LIBYAN STEEL
الصلب الليبي

مجلة متخصصة تصدر عن الشركة الليبية للحديد والصلب
العدد الثاني عشر - يوليو 2026 م

الملتقى الوطني الأول لمعايير الجودة في صناعة الحديد والصلب

(نحو منتج وطني منافس ومستهلك امن)

تحسين الأداء الإنشائي لحديد التسليح طبقاً للمواصفة ISO 6935-2 B500DWR

تطبيقات الطاقة الشمسية
Solar PV applications

دور الخبث الرغوي في تحسين كفاءة أفران القوس الكهربائي

تقييم الجدوى الفنية والاقتصادية لاستخدام خامات حديد وادي الشاطئ الليبية في تقنية الاختزال المباشر

www.libyansteel.com

الصلب الليبي

مجلة متخصصة تصدر عن الشركة الليبية للحديد والصلب

المحتويات

الافتتاحية	
أخبار الصلب الليبية	2
دور الخبث الرغوي في تحسين كفاءة أفران القوس الكهربائي	11
تحسين الأداء الإنشائي لحديد التسليح طبقًا للمواصفة ISO 6935-2 B500DWR	12
تقييم الجدوى الفنية والاقتصادية لاستخدام خامات حديد وادي الشاطئ	16
الصلب والمواد الخام	19
أهم مناجم الحديد في الوطن العربي	21
دراسة تحليلية لأسباب التلف السريع للمصفيات في منظومة شفط الغبار	22
تطبيقات الطاقة الشمسية	24
ثورة في عالم ألواح الطاقة الشمسية	27
الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة	29
مركز الرصد البيئي	32
الوسائل مقابل الغايات التحول من عقلية التنفيذ إلى عقلية القيمة	33
أثر تكنولوجيا المعلومات والاتصال (ICT) على إدارة الوقت	34
التدريب في اماكن العمل	36

الشركة الليبية للحديد والصلب

www.facebook.com

www. x.com

www.youtube.com

www.linkedin.com

مصراتة
00218 51 2613713

طرابلس
00218 21 3502483

مجلة الصلب الليبي
العدد الثاني عشر

هيئة التحرير

م. محمد جمعة أبوحصان

م. عبدالله محمد بلتو

م. سالم مصباح الكيلاني

م. سالمين الهمالي الهني

م. سراج محمد التريكي

تنسيق وإخراج

حمزة علي ابوشناف

دعوة للمشاركة

السادة الأفاضل : تدعوكم هيئة التحرير للمساهمة في إصدار هذه المجلة سواء من خلال ترجمة مقالات علمية أو ملخصات لبحوث أو رسائل علمية أو دراسات فنية أو أخبار أو تحقيقات صحفية لها علاقة بصناعة الحديد والصلب

magazine@libyansteel.com

الافتتاحية

تخطو الشركة الليبية للحديد والصلب اليوم خطوات واثقة ومنهجية نحو فجر جديد في تطوير صناعة الصلب الليبية، مدركةً أن ريادة الصناعات الثقيلة في القرن الواحد والعشرين لم تعد تقاس بحجم الإنتاج فحسب، بل بمدى قدرتها على التناغم مع المعايير البيئية العالمية. وفي هذا السياق، لم تعد الطاقة الشمسية بالنسبة لنا مجرد خيار بديل أو حلٍ تكميلي، بل تحولت إلى ركيزة أساسية ومنطلق استراتيجي في رؤيتنا الطموحة لتطوير هذه الصناعة، والتي تمثل مستقبل المنافسة في الأسواق الدولية.

إننا نمتلك في ليبيا ثروة لا تنضب تتمثل في أعلى معدلات السطوع الشمسي عالمياً، وهذا يمنحنا فرصة ذهبية لا لتعويض العجز في مصادر الطاقة التقليدية فحسب، بل لابتكار نموذج صناعي يعتمد على الطاقة النظيفة لتقليل البصمة الكربونية. إن استثمار هذه الطاقة يصب مباشرة في مصلحة الكفاءة الإنتاجية، حيث يساهم في خفض التكاليف التشغيلية على المدى الطويل، ويضمن استمرارية سلاسل التوريد بعيداً عن تقلبات أسواق الوقود التقليدي.

وتتطلع شراكاتنا المتنامية مع المؤسسات الوطنية العريقة، مثل الشركة العامة للكهرباء، والمنظمات الدولية الرائدة في مجال الطاقة المتجددة، إلى تجاوز مجرد إنشاء محطات طاقة شمسية لتغطية احتياجات مجمعاتنا الصناعية؛ بل نسعى من خلالها إلى المساهمة الفاعلة في تخفيف العبء عن الشبكة العامة للكهرباء، وتحمل مسؤوليتنا الوطنية في استقرار إمدادات الطاقة في كافة ربوع البلاد.

ونؤكد التزامنا الراسخ بأن تظل هذه القلعة الصناعية نموذجاً يحتذى به في الموازنة الدقيقة بين دفع عجلة النمو الاقتصادي والحفاظ على الأمان البيئي للأجيال القادمة. إن التحول نحو الطاقة النظيفة هو عهدٌ قطعناه على أنفسنا لتعزيز الصناعة بجودة عالمية وبصمة صديقة للبيئة، لتظل الشركة الليبية للحديد والصلب دائماً في طليعة المؤسسات التي تقود التحول الصناعي في بلادنا

الملتقى الوطني الأول لمعايير الجودة في صناعة الحديد والصلب
(نحو منتج وطني منافس ومستهلك آمن)

بحضور السيد د. محمد الفقيه رئيس مجلس الإدارة وفي خطوة استراتيجية تهدف إلى مواءمة الصناعات الثقيلة مع المعايير الدولية، نظمت منظمة الرقيب الليبية لحماية المستهلك يوم الثلاثاء 27 يناير 2026 م بفندق المهاري في العاصمة طرابلس فعاليات (الملتقى الوطني الأول لمعايير الجودة في صناعة الحديد والصلب) شهد الملتقى حضوراً أكاديمياً وتقنياً واسعاً من أعضاء هيئة التدريس بالجامعات الليبية وخبراء الصناعة والجهات الرقابية، لبحث سبل تعزيز القدرة التنافسية للمنتج المحلي وتطوير الأطر التشغيلية بما يضمن أعلى مستويات الجودة والسلامة والاستدامة.

ركز الملتقى على أهمية حماية المستهلك من خلال التوعية بأهمية اختيار حديد التسليح ذو الجودة العالية لحماية المباني والعقارات من التصدعات والانهيار والتقليل من تكاليف الصيانة، بالإضافة إلى حماية الأرواح والممتلكات

الأهداف الاستراتيجية والبحثية

ركزت أجندة الملتقى على صياغة خارطة طريق تقنية تعتمد على عدة ركائز أساسية:

- التكامل الاقتصادي والرقابي: الربط البنيوي بين معايير الجودة والسلامة المهنية وبين الجدوى الاقتصادية، مع تحليل مخاطر المنتجات غير المطابقة للمواصفات القياسية وتأثيراتها السلبية على البنية التحتية والاقتصاد الكلي.
- العولمة والمعايير الدولية: بحث متطلبات النفاذ إلى الأسواق العالمية، لاسيما مواءمة المنتج الوطني مع اشتراطات السوق الأوروبية (EU Standards) لرفع معدلات التصدير.
- التحول الرقمي والابتكار: مناقشة آليات دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) والأنظمة الذكية في عمليات الفحص والاختبارات المتقدمة لضبط الجودة.
- الاستدامة وسلاسل الإمداد: طرح رؤية علمية شاملة تغطي إدارة سلاسل الإمداد، والحد من الأثر البيئي للصناعة، وتطوير التشريعات القانونية المنظمة للقطاع.

المحاور العلمية للملتقى

توزعت أوراق العمل والمناقشات العلمية على أربعة محاور تقنية رئيسية:

المحور الأول : الأسس العلمية والاقتصادية المحددة لجودة منتجات الحديد والصلب.

المحور الثاني : توظيف التقنيات الحديثة ومنهجيات الضبط الإحصائي للجودة.

المحور الثالث : الأطر الإدارية، التشريعات المنظمة، ومعايير الاستدامة البيئية.

المحور الرابع : استشراف التحديات المستقبلية ووضع الحلول المبتكرة لمواجهتها.

يعد هذا الملتقى حجر زاوية في مساعي توطين المعرفة التقنية في قطاع الصناعات المعدنية، حيث يسعى إلى بناء ثقة مؤسسية في المنتج الوطني، وحماية المستهلك عبر ممارسات صناعية منضبطة تفتح آفاقاً جديدة للمنافسة في الأسواق الدولية.

المؤتمر العلمي الثاني للتعدين

تحت شعار (التنمية المستدامة وتنويع مصادر الدخل)

كلية الهندسة – جامعة طرابلس

تحت شعار "التنمية المستدامة وتنويع مصادر الدخل"، عُقد يوم الأربعاء 03 ديسمبر 2025م بمدرجات كلية الهندسة بجامعة طرابلس، فعاليات المؤتمر العلمي الثاني للتعدين والمعرض المصاحب له. ويأتي هذا الحدث العلمي البارز برعاية رسمية من الشركة، وسط حضور رفيع المستوى لنخبة من الخبراء، الأكاديميين، والمتخصصين في مجالات هندسة التعدين والعلوم الجيولوجية.

وفي كلمة اكد السيد د. محمد عبدالملك الفقيه، رئيس مجلس إدارة الشركة، على القيمة الاستراتيجية لقطاع التعدين، واصفاً إياه بأنه "الركيزة الأساسية والبديل الأمثل لتنويع مصادر الدخل الوطني".

وسلط د. محمد الفقيه الضوء على الجهود الحثيثة التي تبذلها الشركة للاستثمار في خامات حديد وادي الشاطئ، مؤكداً أنها تمثل مورداً استراتيجياً تعول عليه الدولة الليبية في نهضتها الصناعية المقبلة. كما أشار إلى أن رعاية الشركة لهذا المؤتمر تنبع من إيمانها العميق بمسؤوليتها المجتمعية، ودورها في دعم الحاضنات العلمية التي تساهم في تطوير وتوطين تكنولوجيا الصناعات التعدينية.

ولم تقتصر مساهمة الشركة على الرعاية التنظيمية فحسب، بل سجلت حضوراً علمياً قوياً من خلال تقديم محاضرات وأوراق بحثية متخصصة تناولت الجوانب الفنية والتقنية لخامات الحديد، :

وكانت مشاركة الشركة في المجال البحثي بورقة علمية قدمها م. عبداللّه بلتو (مدير إدارة البحث والتطوير)، استعرض فيها الإمكانات الجيولوجية والتقنية لتطوير خامات وادي الشاطئ.

وفي مجال الجودة كانت مساهمة الشركة بورقة مقدمة من قبل م. وفاء ضفارة (من إدارة الجودة)، والتي ركزت على المعايير القياسية وضمان جودة الخامات المستخرجة بما يتماشى مع المتطلبات العالمية.

المعرض المصاحب:

وعلى هامش المؤتمر، شهد المعرض المصاحب تفاعلاً كبيراً، حيث استعرضت الجهات المشاركة أحدث التقنيات والمشاريع التي تهدف إلى النهوض بهذا القطاع الحيوي، وسط تأكيد من المشاركين على ضرورة تقليل الفجوة بين البحوث الأكاديمية والتطبيقات الصناعية

أخبار الحديد و الصلب المحلية

الشركة والمؤسسة الوطنية للنفط تبحثان تأمين إمدادات الغاز وتوطين صناعة الأنابيب

بحثت الشركة الليبية للحديد والصلب مع المؤسسة الوطنية للنفط في اجتماع موسع بالعاصمة طرابلس، سبل تعزيز التعاون في مجالات الغاز والطاقة وتوطين الصناعات النفطية. وشهد الاجتماع، الذي ترأسه د. محمد عبد الملك الفقيه وم. مسعود سليمان موسى، الاتفاق على تشكيل لجنة مشتركة لإنشاء مصنع للأنابيب يلبي احتياجات قطاع النفط والغاز محلياً،

كما ناقش الجانبان العجز الحالي في الطاقة وخطط تأمين إمدادات الغاز التي ستتضاعف مستقبلاً من 85 إلى 205 ملايين قدم مكعب لتشغيل وحدة الاختزال الرابعة، مع استعراض توجه الشركة نحو الطاقة البديلة من خلال مشروع محطة الطاقة الشمسية بقدرة 25 ميجاوات، والتشديد على دور الدولة في تحفيز الاستثمار في منظومات الطاقة المستدامة.

الشركة و مركز الصناعة الخضراء يوقعان اتفاقية لتعزيز الاستدامة وخفض الانبعاثات

وقعت الشركة الليبية للحديد والصلب اتفاقية تعاون استراتيجية مع مركز الصناعة الخضراء، تهدف إلى ريادة التحول نحو الاقتصاد المستدام في ليبيا. وقع الاتفاقية رئيس مجلس إدارة الشركة، الدكتور محمد عبدالملك الفقيه، والمدير العام للمركز، الدكتور مصطفى العائب، لتمثل خطوة عملية في إدارة الطاقة وقياس البصمة الكربونية للمنشآت الصناعية.

وتقضي الاتفاقية بتنفيذ مشاريع للطاقة المستدامة وبناء القدرات البشرية المتخصصة، بما يضمن مواءمة الأداء الصناعي مع المعايير الدولية للبيئة. وتأتي هذه الخطوة ضمن رؤية الشركة الاستراتيجية لتقليل الأثر البيئي وتعزيز البصمة الخضراء في القطاع الصناعي الوطني، مما يعزز من تنافسية المنتج الليبي عالمياً في ظل التوجهات الدولية نحو "الصلب الأخضر".

التمويل والتأمين ركيزتان للملتقى السنوي الثاني لاتحاد الصناعة الليبية

شهد مقر مركز البحوث الصناعية انطلاق الملتقى السنوي الثاني لاتحاد الصناعة الليبية، بمشاركة واسعة من ممثلي مجلسي النواب والدولة ومسؤولي المؤسسات الحكومية والخبراء. تركزت مناقشات الملتقى على آليات التمويل الصناعي، حيث استعرضت بعض المصارف الفرص التمويلية المتاحة لدعم المشاريع المحلية وجذب الاستثمارات الخارجية وكذلك شركات التأمين استعرضت نشاطاتها في هذا المجال، وقد عكس الملتقى رؤية الاتحاد في خلق منصة متكاملة تجمع المصارف وشركات التأمين والمستثمرين، لإيجاد حلول عملية لتحديات التمويل وضمان نمو القطاع الصناعي الليبي وحمايته

أخبار الصلب العربية و العالمية

مجلس إدارة اتحاد الحديد والصلب يعتمد خطة توسيع الشراكات العالمية

اقرّ مجلس إدارة "الاتحاد العربي للحديد والصلب"، خلال اجتماعه بالجزائر في يناير 2026 برئاسة المهندس أحمد عز، خطة لتعزيز التعاون مع الوزارات والمنظمات الإقليمية والدولية المعنية بصناعة الصلب مثل منظمة الصلب العالمية world steel ومنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD) ، والجمعية الأوروبية لصناعة الحديد والصلب(EUROFER) ، والمعهد الأمريكي للحديد والصلب (AISI)، وجمعية منتجي الصلب التركية(TCUD) ، وجمعية الحديد والصلب الصينية (CISA) تهدف الخطة إلى حماية مصالح الصناعة العربية في ملفات الإغراق والضرائب الكربونية، عبر تفعيل تبادل البيانات بما يدعم اتخاذ سياسات حكومية عربية فعالة.

تدابير وقائية واستراتيجية النهوض بالصناعة المصرية

تبنّت مصر إجراءات وقائية عاجلة لدعم الصناعة الوطنية وتقليل فاتورة الاستيراد، تضمنت فرض رسوم وقائية مؤقتة بنسبة 13.6% على واردات "البليت" والصلب المدرفل، لمواجهة تزايد الواردات في ظل انخفاض الطلب العالمي. وتأتي هذه الخطوات ضمن رؤية وطنية للفترة 2025-2030 تستهدف تعزيز التصنيع المحلي وتوفير البدائل المستوردة، مع طموح للوصول بحجم الصادرات إلى 145 مليار دولار. ومن شأن هذه الاستراتيجية تخفيف الضغط على النقد الأجنبي والحفاظ على قيمة الجنيه المصري، من خلال تلبية احتياجات قطاعات المواسير، والسيارات، والسلع المعمرة محلياً.

رسوم تعويضية على صادرات حديد التسليح المصري للسوق الأمريكية

قررت وزارة التجارة الأمريكية فرض رسوم تعويضية مبدئية بنسبة 29.51%على واردات حديد التسليح المصري اعتباراً من يناير 2026، أكد وزير الاستثمار المصري حسن الخطيب خلال منتدى "دافوس" أن مصر لا تزال تمتلك فرصة واعدة، نظراً لأن التعريفات الجمركية المفروضة عليها تعد الأقل عالمياً بنسبة 10%، مما يحول الضغوط الحالية إلى ميزة نسبية تجذب الاستثمارات الأجنبية لتوطين الصناعة.

أنابيب الشرق السعودية تسعى لمضاعفة طاقتها الإنتاجية

وافقت شركة "أنابيب الشرق المتكاملة للصناعة "على إنشاء خط جديد لتغليف أنابيب الصلب بالمدينة الصناعية الثانية بالدمام، بتكلفة تقارب 78.5مليون ريال. يهدف المشروع إلى مضاعفة الطاقة الإنتاجية السنوية للمصنع من 4 ملايين إلى 8 ملايين متر مربع، تلبيةً للطلب المتزايد وتعزيزاً لمكانة الشركة التنافسية. ومن المقرر بدء الإنشاء في فبراير 2026، على أن ينطلق الإنتاج التجاري خلال الربع الأول من السنة المالية 2027 – 2028

انضمام أعضاء جدد للاتحاد العربي للحديد والصلب

وافق مجلس إدارة الاتحاد العربي للحديد والصلب، خلال اجتماعه بالجزائر في يناير 2026، على ضم شركتين جديدين لعضوية الاتحاد:

شركة ماس العراق: تأسست عام 2011 برأسمال 1.3 مليار دولار، وتنتج سنوياً 250 ألف طن من البليت وحديد التسليح، ويعمل بها 620 موظفاً.

شركة صلب ستيل السعودية: تأسست عام 2008 برأسمال ملياري دولار، وتصل طاقتها الإنتاجية إلى أكثر من مليون طن سنوياً من حديد التسليح ولفات الأسلاك، لخدمة السوقين المحلي والإقليمي.

تأتي هذه الخطوة لتعزيز التعاون العربي المشترك في صناعة الصلب ورفع القدرة التنافسية للمصنعين العرب في الأسواق العالمية.

أخبار الصلب العربية و العالمية

اتحاد الصلب العربي" يطلق إدارة للبحوث الاقتصادية لدعم التنافسية ومواجهة التحديات العالمية

أقرّ مجلس إدارة الاتحاد العربي للحديد والصلب، إنشاء إدارة جديدة للدراسات الاقتصادية وبحوث السوق، تهدف إلى تمكين الأعضاء من اتخاذ قرارات مستنيرة عبر توفير قاعدة بيانات وتحليلات موثوقة. ستتولى الإدارة إصدار تقارير أسبوعية وفصلية متخصصة تشمل مراقبة أسواق البليت وحديد التسليح والمسطحات، بالإضافة إلى رصد السياسات الحمائية وملفات الإغراق والضرائب الدولية.

كما تعتزم الإدارة الجديدة إطلاق "مؤشر لأسعار الصلب العربي" ومقارنته بالأسواق العالمية الكبرى مثل الصين وأمريكا وأوروبا، مع التركيز على إعداد تقارير المقارنة المعيارية وتوقعات الطلب والإنتاج. وتلعب هذه الإدارة دوراً محورياً في مساعدة الشركات العربية على التكيف مع المتغيرات الدولية، مثل آلية تعديل حدود الكربون (CBAM) الأوروبية، بما يضمن تعزيز مكانة المنتج العربي في الأسواق الإقليمية والدولية.

تحالف استرالي لإنتاج 200 مليون طن من خام الحديد

اتفقت عملاقتا التعدين (ريو تينتو) و (BHP) على دراسة تطوير مشترك لاستخراج 200مليون طن من خام الحديد في منطقة "بيلبارا" الأسترالية. وبموجب مذكرتي تفاهم، ستقيّم الشركتان فرص التعدين المشترك لرواسب "وونباي" و"ياندي"، مع الاستفادة من محطات المعالجة الحالية لتعزيز الكفاءة التشغيلية والوصول إلى كميات من الخام كانت غير متاحة سابقاً.

جندال ستيل" عُمان تطلق مصنعاً للصلب الأخضر

أكد هارشا شيتي، الرئيس التنفيذي لشركة "جندال ستيل" عُمان، أن الطلب على الصلب في الشرق الأوسط لا يزال قوياً للغاية، معلناً عن خطة طموحة لإنشاء مصنع جديد في منطقة الدقم بطاقة إنتاجية 5 ملايين طن مخصص لإنتاج الصلب منخفض الانبعاثات الكربونية.

