر عبوات حفظ الطعام والمياة الغازية المصنوعة من الألومنيوم مثالًا رائعًا على الاقتصاد الدائري بفضل قابليتها لإعادة التدوير التي لا نهاية لها

- وكذلك النحاس لا يوجد فرق في جودة النحاس المعاد تدويره والمستخرج ، وبالتالي يمكن استخدامهما بالتبادل.
وتعد إعادة تدوير النحاس طريقة عالية الكفاءة من الناحية البيئية لإعادة إدخال مادة ثمينة إلى الاقتصاد ، وتتطلب إعادة تدوير النحاس طاقة أقل من الإنتاج الأولي وتقلل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وإستخدام الطاقة. (Dong D. E., 2020)
بالإضافة إلى فوائده البيئية ، تؤدي إعادة تدوير خردة النحاس المعقدة ، مثل النفايات الإلكترونية ، إلى استعادة العديد من المعادن الأخرى مثل الذهب والفضة والنيكل والقصدير والرصاص والزنك.
إن النحاس ضروري للثورة الخضراء ، حيث تعتمد تكنولوجيا الطاقة المتجددة ، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ، وكذلك المركبات الكهربائية والمحركات الكهربائية والبطاريات ، على النحاس لتحقيق أداء فعال.
مع أهداف إزالة الكربون العالمية ، وسياسات تغير المناخ الطموحة والتحول إلى الموارد المتجددة ، ستكون هناك حاجة إلى النحاس الأساسي والثانوي (مواد الخردة) لتلبية الطلب. (copperalliance, 2021)

ولمصممي المنتجات المعدنية دور هام من خلال التصميم لتحقيق الاستدامة وتسهيل استعادة المعادن عند إعادة تدوير المنتج في نهاية المطاف.

- **البصمة البيئية:**

تعرف منظمة التعاون والتنمية الإقتصادية (OCDE) البصمة البيئية علي انها : تقدير للمساحة المنتجة بيئيا واللازمة لتلبية احتياجات دولة معينة بحجم معلوم (خوجلي، ٢٠٢١)

- هي المساهمة الإيجابية أو السلبية للأفراد أو المؤسسات في تأثيرهم على البيئة ، ويمكن للإقتصاد الدائري أن يلعب دورًا هامًا في تقليل البصمة البيئة حيث يعمل على تحسين إستخدام الموارد وتقليل الطاقة اللازمة فى إنتاج المنتجات ، ومن خلال مرحلة تصميم المنتجات وبتحديد نوع الخامة وحالتها (خام أو خردة) وكيفية التصنيع ومراحل الإنتاج ، يستطيع المصمم أن يحدد ما يصل إلى حوالى ٨٠٪ من البصمة البيئية للمنتج في مرحلة التصميم.

- **إستراتيجيات التصميم الدائرية للمنتجات المعدنية :**

نحن بحاجة لتصميم منتجات تدوم لفترة أطول ، ويحتاج مصممو المنتجات إلى موازنة العديد من المتطلبات

المختلفة عند تطوير منتج جديد ، في الواقع يتعلق تصميم المنتج بالوظيفة واستخدام المواد المناسبة والتكلفة وأمور أخرى ، ويمكن أن يساهم تصميم المنتج في الاقتصاد الدائري من خلال دمج المبادئ والمنهجيات التي تراعي دورة الحياة الكاملة للمنتج وتقليل الآثار السلبية مع زيادة التأثيرات الإيجابية إلى أقصى حد ، حيث يتضح أهمية الإحتفاظ بالمواد والطاقة داخل نظامنا الاقتصادي ، مع التركيز على جعل المواد دائما فى "حلقات تغذية مرتدة دائرية" كل حلقة هي استراتيجية دائرية لتعظيم القيمة الاقتصادية والحد من البصمة البيئية ، ويمنع نظام التغذية المرتدة هذا المواد من أن ينتهي بها المطاف كنفايات وذلك لجعل المواد فى حلقة مغلقة ، ونتيجة لذلك سنتناول بعض استراتيجيات التصميم لمنتجات تدوم طويلاً (كما موضح بالشكل ٣)