وأوضح شيتي أن الشركة طرحت منتجات مبتكرة لقطاع البناء، أبرزها منتج (S600) عالي القوة الذي يقلل استهلاك الفولاذ، ومنتج (Jindal CRS) المقاوم للتآكل والمصمم خصيصاً لمواجهة الظروف البيئية القاسية في المناطق الساحلية لدول الخليج. وتأتي هذه الخطوات لتعزيز الاستدامة وتلبية احتياجات البنية التحتية الضخمة في المنطقة عبر حلول فولاذية ذات بصمة كربونية منخفضة.

عزيزي للصناعات تطلق مشروع مصنع حديد التسليح بطاقة 600 ألف طن في (كيزاد)

أعلنت ذراع الصناعات التابع لشركة "عزيزي للتطوير العقاري" عن خطوة استراتيجية كبرى لتعزيز استقلاليتها في سلاسل التوريد عن أبرام عقداً تقنياً رئيسياً مع شركة بوميني الإيطالية، وبإشراف استشاري من شركة دستور العالمية، لإنشاء مصنع متطور لدرفلة حديد التسليح في منطقة "كيزاد" بأبوظبي بطاقة إنتاجية تصل إلى 600 ألف طن سنوياً ، من قضبان التسليح عالية المقاومة (أقطار من 8 مم إلى 50 مم) ولفات حديد، جميعها معالجة حرارياً وفق المواصفات العالمية (BS 4449) ، يعتمد المصنع على خطوط درفلة عالية السرعة لضمان دقة الأبعاد وكفاءة الإنتاج.

يهدف هذا المشروع الاستراتيجي، الذي يندرج ضمن استثمارات ضخمة بقيمة ملياري درهم لتطوير 12 مصنعاً متنوعاً، إلى توطين إنتاج مدخلات البناء الحيوية وضمان استقرار سلاسل التوريد لمشاريع الشركة العمرانية الكبرى، مع الالتزام بأعلى معايير الجودة العالمية في إنتاج قضبان التسليح عالية المقاومة.

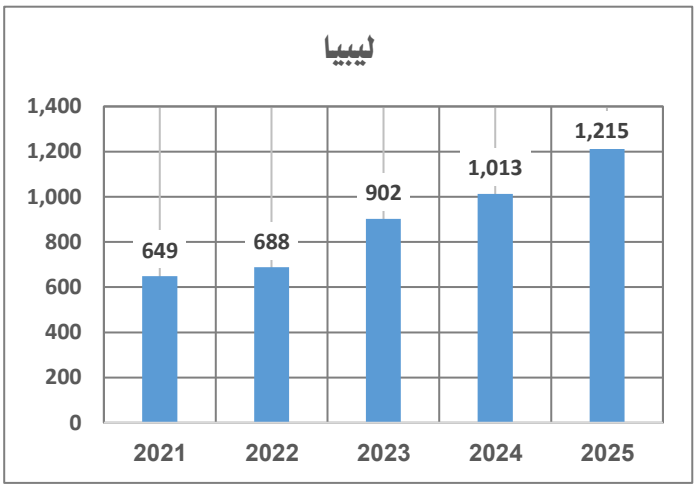
انتاج الشركة الليبية للحديد والصلب

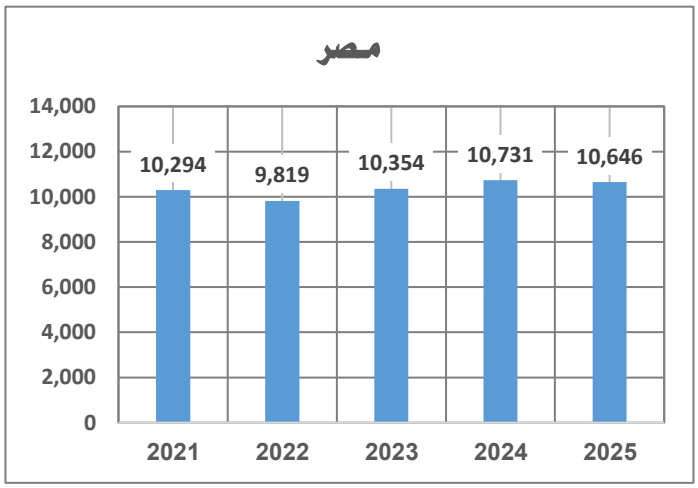
مبيعات الشركة الليبية للحديد والصلب

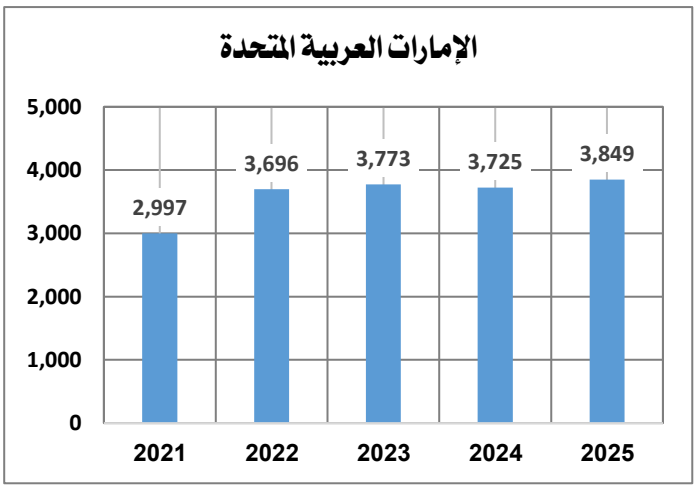
إنتاج الدول العربية للصلب

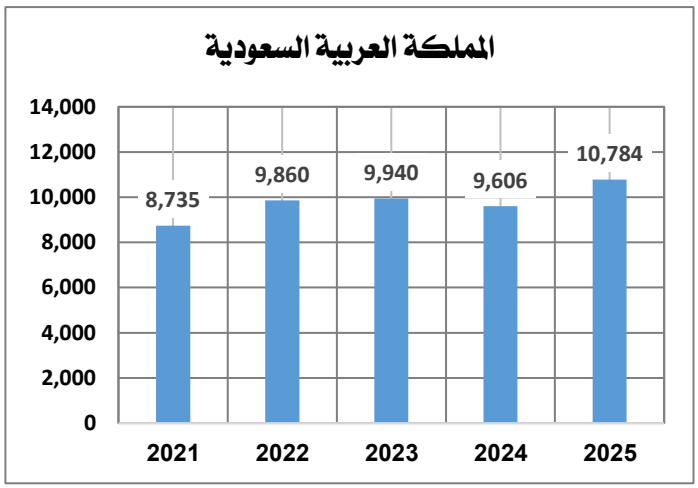
للسنوات (2021 - 2025 م)

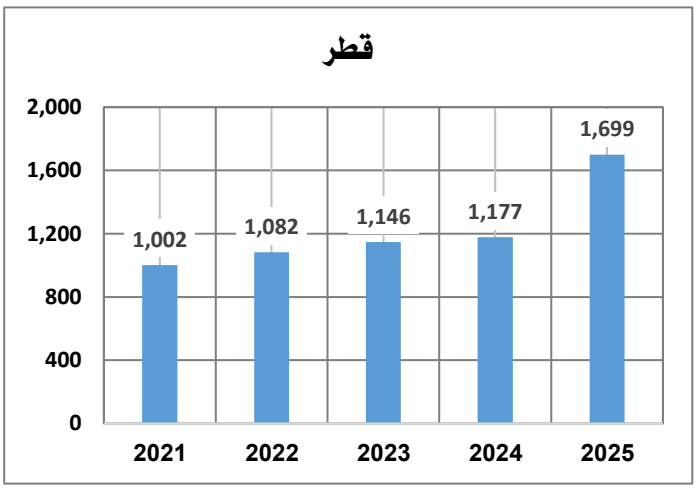
(ألف طن/سنة)

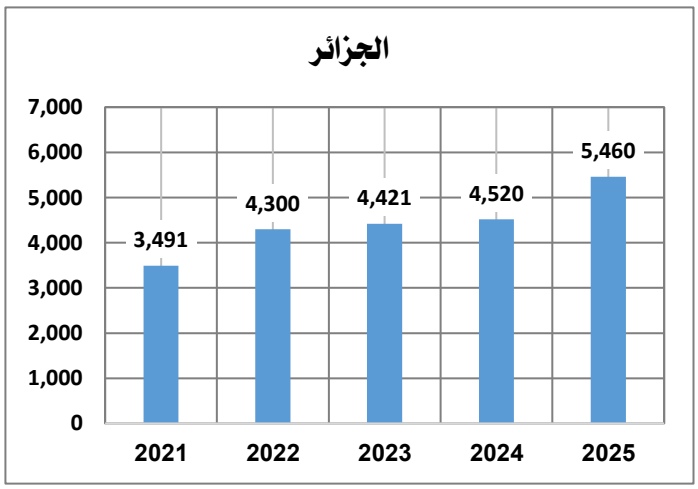










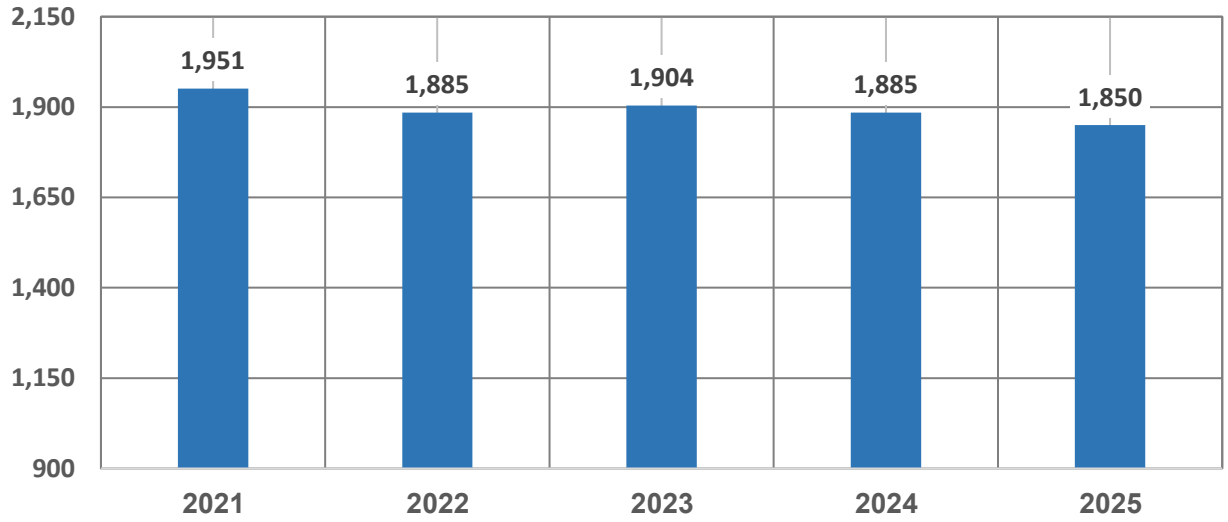


الإنتاج العالمي من الصلب

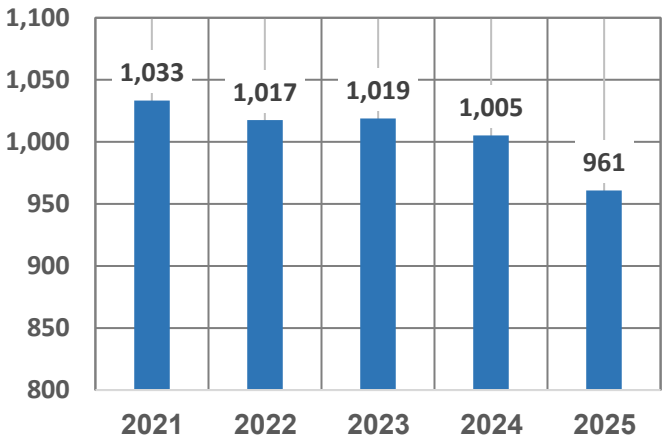
للسنوات (2021 = 2025 م)

(مليون طن/سنة)

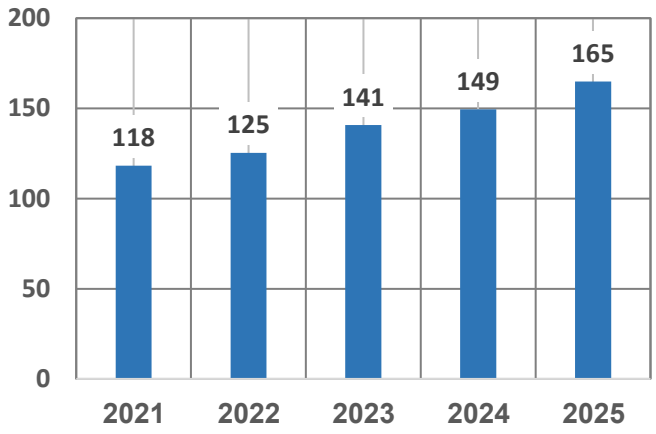
العالم



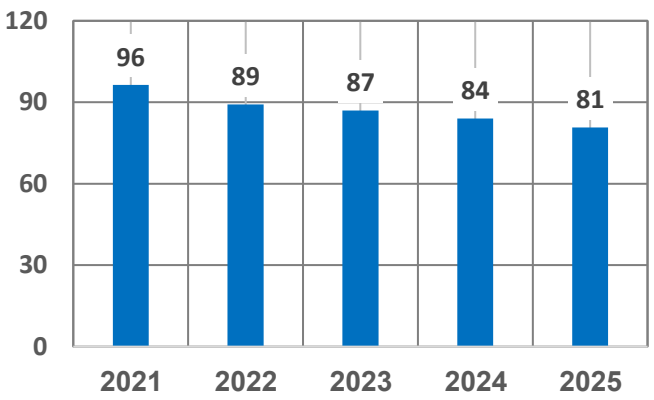
الصين



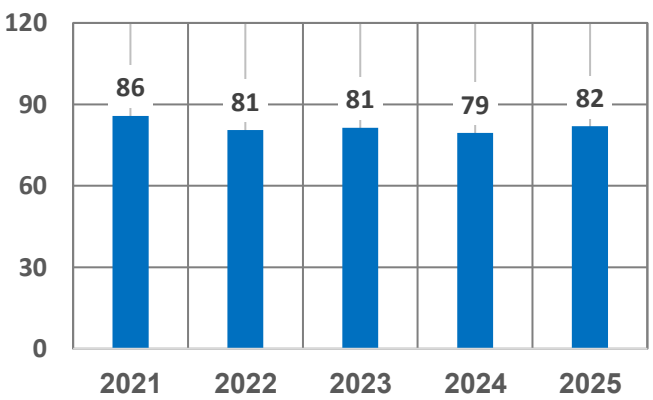
الهند



اليابان



امريكا



دور الخبث الرغوي في تحسين كفاءة أفران القوس الكهربائي

م. مصطفى أحمد النعيري
إدارة التشغيل – مصنع الصلب (1)

مقدمة:

تعد أفران القوس الكهربائي من أهم التقنيات المستخدمة في صناعة الحديد والصلب الحديثة، حيث تعتمد على الطاقة الكهربائية لصهر الخردة والحديد المختزل المباشر. ومع ارتفاع تكاليف الطاقة وازدياد الاهتمام بالمعايير البيئية، أصبح من الضروري البحث عن طرق تشغيلية تساعد على تحسين كفاءة الأفران وتقليل استهلاك الطاقة.

ومن أهم هذه الطرق التحكم في تكوين الخبث الرغوي (Foamy Slag) الذي يلعب دورًا رئيسيًا في تحسين كفاءة الصهر داخل الفرن.

ما هو الخبث الرغوي: -

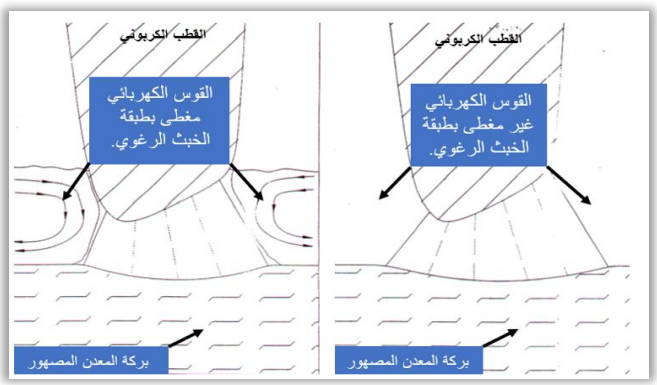
الخبث الرغوي هو طبقة من الخبث تتكون فوق سطح المعدن المنصهر نتيجة تفاعل الكربون مع الأكسجين داخل فرن القوس الكهربائي. وينتج عن هذا التفاعل غاز أول أكسيد الكربون الذي يسبب تكوين رغوة داخل طبقة الخبث.

تعمل هذه الطبقة على تغطية القوس الكهربائي وتقليل فقدان الحرارة، مما يساعد على تحسين كفاءة انتقال الطاقة إلى المعدن.

فوائد الخبث الرغوي داخل الفرن: -

- **تقليل استهلاك الطاقة:**

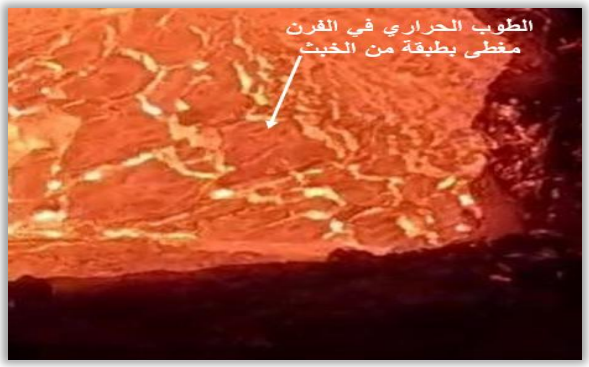
تعمل طبقة الخبث الرغوي كعازل حراري يمنع فقدان الحرارة بالإشعاع، مما يؤدي إلى تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية لكل طن من الصلب المنتج.



القوس الكهربائي مغطى بطبقة الخبث الرغوي.

- **حماية جدران الفرن:**

يساهم الخبث الرغوي في حماية الألواح المبردة بالماء والبطانة الحرارية للفرن من التعرض المباشر للقوس الكهربائي، مما يقلل من التآكل ويزيد العمر التشغيلي للفرن.



الطوب الحراري داخل فرن القوس الكهربائي مغطى بطبقة من الخبث

- **تقليل استهلاك الأقطاب الكربونية:**

يساعد استقرار القوس الكهربائي داخل طبقة الخبث الرغوي على تقليل تآكل الأقطاب الكربونية، مما يؤدي إلى تقليل تكاليف التشغيل.

الأقطاب الكربونية داخل فرن القوس الكهربائي بصنع الصلب (1) بالشركة الليبية للحديد والصلب.

العوامل المؤثرة في تكوين الخبث الرغوي: -

- كمية الكربون المحقون داخل الفرن.
- كمية الأكسجين المستخدمة في التفاعل.
- التركيب الكيميائي للخبث.
- درجة حرارة الفرن.

الخلاصة: يعد الخبث الرغوي أحد العوامل الأساسية لتحسين كفاءة تشغيل أفران القوس الكهربائي، حيث يساهم في تقليل استهلاك الطاقة، وحماية جدران الفرن، وتقليل استهلاك الأقطاب الكربونية. لذلك فإن التحكم الجيد في تكوين هذه الطبقة داخل الفرن يعد من أهم الممارسات التشغيلية التي تساعد مصانع الصلب على تحقيق كفاءة إنتاجية أعلى وتقليل التكاليف التشغيلية.

تحسين الأداء الإنشائي لحديد التسليح طبقًا للمواصفة ISO 6935-2 B500DWR

م. رواد مختار البكوش
م. محمد مبروك السريتي
إدارة مراقبة الجودة

1. مقدمة

يعد حديد التسليح العمود الفقري للمنشآت الخرسانية، حيث تعتمد سلامة الهياكل الإنشائية و استدامتها بشكل مباشر على الخصائص الميكانيكية والميتالورجية للقضبان المستخدمة، ومع تطور الأكواد الهندسية العالمية وزيادة التحديات الإنشائية وخاصة في مقاومة الزلازل والأحمال الديناميكية، ظهرت حاجة ملحة للانتقال من المواصفات التقليدية إلى مواصفات أكثر صرامة تضمن "المطيلية العالية" وقابلية اللحام الفائقة.

نستعرض في هذا الدراسة سبل رفع كفاءة إنتاج حديد التسليح عالي المطيليّة (ISO 6935-2 B500DWR) عبر موازنة التركيب الكيميائي مع البنية البلورية باستخدام تقنية Quenching & Tempering Bars (QTB) وتهدف الدراسة إلى تعزيز القدرة الإنشائية للمباني لمقاومة الزلازل والأحمال الديناميكية من خلال معالجة حرارية دقيقة تمنح القضبان صلادة خارجية ومرونة داخلية، بما يضمن التوافق مع المعايير الدولية، ويعكس هذا التوجه استراتيجية في تقديم حلول هندسية متطورة تضمن أعلى مستويات الأمان الإنشائي.

2. أهداف الدراسة:

الوصول لأعلى كفاءة ميكانيكية باستخدام المواصفة ISO 6935- 2 B500DWR والتي تتمثل في:

1. تحقيق التوازن المثالي بين المقاومة والمطيلية.
2. ضمان قابلية اللحام.
3. مقاومة الأحمال الديناميكية.
4. التوافق مع متطلبات التصدير والأسواق العالمية.
5. كفاءة التصميم وتقليل الهالك.

3. مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في الفجوة التقنية والميتالورجية الناتجة عن الانتقال من إنتاج حديد التسليح بمواصفات إقليمية متوسطة المطيلية إلى المعيار الدولي عالي المطيلية ISO 6935-2 B500DWR تتلخص هذه المشكلة في التحدي المزدوج المتمثل في:

1.التحكم الكيميائي والميتالورجي.

2.دقة تقنية الـ QTB: .

أي انحراف في هذه البارامترات قد يؤدي إما إلى فشل في اختبارات الثني (بسبب زيادة صلادة القشرة) أو انخفاض في قوة الخضوع (بسبب ضعف التبريد)، مما يجعل من دراسة إمكانية التطبيق العملي لهذه المواصفة داخل خطوط إنتاج الشركة ضرورة حتمية لضمان الأداء الإنشائي المستهدف.

4. مواصفات حديد التسليح

الجدول التالي يوضح بعض أكثر المواصفات شيوعا في العالم وأهمها والتي يتم العمل بها داخل الشركة ومقارنتها مع المواصفة المستهدفة.

المواصفة	إجهاد الخضوع (YP) N/mm2	قوة الشد (TS) N/mm2 كحد أدنى	الاستطالة (El%) (5d)	قوة الشد /إجهاد الخضوع	الاستطالة عند أقصى حمل %Agt كحد أدنى	قابلية اللحام W
BS4449 B500B	650-500	540	حد أدنى 14	حد أدنى 1.08	5.50	قابل للحام
DIN 488 B500B	650-500	540	حد أدنى 14	حد أدنى 1.08	5.00	قابل للحام
ASTM A615 G40 G60	حد أدنى 280 حد أدنى 420	420 550	حد أدنى 12 حد أدنى 9 (200mm)	حد أدنى 1.10	غير محدد	أقل قابلية للحام
LNS 75 G50	650-500	540	حد أدنى 12 (200mm)	غير محدد	غير محدد	أقل قابلية للحام
ISO 6935-2 B500DWR	650-500	625	17-13	1.45-1.25	8.00	قابل للحام

5. المواصفة المستهدفة ISO 6935-2 B500DWR

نبين في هذا الجزء تحليل رموز هذه المواصفة:

ISO6935 = هي مواصفة دولية صادرة عن المنظمة الدولية للقياسات

2 = تعني قضبان التسليح المشرشرة المستخدمة في الخرسانة

B = قضبان

500 = الحد الأدنى لإجهاد الخضوع N/mm2

D = درجة الممطولية

W = قابلية اللحام

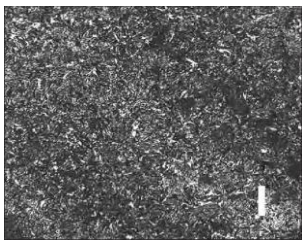
R = نتوء

6. التركيب الكيميائي للمواصفة

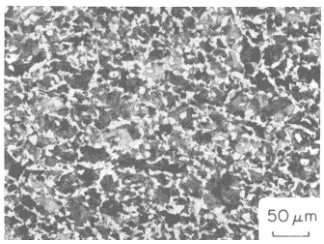
يختلف تركيب العناصر الكيميائية في هذه المواصفة عن غيرها من المواصفات و فيما يلي توضيح لكمية و نسب أهم هذه العناصر: الكربون (C) 0.28-0.32 ، السيلكون (Si) 0.15-0.30 ، المنجنيز (Mn) 0.85-1.45 ، الفسفور (P) 0.050 حد أقصى ، الكبريت (S) 0.050 حد أقصى ، النيكل (Ni) 0.012 حد أقصى

7. البنية البلورية

Martensite



Ferrite & Pearlite



8. الاختبارات الميكانيكية طبقا للمواصفة ISO 6935-2 B500DWR

أ. اختبار الشد

هو اختبار تدميري يتم فيه تعريض عينة من حديد التسليح لحمل شد محوري متزايد تدريجياً حتى حدوث الكسر، الهدف منه هو رسم منحنى الإجهاد والانفعال وتحديد نقاط القوة والمطيلية.

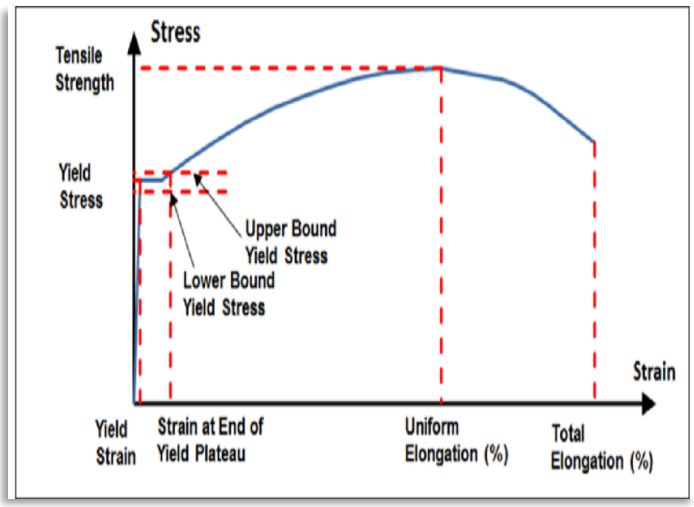
أهم خصائص اختبار الشد:

1. إجهاد الخضوع (YS) ، 2. قوة الشد القصوى (TS) ، 3. نسبة الاستطالة عند الكسر (EL) ، 4. نسبة قوة الشد على إجهاد الخضوع (RATIO) ، 5. نسبة الاستطالة عند أقصى حمل (Agt)

منحنى الإجهاد والانفعال

يصف هذا المنحنى سلوك المعدن وتغير شكله تحت تأثير القوى الخارجية وينقسم إلى ثلاث أقسام :

1. المنطقة المرنة: يعود السيخ إلى شكله عند إزالة الحمل
2. المنطقة اللدنة: يحدث تشوه دائم في السيخ ولا يعود لشكله الأصلي
3. منطقة الانهيار: حيث يصل فيها المعدن إلى أقصى إجهاد ثم مرحلة الرقبة وصولا إلى الكسر

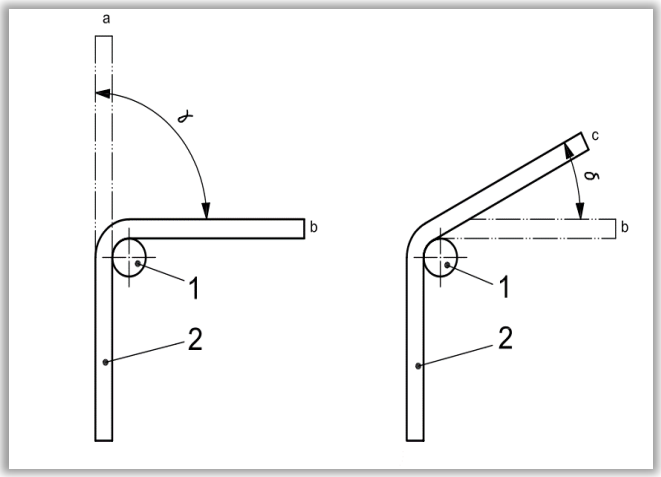


4. اختبار الثني:

هو اختبار ميكانيكي "تدميري" يهدف إلى تقييم المطيلية وقدرة سيخ الحديد على تحمل التشكيل البارد دون حدوث أي تصدعات أو كسور.

اختبار إعادة الثني:

هو اختبار صُمم لمحاكاة التأثيرات الناتجة عن تشكيل حديد التسليح في الموقع ثم تعرضه لعمليات إجهاد أو تقادم زمني الهدف منه هو التأكد من أن الحديد لن ينكسر أو يتشقق إذا ما تم تعديل استقامته أو ثنيه في الاتجاه المعاكس بعد فترة من الزمن.



9. مقارنة بين المواصفة المستهدفة وإحدى المواصفات ذات الدرجة المتوسطة من ناحية الخصائص الميكانيكية

الخاصية	BS4449 B500B	ISO 6935-2 B500DWR
إجهاد الخضوع	500 N/mm2	500 N/mm2
نسبة قوة الشد على إجهاد الخضوع	1.08 كحد أدنى	1.25 كحد أدنى
الاستطالة عند أعلى حمل %	%5 كحد أدنى	%8 كحد أدنى
الممطولية	B فئة متوسطة	D فئة عالية
التطبيقات	عامة	زلزالية / منشآت هامة

10. تقنية Quenching & Tempering Bars (QTB)

هي العملية الحرارية والميكانيكية المتقدمة التي تُستخدم لإنتاج حديد التسليح عالي المقاومة والمطيلة هذه التقنية هي "المحرك" الذي يجعل إنتاج حديد بمواصفات ISO 6935-2 B500DWR ممكناً وبدقة عالية دون الحاجة لإضافة عناصر سبائكية باهظة الثمن.

كيف تعمل تقنية (QTB) ؟

تمر عملية الإنتاج عبر هذه التقنية بثلاث مراحل حرارية متتالية داخل خط الدرفلة:

1. مرحلة التبريد المفاجئ:

الإجراء: رش مياه بضغط عالٍ فور خروج السيخ من الدرفلة.

التحول: تبريد السطح الخارجي، وتكوين طبقة مارتنسيت صلبة.

النتيجة: يظل القلب ساخناً جداً في حالة أوستنيت.

2. مرحلة التقسية الذاتية:

الإجراء: خروج السيخ من صناديق المياه لبدء التبادل الحراري الداخلي.

التحول: انتقال الحرارة من القلب إلى السطح، مما يحول المارتنسيت الهش إلى مارتنسيت مُلدن.

النتيجة: إعطاء السطح "متانة" ومنعه من التقصف.

3- مرحلة التبريد الهوائي النهائي:

الإجراء: تبريد بطيء للسيخ في الهواء الطلق على سرير التبريد

التحول: يتحول القلب الساخن إلى بنية فرايت و برلايت

النتيجة: قلب مرن يمنح السيخ الممطولية العالية لمقاومة الزلازل

وبالتالي فإن تكنولوجيا QTB تمنحنا سيخاً بخصائص مزدوجة سطح صلب للمقاومة وقلب مرن للممطولية .

11. معدلات التشغيل الفعلية لتقنية (QTB)

الجدول التالي يبين معدلات التشغيل الفعلية لشركة المراكبي المصرية

Size (mm) Rebar	Speed (m/sec)	Water cooling Temperature °C	Water box			Temp. of Bar °C	
			Pressure (bar)	NO.	Flow (m3/hr.)	before Quenching	after Quenching
8	34.15	38-40	8.5-9.5	2	250-300	940-950	560-570
10	34.15	38-40	9.8-10.5	2	380-420	960-975	560-570
12	23.68	38-40	9.8-10.5	2	380-420	960-975	560-570
16	13.31	38-40	10.5-11.5	2	400-450	960-975	560-570
18	10.51	38-40	10.5-11.5	2	400-450	960-975	560-570
20	8.53	38-40	10.5-11.5	1	420-450	980-990	560-570
25	5.46	38-40	10.5-11.5	1	420-450	980-990	560-570
32	3.32	38-40	10.5-11.5	1	420-450	980-990	560-570

12. تحديات تطبيق ISO6935-2 B500DWR

إن التحول من مواصفات الفئة المتوسطة إلى المواصفة الدولية عالية المطيلية يفرض تحديات تقنية وتطبيقية دقيقة، لأن الهامش المسموح به للخطأ يتقلص بشكل كبير، وأبرز هذه التحديات هي:

1. ضبط التوازن بين الصلادة والمطيلية.
2. السيطرة الصارمة على المكافئ الكربوني.
3. استقرار معدلات التشغيل و التدقيق في معدلات التبريد.
4. دقة الفحص المجهري.

13. السوق المستهدف لهذه المواصفة

1. أسواق المناطق الزلزالية.
2. مشاريع البنية التحتية الكبرى.
3. أسواق إعادة الإعمار.
4. الأسواق الأفريقية الناشئة.

14. الاستنتاجات

1 .كفاءة تقنية QTB في تحقيق المواصفة: أثبتت الدراسة أن تقنية المعالجة الحرارية الميكانيكية (QTB) هي الوسيلة الأكثر فاعلية واقتصادية لإنتاج حديد B500DWR ، حيث تتيح الوصول إلى قوة خضوع مرتفعة مع الحفاظ على مطيلية عالية (Class D) دون الحاجة لإضافات سبائكية مكلفة.

2 .التوازن الحرج في البنية البلورية: خلصت الدراسة إلى أن جودة الأداء الإنشائي ترتبط مباشرة بنسبة "حلقة المارتنسيت" إلى "اللّب الفيرايتي"؛ حيث أن الوصول إلى استطالة عند أقصى حمل 8 % كحد أدنى يتطلب تحكماً دقيقاً في ضغط مياه التبريد لضمان عدم تقصف القشرة الخارجية.

3. تحقيق قابلية اللحام (W): أظهرت النتائج أن الاعتماد على التبريد السريع سمح بخفض المكافئ الكربوني Ceq إلى مستويات آمنة، مما يضمن للمنشآت الهندسية وصلات لحام متينة تقاوم الإجهادات دون حدوث كسر هش في المناطق المتأثرة حرارياً .

4. التفوق الإنشائي للمواصفة ISO 6935-2: أكدت الدراسة أن الانتقال من الفئة المتوسطة (B) إلى الفئة (D) يرفع من قدرة المنشآت على امتصاص الطاقة وتوزيع الأحمال، مما يجعل المنتج المستهدف هو الخيار الأمثل للمشاريع الاستراتيجية والمناطق ذات النشاط الزلزالي.

5. أهمية الربط الرقمي في الإنتاج : من استنتاجات الدراسة أيضا أن دقة تطبيق المواصفة تعتمد على استقرار محددات التشغيل؛ حيث أن أي تذبذب في سرعة الدرفلة أو درجة حرارة النهاية يؤثر فوراً على ثبات النتائج الميكانيكية ، مما يتطلب نظام مراقبة جودة لحظي.

15. التوصيات

لضمان نجاح عملية التحول نحو إنتاج ISO 6935-2 B500DWR بكفاءة عالية وتقليل نسبة المرفوضات، هناك مجموعة من التوصيات الفنية والتشغيلية الموجهة لمهندسي الإنتاج والجودة في الشركة :

أولاً: التوصيات التشغيلية (خط الإنتاج)

1. المعايرة الديناميكية لنظام الـ QTB .
2. التحكم في درجة حرارة النهاية .
3. صيانة صمامات التبريد .

ثانياً: التوصيات الميتالورجية والكيميائية

1. تحسين المكافئ الكربوني Ceq.
2. مراقبة عمق التبريد.

ثالثاً: توصيات ضبط الجودة والمختبر

1. الفحص المجهري الدوري.
2. تحديث برمجيات ماكينة الشد.

16. الخاتمة

في ختام هذه الدراسة، يمكن القول إن الانتقال إلى إنتاج حديد التسليح وفقاً للمواصفة الدولية ISO 6935-2 B500DWRليس مجرد استجابة لمتطلبات معيارية، بل هو خطوة استراتيجية نحو تعزيز الأمان الإنشائي والقدرة التنافسية العالمية.

إن استمرار البحث والتطوير في تحسين محددات الإنتاج الرقمي سيظل هو الضمانة الحقيقية للحفاظ على استقرار هذا الأداء المتميز، بما يخدم رؤية الشركة في الريادة الصناعية.

المواصفات القياسية: حجر الزاوية في جودة منتجاتنا بالشركة الليبية للحديد والصلب

م. سالمين الهمالي الهني
إدارة البحث والتطوير

تعتمد الصناعات الثقيلة الناجحة على معايير صارمة تضمن سلامة المنشآت وكفاءة الأداء؛ وفي قلب هذه الصناعة بليبيا، تقف الشركة الليبية للحديد والصلب(LISCO) كنموذج للالتزام بأعلى المعايير الدولية. إن رحلة المنتج من كونه حديداً إسفنجياً (DRI) أو حديد مقولب على الساخن (HBI) وصولاً إلى كونه منتجاً نهائياً، تمر عبر ممر ضيق من المواصفات التي لا تقبل التهاون.

أولاً: ضبط المكونات الكيميائية والفيزيائية (DRI & HBI)

تبدأ الجودة من المواد الأولية، حيث تلتزم الشركة بمواصفات دقيقة للحديد الإسفنجي (DR) والحديد المقولب على الساخن (HBI). فوفقاً لبيانات الجودة، يتم التحكم في: نسبة الحديد الكلي (Total Fe) والتي تتراوح بين 90% إلى 93%. العناصر الشائبة: حيث يتم خفض نسبة الكبريت والفوسفور إلى مستويات دقيقة (لا تتجاوز 0.045% للفوسفور)، مما يضمن مرونة ومتانة فائقة للمنتج النهائي. الخصائص الفيزيائية: من خلال ضبط الكثافة الظاهرية والحجم لضمان انصهار مثالي في أفران القوس الكهربائي.

ثانياً: مرحلة الصهر والصب المستمر

في مصنع الصلب 1، يتم تحويل المواد الأولية إلى عروق (Billets) وكتل (Blooms) وفق مواصفات المعهد الأمريكي للحديد والصلب AISI 1008 - 1043. هذه المرحلة هي التي تحدد "الشفرة الوراثية" للمنتج، حيث يتم التحكم في نسبة السيليكون والكربون بدقة متناهية لضمان توافقها مع عمليات الدرفلة اللاحقة.

ثالثاً: تنوع المنتجات الطولية والقطاعات

تتعدد مصانع الدرفلة بالشركة لتلبية احتياجات السوق المحلي والدولي، وكل منها يتبع مرجعية عالمية محددة، حديد التسليح والأسياخ المنتج بهذه المصانع يتم إنتاجه وفقاً للمواصفة الأمريكية ASTM A615 والمواصفة البريطانية BS4449، بالإضافة إلى المواصفات الليبية والأيزو، مما يجعل "السيخ الليبي" المنتج بالشركة الخيار الأول في الأمان الإنشائي، لفات الاسياخ المنتج بالخط المزدوج تعتمد مواصفات ASTM A510 و EN 10025 لضمان قابلية السحب العالي والتشكيل. القطاعات الخفيفة والمتوسطة المنتجة بمصنع القطاعات تشمل الزوايا، الكمر، والمجرى، ويتم ضبط أبعادها وسماحتها وفق المواصفات الأوروبية EN10056 و EN 10279.

رابعاً: المرجعية الدولية.. التزام لا ينقطع

إن اعتماد الشركة على حزمة متنوعة من المواصفات العالمية مثل الألمانية (DIN) واليابانية (JIS) والدولية (ISO) والمواصفة الليبية القياسية يعكس قدرة الشركة الليبية للحديد والصلب على المنافسة في الأسواق العالمية، حيث أن مطابقة المنتجات لهذه المعايير ليست مجرد إجراء فني، بل هي رسالة ثقة نوجهها لكل مهندس ومقاول ومشروع يبني مستقبل ليبيا. إن استمرار البحث والتطوير في مختبراتنا، والحرص على مطابقة كل طن يخرج من مصانعنا للمواصفات العالمية، هو العهد الذي قطعته الشركة على نفسها لتظل فخراً للصناعة الوطنية.

تقييم الجدوى الفنية والاقتصادية
لإستخدام خامات حديد وادي الشاطئ الليبية في تقنية الاختزال المباشر

أ.د. صالح عبدالسلام الصيد

الملخص

تُعد صناعة الحديد والصلب ذات أهمية استراتيجية للاقتصاد الليبي، ولكنها تعتمد حاليًا على خامات مستوردة عالية التكلفة. في المقابل، تتوفر في منطقة وادي الشاطئ الليبية احتياطيات كبيرة من خام الحديد، إلا أنها تحتوي على نسب مرتفعة من الفوسفور، مما يجعلها غير ملائمة مباشرة لتقنية الاختزال المباشر (DRI) المستخدمة في الشركة الليبية للحديد والصلب.

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم الجدوى الفنية والاقتصادية لاستخدام خامات وادي الشاطئ في مصانع الاختزال المباشر، مع التركيز على حالة الشركة الليبية للحديد والصلب. تشمل الدراسة تحليلًا لمواصفات الخام، ومقارنة بالتقنيات العالمية الحديثة لمعالجة الخامات المشابهة، وتقديم سيناريوهات متعددة للإنتاج والتكلفة، واقتراح حلول عملية لإزالة الفوسفور وتكييف الخام للاستخدام الصناعي. تظهر النتائج أن دمج تقنيات إزالة الفوسفور ضمن سلاسل الإمداد يمكن أن يقلل من الاعتماد على الخام المستورد ويحقق قيمة مضافة للاقتصاد الليبي. ومع ذلك، يواجه المشروع تحديات اقتصادية كبيرة تتعلق بتطوير البنية التحتية اللازمة للموقع النائي، بالإضافة إلى التكاليف التشغيلية العالية لعمليات المعالجة. تتطلب الجدوى الشاملة خطط استثمار طويلة المدى، وشراكات حكومية-خاصة، واعتبارات بيئية دقيقة.