الشكل رقم (٣)
إستراتيجية تصميم المنتجات فى ضوء الإقتصاد الدائرى

١. **التصميم للتعلق والثقة :**

Design for Product Attachment and Trust:

يطلق عليه أيضا اسم "التصميم للعاطفة" حيث ينجذب المستهلك لمظهر المنتج المعدنى ويثق به حين يجد فيه القدرة على أداء الوظيفة بأفضل صورة وبطريقة مريحة فيشعر بسعادة عند إستخدامه للمنتج وكذلك يتعلق به عندما يحقق المنتج أى من النقاط الآتية : (غنيمة، ٢٠١٧)

- أداء المنتج للوظيفة يكون بأفضل فاعليه ويستمر بهذا الأداء أطول فترة ممكنة
- ملائمة المنتج من الناحية الأرجونومية مما يجعله مريح وسهل فى الإستخدام
- الشكل الجمالى للمنتج وما يحتويه وما يقدمه عن نفسه من قيم أو رموز أو ثقافة مما يجعل المستهلك يرتبط به عاطفيا
- كلما استخدم المستهلك المنتج يشعر بالسعادة والرضا فى كل مره مما يجعله يثق به ويتعلق به

٢. **التصميم للمتانة وقوة التحمل :**

Design for Product Durability

يعد تصميم المنتجات من أجل المتانة وقوة التحمل جانبًا مهمًا في إنشاء اقتصاد دائري ، حيث أن المتانة هي عامل تمييز تنافسي رئيسي ، وتوفر أساسًا منطقيًا قويًا للأسعار المتميزة ، حيث أن متانة المنتجات تزيد من عمر المنتج الإفتراضى وكذلك قوة تحمله وأدائه لوظيفته بكفاءة كلما تم إستخدامه مما يجعل المستهلك يتعلق به عاطفيا ويثق فيه ، فلا يستبدله بمنتج آخر وبالتالى يظل المنتج فى الإستخدام أطول فترة ممكنة ولا يذهب للنفايات ، وبشكل عام يتطلب تصميم المنتجات من أجل المتانة دراسة متأنية لمجموعة متنوعة من العوامل ، بما في ذلك اختيار المواد وتحسين التصميم واحتياجات المستخدم ، وذلك من خلال دمج أفضل الممارسات هذه في تصميم المنتج ، من الممكن إنشاء منتجات طويلة الأمد وسهلة الصيانة وتفي بإحتياجات المستخدمين بمرور الوقت ولتحقيق متانة المنتج يراعى المصمم الآتى :

- اختيار مواد معدنية متينة وقوية وملائمة للإستخدام والوظيفة التى سيقوم بها المنتج ،حتى يصبح عمر المنتج طويل الأمد ويمكن أن يتحمل التآكل والتلف بمرور الوقت (Medkova, 2016)
- تحسين تصميم المنتج للتأكد من أنه سليم من الناحية الهيكلية والأرجونومية ويمكنه تحمل الاستخدام بمرور الوقت ، ويتضمن ذلك مراعاة عوامل مثل وزن المنتج وشكله وحجمه
- تطبيق استراتيجيات التصميم التي تزيد من ملائمة المنتج لوظيفته ، وتحافظ على متانته وقوة تحمله أثناء الإستخدام ومدى إرضائه للمستخدم أو لعدة مستخدمين بمرور الوقت ، ويتضمن ذلك المتانة العاطفية ، والتي تتعلق بطول المدة التي يرغب فيها الأشخاص في استخدام المنتج
- أن يضع المصمم في الإعتبار احتياجات المستخدم وتفضيلاته عند تصميم المنتج ، ويشمل ذلك تصميم منتجات يسهل استخدامها وصيانتها وتفي بالمتطلبات الوظيفية والجمالية للمستخدم

- التعاون مع أصحاب المصلحة الآخرين ، مثل الشركات المصنعة ومقدمي الخدمات ، للتأكد من أن المنتج مصمم لضمان المتانة طوال دورة حياته (Mesa, 2022)

٣. التصميم للتوحيد القياسي والتوافق :
Design for Standardization and Compatibility

التصميم من أجل التوحيد القياسي والتوافق هو إستراتيجية تهدف إلى : تصميم المنتجات المتوافقة مع الأنظمة والمعايير الحالية ، والتي يمكن دمجها بسهولة في الإعداد الحالي للمستخدم ، بحيث يتم إنشاء منتجات بأجزاء نمطية تتناسب مع المنتجات الأخرى أيضًا ، مما يجعله يحارب التقادم النظامى ، ويوفر التوحيد القياسي العديد من الفوائد وهى :

- سهولة الصيانة والإصلاح وتبسيط الإنتاج
- إدارة نهاية العمر الافتراضي ، حيث يسمح توحيد المكونات والمواد بإستبدال الأجزاء وإصلاحها بسهولة
- تعزيز النمطية وقابلية الترقية للمنتج ، وهذا يعزز طول عمر المنتج ويقلل من النفايات
- يضمن التوحيد القياسي والتوافق أن المنتجات أو الأجزاء أو الأنظمة المختلفة يمكن أن تعمل معًا بسلاسة ، مما يسهل على المستهلكين تبني هذه المنتجات وصيانتها (Fukami, 2021)
- يمكن للمصممين تنفيذ هذا النظام باستخدام مجموعة الأجزاء المتوفرة حاليًا ، وإعادة توظيفها لإنشاء منتجات جديدة عن طريق تقليل العدد الإجمالي للأجزاء المستخدمة (Bakker, 2014)
- تسهل إستراتيجية التوحيد القياسي إمكانية إطلاق المنتجات الجديدة في السوق في الوقت المحدد مما يقلل من تكاليف إعادة التصميم
- يقضي على المكونات الزائدة عن الحاجة ، وكذلك تحسين دورة حياة المنتج الإجمالية من خلال إدخال التوحيد القياسي

٤. التصميم لسهولة الصيانة والإصلاح :
Design for Ease of Maintenance and Repair

التصميم من أجل الصيانة والإصلاح هو إستراتيجية تهدف إلى تقليل الصعوبات والتكاليف المرتبطة بصيانة المنتجات ، وسهولة الصيانة تعمل على الحفاظ على المنتج فى حالته الأصلية قدر الإمكان ، إن التصميم من أجل الصيانة يضع فى الإعتبار تشغيل المنتجات وصيانتها في المستقبل ، مما يضمن للمستهلك تلبية أهداف الصيانة بطريقة سريعة وسهلة وبأسعار معقولة ، وكذلك إمكانية إصلاح واستبدال الأجزاء المكسورة تعمل على إطالة نهاية العمر الافتراضي ، وتوافر مراكز وورش الإصلاح والصيانته يمد المستهلك بالثقة والأمان فى امتلاك المنتج ، وبإتباع المصممين لهذه الإستراتيجية يمكن إنشاء منتجات اسهل واكثر فعالية من حيث التكلفة للصيانة والإصلاح ، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاجية وتقليل وقت التوقف عن العمل وخفض التكاليف على المدى الطويل وتتميز هذه الإستراتيجية بالآتى: (Mulder, 2012)