1. المقدمة

تعتبر صناعة الحديد والصلب من الركائز الأساسية في الاقتصاد الليبي، حيث تلعب دورًا حيويًا في تلبية احتياجات السوق المحلي ودعم قطاعات البنية التحتية والصناعات التحويلية. ومع ذلك، تواجه هذه الصناعة تحديات متزايدة، أبرزها تأمين خامات الحديد ذات الجودة العالية وبأسعار تنافسية.

تعتمد الشركة الليبية للحديد والصلب، وهي المنتج الأكبر للصلب في ليبيا ومقرها مصراتة، بشكل كامل على خامات الحديد المستوردة. هذا الاعتماد يعرض الشركة لتقلبات الأسعار العالمية وتكاليف النقل والاستيراد المرتفعة. في المقابل، تمتلك ليبيا احتياطيات ضخمة من خام الحديد المحلي، خاصة في منطقة وادي الشاطئ جنوب البلاد. هذه الاحتياطيات واعدة من حيث الوفرة، ولكنها تحتوي على نسب مرتفعة من الفوسفور، مما يعيق استخدامها المباشر في عمليات الاختزال المباشر التي تعتمدها الشركة حاليًا.

تسعى هذه الدراسة إلى تقييم الإمكانية التقنية والاقتصادية لاستغلال خامات وادي الشاطئ محليًا. سيتضمن التقييم تحديد مدى توافق هذه الخامات مع تقنية الاختزال المباشر(DRI) ، واستعراض أحدث التقنيات العالمية لمعالجة الخامات منخفضة الجودة، وتقديم تصورات مستقبلية لتوظيف هذه الموارد في دعم الصناعة الوطنية.

2. خامات وادي الشاطئ وطريقة الإنتاج بالشركة الليبية للحديد والصلب

1.2 مواصفات خامات وادي الشاطئ

تقع منطقة وادي الشاطئ جنوب غرب ليبيا وتبعد نحو 900 كم عن مصراتة، وتتميز باحتياطيات كبيرة من خامات الحديد مثل الهيماتيت والمغنيتايت. تُقدَّر هذه الاحتياطيات بما يصل إلى 1.6 مليار طن بدرجات منخفضة نسبيًا (30–48%) أو 795 مليون طن بدرجة أعلى (52%). إلا أن جودة الخام لا تتوافق بسهولة مع متطلبات تقنية الاختزال المباشر. تمثل المشكلة الأساسية في ارتفاع نسبة الفوسفور (0.3–0.6%)، وهي أعلى من الحد المسموح به في صناعة الصلب. كما تحتوي الخامات على نسب من السيليكا والألومينا والكبريت، مما يزيد من تعقيد المعالجة. يرتبط الفوسفور غالبًا بمعادن دقيقة مثل الجوثيت، مما يجعل إزالته بالطرق التقليدية صعبة. لذلك، يتطلب الأمر طحنًا فائق النعومة (<5 ميكرومتر)، وهو مكلف من حيث الطاقة والتشغيل.

العنصر	النسبة المئوية (%)
Fe (حديد)	58 – 52
P (فوسفور)	0.6 – 0.3
SiO_2 (سيليكا)	8 – 5
Al_2O_3 (ألومينا)	2.5 – 1
Mn (منغنيز)	0.1 >

تُلاحظ أن نسبة الحديد جيدة نسبيًا، مما يجعل هذه الخامات مرشحة للدراسة بشرط إيجاد حلول لمعالجة عنصر الفوسفور.

2.2 مواصفات تغذية الاختزال المباشر (DR) والتحديات التي يفرضها خام وادي الشاطئ

تحدد مواصفات الجودة لخام الحديد المستخدم في مصانع الاختزال المباشر (مثل تقنية ميدريكس المستخدمة في الشركة الليبية للحديد والصلب) متطلبات صارمة للغاية

العنصر	النسبة (%) المطلوبة
الحديد (Fe)	لا يقل عن 66% ويفضل أن يكون > 67%
الشوائب الحمضية (SiO_2+Al_2O_3)	منخفض قدر الإمكان، ≥ 3.5% ويفضل ألا يتجاوز 2%
الفوسفور (P_2O_5)	منخفض قدر الإمكان ويفضل أن يكون ≥ 0.015%

بالمقارنة مع هذه المواصفات الصارمة، فإن خام وادي الشاطئ (30-52% حديد ومحتوى فوسفور متأصل) يتطلب عمليات إثراء مكثفة. لتحقيق محتوى الفوسفور المطلوب (مثاليًا P2O5 <0.015%، بحد أقصى 0.08 P2O5 %من خام أولي عالي الفوسفور (على سبيل المثال، 0.5% فوسفور)، يتطلب ذلك كفاءة إزالة فوسفور استثنائية تتجاوز 93% وحتى 98.7%. هذا يستلزم دائرة إثراء وإزالة فوسفور معقدة للغاية ومتعددة المراحل ومتكاملة، قد تتضمن مزيجًا من الطرق الفيزيائية والكيميائية و/أو الحرارية، مما يترجم مباشرة إلى نفقات رأسمالية وتشغيلية أعلى بكثير.

3. التقنيات الحديثة لمعالجة خامات الحديد منخفضة الجودة

1.3التحدي العالمي المشابه:

تواجه العديد من الدول تحديات مماثلة لليبيا فيما يتعلق بارتفاع نسبة الفوسفور أو السيليكا أو الألومينا في خام الحديد. وقد أدى ذلك إلى تطوير مجموعة واسعة من التقنيات المعدنية والكيميائية لتحسين جودة الخام وجعله مناسبًا لعمليات الاختزال المباشر وصناعة الصلب.

2.3 أبرز التقنيات العالمية الحديثة:

التعويم الانتقائي :(Selective Flotation) يعتمد على فصل الفوسفور والكبريت كيميائيًا، وهو فعال في إزالة الشوائب لكنه يتطلب معامل تجهيز متقدمة.

1.2.3 إزالة الفوسفور المائية (Hydrometallurgical Dephosphorization):

يزيل الفوسفور باستخدام الأحماض أو المحاليل القاعدية، وتتميز بدقة عالية في الإزالة لكنها ذات تكلفة تشغيل عالية.

2.2.3 إزالة الفوسفور الحراري (Thermal Dephosphorization) :

تتضمن تسخين الخام بوجود مواد مضافة لإزالة الفوسفور، وتناسب الخامات الغنية لكنها تستهلك طاقة كبيرة.
العمليات القائمة على الفرن الدوار (Rotary Kiln-based Processes): تُستخدم لاختزال الخام في أفران دوارة متبوعًا بفصل مغناطيسي، ويمكنها استخدام خامات منخفضة الجودة لكنها تتطلب بنية تحتية مختلفة عن تقنية مدريكس.

3.2.3 اختزال الصهر (Smelting Reduction) :

يصهر الخام مع إضافات لفصل الفوسفور، وهو مناسب للصهر المباشر لكنه لا يتناسب مع مصانع الاختزال المباشر التقليدية.

يوضح الجدول التالي مقارنة بين بعض أبرز هذه التقنيات:

التقنية	المبدأ	الفوائد	التحديات
Selective Flotation	فصل الفوسفور والكبريت كيميائيا عبر مركبات	فعالة فى إزالة الشوائب	تحتاج المعامل تجهيز متقدمة
Hydrometallurgical Dephosphorization	إزالة الفوسفور بالأحماض أو المحاليل القاعدية	إزالة عالية الدقة	تكلفة تشغيل عالية
Thermal Dephosphorization	تسخين الخام بوجود مواد مضافة لإزالة الفوسفور	مناسب للخامات الغنية	استهلاك طاقة كبير
Rotary Kiln-based Processes	اختزال فى أفران دوارة + فصل مغناطيسى	يمكن استخدام خامات منخفضة الجودة	يحتاج بنية تحتية مختلفة عن مدريكس
Smelting Reduction	صهر الخام مع إضافات لفصل الفوسفور	مناسب للصهر المباشر	لا يتناسب مع مصانع الاختزال المباشر التقليدية

4. تحليل الجدوى الاقتصادية

يقع مكمن وادي الشاطئ على بعد 900 كم من مصراتة، ما يزيد من صعوبة وتكلفة عمليات التعدين والنقل. ترتفع التكاليف الرأسمالية في المناطق النائية إلى 2–2.5 ضعف بسبب ضعف البنية التحتية. يتطلب المشروع استثمارات كبيرة في الطرق والطاقة والمرافق والخدمات اللوجستية مثل السكك الحديدية والموانئ. لذلك، تُعد تكاليف البنية التحتية العامل الأكبر في المشروع، ما يستلزم شراكات دولية أو دعمًا حكوميًا كبيرًا.

1.4 تقدير النفقات التشغيلية:(OPEX)

تختلف النفقات التشغيلية باختلاف تقنيات إزالة الفوسفور. الترشيح الحمضي، رغم فعاليته، يتكبد تكاليف عالية للكواشف ومعالجة مياه الصرف الصحي. بينما التعويم أقل كثافة في استهلاك الكواشف ولكنه يتطلب طاقة كبيرة للطحن فائق النعومة. وبالتالي، فإن مخطط التدفق الفني المحدد لوادي الشاطئ سيحدد هيكل النفقات التشغيلية على المدى الطويل. يجب أن يتضمن النموذج الاقتصادي القوي تحليلات حساسية لتقلبات أسعار الطاقة، وتوافر الكواشف وتكلفتها، والبيئة التنظيمية المتطورة للامتثال البيئي.

2.4 تكاليف اللوجستيات والبنية التحتية:

1.2.4 النقل:

يمثل بعد وادي الشاطئ عن البحر مسافة 900 كيلومتر تحديًا لوجستيًا هائلاً. هذا يعني تكاليف كبيرة لنقل الخام إلى مصنع الإثراء ثم نقل الكريات المعالجة بدرجة الاختزال المباشر إلى الشركة الليبية للحديد والصلب أو إلى ميناء للتصدير. بناء طرق جديدة أو بنية تحتية للسكك الحديدية سيكون بندًا رئيسيًا في النفقات الرأسمالية.

2.2.4 إمدادات الطاقة:

عادة ما تكون مواقع المناجم النائية "خارج الشبكة"، مما يستلزم نفقات رأسمالية كبيرة لبناء محطة طاقة (تعمل بالديزل أو الغاز) ونفقات تشغيلية كبيرة بسبب شراء الوقود واستهلاكه. تؤكد المتطلبات العالية للطاقة لإثراء خام الحديد والاختزال المباشر على الحاجة إلى مصدر طاقة موثوق وفعال من حيث التكلفة، وهو تحدٍ كبير في المناطق النائية.

3.2.4 إمدادات المياه:

صناعة إثراء خام الحديد كثيفة الاستهلاك للمياه، حيث تتطلب ما بين 600 و 7000 جالون من المياه لكل طن من مركز الحديد المنتج. رغم إمكانية إعادة تدوير ما يصل إلى 95% من المياه، لا يزال هناك حاجة لإمداد مستمر من المياه الجديدة. توفير هذه المياه في منطقة قاحلة مثل ليبيا سيكون تحديًا كبيرًا وعامل تكلفة.

3.4 إدارة النفايات وتكاليف الأثر البيئي:

1.3.4 إدارة المخلفات:

تمثل الكميات الكبيرة من المخلفات الناتجة عن معالجة خام الحديد مسؤولية بيئية مكلفة، وتتطلب تدابير تخزين ومعالجة وتخلص كثيفة الاستهلاك للطاقة ورأس المال.

2.3.4 معالجة مياه الصرف الصحي:

تولد عمليات الترشيح الكيميائي، وخاصة الترشيح الحمضي، كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي والمخلفات. طرق التحييد التقليدية مكلفة ويمكن أن تنتج حمأة ثانوية لا يمكن تصريفها بأمان في البيئة، مما يمثل عقبة كبيرة أمام الامتثال البيئي.

5. الاستنتاجات والتوصيات الاستراتيجية

ملخص النتائج الفنية والاقتصادية:

1.5 الجدوى الفنية:

يتطلب خام حديد وادي الشاطئ، على الرغم من احتياطيات الكبيرة (1.6 جيجا طن بدرجة 30-48% حديد)، إثراءً مكثفًا ومعقدًا، خاصة لإزالة الفوسفور، لتلبية مواصفات تغذية الاختزال المباشر الصارمة (حديد >66%، P2O5 <0.08%). تبدو عملية متعددة المراحل تتضمن الطحن فائق النعومة، والمعالجة الحرارية المسبقة المحتملة (التحميص مع إضافات مثل Na_2CO_3 أو CaO ، يليها الترشيح الحمضي، هي الأكثر جدوى من الناحية الفنية.

2.5 الجدوى الاقتصادية:

يواجه المشروع تحديات اقتصادية كبيرة، أبرزها ارتفاع تكاليف البنية التحتية في موقع ناءٍ، والتي قد تصل إلى مليارات الدولارات وتتجاوز تكلفة مصنع المعالجة. كما أن النفقات التشغيلية مرتفعة بسبب استهلاك الطاقة في الطحن واستخدام الكواشف الكيميائية. ومع ذلك، يمكن أن تسهم إعادة تدوير الأحماض واستعادة الفوسفور في تقليل التكاليف وتحسين الجدوى الاقتصادية.

6. توصيات محددة لاختيار التكنولوجيا، تطوير البنية التحتية، والإشراف البيئي:

اختيار التكنولوجيا:

التوصية 1:إجراء برنامج اختبار تعديني شامل على نطاق تجريبي لتوصيف التركيب المعدني لخام وادي الشاطئ بدقة وتحسين مخطط تدفق عملية متكامل. يجب أن يركز هذا البرنامج على الجمع بين الطحن فائق النعومة والمعالجة الحرارية المسبقة والترشيح الحمضي لتحقيق أقصى قدر من إزالة الفوسفور واستعادة الحديد.

التوصية 2: إعطاء الأولوية للتقنيات التي تتيح إزالة عالية للفوسفور مع الحد الأدنى من فقدان الحديد وتسهيل إعادة تدوير الحمض بكفاءة لتقليل استهلاك الكواشف والأثر البيئي.

التوصية 3: التحقيق في الجدوى الاقتصادية لاستعادة المنتجات الثانوية ذات القيمة المضافة، وتحديدًا إنتاج سماد الفوسفور الزراعي من سائل الترشيح، لتعويض تكاليف التشغيل وتعزيز الاستدامة

تطوير البنية التحتية:

التوصية 1: وضع خطة شاملة ومتعددة المراحل لتطوير البنية التحتية لمنطقة وادي الشاطئ، مع التركيز على روابط النقل الصالحة لجميع الفصول (الطرق، وربما رابط سكك حديدية إلى ميناء مناسب) وإمدادات طاقة ومياه موثوقة وفعالة من حيث التكلفة.

التوصية 2: استكشاف الشراكات المحتملة بين القطاعين العام والخاص أو المبادرات التي تقودها الحكومة لتمويل البنية التحتية، مع الأخذ في الاعتبار أن هذه التكاليف غالبًا ما تتجاوز نطاق مشروع تعدين واحد وتقدم فوائد وطنية أوسع.

التوصية 3:تقييم التآزر مع مشاريع البنية التحتية الإقليمية الحالية أو المخطط لها في ليبيا لتحسين طرق النقل وتقليل إجمالي التكاليف اللوجستية للمواد

الإشراف البيئي:

التوصية 1: دمج أنظمة قوية واستباقية لإدارة النفايات من مرحلة التصميم الأولية للمشروع، بما في ذلك مرافق إدارة المخلفات المتقدمة ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي الحديثة

التوصية 2: التأكيد على تنفيذ التقنيات التي تقلل من البصمة البيئية، مثل أنظمة المياه ذات الدورة المغلقة، وأنظمة إعادة تدوير الحمض/استعادة الفوسفور الفعالة لضمان الامتثال البيئي طويل الأجل والترخيص الاجتماعي للعمل.

التوصية 3: إجراء تقييم شامل للأثر البيئي (EIA) في وقت مبكر من دورة حياة المشروع لتحديد المخاطر المحتملة، وتطوير استراتيجيات التخفيف، وضمان الالتزام بالمعايير البيئية الدولية.

6. المراجع:

- أ.د. صالح عبد السلام الصيد، "مدى ملاءمة خام حديد وادي الشاطئ للاستخدام في مصانع الشركة الليبية للحديد والصلب"، المؤتمر المغاربي الخامس للدراسات الميكانيكية، براك، ليبيا، 5–7 فبراير 2001.
- أ.د. صالح عبد السلام الصيد، "مستقبل تقنية الاختزال المباشر في مصر وليبيا"، AISU، الندوة الدولية حول الاختزال المباشر، مصراتة، ليبيا، 2–4 ديسمبر 1990.
- Singh, A., Singh, V., Patra, S. et al. Review on High Phosphorous in Iron Ore: Problem and Way Out. Mining, Metallurgy & Exploration 41, 1497–1507(2024)

الصلب والمواد الخام

م. محمد سالم جبريل
إدارة البحث والتطوير

مقدمة:

تعد الخردة الحديدية أكبر نشاط لإعادة التدوير في العالم من حيث الحجم؛ إذ يتجاوز حجم إعادة تدويرها 800 مليون طن. ووفقًا للتقديرات العالمية، استخدمت صناعة الصلب في عام 2021 نحو 2.3 مليار طن من خام الحديد، و 1.1 مليار طن من الفحم المعدني (الفحم المستخدم في الأفران العالية)، و680 مليون طن من الفولاذ المعاد تدويره؛ وذلك لإنتاج ما يقرب من 1.95 مليار طن من الفولاذ الخام. ويعد الصلب عنصرًا لا غنى عنه في أسلوب حياتنا المعاصر، وهو ضروري للنمو الاقتصادي. إن الخصائص الجوهرية للصلب تجعله خيارًا مستدامًا يستخدم في عدد متزايد من التطبيقات.

المواد الخام في صناعة الصلب:

تشمل المواد الخام الأساسية اللازمة في صناعة الصلب: خام الحديد، الفحم، الحجر الجيري، والصلب المعاد تدويره. وتوجد طريقتان لإنتاج الصلب، ولكل منهما مدخلات محددة:

الطريقة الأولى - صناعة الصلب المتكاملة: والتي تعتمد على الفرن العالي (BF) وفرن الأكسجين القاعدي (BOF)، وتستخدم خامات أولية تشمل خام الحديد، الفحم، الحجر الجيري، والصلب المعاد تدويره. في المتوسط، تستخدم هذه الطريقة 1,370 كجم من خام الحديد، 780 كجم من الفحم المعدني، 270 كجم من الحجر الجيري، و 125كجم من الصلب المعاد تدويره.

الطريقة الثانية - فرن القوس الكهربائي (EAF): والذي يعتمد أساسًا على الصلب المعاد تدويره، والحديد المختزل مباشرة (DRI) أو الحديد السائل، إضافة إلى الكهرباء. في المتوسط، تستخدم هذه الطريقة 710 كجم من الصلب المعاد تدويره، و 586 كجم من خام الحديد، و 150 كجم من الفحم، و 88 كجم من الحجر الجيري، و 2.3 جيجاجول من الكهرباء؛ وذلك لإنتاج 1,000 كجم من الصلب الخام.

يعتمد حوالي 70% من الإنتاج العالمي الإجمالي للصلب بشكل مباشر على الفحم من خلال طريقة BF-BOF. وفي عام 2021، تم إنتاج حوالي 1.4 مليار طن من الصلب الخام باستخدام أفران BOF، وفي العام نفسه شكل إنتاج أفران EAF حوالي 30% من الإنتاج العالمي للصلب (أي نحو 560 مليون طن).

أسواق مواد صناعة الصلب:

تعد المواد المتعلقة بصناعة الصلب من أكبر السلع حجمًا على مستوى العالم من حيث الإنتاج والاستهلاك والنقل فعلى سبيل المثال، خام الحديد بإنتاج يبلغ نحو 2.3 مليار طن وصادرات تصل إلى حوالي 1.6 مليار طن يُعتبر ثالث أكبر سلعة من حيث حجم الإنتاج بعد النفط الخام والفحم، وثاني أكثر السلع تداولًا عالميًا بعد النفط الخام على مستوى العالم.

صادرات خام الحديد عالميًا (2005 – 2021)

السنة	صادرات خام الحديد (مليون طن)
2005	755
2010	1,130
2017	1,547
2021	1,650

صادرات خام الحديد، الفحم، والنفط الخام عالميًا في عام 2021

السلعة	حجم الصادرات (2021) مليون طن
خام الحديد	1,650
الفحم	1,333
النفط الخام	2,059

خام الحديد:

الصلب هو سبيكة تتكون بشكل رئيسي من الحديد وبنسبة أقل من 2% من الكربون، مما يجعل خام الحديد عنصرًا أساسيًا لإنتاج الصلب، الذي بدوره يعد ضروريًا للحفاظ على قاعدة صناعية قوية. ويتم استخدام 98% من خام الحديد المستخرج في صناعة الصلب. الحديد هو أحد أكثر العناصر المعدنية وفرة في القشرة الأرضية ، حيث تشكل أكاسيده (خامات الحديد) نحو 5% من القشرة الأرضية. متوسط محتوى الحديد في الخامات عالية الجودة يتراوح بين 60% إلى 65% بعد إزالة الشوائب الطبيعية.

تتوزع عمليات استخراج خام الحديد جغرافياً في نحو 50 دولة حول العالم، وتتصدر قائمة الدول المنتجة كل من: أستراليا، البرازيل، الصين، الهند، الولايات المتحدة، وروسيا. وتبرز أستراليا والبرازيل كقوتين مهيمنتين على حركة التصدير العالمية، حيث تستحوذ كل منهما تقريبا على ثلث إجمالي الصادرات الدولية. وعلى صعيد الاحتياطيات، تُشير التقديرات إلى أن الموارد العالمية من خام الحديد تتجاوز 800 مليار طن من الخام (crude ore)، والتي تحتوي في جوهرها على أكثر من 230 مليار طن من الحديد الصافي. وقد شهد السوق العالمي تحولاً جذرياً في العقد الأول من الألفية الثالثة ، نتيجة الطفرة الإنتاجية غير المسبوقة في صناعة الصلب الصينية، مما أحدث نمواً هائلاً في الطلب العالمي على المواد الأولية. وانعكس ذلك بشكل مباشر على حجم التجارة الدولية، حيث قفزت صادرات خام الحديد من 500 مليون طن في عام 2000 لتصل إلى 1.5 مليار طن بحلول عام 2016. وفي هذا السياق، استطاعت أستراليا ترسيخ مكانتها كمورد استراتيجي رائد؛ إذ تضاعفت صادراتها من الخام بنحو خمس مرات، مرتفعةً من 150 مليون طن إلى 800 مليون طن خلال الفترة ذاتها.

الفحم وفحم الكوك:

يُعتبر فحم الكوك عنصراً حيوياً ولا غنى عنه في إنتاج الصلب؛ فبما أن الحديد يتواجد في الطبيعة على هيئة أكاسيد، فإنه يتطلب عملية "اختزال" كيميائي لتحويله إلى معدن نقي. وهنا يأتي دور فحم الكوك كمصدر أساسي للكربون اللازم لهذه العملية.

يتم إنتاج فحم الكوك عبر عملية "الكربنة"، والتي تعتمد على تسخين الفحم المعدني في معزل عن الأكسجين وتحت درجات حرارة مرتفعة جداً. يعمل فحم الكوك كعامل اختزال رئيسي داخل الأفران، حيث يحول خام الحديد إلى حديد منصهر مشبع بالكربون، وهو ما يُعرف تقنياً بـ (المعدن الساخن Hot Metal).

تعتمد صناعة الصلب العالمية على كميات ضخمة من الموارد، وتتوزع خارطة إنتاجها كالتالي:

- يُستهلك سنوياً حوالي مليار طن من الفحم المعدني، ما يمثل 15% من إجمالي استهلاك الفحم عالمياً.
- تمتلك نحو 80 دولة احتياطيات من الفحم، بينما تنشط عمليات التعدين في أكثر من 70 دولة.
- تتصدر (الولايات المتحدة، الصين، روسيا، أستراليا، والهند) قائمة أكبر الاحتياطيات.
- تُعد الصين المنتج الأول عالمياً لفحم الكوك، بينما تهيمن أستراليا على حركة التصدير، حيث تساهم بنحو 200 مليون طن من أصل 310 ملايين طن يتم تداولها عالمياً.

تتجه الصناعة الحديثة نحو تحسين كفاءة استهلاك الموارد عبر تقنية (حقن الفحم المسحوق PCI)، والتي تتميز بالآتي:

- تساهم هذه التقنية في تقليل الاعتماد على الفحم بنسبة تصل إلى 30%.
- كل طن واحد من فحم (PCI) يمكنه استبدال حوالي 1.4 طن من فحم الكوك التقليدي.
- يتطلب الفحم المستخدم في هذه التقنية معايير جودة وخصائص فيزيائية وكيميائية أعلى بكثير من الفحم البخاري المستخدم في محطات توليد الكهرباء.

الصلب المعاد تدويره:

تساهم منتجات الصلب بشكل طبيعي في الحفاظ على الموارد بفضل خفة وزنها، ومتانتها، وقابليتها العالية لإعادة التدوير. فعند نهاية عمر المنتج، يمكن إعادة تدوير الصلب بنسبة 100%، مما يضمن عدم هدر الموارد المستخدمة في إنتاجه وإعادة استخدامها إلى ما لا نهاية. وبفضل الخصائص المغناطيسية للصلب، يسهل فصله عن النفايات، مما يحقق معدلات استرداد عالية ويمنع تراكمه في المكبّات؛ لذا تحتوي بعض منتجات الصلب على مواد معاد تدويرها بنسبة تصل إلى 100%.

يُعد الصلب أكثر المواد المعاد تدويرها عالمياً، حيث تم تدوير حوالي 800 مليون طن منه في عام 2021، ويشمل ذلك الخردة الناتجة قبل الاستهلاك وبعده. وبحسب القطاعات، تُقدّر معدلات استرداد (تدوير) الصلب عالمياً بما لا يقل عن 85% في قطاع البناء والتشييد، و 90% في قطاع السيارات (وتصل هذه النسبة إلى ما يقارب 100% في الولايات المتحدة)، و 90% في قطاع الآلات والمعدات، و 50% في الأجهزة الكهربائية والمنزلية

مصادر الخردة:

الخردة الداخلية (Home Scrap) : وهي الناتجة عن الفائض في مصانع الصلب والمسابك.

الخردة الصناعية: وهي الناتجة عن عمليات التصنيع اللاحقة.

الخردة القديمة (Obsolete Scrap) : وهي الناتجة عن المنتجات التي يتم التخلص منها بعد انتهاء عمرها الافتراضي.

يرتبط توفر الخردة الداخلية والصناعية بمستوى الإنتاج المحلي الحالي للصلب، بينما يعتمد توفر الخردة القديمة على مستويات إنتاج الصلب في الماضي، ومتوسط أعمار المنتجات، ومدى كفاءة برامج إعادة التدوير.

يُعتبر الصلب المعاد تدويره مدخلاً رئيسياً في جميع مسارات إنتاج الصلب، حيث يمكن شحن أفران القوس الكهربائي (EAF) بنسبة تصل إلى 100% من الصلب المعاد تدويره، كما يمكن استخدام ما يقرب من 30% منه في أفران الأكسجين القاعدي (BOF). وتسهم إعادة تدوير هذا الصلب في تحقيق وفر كبير في الطاقة والمواد الخام، حيث يتم توفير أكثر من 1400 كيلوجرام من خام الحديد، و 740 كيلوجراماً من الفحم، و 120 كيلوجراماً من الحجر الجيري مقابل كل 1000 كيلوجرام (طن واحد) من خردة الصلب التي يُعاد تدويرها لإنتاج صلب جديد.

الإدارة المسؤولة للموارد الطبيعية:

- أدى نمو الطلب العالمي منذ التسعينيات إلى تراجع جودة المواد المتاحة وشحّ الأصناف عالية الجودة، مما فرض ضغوطاً على كفاءة العمليات والأداء البيئي للقطاع.
- مكنت التقنيات الحديثة الصناعة من الالتزام بمعايير بيئية صارمة عبر رفع كفاءة استخدام المواد، والتوسع في تدوير المنتجات الثانوية والصلب.
- نحو (صفر نفايات) : تقترب صناعة الصلب من هذا الهدف بنسبة كفاءة بلغت 97.5%؛ حيث يتم تحويل معظم المواد المستخدمة إلى منتجات نهائية أو نواتج ثانوية نافعة.
- استخدامات الخبث (الناتج الثانوي الرئيسي): يدخل الخبث في صناعة الأسمنت (لخفض الانبعاثات بنسبة 50%)، ورصف الطرق، والأسمدة الزراعية لغناه بالمعادن، بالإضافة إلى بناء الكتل الساحلية لدعم الشعاب المرجانية.
- استغلال الغازات: تُنقى الغازات الناتجة عن الأفران وتُستخدم محلياً لتوليد البخار والكهرباء، مما يغطي أكثر من 60% من احتياجات الطاقة في الموقع. ولا يتم حرق الغازات (flaring) إلا في الحالات الضرورية التي لا يتوفر فيها خيار للاستخدام أو البيع.

أهم مناجم الحديد في الوطن العربي
مشروعات عملاقة على خريطة الإنتاج العالمي

م. محمد ادريس الشريف
رئيس قسم الهندسة الصناعية

1. منجم وادي الشاطئ:

يقع هذا المنجم في جنوب غرب ليبيا وتحديدا بمنطقة اشكيدة 30 كم شرقي مدينة براك ومنطقة تاروت 42 كم غربي مدينة براك والذي يُصنَّف بين أكبر خمس مناجم حديد في الوطن العربي إذ يضم احتياطيًا يُقدّر بنحو 1.6 مليار طن من خام الحديد، وتعتبر هذه الخامات متنوعة من حيث التركيب التعديني والجيولوجي وتحتوي علي نسب عالية من الفسفور والكبريت حيث تتنوع خامات المنجم بين الخامات المؤكسدة والخامات الغير المغناطيسية المختزلة والخامات المختزلة وذلك حسب الدراسات الفنية التي قامت بها الشركات الفرنسية والإيطالية والتي قدرت نسبة الحديد بهذه الخامات من 35% إلى 55% تقريبا ورغم الإمكانات الواعدة ما يزال الاستغلال الفعلي للمنجم محدودًا بسبب التحديات اللوجستية والتقنية، بما في ذلك ارتفاع الشوائب وأيضا ارتفاع تكاليف النقل، إلا ان توافر التكنولوجيا التقنية الحديثة مؤخرا في مجال استخلاص الخامات المعدنية والتي تعمل على تقليل نسب الشوائب كالفسفور والكبريت وزيادة تركيز نسبة الحديد بالخامات يشجع وبقوة على الدخول في مجال الاستثمار في هذه الخامات واستغلالها في مجال صناعة الحديد والصلب وتصدير الفائض منها للخارج وذلك لدفع عجلة الاقتصاد القومي للدولة الليبية وخلق مصادر جديدة للدخل القومي وخلق فرص عمل جديدة.

2. منجم غار جبيلات بالجزائر:

تشير الدراسات بأن احتياطات خامات الحديد في منجم غار جبيلات في الجزائر بأكثر من 3.5 مليار طن تقريبا بينها 1.75 مليار طن قابلة للاستغلال المباشر في صناعة الحديد والصلب. وبالرغم أن اكتشاف هذه الخامات يعود إلى عام 1952م فإن استغلاله الفعلي بدأ في عام 2022م ضمن شراكة جزائرية صينية تقودها الشركة الوطنية للحديد والصلب "فيرال" وائتلاف "سي إم إتش." حيث خلال المرحلة الأولى (2025-2022) يُنتج المنجم ما بين(3-2) ملايين طن سنويًا على أن يرتفع الإنتاج بعد انتهاء عمليات التطوير إلى أكثر من 50 مليون طن سنويًا بدءًا من عام 2026م خاصة بعد استكمال خط سكة حديد الذي يبلغ طوله حوالي 950 كيلومترًا.

3. منجم أتوماي في موريتانيا:

يُعد منجم أتوماي في شمال موريتانيا مشروعًا واعدًا ضمن أكبر خمس مناجم حديد في الوطن العربي، إذ يتجاوز احتياطيه أكثر من500 مليون طن مع إمكان رفعه إلى مليار طن ويُطوّر المشروع من قِبل شركة "تكامل" التي تأسّست بموجب شراكة بين الشركة السعودية للحديد والشركة الوطنية للصناعة والمناجم (سنيم SNIM) تسعى موريتانيا إلى إنتاج 10 ملايين طن سنويًا من حبيبات الحديد عالية الجودة من خام المغناتيت المحتوي على نسبة 37%-35 من الحديد، لتغذية مصانع الشركة في السعودية وتصدير الفائض منه ويشمل المشروع إنشاء مصنعَيْن للمعالجة،

أحدهما في موقع أتوماي بطاقة تصل إلى 28 مليون طن سنويًا، والآخر مصنع تكوير في جنوب نواذيبو، ويربط بينهما خط سكة حديد بطول 640 كيلومترًا ومن المتوقع أن يبدأ الإنتاج التجاري للمشروع في عام 2029 م باستعمال تقنيات التعدين المفتوح التقليدية، وقد تولّت شركة "IDOM" إعداد التصميمات الهندسية والبنى التحتية من حفرة المنجم إلى خطوط التغذية من الكهرباء والمياه.

4. منجم الجديدة في جمهورية مصر:

يقع هذا المنجم في قلب الواحات البحرية بصحراء مصر الغربية والذي يُعدّ أحد أكبر خمس مناجم حديد في الوطن العربي حيث يُنتج المنجم نحو 3.3 مليون طن سنويًا، ويحتوي على احتياطي استراتيجي يُقدّر بـ134 مليون طن بنسبة حديد تصل إلى 54.76% تقريبا ويُشكّل المنجم مصدرًا رئيسًا لخامات الحديد المستعملة في مجمع الحديد والصلب بمدينة حلوان منذ أواخر الستينيات من القرن الماضي بعد توقيع اتفاقية مع الجانب الروسي لتطوير الإنتاج الصناعي في هذا المجال ولخدمة المشروع أُنشئت بنى تحتية ضخمة تشمل طريقًا معبدا بطول 330 كيلومترًا من القاهرة وخط سكة حديد طوله 349 كيلومترًا لنقل الخام بالإضافة إلى شبكات الكهرباء والمياه حيث يتم استخراج الخامات ثم تُنقل إلى الكسارات تليها لعمليات التركيز والخلط للحصول على نسب خامات متجانسة ومقبولة من نسبة الحديد قبل شحنها إلى المصانع.

الملخص:

تتلخص أهمية هذه المناجم والخامات باعتبارها مجالا لتلبية طموحات التنمية الصناعية والتعدينية
وتمثّل محركا للنمو الاقتصادي ولتطوير المجال والتقنيات الصناعية خاصة مع التقدم التكنولوجي
والتقني في طرق استخلاص وتركيز هذه الخامات المعدنية لتلعب دورًا محوريًا في تحولات
الاقتصاد العربي والإقليمي لا سيما مع التوجهات الواسعة لتعزيز المحتوى المحلي وتقليل الاعتماد على الواردات الخارجية وتعزيز سياسة الاعتماد على الثروات المحلية لتعزيز الاقتصاد القومي للبلدان العربية.

المصدر: www.aisusteel.org

دراسة تحليلية لأسباب التلف السريع للمصفيات في منظومة شفط الغبار بمصنع الصلب (1) - الشركة الليبية للحديد والصلب

م. مصطفى كرواد

الملخص:
تتناول هذه الدراسة ظاهرة التلف المتسارع للمصفيات (Filter Bags) في منظومة شفط الغبار بمصنع الصلب رقم (1) التابع للشركة الليبية للحديد والصلب، والتي تعمل بطاقة إنتاجية تبلغ 630 ألف طن سنوياً. يهدف البحث إلى تشخيص العوامل التقنية والتشغيلية المؤدية لانخفاض العمر الافتراضي لهذه المصفيات المصنوعة من مادة "البوليستر" المسامي. تم الاعتماد على المنهج الوصفي التحليلي لتقييم أداء المنظومة، حيث كشفت النتائج أن التداخل بين تدني جودة الخردة المستخدمة، وتسرب مياه التبريد، والتشغيل خارج النطاق الحراري الآمن (أعلى من 130 درجة مئوية) يمثل المسببات الرئيسية للفشل الميكانيكي والكيميائي للأنسجة. خلصت الدراسة إلى حزمة من الحلول الهندسية والإدارية لرفع كفاءة المنظومة وضمان استدامة العملية الإنتاجية والامتثال للمعايير البيئية.

الكلمات المفتاحية: منظومة شفط الغبار، مصفيات البوليستر، مصنع الصلب، صيانة هندسية، التلوث الصناعي.

مقدمة:

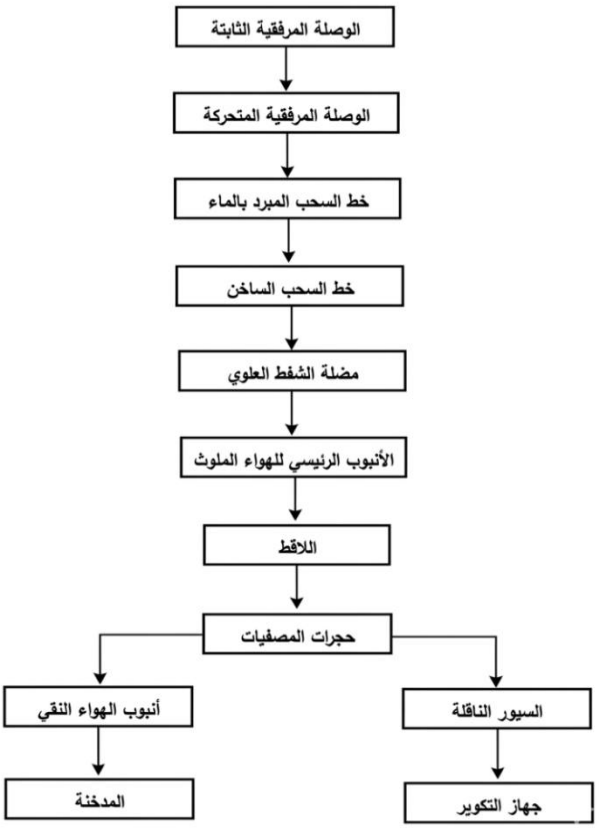
تعد صناعة الحديد والصلب ركيزة اقتصادية أساسية، إلا أنها تفرض تحديات بيئية جسيمة نتيجة الانبعاثات الغازية والأتربة الدقيقة الناتجة عن أفران القوس الكهربائي (EAF). وتلعب منظومة شفط الغبار دوراً حيوياً في الحفاظ على بيئة العمل وحماية المعدات، حيث تعتمد على مرشحات نسيجية عالية الحساسية. في مصنع الصلب (1)، لوحظ وجود تدهور سريع في أداء هذه المرشحات، مما يؤدي إلى توقفات متكررة وزيادة في تكاليف التشغيل. تبرز أهمية هذه الدراسة في ربط المتغيرات التشغيلية (مثل جودة الشحنة ودرجات الحرارة) بالأعطال الميدانية للوصول إلى استراتيجية صيانة استباقية.

الوصف الفني لمنظومة شفط الغبار

تعمل المنظومة في مصنع الصلب (1) من خلال آليتين متكاملتين للسحب:

- السحب المباشر (Direct Suction) : يتم من داخل الفرن عبر الفتحة الرابعة بسقف الفرن أثناء عمليات الصهر والنفخ بالأكسجين.
- السحب غير المباشر ((Indirect Suction) : عبر مظلات علوية (Canopies) مثبتة في سقف العنبر لالتقاط الأبخرة المتسربة أثناء عمليات الشحن والصب.

تمر الغازات المسحوبة عبر أنابيب مبردة بالماء لخفض حرارتها، ثم إلى لاقط ابتدائي (Primary Collector) لفصل الجزيئات الكبيرة، وصولاً إلى حجرات المصفيات التي تحتوي على أكياس الترشيح.



المنهجية المتبعة

تم استخدام منهجية البحث التجريبي والميداني عبر:

- الرصد الفني: تتبع سجلات التشغيل ودرجات الحرارة داخل أنابيب السحب الساخنة..
- المعاينة البصرية: فحص حالة المصفيات التالفة وتحديد نمط الفشل (تمزق ميكانيكي، انسداد مسامي، أو تحلل حراري).
- تحليل المدخلات: تقييم تأثير نوعية الخردة ونسبة الجير المضاف على استقرار العملية التشغيلية.

النتائج والمناقشة: تحليل أسباب التلف:

من خلال التحليل الفني، تم تحديد ثلاثة محاور رئيسية للفشل:

- العوامل المتعلقة بالمادة الخام (خردة الحديد).

أظهرت الدراسة أن استخدام خردة غير مطابقة للمواصفات الفنية يؤدي إلى زيادة هائلة في الانبعاثات الصلبة. وجود مواد عالقة وزيوت في الخردة يسبب تكون طبقة طينية لزجة على سطح المصفيات عند اختلاطها بالأبخرة، مما يؤدي إلى ظاهرة "الانسداد غير القابل للتنظيف".

تسرب المياه من منظومة شفط الغبار

- **الخلل في منظومات التبريد.**

يعد تسرب المياه من أنابيب التبريد المبطنة لخطوط السحب من أخطر العوامل؛ حيث تؤدي الرطوبة الناتجة إلى تحول الغبار إلى كتل صلبة تسد مسام النسيج وتزيد من الوزن النوعي للمصفى، مما يؤدي لتمزقه ميكانيكياً.

- **الإجهاد الحراري :**

يجب ألا تتجاوز درجة حرارة الغازات الداخلة للمصفيات 130 درجة مئوية. إن أي خلل في بوابات التحكم (Dampers) أو انخفاض معدل خلط الهواء البارد يؤدي إلى احتراق ألياف البوليستر وفقدانها لخصائصها المرنة.

الحلول المقترحة :

للمحافظة على كفاءة المنظومة، تقترح الدراسة الحلول التالية:

- الحلول الإدارية: الالتزام الصارم بمعايير فرز الخردة ومنع دخول المواد الملوثة بالزيوت أو الرطوبة العالية إلى أفران القوس الكهربائي.
- الحلول الهندسية.
- تفعيل نظام مراقبة اللحظي (On-line Monitoring) لدرجة الحرارة والضغط التفاضلي عبر حجرات المصفيات.
- إجراء صيانة وقائية دورية لمنظومة الهواء العكسي (Reverse Air) لضمان تنظيف الأكياس بانتظام.
- تطوير نظام الإنذار المبكر للكشف عن تسرب مياه التبريد في الوصلات المرفقية.