- تصميم المنتجات مع مراعاة السلامة وسهولة الصيانة والإصلاح يمكن أن يقلل من احتمالية حدوث أخطاء ومخاطر الحوادث أثناء مهام الصيانة والإصلاح
- إمكانية خدمة المنتجات المصممة لسهولة الصيانة والإصلاح بسرعة أكبر ، مما يقلل من وقت التوقف عن العمل ويزيد من الإنتاجية
- إمكانية تشخيص وإصلاح المنتجات المصممة لسهولة الصيانة والإصلاح بسهولة أكبر ، مما يقلل من الحاجة إلى المعرفة والمهارات المتخصصة
- يجب تصميم المنتجات للسماح بسهولة الوصول إلى المكونات التي قد تحتاج إلى الصيانة أو الإصلاح
- يجب تصميم المنتجات بمكونات معيارية يمكن استبدالها بسهولة إذا لزم الأمر
- يمكن أن يؤدي توحيد المكونات إلى تسهيل العثور على قطع الغيار وتقليل الحاجة إلى المعرفة والمهارات المتخصصة
- يمكن للمصممين استخدام المنهجيات للتنبؤ بوقت الإصلاح حتى يتمكنوا من مقارنة قابلية الصيانة للخيارات المختلفة قبل الانتهاء من التصميم

٥. التصميم للترقية والتكيف :
Design for Upgradability and Adaptability

يعد تصميم المنتجات للترقية والقدرة على التكيف اعتبارًا مهمًا ضمن الإقتصاد الدائرى ، حيث تتجنب هذه الإستراتيجية تقادم المنتجات بالحفاظ علي قابلية استخدام المنتج لفترة طويلة من خلال ترقية القيمة والأداء ، وفي الوقت نفسه عن طريق التكيف والتعديل نحو الاحتياجات المتغيرة للمستخدم ، وتتضمن هذه الإستراتيجية إنشاء منتجات يمكن تعديلها أو تحسينها بسهولة لتلبية المتطلبات أو المواقف الجديدة.
ويهدف التصميم القابل للتكيف إلى تحديد التصميمات والمنتجات التي تلائم الوظائف المطلوبة وكذلك ملائمة الظروف البيئية وظروف الإستخدام والتصنيع
تصميم قابل للتكيف للتصنيع: يسمح التصميم القابل للتكيف للمصممين بتطوير نماذج جديدة ومحدثة أو منتجات مخصصة بسرعة من خلال تكييف التصميمات الحالية مع وظائف مثبتة وتساعد نمطية التصميم على سهولة تكيف المنتج وإمكانية ترقيته بمرور الوقت من خلال إضافة مميزات أو مكونات جديدة
يتضمن تصميم المنتجات للترقية والقدرة على التكيف إنشاء منتجات يمكن تعديلها أو تحسينها بسهولة لتلبية المتطلبات أو المواقف الجديدة ، ومثال على ذلك تصميم وحدات معدنية

معيارية يتم تجميعها وتفكيكها بسهولة ، مما يسمح للمستخدمين بتخصيصها وتكييفها مع احتياجاتهم المتغيرة

٦. **التصميم للتفكيك وإعادة التجميع :**

Design for Disassembly and Reassembly

إن تصميم المنتجات للتفكيك وإعادة التجميع إستراتيجية هامة فى التصميم تعمل على تقليل النفايات وتحسين الإستدامة وزيادة الكفاءة فى عملية التصنيع ، ولها تأثير كبير على إعادة استخدام المكونات والمواد وإعادة التصنيع والتدوير ، وذلك من خلال أمكانية تفكيك المنتج لأجزاء وسهولة إجراء عملية الصيانة أو إستبدال أى جزء تالف للإصلاح أو تغيير جزء لتطوير وترقية المنتج أو تفكيكها في نهاية عمرها الافتراضي للوصول إلى المواد القيمة الموجودة بداخلها ، ويتجنب تصميم التفكيك وإعادة التجميع أيضًا التقادم النظامي من خلال التصميم

مع إزدياد الوعي البيئي أصبحت أساليب التصميم للتفكيك أكثر ، وإمكانية إنتاج منتجات يتم تصميمها لتعويض أجزاء فى المنتج للإصلاح أو إعادة الاستخدام أصبح أكثر من ذي قبل ، حيث تهدف إلى تحسين عملية تطوير المنتج نحو أهداف محددة فيمكن فصل الأجزاء وإعادة تجميعها بسهولة في نهاية المطاف.