الاستنتاجات والتوصيات

خلصت الدراسة إلى أن استقرار منظومة شفط الغبار هو نتاج توازن بين كفاءة الصيانة الميكانيكية وجودة المدخلات التشغيلية. التوصية الأساسية تكمن في ضرورة تدريب الكوادر الفنية على التعامل مع بوابات التحكّم بالضغط السالب داخل الأفران لضمان عدم تجاوز الأحمال الحرارية المسموح بها، مع التأكيد على أهمية الصيانة الدورية لجهاز تكوير الغبار لضمان انسيابية التخلص من المخلفات.

علامة المطابقة الاوربية
European Conformity

دائما ما نشاهد هذه العلامة في حياتنا اليومية في الكثير من المنتجات ولكن الكثير منا لا يعرف معناها.

تُعد علامة CE اختصار (European Conformity) واحدة من أهم العلامات التنظيمية في أوروبا.
حيث تدل على أن المنتج يلتزم بمتطلبات السلامة والصحة والبيئة التي يفرضها الاتحاد الأوروبي.
ووجود هذه العلامة على أي منتج يعني أنه تم تقييمه وفق معايير محددة تسمح بتداوله بحرية داخل السوق الأوروبية.
ففي عام 1985 ظهرت علامة CE ضمن ما يعرف بـ "النهج الجديد"، وهو نظام يهدف إلى توحيد المواصفات الفنية بين الدول الأوروبية.
ومع إنشاء السوق الأوروبية الموحدة في عام 1993 أصبحت هذه العلامة إلزامية لعدد كبير من المنتجات خاصة في المجالات الصناعية والكهربائية.
حيث تشمل المنتجات التي تتطلب علامة CE الأجهزة الكهربائية، الآلات الصناعية، معدات الحماية الشخصية، الأجهزة الطبية، ومواد البناء.
ويقوم المصنع نفسه عادةً بوضع هذه العلامة بعد التأكد من مطابقة المنتج للمعايير مع إصدار وثيقة رسمية تعرف بـ "إعلان المطابقة".
ومن المهم التوضيح أن علامة CE لا تعني أن المنتج عالي الجودة أو أنه مصنوع في أوروبا.
بل تعني فقط أنه يفي بالمتطلبات القانونية الأوروبية ومع ذلك فإن وجودها يمنح المنتج ثقة أكبر ويسهل دخوله إلى الأسواق الدولية.
كما في المجال الصناعي مثل مصانع الحديد والصلب تعتبر علامة CEضرورية عند استيراد المعدات أو تصدير المنتجات، لأنها تضمن توافقها مع المعايير الأوروبية مما يعزز السلامة والكفاءة التشغيلية.

علامة CE هي جواز عبور المنتجات إلى السوق الأوروبية ودليل على الالتزام بالقوانين وليس بالضرورة على الجودة ولكنها تظل عنصرًا أساسيًا في التجارة والصناعة الحديثة.

تطبيقات الطاقة الشمسية
Solar PV applications

د. حمزة الرجوبي
مدير مكتب كفاءة الطاقة

مقدمة:

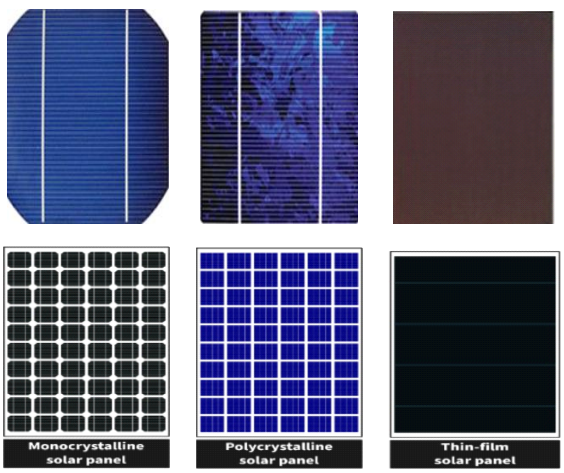
مع تزايد عدد سكان العالم وتطور الحياة، يرتفع الطلب على الطاقة. وتشير الأبحاث إلى أن هذا الطلب يتزايد يوميًا، لا سيما في الدول النامية التي تمثل جزءًا كبيرًا منه. وقد ساهم التلوث البيئي، والإحتباس الحراري، وعدم كفاية الوقود الأحفوري (النفط والغاز الطبيعي والفحم وغيرها) لتوليد الطاقة الكهربائية في تسريع البحث عن مصادر الطاقة المتجددة واستخدامها. ووفقًا لتقرير الأمم المتحدة العالمي لتنمية المياه الصادر عام 2025، يتزايد الطلب على المياه والغذاء والطاقة بوتيرة متسارعة. وتُعد أنظمة الطاقة الشمسية اليوم بديلاً عمليًا لمعظم التطبيقات، بما في ذلك أنظمة ضخ المياه. حيث تعد الطاقة الشمسية إحدى الخيارات الاستراتيجية الرئيسية لتلبية الاحتياجات المستقبلية والمحلية والعالمية من الطاقة.

تعتمد كمية الطاقة المنتجة من الألواح الشمسية بشكل أساسي على شدة الإشعاع الشمسي المتاح ودرجة حرارة سطح الألواح. الإشعاع الشمسي هو كمية لحظية تصف تدفق الإشعاع الشمسي الساقط على سطح الأرض (واط ساعة/م^2). تبلغ كثافة ضوء الشمس في الغلاف الجوي الخارجي حوالي 1367 واط ساعة/م^2، بينما لا يتجاوز ما يسقط على سطح الأرض من الإشعاع الشمسي 1000 واط ساعة/م^2. نظريًا، تكفي الطاقة الشمسية لتلبية احتياجات الإنسان من الطاقة. مع ذلك، يُمثّل استخدام الطاقة الشمسية بكفاءة واقتصادية تحديًا دفع الباحثين إلى التركيز على دراسة هذه المسألة. تقوم تقنية الخلايا الكهروضوئية PV بتحويل طاقة ضوء الشمس مباشرةً إلى تيار مستمر باستخدام وصلة شبه موصلة PN (junction) هذا التحويل لضوء الشمس إلى كهرباء يجعل الخلايا الكهروضوئية تقنية أساسية في أنظمة الطاقة الشمسية، إذ تُوفّر مصدرًا نظيفًا ومتجددًا للطاقة.

في الخلايا الشمسية، تتواجد الإلكترونات المولدة للطاقة في نطاق التكافؤ لمادة أشباه الموصلات. عندما يسقط ضوء الشمس على الخلية الشمسية، فإنه يُثير الإلكترونات في نطاق التكافؤ، مما يمنحها طاقة كافية للانتقال إلى نطاق التوصيل الذي يعلو نطاق التكافؤ. وهذا يجعلها حرة الحركة وقادرة على توصيل الكهرباء. لذا، تُختار مواد أشباه الموصلات بعناية لتتمتع بخصائص إلكترونية مناسبة ولتعزيز كفاءة الطاقة الشمسية.

الطاقة الكهروضوئية تعني توليد الكهرباء عن طريق تحويل الفوتونات الضوئية إلى جهد كهربائي، لاحظ إدموند بيكريل التأثير الكهروضوئي عام 1839م، وقد حوّلت الخلية الكهروضوئية المصنوعة من أشباه الموصلات السيليكونية 6% من ضوء الشمس إلى كهرباء عام 1954م، و 8 % لخلية شمسية سيليكونية عالية الكفاءة عام 1957. انخفضت تكلفة إنتاج الخلايا الشمسية بشكل كبير منذ سبعينيات القرن الماضي، وقد جعلت التطورات في تكنولوجيا إلكترونيات الطاقة وعلوم المواد تكنولوجيا الخلايا الكهروضوئية أكثر جدوى اقتصادية وعملية. تشير كفاءة الخلايا الشمسية إلى كمية الفوتونات التي يمكن تحويلها إلى طاقة كهربائية قابلة للاستخدام. ويعمل الباحثون والمهندسون على تقليل الفاقد والتغلب على التحديات لتحسين كفاءة الطاقة الشمسية.

يسعى الباحثون إلى زيادة كفاءة ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية وخفض تكلفتها. وتُستخدم حاليًا مواد وتقنيات مختلفة لتصميم هذه الخلايا، إلا أن مبادئ تشغيلها واحدة، ويتم إنتاج أنواع عديدة منها. يُعد السيليكون المادة الأكثر شيوعًا في صناعة هذه الخلايا، ويُستخرج من الرمل المتوفر بكثرة على سطح الأرض، مما يتيح وفرة من المواد الخام اللازمة لإنتاج ألواح الطاقة الشمسية الكهروضوئية. أما فيما يتعلق بتقنية الإنتاج، فتُصنع الخلايا الكهروضوئية من السيليكون أحادي البلورة، والسيليكون متعدد البلورات، والأغشية الرقيقة. يوضح الشكل المرفق الأنواع الثلاثة المصنعة من خلايا المواد الشمسية.



صور لأنواع الخلايا الكهروضوئية المصنعة

تولد الألواح الشمسية (V panels) جهد مستمر (DC) يعطي طاقة كهربائية نظيفة. يتطلب استخراج أقصى قدرة منها وجود وحدة تحكم تشغل الألواح الشمسية عند الجهد الكهربائي المناسب، وتعرف بتقنية تتبع نقطة الطاقة القصوى (MPPTcontrol) لذا يتطلب نظام الطاقة الشمسية أنظمة مدمجة (Embedded systems)،

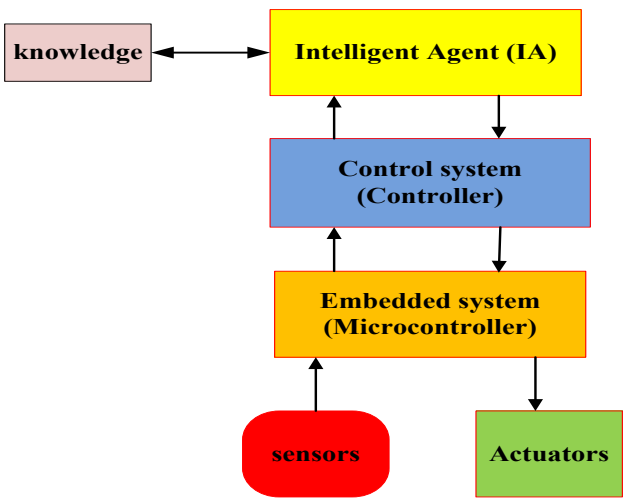
تعتمد على الميكروكنترولر وتقنية إلكترونيات القدرة، لتوفير الجهد المناسب للمعدات، واستخراج أعلى قدرة متاحة. بالإضافة إلى ذلك، قد يحتاج النظام إلى بطاريات تخزين لتشغيل المعدات في غياب الإشعاع الشمسي (مثل الإضاءة الليلية). تعد تطبيقات الطاقة الشمسية جذابة ومثالية، خاصة في المناطق النائية التي تفتقر إلى إمدادات الشبكة الكهربائية. أما بالنسبة لنظام البطاريات قد يكون ضروري للنظام، ولكنه مكلفاً، لذا عادةً ما يتم استبعادها عندما تتوفر بدائل أخرى لتخزين الطاقة؛ مثل استخدام خزانات المياه في أنظمة الضخ والري الزراعي. في هذه الحالة، يتم تخزين الطاقة على شكل مياه مرفوعة بدلاً من طاقة كهربائية كيميائية، مما يقلل بشكل كبير من التكلفة والفقودات الكهربائية وتكاليف الصيانة. عموماً تُعد الكهرباء مورداً ثميناً للبلاد، ومكلفاً لاسيما عندما يكون مصدره نظيف، يستوجب رفع كفاءة استخدامه، وترشيد استهلاكه.

المتحكّمات الدقيقة وتطبيقاتها:-

تعتبر المتحكمات الدقيقة (Microcontrollers) العقل المُدبِّر للمعدات الكهربائية والاجهزة الالكتروبية. المتحكم الدقيق أو الميكروكنترولر عبارة عن حاسوب متكامل صغير الحجم (حدود 1سم^2) قابل للبرمجة، مُخبّأ داخل المعدّة، سهل التعامل، وينفذ الأوامر بسرعة ودقة عالية (40 MHz)، مما يتيح التحكم المناسب بالمعدة. تغذّى هذه المتحكّمات بجهود منخفضة مستقرة (5.0 - 3.3 V) لتشغيلها، وتُوصَل بالمتحسّسات (Sensors) لأخذ المعلومات اللازمة للتشغيل، كما تُوصَل بالمحركات الكهربائية والصمامات (Actuators) لتنفيذ الحركات المطلوبة. يتم برمجة المتحكّم الدقيق بعدّة طرق، وتُجمَّع العناصر الإلكترونية معه، مثل المكثّفات والمقاومات والترانزستورات، لأسباب فنية. وتُركَّب وتُثبَّت جميع هذه القطع الإلكترونية على ألواح إلكترونية (Printed Circuit Board) وفق تصميم الدائرة، وذلك لتشغيل المعدّة والتحكّم بها بشكل احترافي. تدخل المتحكمات الدقيقة، في الصناعات الكهربائية والإلكترونية، من معدات طبية ومنزلية ذكية، وتُعَدّ مدخلاً أساسيًا للصناعة. ويُسمّى القسم الذي يختصّ بتطبيقاتها قسم الميكاترونيكس (Mechatronics)، وتدخل كذلك في صناعة الروبوتات (Robotics)،

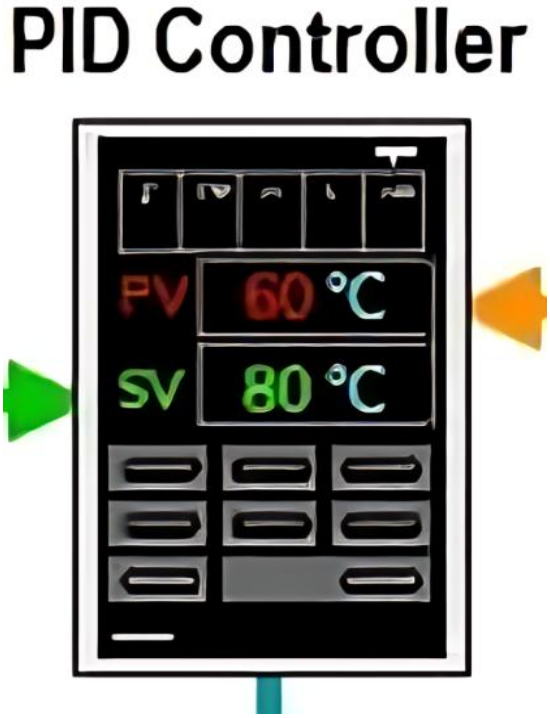
وهو من أهم المجالات الهندسية الصناعية في عصرنا الحالي، لأنه ببساطة القلب النابض للتكنولوجيا الحديثة. تظهر المتحكمات الدقيقة بأشكال متنوعة ومن إنتاج عدة شركات عالمية، حيث يُستخدم بعضها لأغراض تعليمية مثل لوحة الأردوينو، بينما يُستعمل بعضها الآخر مباشرة في التطبيقات الصناعية مثل (PIC - DSPIC) ولعلّنا نسمع كثيرًا بمصطلحي الأتمتة والتحكّم الآلي (Automatic control)، هذه المصطلحات تبدأ ببساطة من المتحكمات الدقيقة وتطبيقاتها المختلفة.

فهي ممتعة وسهلة التعلّم والتطبيق والاستعمال والبرمجة، كما يمكن دمجها في المعدّات لتكون نقطة البداية للدخول في الصناعة والتقدم التكنولوجي، بدءًا من صناعة الأجهزة والمعدات البسيطة، وصولًا إلى صناعة السيارات والطائرات. تظهر المعدّات والأجهزة الإلكترونية في صورها المعتادة، بينما تحتوي في الحقيقة على حاسوب متكامل مخفي يُعرف بالنظام المُدمج (Embedded system)، وهو المسؤول عن تشغيلها، ويتمثّل في المتحكّم الدقيق (Microcontroller) تُستخدم هذه المتحكّمات في جميع الأجهزة الكهربائية والإلكترونية بعد برمجتها وفق وظيفة الجهاز وطريقة عمله. يُمثّل الجانب البرمجي (Software) الوكيلَ الذكي، إذ يعتمد أحيانًا على الخوارزميات لتنفيذ الخطة الاستراتيجية المناسبة، إضافةً إلى الحاكم، وبروتوكولات الاتصال، وغيرها مما يلزم لتكوين نظام برمجي متكامل قادر على التشغيل والتحكّم. حيث يُعدّ المتحكم الدقيق بمثابة عقل النظام، يقوم بتنفيذ التعليمات البرمجية المُدمجة على هيئة اشارات أو نبضات كهربائية يتم التحكّم بها لتشغيل المحركات (Actuators) بدقّة عالية. ويوضّح المخطط الانسيابي دور وترابط النظام المُدمج ضمن نظام متطوّر يهدف إلى تلبية متطلبات التشغيل والتحكّم بدقة وتحقيق استقرارية النظام.



المخطط الانسيابي: ترابط النظام المدمج بالمعدات والاجهزة.

يستجيب ويتفاعل النظام المُدمج أو المتحكّم الدقيق مع مختلف أجهزة الاستشعار، ويتواصل معها عبر بروتوكولات اتصال للحصول على المعلومات أو البيانات باعتبارها مُدخلات لنظام التحكم (وحدة التحكم). في المقابل، توفّر الخطة الاستراتيجية للنظام (على سبيل المثال: خوارزمية) تتابعَ تنفيذ الأوامر وترابطها، والقيمَة المرجعيةَ المرغوبة للكميات المتحكَّم بها، مثل السرعة أو الجهد أو المسافة وغيرها، ويُشار إلى ذلك بالنظام الذكي. وبهذه الطريقة يتم بناء الطائرة المُسيَّرة، والهاتف المحمول، وجميع المعدّات الطبية والمنزلية الذكية. حيث تقوم المتحسّسات، بمختلف أنواعها، بتحويل المعلومات الفيزيائية، مثل درجة الحرارة أو السرعة أو الموضع أو المسافة، إلى إشارات كهربائية (نبضات أو جهود أو تيارات). يقرأ المتحكّم الدقيق الإشارة ويفسّرها لتمثّل الواقع على هيئة معلومات يتم التصرّف بناءً عليها وفق الخطة الاستراتيجية، وذلك عبر المحرّكات والأجزاء الميكانيكية وغيرها. ويتيح ذلك إمكانية بناء حلقة تحكّم داخل النظام تنفذ المطلوب بدقة. تتضمّن حلقة التحكم المغلقة تغذية راجعة، تتمثّل في القيمة الحقيقية للكمية المقاسة، والقيمة المرغوب تحقيقها وفق الخطة الاستراتيجية بوصفها بالإشارةً المرجعية، إضافةً إلى حاكم مثل (PID controller) يقلل الخطأ ويزيد السرعة واستقرارية النظام.



إعادة التدوير البلاستيك

في حياتنا اليومية نستخدم البلاستيك بشكل واسع من عبوات المياه إلى أواني الطعام ولكن القليل منا ينتبه إلى الرموز الصغيرة الموجودة على هذه المنتجات، هذه الرموز ليست مجرد أشكال بل هي دليل مهم يساعدنا على معرفة نوع البلاستيك وكيفية التعامل معه بطريقة صحيحة ، تحمل كل قطعة بلاستيكية رقماً داخل مثلث إعادة التدوير من 1 إلى 7 يشير إلى نوع المادة البلاستيك المستخدمة.

البولي ايثيلين تيريفثالات (PETE)، (PET): يسهل اعادة تدويره ويوجد في القطع ذات الاستخدام لمرة واحدة للطعام والشراب.
- ❑ يستخدم مرة واحدة فقط

البولي اثيلين عالي الكثافة (PE-HD): هذا النوع من البلاستيك غير شفاف.
- ❑ يمكن استخدامه اكثر من مرة واعادة تدويره

كلوريد البولي فينيل (PVC): من الصعب اعادة تدويره لاحتوائه على مادة الفثالات.
- ❑ أخطر أنواع البلاستيك ولا يستخدم لتخزين الطعام

البولي اثيلين منخفض الكثافة (PE-LD):هذا النوع من البلاستيك لين ومرن، يجب التحقق من مواصفاته للتأكد من قبوله للتدوير محليا.
- ❑ خطر ولا يصلح للاستخدام

مادة البولي بروبيلين (PP): يمكن اعادة تدويره، لمزيد من الأمان يجب التحقق من مطابقته للمواصفات المحلية.
- ❑ أفضل انواع البلاستيك ويتحمل الحرارة ولا يتفاعل مع الأطعمة

البولي ستيرين (PS): يعرف هذا النوع من البلاستيك أيضا باسم الستايروفوم، لكنه يحتوي على الستايرين وهي مادة مسرطنة وغير مقبولة بشكل عام ضمن برنامج إعادة التدوير.
- ❑ قد ينقل مواد خطيرة من البلاستيك للأطعمة والمشروبات.

أخرى: تشمل المواد البلاستيكية غير الدرجة في الفئات الستة السابقة، بما في ذلك BPA، البولي والبلاستيك الحيوي.
- ❑ هو الأخطر ويؤدي للعديد من المشكلات الصحية.

ثورة في عالم ألواح الطاقة الشمسية

م. سراج محمد التريكي
إدارة البحث والتطوير

مقدمة:

تمثل الطاقة الشمسية المصدر الأوفر والأكثر انتشارًا ضمن مجموعة مصادر الطاقة المتجددة، حيث برزت تقنية الخلايا الكهروضوئية التي تُستخدم في الألواح الشمسية التقليدية كحل محوري وفعال لتوليد الكهرباء النظيفة والمستدامة.

تم إختراع أول لوح طاقة شمسية عام 1954 في مختبرات بيل (Bell Laboratories) بالولايات المتحدة الأمريكية عن طريق علماء مهندسين هم داريل تشابين(Daryl Chapin) وكالفن فولر(Calvin Fuller) وجيرالد بيرسون(Gerald Pearson) حيث صنع هذا الفريق أول لوح كهروضوئي يعتمد على (السيليكون) بكفاءة تصل إلى حوالي 6%، مما جعله عمليًا بما يكفي لتشغيل الأجهزة الكهربائية الصغيرة، وبداية للتكنولوجيا الحديثة التي نستخدمها اليوم، تعد الخلايا الشمسية السيليكونية هي التقنية الأكثر انتشاراً في الأسواق، لكنها ليست المسار الوحيد لتوليد الكهرباء من الضوء وخلال السنوات الأخيرة اتجهت فرق بحثية عديدة لاستكشاف مواد بديلة قد تفتح آفاقاً جديدة في الكفاءة أو التصميم أو التصنيع فمن بين هذه المواد ما يُسمّى البلورات الفروكهربائية (Ferroelectrics)، وهي مواد تمتلك فصلًا مكانيًا طبيعيًا للشحنات الموجبة والسالبة داخل البنيه البلورية، ما يخلق لا تناظر (Asymmetry) قد يسمح بتوليد تيار أو جهد عند تعرّضها للضوء، قامت جامعة مارتن لوثر في هاله-فيتنبرغ (Martin Luther University Halle-Wittenberg)في المانيا بتشكيل فريق بحثي بقيادة الدكتور أكاش بهاتناغار (Dr. Akash Bhatnagar) لتجاوز هذا الحد و رفع كفاءة الالواح الشمسية. ركز هذا الفريق اهتمامه على المواد التي تظهر التأثير الكهروضوئي الكلي والموجود في المواد الفيروكهربائية (Ferroelectrics)التي تفتقر إلى التناظر الانعكاسي ولكن المشكلة كانت أن المواد الفيروكهربائية مثل تيتانات الباريوم (BaTiO3)تولد فرق جهد عال فإن تيارها الكهروضوئي يكون ضعيفاً للغاية لأنها تمتص جزءاً صغيراً فقط من طيف ضوء الشمس.

ومن هنا كان عمل الفريق إيجاد استراتيجية لتعزيز هذا التيار بشكل كبير وهي مبنية على هندسة التركيب البلوري على المستوى النانوي لتعزيز التفاعلات البينية وأطلق عليها الباحثون هندسة الترتيب القطبي وقسمت على مرحلتين هما:-

- تصميم الشبكة الفائقة ثلاثية الألوان :-

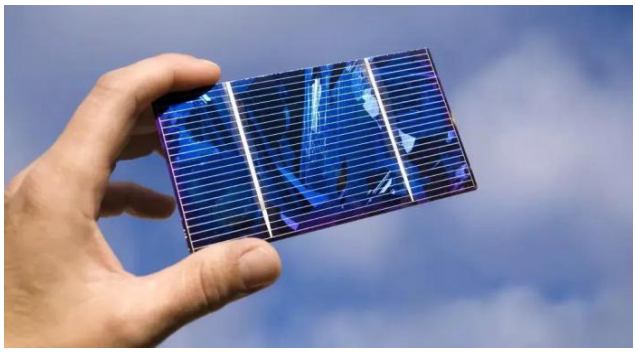
ابتكر الباحثون هيكلاً بلورياً معقداً يُعرف باسم الشبكة الفائقة ثلاثية الألوان (Trichroic Superlattice) وهو عبارة عن ترتيب دوري لطبقات رقيقة جداً (نانوية) من ثلاث مواد تيتانات مختلفة وتم ترسيبها بتقنية الشعاع الجزيئي (MBE) أو الترسيب بالليزر النبضي(PLD) .

الهيكل :يتكون الهيكل من تكرار طبقات الباريوم BTO، تليها طبقة السترونشيوم STO، ثم طبقة الكالسيوم CTO، وهكذا

- التناوب بين الخصائص القطبية :-

هو التناوب بين مادة فيروكهربائية (لها شحنات موجبة وسالبة مفصولة بشكل دائم) ومواد باراكهربائية (التي لا تُظهر استقطاباً كهربائياً إلا تحت تأثير خارجي) هذا التناوب يُنشئ توتراً ميكانيكياً واختلالاً في التناظر عند الواجهات البينية.

وفي يونيو من عام 2025 أعلنت الجامعة انها طورت الألواح الشمسية لتكون بحجم راحة اليد بمساحة 10 سم^2 وذات كفاءة عالية جدا.



هذا الابتكار يمثل جيلًا جديدًا من تكنولوجيا الطاقة الشمسية وليس جزءًا من تاريخ الألواح الشمسية التقليدية.

النتائج الرئيسية :-

- التعزيز الهائل للتيار الكهروضوئي :-

عند مقارنة التيار المتولد من الشبكة الفائقة ثلاثية الألوان بتيار طبقة نقية من تيتانات الباريوم بنفس السمك وجد أن التيار الكهروضوئي في الشبكة الفائقة كان أقوى بثلاثة أضعاف أسية (10^3) أي ما يعادل 1000مرة.

هذه الزيادة تحققت على الرغم من أن الحجم الكلي للمادة الفيروكهربائية النشطة (BaTiO3) قد تم تقليله بشكل كبير في الهيكل الجديد.

- قابلية التعديل :-

يمكن تعديل كفاءة توليد التيار عن طريق تغيير عدد الطبقات ونسبة التناوب بين المواد المختلفة في الشبكة الفائقة وهذا يوفر حرية إضافية للتحكم في خصائص الخلايا الشمسية.

آلية العمل :-

1. تضخيم السماحية الكهربائية : التحليل الطيفي والقياسات العازلة للمادة كشفت عن أن التفاعل بين طبقات التيتانات المختلفة (التيارات المتعاكسة الناتجة عن التوتر) يؤدي إلى زيادة كبيرة في السماحية الكهربائية للشبكة الفائقة.
2. تحسين فصل الشحنات : هذه السماحية الكهربائية العالية جداً تعمل على تسهيل حركة الإلكترونات التي تتولد بفعل امتصاص ضوء الشمس مما يضمن فصلاً فعالاً وسريعاً للشحنات بدلاً من إعادة اتحادها.
3. التأثير البيني : التأثير الكهروضوئي الكلي (BPVE) لا يحدث فقط في طبقات تيتانات الباريوم BTO بل يتم تضخيمه بشكل كبير من خلال التفاعلات التي تحدث عند الواجهات البينية بين الطبقات الفيروكهربائية والباراكهربائية مما يخلق خصائص جديدة للمادة الكلية لم تكن موجودة في المواد المكونة لها بشكل منفرد.

المواد المستخدمة في الالواح الشمسية الألمانية :-

تيتانات الباريوم (Barium - Ba)

تيتانات السترونشيوم (Strontium - Sr)

تيتانات الكالسيوم (Calcium - Ca)

مميزات ألواح الطاقة الشمسية الألمانية المبتكرة :-

- كفاءة عالية :قدرة على توليد طاقة تفوق الألواح التقليدية بأكثر من 1000 ضعف بالنسبة للحجم.
- مواد جديدة :لا تعتمد على السيليكون، مما يفتح الباب لخفض تكاليف الإنتاج.
- الاستقرار طويل الأمد : أظهرت الاختبارات أن التيار الناتج من هذه الألواح ظل ثابتاً تقريباً على مدى ستة أشهر من التشغيل هذا الاستقرار في الأداء أمر بالغ الأهمية ويشير إلى متانة المواد المستخدمة وقدرتها على العمل بفعالية لفترة طويلة.

التحدي القادم والخطوة التالية للفريق هو توسيع نطاق الإنتاج لهذه التقنية لنقلها من حجم العينة البحثية الصغيرة (بحجم راحة اليد) إلى ألواح تجارية يمكن استخدامها على نطاق واسع في التطبيقات الصناعية والاستهلاكية.

المقارنة بين الالواح الشمسية التقليدية والألواح الشمسية الالمانية المبتكرة :-

الخاصية	الألواح الشمسية التقليدية	الألواح الشمسية الألمانية المبتكرة
المادة الأساسية	السيليكون البلوري ، في صورة أحادية أو متعددة البلورات	بلورات التيتانات (تيتانات الباريوم، والسترونشيوم، والكالسيوم)
التركيب الكيميائي	مادة شبه موصلة	مادة فيروكهربائية وبارا كهربائية
الهيكل الداخلي	وصلة P-N تقليدية	الشبكة الفائقة النانوية ثلاثية الألوان
آلية توليد الكهرباء	التأثير الكهروضوئي التقليدي	التأثير الكهروضوئي الكلي (BPVE)، المُضخَّم
كفاءة التحويل (المعيارية)	تتراوح بين 18% إلى 23% في أفضل الحالات التجارية	زيادة تصل إلى 1000 ضعف في قوة التيار مقارنة بالمادة النقية (نتائج معملية)
القدرة المُولَّدة لكل $1m^2$	حوالي 0.2 إلى 0.3 كيلووات (kW) كقدرة قصوى	كيلووات في الساعة 50KWh قيمة معملية متوقعة
كفاءة امتصاص الضوء	محدودة بحد شوكلي-كويسر	نظرياً، يمكنها تجاوز حدود شوكلي-كويسر.
حجم الخلية	كبير، اللوح التجاري القياسي يتراوح بين 1 إلى 2متر مربع	صغير جداً (بحجم راحة اليد أو أقل). النماذج المختبرية كانت بحجم 10 سم مربع
سُمك الطبقة النشطة	مئات الميكرومترات (µm)	رقيق جداً (نانوي)، حوالي 200 نانومتر أو أقل
الوزن	ثقيلة نسبياً، وتتطلب هياكل تثبيت قوية.	خفيفة للغاية، مما يفتح آفاقاً للتطبيقات المرنة.
الاستقرار	استقرار ممتاز على المدى الطويل (عادة 25 سنة ضمان)	أظهرت الاختبارات استقراراً جيداً للتيار لأكثر من ستة أشهر في الظروف المعملية
التكلفة	تكلفة إنتاج السيليكون مرتفعة نسبياً (رغم انخفاضها مؤخراً)	المواد الخام أرخص من السيليكون، مما يفتح الباب لخفض كبير في تكاليف الإنتاج

الخلاصة :-

استراتيجية تصميم الشبكات الفائقة الفيروكهربائية والباراكهربائية تمثل طريقاً جديداً وممتازاً لتعزيز الكفاءة الكهروضوئية في الخلايا الشمسية.

هندسة الترتيب القطبي على المستوى النانوي تتيح لنا التحكم في خصائص النقل الإلكتروني (Electron Transport) في أكسيدات التيتانات مما يفتح الأبواب لتطبيقات عملية ذات كفاءة عالية وتكلفة منخفضة تتجاوز حدود تقنية السيليكون التقليدية.

المراجع :-

- https://www.youtube.com/watch?v=ef15wBtsgZk
- ورقة بحثية بعنوان "Strongly enhanced and tunable photovoltaic effect in ferroelectric-paraelectric superlattices" في جامعة (Martin Luther University Halle-Wittenberg).

الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة
الخصائص والمكاسب الممكنة لتحسين الكفاءة

م. عبدالله محمد بلتو
إدارة البحث والتطوير

مقدمة:

لازالت الطاقة المحرك الأساسي للنمو الاقتصادي فهي تحظى باهتمام جميع دول العالم لأهميتها الكبيرة في مجال التطور الاقتصادي والاجتماعي، وتطورت استخدامات الطاقة وتنوع استعمالاتها سواء من حيث تعدد مصادرها أو من حيث استهلاكها ومجالات استعمالاتها المختلفة، لذلك أصبح قطاع الطاقة في العالم أهم المحاور التي يطرحها نموذج التنمية، والدعم الكبير لأسعار الطاقة أدى إلى خسائر اقتصادية مع ارتفاع لمعدلات الطلب عليها، وتزايد الحاجة لاستثمارات هائلة في هذا المجال بالإضافة إلى ما يعرف بانخفاض كفاءة استخدام الطاقة والتأثيرات البيئية. ولإيجاد الحلول لهذه المشاكل لابد من تطبيق جملة من الإصلاحات الاقتصادية والمؤسساتية لهذا القطاع باعتباره يلعب دوراً رئيسيا في التنمية، ونظراً للتوجهات الحالية نحو إدارة مستدامة وأكثر اقتصادا لقطاع الطاقة، قامت العديد من الدول بمراجعة سياساتها المتعلقة بالطاقة من خلال تطوير وتنفيذ سياسات وبرامج لأجل تغيير أنماطها غير المستدامة المستخدمة في كل القطاعات، خاصة القطاعات الأكثر استهلاكا للطاقة كالقطاع الصناعي، وبرزت مسألة كفاءة الطاقة من خلال الاستخدام المنطقي للموارد الطبيعية والإدارة الملائمة لها بالاستعمال الأمثل والحد من التبذير وتحسين البيئة، وهو ما يحتم وضع خطط تفصيلية في مجال اقتصاد الطاقة وتحسين كفاءتها في القطاع الصناعي.

تصنف الصناعات من حيث استهلاكها للطاقة :-

1. الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة كالإسمنت، والزجاج، والحديد والصلب والألمنيوم، والمواد الكيميائية والبتروكيميائية.
2. الصناعات متوسطة استهلاك الطاقة مثل الأثاث، والتبغ، والطباعة، ودبغ الجلود، والمنسوجات.
3. الصناعات متدنية الاستهلاك للطاقة مثل صناعة السيارات، والحواسيب، والأدوات المنزلية، والكهربائيات والإلكترونيات، وصناعات المعدات والآلات.

خصائص الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة :

تستخدم الطاقة في الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة في نظم التسخين والتبريد، وتوليد الطاقة والكهرباء، وفي بعض الأحيان كمادة تغذية أساسية" خام تدخل في التصنيع، كما هي حال الغاز الطبيعي في صناعة الحديد والصلب والمواد البتروكيميائية والأسمدة. وللصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة الخصائص التالية:

- ارتفاع الاستهلاك النوعي للطاقة، وعادة ما تكون المصانع المنخفضة الكفاءة العاملة في الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة الأقدم عمراً والأصغر حجماً مرتفعة الاستهلاك النوعي للطاقة وغير فعالة، كما أن المصنع العامل دون طاقته الكاملة لديه استهلاك نوعي أكبر للطاقة بالمقارنة مع مصنع يعمل بطاقته الكاملة.
- نسبة عالية من استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي. على سبيل المثال، تستأثر صناعة المواد الكيميائية والبتروكيميائية والحديد والصلب بنحو نصف الطاقة التي يستخدمها القطاع الصناعي في العالم 21%، وترتفع النسبة في مصر مثلاً لتصل إلى أكثر من 60 %.
- إمكانية عالية لتوفير الطاقة فنحو ثلثي إمكانيات وفورات الطاقة في القطاع الصناعي يوجد في الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، ويمكن لهذه الوفورات أن تقلص التكاليف بنسبة تتراوح بين 3 و 4 %.
- استئثار كلفة الطاقة بنسبة كبيرة من إجمالي كلفة الإنتاج، تتراوح في الولايات المتحدة الأمريكية بين 20 و 50 % في صناعة المواد الكيميائية ، و 15 و 20 % في صناعة الصلب و 20 و 40 % في صناعة الإسمنت ، و 14 % في صناعة الزجاج.
- تأثير كبير على البيئة بسبب أنواع الوقود والمواد الخام المستخدمة. تعتبر صناعة الحديد والصلب وصناعة البتروكيماويات من اكثر الصناعات المسؤولة عن انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.
- إمكانية عالية لاستخدام مصادر بديلة للطاقة. ففي صناعة الصلب، مثلاً، يمكن وبالكامل إعادة استخدام الغازات الناتجة من أفران فحم الكوك، والأفران اللافحة، والأفران الأكسجينية القاعدية. كذلك يمكن استرداد الحرارة المهدرة من وحدات الكبريت في صناعة الأسمدة، واستخدام نفايات المواد الكيميائية والخشب والإطارات المستهلكة والكتلة الأحيائية في صناعة الإسمنت.
- استخدام الطاقة في العمليات الرئيسية، بما في ذلك استخراج الموارد الطبيعية وتحويلها إلى مواد خام، وفي الصناعة التحويلية للمنتجات النهائية.

خصائص استهلاك الطاقة في صناعة الحديد والصلب:

يشهد مستوى تواجد الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة ومن بينها صناعة الحديد والصلب إما ثباتا أو تراجعاً في الدول الصناعية المتقدمة لكنه يتزايد في الدول النامية التي لا تزال بنيتها التحتية ومبانيها قيد الإنشاء، وفي كثير من الحالات تستأثر تلك الصناعات بأكثر من نصف استهلاك القطاع الصناعي للطاقة ، بين سنة 2003 و 2013 ، ازداد الإنتاج العالمي للحديد الخام من 927 إلى 1,606 مليون طن تنتج الصين 48.5 في المائة منه. وبحلول 2050 ، يتوقع أن ينمو الناتج العالمي بنحو 1.5 مرة عما كان عليه سنة 2013. الصلب من المواد الأساسية في الكثير من القطاعات، بما في ذلك البنية التحتية، والإنشاءات الجسور والمباني، والنقل (سكك الحديد، السيارات)، والمرافق العامة (محطات الطاقة وشبكات المياه البلدية، والصناعات التحويلية (بما في ذلك المعدات العسكرية، ومعدات الطاقة والغذاء والأجهزة والأدوات). يستهلك قطاع البناء نسبة 50 % من استهلاك الصلب العالمي، يليه النقل بنسبة 16 في المائة، والآلات بنسبة 1%، والمنتجات المعدنية بنسبة 14 %، والأدوات المنزلية بنسبة 3 %، والمعدات الكهربائية بنسبة 3 %.

تتسبب صناعة الصلب بنسبة تتراوح بين 5 و 10 % من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في العالم، وبالنظر إلى توقعات النمو، فيتعين تخفيض الانبعاثات لكل طن منتج بمقدار النصف لتثبيت الانبعاثات على مستوياتها الحالية مع حلول عام 2050.

يصنف إنتاج الصلب إلى إنتاج أولي يعتمد على الفحم، وخام الحديد، والحجر الجيري، وفي بعض الأحيان على الخردة، ويستهلك مقداراً مفرطاً من الطاقة للطن الواحد، وإنتاج ثانوي يستخدم الخردة. وعلى جميع الأحوال، يتضمن إنتاج الصلب عمليات صناعية متنوعة منها الاختزال المباشر لخام الحديد؛ ومن ثم تصنيع المنتجات مثل القضبان واللوحات والصفائح والشرائط والأسلاك؛ وإنتاج الأنابيب والمواسير.

تستأثر أفران الأكسجين بنحو 70 % من إنتاج الصلب العالمي، بينما يصنع 29 % من الفولاذ في العالم في أفران القوس الكهربائي حيث تستخدم الكهرباء لإذابة الفولاذ المعاد تدويره بينما تنتج أفران الجمرة المكشوفة 1 % فقط من الصلب. يمكن لاستبدال أفران الأكسجين بأفران الجمرة المفتوحة أن يخفض الاستهلاك النوعي للطاقة بمقدار 8 جيجا جول للطن الواحد من الصلب؛ أما التحول من استخدام أفران الأكسجين إلى أفران القوس الكهربائي، فيمكن له أن يقلص الاستهلاك النوعي للطاقة بمقدار 20 جيجا جول للطن الواحد من الصلب. وهناك عمليات أخرى أهمها:

عملية الاختزال المباشر، والتي تستأثر تقريبا بنصف إجمالي طاقة إنتاج الصلب في دول مجلس التعاون الخليجي البالغة 25 مليون طنا في السنة. في هذه العملية يختزل خام الحديد في حالته الصلبة ، فيتشكل المعدن السائل أثناء الاختزال، ويمكن للحديد المختزل أن يحول إلى الصلب في فرن القوس الكهربائي هذا، وقد توسع إنتاج الصلب باستخدام الاختزال المباشر في البحرين، وقطر، والمملكة العربية السعودية والإمارات العربية المتحدة خلال العقد المنصرم.