إن الألومنيوم والنحاس معادن قابلة لإعادة التدوير بلا حدود دون خسارة في الجودة فمن الأفضل تصميم منتجات الألمنيوم والنحاس بحيث يمكن تفكيكها بسهولة وإعادة تدويرها مرة أخرى

إن إتباع هذه الإستراتيجية في مجموعات المواد المختلطة يكون أفضل أسلوب متبع لسهولة التفكيك والفصل البسيط والعملي قبل إعادة التدوير ، مما يسهل التصميم لإستعادة المواد وتصميم الحلقة المغلقة حيث يهدف كل منهم إلى تصميم المنتجات التي يمكن تفكيكها بسهولة وإعادة تدويرها أو إعادة استخدامها في نهاية دورة حياتها.

- **النتائج Results :**

١. ضرورة إتباع فكر التصميم الدائرى للحفاظ على البيئة والموارد الطبيعية والطاقة
٢. إن إستراتيجية تصميم التعلق والثقة تصل بالمنتجات لأعلى جودة بينما تقل جودة المنتج عند إتباع إستراتيجية التصميم للتفكيك وإعادة التجميع
٣. إستراتيجية التفكيك وإعادة التجميع تتناسب أكثر مع المعادن والمواد التى يعاد تدويرها وذلك لسهولة تفكيك المواد
٤. إعادة تدوير الألومنيوم والنحاس توفر ٩٥٪ من الطاقة اللازمة لإنتاجه بدءًا من المعدن الخام
٥. إمكانية الحد من النفايات والبصمة البيئية والإحتباس الحرارى بداية من التصميم حيث يحدد المصمم نوع المعدن وحالته (خام أو خردة) ومراحل الإنتاج اللازمة مما يحد من التلوث بنسبة كبيرة
٦. إن إتباع التسلسل الهرمى لإدارة المواد يمكننا من التحكم فى الحفاظ على المواد داخل حلقة مغلقة والحد من النفايات
٧. تعمل إستراتيجيات التصميم الدائرى على إطالة العمر الإفتراضى للمنتج بما يتناسب مع الحفاظ على البيئة
٨. يمكن للاقتصاد الدائري حماية البيئة وتحسين الاقتصاد ورفع مستوى العدالة الاجتماعية عند تصميمه بطريقة مدروسة وشاملة

ويوصى البحث بأهمية الأخذ فى الإعتبار مراحل التسلسل الهرمى لإدارة المواد عند التصميم للحفاظ بالمواد أطول فترة ممكنة
والإهتمام والتوسع فى دراسات الإقتصاد الدائرى وربطها بالتصميم
والإهتمام بالدراسات القائمة على إعادة تدوير المعادن وتأثيرها على البيئة

- **المراجع والمصادر resources and references:**

1. Babbitt, C. W. (2021). The role of design in circular economy solutions for critical materials. *One Earth*, 353-362.
2. Bakker, C. &. (2014). *Products that last:product design for circular business models.* TU Delft Library/Marcel den Hollander
3. *copperalliance.* (2021, May 26). Retrieved from https://copperalliance.org/resource/circular-copper-building-a-culture-of-sustainability/: https://copperalliance.org/resource/circular-copper-building-a-culture-of-sustainability/
4. D., Espinoza, L.A., Loibl, A., Pfaff, M., Tukker, A & ,.Voet, E.V Dong .(٢٠٢٠) . Scenarios for anthropogenic copper demand and supply in China: implications of a scrap import ban and a circular economy transition . *Conservation and Recycling*.
5. Den Hollander, M. C. (2017). Product design in a circular economy: Development of a typology of key concepts and terms. *Journal of Industrial Ecology*, 517-525.
6. Dong, D. E. (2020). Scenarios for anthropogenic copper demand and supply in China: implications of a scrap import ban and a circular economy transition. . Resources, Conservation and Rec.
7. ellenmacarthurfoundation. (n.d.). Retrieved from

https://ellenmacarthurfoundation.org/regenerate-nature: https://ellenmacarthurfoundation.org/regenerate-nature

8. Fukami, Y. (2021). Open and Clarified Process of Compatibility Standards for Promoting Data Exchange. The Review of Socionetwork Strategies, 535-555.
9. G.C. Nobre و ،E Tavares .(٢٠٢١) .The quest for a circular economy final definition .A scientific perspective. J. Clean. Prod .
10. Grosso, M. N. (2017). Circular economy, permanent materials and limitations to recycling: Where do we stand and what is the way forward? Waste Management and Research, 793-794.
11. Hagelüken, C. &. (2022). Recycling and circular economy—Towards a closed loop for metals in emerging clean technologies. Mineral Economics, 539-562.
12. Jean-Marc Moulin, H. (2022, mar 18). https://www.shapesbyhydro.com/en/material-science/. Retrieved from shapesbyhydro.com: https://www.shapesbyhydro.com/en/material-science/how-designers-using-permanent-materials-like-aluminium-contribute-to-the-circular-economy/
13. K.S., Vielmo, V.S., Moreno, B.G., Riveros, G., Cifuentes, G & ,.Bernardes, A.M. Barros . .(٢٠٢٢)Chemical Composition Data of the Main Stages of Copper Production from Sulfide Minerals in Chile: A Review to Assist Circular Economy Studies .Minerals.
14. M. C. Den Hollander .(٢٠١٨)) .Design for managing obsolescence: A design methodology for preserving product integrity in a circular economy .Doctoral dissertation, Delft University of Technology.(
15. Medkova, K. &. (2016). Circular design-design for circular economy. Lahti Cleantech Annual Review.
16. Mesa, J. A.-Q. (2022). Linking product design and durability. A review and research agenda. Heliyon.
17. Mulder, W. B. (2012). Design for maintenance: guidelines to enhance maintainability, reliability and supportability of industrial products.
18. Ong, R. (2022, April 15). https://zenbird.media. Retrieved from zenbird: https://zenbird.media/10rs-of-circular-economy-strategies-sustainable-businesses-use-to-make-products/
19. Petrova, V. (2021). Metals in the circular economy. SHS Web of Conferences BUSINESS AND REGIONAL DEVELOPMENT.
20. Symons, K. (2020). Retrieved from https://packagingforcircularity.org/: https://packagingforcircularity.org/
21. The time of Circular Economy has come. (2021, 12 8). Retrieved 6 2, 2023, from Amund Asset management: https://research-center.amundi.com/article/wheels-circular-economy-go-round-and-round-ndeg1-time-circular-economy-has-come
22. Abd Elaziz, H. (2023). Effect of Applying Circular Economy Concept on The Printed Apparel Industry. Journal of Design Sciences and Applied Arts, 4(2), 154-178.

٢٣. ا., احمد, & مطاوع البكل. (٢٠٢٣). الاقتصاد الدائرى بين النظرية والتطبيق دراسة حالة للاقتصاد المصري. مجلة الدراسات السياسية والاقتصادية، ١٦٠-١٩٤.

٢٤. براهيم عبد اللطيف عبد المطلب خوجلي. (٢٠٢١). دراسة مفاهيمية للإقتصاد الدائري ودوره في استدامة النظم البيئية. مجلة ريحان للنشر العلمى تصدر عن مركز فكر للدراسات والتطوير.

٢٥. زيد عائد & رواء ياسر مهدى مردان. (٢٠٢١). التكامل بين الانتاج الخالي من الفاقد وسلسلة القيمة المستدامه في ضوء التوجه نحوه الاقتصاد الدائري المستدام. مجلة دراسات محاسبية ومالية، ١٧٨-١٩٣.

٢٦. ولاء عز الدين زكى عفيفى أبو غنيمة. (٢٠١٧). تصميم المنتجات للعاطفة وتأثيره على سلوك المستهلك. رسالة دكتوراة غير منشورة-كلية الفنون التطبيقية-جامعة حلوان.