ترشيد استهلاك الطاقة في صناعة الحديد والصلب :

يمكن تحقيق مكاسب في كفاءة الطاقة تصل إلى 24 % في قطاع الحديد والصلب على الصعيد العالمي حتى باستخدام التكنولوجيات المتاحة حالياً. لكن التكنولوجيات المتقدمة تظل هي الأكثر فعالية، مع أن الاستهلاك النوعي للطاقة في الحديد والصلب تقلص بنسبة 60 % منذ 1960، إلا أن الطاقة لا تزال تمثل نسبة تتراوح بين 20 و 40 % من إجمالي كلفة إنتاج الصلب. هذا، ويمكن تحقيق تحسينات إضافية والتي منها التحول إلى أساليب معالجة أكثر فعالية مثل الاستغناء التدريجي عن أفران الأكسجين وزيادة استخدام أفران القوس الكهربائي، وزيادة استرجاع الحرارة المفقودة من الغازات الساخنة واستخدام منهجية التكامل الحراري وتطبيق وسائل فعالة في مراحل الإنتاج النهائي والتشطيب. ثمة إمكانية عالية لاسترجاع الحرارة المستنفدة عبر الغازات المنبعثة من أفران الكوك، والأفران اللافحة، وأفران الأكسجين؛ وأفران القوس الكهربائي هذا، ويمكن استرجاع أكثر من 90 % من غازات أفران الكوك.

الصلب أكثر مادة يعاد تدويرها في العالم، حيث يعاد تدوير نحو 650 مليون طن من الصلب كل سنة وتسهم إعادة التدوير بشكل كبير في وفورات الطاقة والمواد الخام، حيث يمكن توفير أكثر من 1.400 كيلو غرام من خام الحديد، و 740 كيلوغرام من الفحم، و 120 كيلو غرام من الحجر الجيري مقابل كل طن يعاد تدويره من الصلب. والجدير بالذكر أن الاستهلاك النوعي للطاقة في إنتاج الصلب المعاد تدويره يتطلب 8 جيجا جول لكل طن من الصلب، مقابل 20.6 جيجا جول لكل طن عند الإنتاج من خام الحديد.

المعدل العالمي للاستهلاك النوعي للطاقة عادة يقاس بوحدة طن نفط مكافيء والتي تساوي 11630 كيلووات ساعة ، ويقاس الاستهلاك النوعي للطاقة في الصناعات الكثيفة الاستهلاك بضرب الانتاج من الصلب السائل في الاستهلاك النوعي للطاقة والمقدر في صناعة الصلب بـ 570 كيلوجرام مكافيء نفط لكل طن من المنتج.

للحد من الاستهلاك الزائد للطاقة تم وضع العديد من التدابير لتحسين ورفع كفاءة استهلاك الطاقة موضحة بالجدول التالي:

ر.م	العملية	الوفر المتوقع
1	التحكم بالعمليات الصناعية	5- 15 %
2	استرجاع الحرارة المفقودة	5- 45 %
3	تحسين كفاءة الاحتراق	5- 25 %
4	تحسين نظم ادارة الطاقة	7- 20 %
5	التوليد المشترك للحرارة والكهرباء	5- 40 %
6	تحسين معامل القدرة	5- 20 %
7	محركات عالية الكفاءة	5- 10 %
8	تحسين نظم البخار	5- 50 %
9	استخدام الوقود البديل	2- 15 %
10	الإضاءة العالية الكفاءة	15- 50 %

استهلاك الطاقة في الشركة الليبية للحديد والصلب:

- يوجد في الشركة الليبية للحديد والصلب عدد 6 وحدات لانتاج الكهرباء يقدر انتاجها 580 ميجا وات ثلاثة منها في وضع التشغيل في الأوقات العادية بمتوسط انتاج 160 ميجا وات.
- تستهلك الشركة في الوقت الحالي حوالي 138591 ميجاوات ساعة ، وتبلغ في اوقات الذروة الصيفية حوالي 116842 ميجاوات ساعة، وتضطر الشركة في اوقات الذروة الصيفية الى تخفيض انتاجها لتقليل الأحمال على الشبكة العامة للكهرباء وهذا سبب انخفاض الاستهلاك في أوقات الذروة.
- يعتبر مصنعي الصلب بالشركة الاكثر استهلاكا للطاقة حيث بلغ استهلاك المصنعين خلال شهر اكتوبر (بعد انتهاء فترة الذروة الصيفية) حوالي 85516 ميجا وات ساعة وبنسبة 62 % من الاستهلاك الاجمالي للشركة، وقد بلغ استهلاك المصنعين خلال الذروة 71637 ميغاوات ساعة وبنسبة 62 % كذلك.

الخلاصة والتوصيات:

بما ان صناعة الحديد والصلب هي من الصناعات الكثيفة استهلاك للطاقة ، والى السياسة المتبعة مؤخراً من قبل الشركة العامة للكهرباء بشأن تحديد اسعار خاصة للطاقة الكهربائية خلال فترة الذروة، يتوجب العمل على وضع برنامج عملي لقياس كفاءة الطاقة في الشركة يشتمل من خلال تشكيل فريق عمل او لجنة بالمهام الاتية:

- دراسة الجوانب الفنية والقانونية للبرنامج.
- تحديد الجهات المعنية بكفاءة الطاقة ومسؤولية كل جهة.
- حصر للمناطق والمعدات الكثيفة استهلاك للكهرباء بالشركة.
- تعزيز وعي العاملين بالشركة بأهمية تحسين كفاءة الطاقة عن طريق المطويات ووسائل التواصل الاجتماعي وذلك بالتنسيق مع قسم الخدمات الإعلامية.
- إنشاء خطة عمل ضمن إطار زمني محدد تتضمن تحديد الاحتياجات والجهات المعنية والمسؤوليات.
- وضع آلية مراقبة وتسجيل الاستهلاك النوعي لجميع الوحدات الصناعية بالشركة بصفة مستمرة وذلك عن طريق ادارات التشغيل والصيانة بالمصانع ومقارنتها بالمؤشرات العالمية.
- النظر في امكانية استحداث تقسيم تنظيمي يعنى بإدارة الطاقة (Energy management) وتكون تبعيته للإدارة العليا بالشركة، لتوحيد جهود الفرق ذات العلاقة (كفاءة الطاقة، البصمة الكربونية، الهيدروجين الخضر... الخ)، أسوة بالمؤسسات الصناعية المناظرة.
- ترتيب اولويات تطبيق تدابير تحسين كفاءة الطاقة العشرة المذكورة آنفا.

مركز الرصد البيئي

م. خليل ابوزقية
رئيس قسم مراقبة وحماية البيئة

المقدمة

يُعتبر مركز الرصد البيئي من المرافق الحديثة المهمة التي أُنشئت بتوجيهات وتعليمات ومتابعة من رئيس مجلس الادارة د. محمد عبد المالك الفقيه بهدف تعزيز حماية البيئة والمحافظة على جودة الهواء والمحيط البيئي داخل الشركة وخارجها. ويأتي إنشاء هذا المركز في إطار حرص ادارة الشركة المستمر على الالتزام بالمواصفات البيئية المحلية والعالمية، ومتابعة التأثيرات البيئية الناتجة عن العمليات الصناعية بشكل علمي.

معدات واجهزة المركز

ويضم المركز مختبرًا بيئيًا متخصصًا مزودًا بالأجهزة الحديثة والمعدات الثابتة والمحمولة، التي تُستخدم في مراقبة الانبعاثات والغازات المختلفة في الوحدات الإنتاجية والمرافق الأساسية. كما يحتوي على أنظمة متطورة لتحليل البيانات البيئية واستخلاص النتائج الدقيقة، بالإضافة إلى برامج حاسوبية لمتابعة مؤشرات التلوث والانبعاثات

ومن أهم مكونات المركز أيضًا صالة مراقبة وتحكم تُعرض فيها البيانات البيئية مباشرة عبر شاشات وأنظمة متابعة إلكترونية، مما يساعد على سرعة اكتشاف أي تغيرات أو تجاوزات بيئية واتخاذ الإجراءات المناسبة في الوقت المناسب. كما يضم المركز مكاتب للدراسات والتحليل البيئي، إلى جانب المكاتب الإدارية الخاصة.

أهداف المركز

ويهدف مركز الرصد البيئي إلى تسجيل وتحليل البيانات البيئية والمناخية، وربط مختلف منظومات قياس الانبعاثات داخل المنشآت الصناعية بمنظومة مركزية موحدة، بما يسمح بمراقبة مستمرة ودقيقة لكافة مصادر التلوث ومنها اكاسيد NOX SOX. ,COX الأوزون، الفورمالدهايد ، غاز النشادر ودقائق الغبار 2.5 ، 10 ميكرون م^3 وغيرها . كما يهتم المركز بمتابعة العوامل المناخية والبيئية المحيطة مثل درجات الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح واتجاهها .

وقد تم بالفعل ربط منظومة قياس الانبعاثات بمصنع الطولية الجديد بالمركز كنموذج أولي لتطوير منظومة الرصد البيئي الشاملة، بهدف توسيع عملية الربط مستقبلاً لتشمل جميع الوحدات الإنتاجية داخل الشركة، الأمر الذي يساهم في رفع كفاءة الرقابة البيئية وتحقيق الاستدامة البيئية وتقليل الآثار السلبية على البيئة وحمايتها والصحة العامة.

ويمثل مركز الرصد البيئي خطوة مهمة نحو تطوير العمل البيئي داخل الشركة، حيث يجمع بين التقنية الحديثة والخبرة الفنية لتحقيق بيئة أكثر أمانًا ، بما يعكس الاهتمام المتزايد بحماية وصحة العاملين والبيئة وتحقيق التنمية المستدامة.

وأخيراً ... تسعي الشركة الي اهتمام اكبر بالبيئة من خلال تطوير هذا المركز ليشمل ربط كافة منظومات القياسات بمداخن المصانع ليتم قياس الانبعاثات في المصدر وذلك من خلال فريق عمل تم تشكيله لهذا الغرض

الوسائل مقابل الغايات
التحول من عقلية التنفيذ إلى عقلية القيمة

م. أحمد عبد الله السوقي
مدير مكتب المتابعة والتعاون

مقدمة:

تعد مشكلة الخلط بين الوسيلة والغاية من أخطر التحديات التي تواجه المؤسسات الصناعية الكبرى، حيث يطغى النشاط كحركة وسلوك يومي على النتيجة كأثر وقيمة مضافة.

حين تصاب المؤسسة بمتلازمة العمل لأجل العمل، ينحرف الاهتمام من السؤال الاستراتيجي لماذا نفعل هذا؟ إلى التركيز الإجرائي الضيق كيف نؤدي المهمة؟، ما يؤدي حتماً إلى استنزاف الموارد من وقت وجهد ومال في مسارات معزولة لا تخدم الرؤية الكلية للشركة.

يتجسد هذا الخلل في ممارسات ميدانية عديدة، كاعتبار زيادة ساعات الصيانة إنجازاً بحد ذاته بمعزل عن مدى جاهزية الآلات وتقليل التوقفات، أو الاكتفاء بـ دورية الاجتماعات دون النظر لمدى نفاذ القرارات والحلول المبتكرة، ويبرز ذلك بوضوح في الإسراف في تنظيم المؤتمرات والملتقيات وورش العمل التي تُتخذ كغاية في حد ذاتها، فتقام دون أهداف مرصودة مسبقاً أو توصيات عملية واقعية قابلة للتنفيذ، لتتحول هذه الفعاليات من أدوات للتطوير إلى مجرد نشاطات تستهلك الطاقات دون تحقيق عائد حقيقي، مما يعطل بوصلة الإنجاز ويجعل الوسائل غاياتٍ مسدودة.

تنشأ المشكلة من انحياز نفسي للمهام البسيطة التي تمنح شعوراً خادعاً بالإنجاز هرباً من تحديات الأهداف الكبرى. وتعمق نظم الحوافز التقليدية هذا الخلل بمكافأة الامتثال للإجراءات بدلاً من تحقيق النتائج، مما يجعل الموظف يتمسك بالوسيلة حماية لنفسه. كما يفرض الجمود الإداري تقديس المسارات الموروثة على حساب المرونة والابتكار. وأخيراً، يؤدي الغموض الاستراتيجي وفشل وصول الرؤية للميدان وساحات العمل إلى تحول الروتين اليومي لغاية بحد ذاتها. والنتيجة هي حركة بلا أثر، حيث تُستنزف الموارد في نشاطات معقدة لا تخدم القوة الإنتاجية أو التنافسية للشركة.

تتحول الممارسات الخاطئة إلى سلوكيات مقبولة ومبررة نتيجة ضغوطات العمل اليومية التي تفرض على الجميع الانشغال الدائم بمعالجة المشكلات الطارئة أو ما يعرف بإطفاء الحرائق. هذا التركيز على الوسائل الإسعافية يسلب الوقت اللازم للتخطيط وبناء أنظمة وقائية تحقق الأهداف المستدامة.

ومن جهة أخرى، نقع في فخ التطور التقني حين نعتبر مجرد اقتناء وتشغيل البرمجيات والأنظمة الحديثة نجاحاً بحد ذاته، متناسين قياس أثرها الفعلي في جودة المنتج أو خفض التكاليف. وفي صروحنا الصناعية العريقة، يبرز التحدي الأكبر في الارتباط العاطفي بالوسائل القديمة، حيث يراها البعض جزءاً من تراثه المهني وهويته، مما يجعل استبدالها بالنتائج الحديثة أمراً صعباً. هكذا تصبح الوسيلة غاية، ويتحول النشاط المكرر إلى معيار وحيد للإنجاز يحجب عنا رؤية القيمة الحقيقية .يتطلب الخروج من دوامة النشاطات المكررة تبني منهجية (الإدارة بالأهداف)، حيث يتحول التركيز من مراقبة تنفيذ المهام اليومية إلى قياس الأثر الحقيقي الذي تتركه تلك المهام على أرض الواقع. كما يجب أن نعيد بناء ثقافة المساءلة، بحيث يطرح كل مسؤول وموظف سؤالاً جوهرياً قبل البدء بأي عمل، هل يساهم هذا النشاط فعلياً في زيادة الإنتاج، أم في تقليل التكاليف، أم في تعزيز سلامة العاملين؟

ومن الضروري جداً الاستثمار في تطوير مهارات القادة والمشرفين عبر تدريبهم على (الرؤية الشاملة للأداء)، لتمكينهم من التمييز بوضوح بين مجرد استهلاك الموارد وبين تحقيق النتائج النهائية المرجوة. وبالتوازي مع ذلك، ينبغي مراجعة كافة الإجراءات الحالية وتطبيق مبادئ تبسيط العمليات وإلغاء الهدر التي تهدف إلى حذف أي خطوات أو اجتماعات أو أعمال ورقية لا تضيف قيمة حقيقية للمنتج النهائي. إن هذا التحول في العقلية يضمن بقاء كافة الجهود موجهة نحو هدف واحد، وهو تعزيز القوة التنافسية للشركة وضمان استدامتها، بدلا من الغرق في روتين يستهلك الطاقات دون عائد ملموس.

ختاماً، إن الحفاظ على ريادة الشركة كقائد صناعي لا يتحقق بمجرد الانغماس في تفاصيل التنفيذ اليومي، بل يكمن في التوجيه الذكي للجهود نحو القيمة المضافة. إننا مدعوون جميعاً، من مواقعنا المختلفة، للتحلي بالشجاعة الكافية لمراجعة الوسائل التي نستخدمها وتجديد الغايات التي نسعى إليها.

إن استدامة نجاحنا تتطلب منا التوقف عن تقديس النشاط لذاته، والتركيز بدلاً من ذلك على الأثر الفعلي الذي يخدم مستقبل هذا الصرح العظيم.

تذكروا دائماً أن التميز ليس في كثرة الحركة، بل في دقة الوصول، فلنجعل من نتائجنا الحقيقية المعيار الوحيد لنجاحنا وتميزنا.

أثر تكنولوجيا المعلومات والاتصال (ICT) على إدارة الوقت

أ. سليمان علي الجروشي

الملخص:

هدف البحث إلى التعرف على أثر تكنولوجيا المعلومات والاتصال (ICT) على إدارة الوقت من وجهة نظر القيادات الإدارية بالشركة الليبية للحديد والصلب، ببلدية مصراته، ولتحقيق هذا الهدف اعْتُمدَ على المنهج الوصفي، فتكون مجتمع البحث من القياديين الإداريين بالشركة والبالغ عددهم (200) مفردة، واستُخْدِمَ استبانة أعدّتْ أداةً لجمع البيانات، ووزعت بالطريقة العشوائية الطبقية على عينة البحث، واسْتَرْجِع منها (133) مفردة، صالحة للتحليل الإحصائي، ولتحليل البيانات التي جُمِعَت، أُسْتُعِين ببرنامج (SPSS) فتبين لنا النتائج الآتية ، أن درجة الممارسة لأبعاد تكنولوجيا المعلومات والاتصال (المورد البشري، الأجهزة والمعدات، البرمجيات، قواعد البيانات، وشبكات الاتصال) كانت جميعها مرتفعة، كما أظهرت النتائج أن متوسطات الاستجابة لمتغير إدارة الوقت وقعت أيضًا ضمن درجة الموافقة المرتفعة، وتبين من اختبار الفرضيات وجود أثر لمتغير تكنولوجيا المعلومات والاتصال على إدارة الوقت، وأن قيمة معامل التحديد كانت (0.576)، أي: (57.6٪) من التغيرات يمكن أن تعود إلى أبعاد تكنولوجيا المعلومات والاتصال، وهذا يُشير إلى وجود ارتباط إيجابي بين المتغيرين.

واعتِمادًا على النتائج أعلاه، تم اقتراح مجموعة من التوصيات، أهمها: توعية القادة الإداريين بأهمية تكنولوجيا المعلومات والاتصال، وتحفيزهم عليها، وتكثيف التدريب، وتنظيم الدورات والندوات في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصال وأساليب إدارة الوقت، والاهتمام بالاستثمار في أبعاد تكنولوجيا المعلومات والاتصال (المورد البشري، الأجهزة والمعدات، قواعد البيانات، البرمجيات، وشبكات الاتصال) الذي من شأنه أن يحقق العديد من المزايا للشركة.

مشكلة البحث:

تم صياغة مشكلة البحث وتعيينها في السؤال الرئيس الآتي: ما أثر تكنولوجيا المعلومات والاتصال على إدارة الوقت بالشركة الليبية للحديد والصلب ببلدية مصراته؟

أهمية البحث:

1. تُسْتمد الأهمية العلمية لهذا البحث من أهمية موضوع تكنولوجيا المعلومات والاتصال، الذي يعتبر من المواضيع المهمة التي حظيت باهتمام كثير من الباحثين على المستوى المحلي، والعربي، والدولي.
2. أهمية إدارة الوقت في تسيير المهمات، والأعمال داخل الشركة محل البحث.
3. إثراء المكتبة العلمية ببحث يمكن الاعتماد عليه في إجراء دراسات لاحقة، يؤدِّيها الباحثون في هذا المجال.

الفرضية الرئيسة:

لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لمتغير تكنولوجيا المعلومات والاتصال على إدارة الوقت بالشركة محل البحث.

جدول يوضح نتائج الانحدار المتعدد لتحديد أثر متغير تكنولوجيا المعلومات والاتصال على إدارة الوقت

قيمة F المحسوبة		178.228
درجات الحرية		132
معامل الارتباط		0.759
معامل التحديد (R2)		0.576
قيمة الدلالة الإحصائية		0.000
نسبة الأثر		%57.6
معاملات الانحدار	الثابت	0.310
	تكنولوجيا المعلومات والاتصال	0.883

تشير إلى أن ما نسبته (57.6%) من التغيرات في إدارة الوقت يعود إلى متغير تكنولوجيا المعلومات والاتصال ما لم يؤثر مؤثر آخر فيه.

لذا يتم رفض الفرضية الرئيسية "لا يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتكنولوجيا المعلومات والاتصال على إدارة الوقت بالشركة محل البحث" وقبول الفرضية البديلة "يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لتكنولوجيا المعلومات والاتصال على إدارة الوقت بالشركة محل البحث".

بهذا تم التحقّق من صلاحية وقوة نموذج البحث، ومدى ملائمة المتغيرات الفرعية المقترحة واختبار فرضيات البحث، وتلخص الاختبارات الإحصائية المختلفة المرتبطة بالبحث استخدام معامل التحديد R^2،الذي يقيس التباين الموضح نسبة إلى التباين الكلي للمتغير لكل معادلة، وفي هذا البحث ولتأكيد نسبة الأثر تبين أن قيمة معامل التحديد تشير إلى أن ما نسبته (57.6%) من التغيرات في مستوى إدارة الوقت يعود إلى متغير تكنولوجيا المعلومات والاتصال ما لم يؤثر مؤثر آخر.

النتائج:

1-أن درجة الأهمية لأبعاد تكنولوجيا المعلومات والاتصال كانت جميعها مرتفعة وفق الترتيب التالي (شبكات الاتصال، البرمجيات، الأجهزة والمعدات، قواعد البيانات، المورد البشري).

2-وجود علاقة معنوية ذات دلالة إحصائية وبدرجة قوية لإبعاد تكنولوجيا المعلومات والاتصال على إدارة الوقت بالشركة قيد البحث.

3-أن متوسطات الاستجابة لمتغير إدارة الوقت كانت مرتفعة، ويرجع إلى أنّ الشركة تسعى إلى استغلال جميع مواردها والتقنيات المتوفرة لديها من أجل الوصول إلى إدارة الوقت بكفاءة وفاعلية.

4-بينت نتائج اختبار الفرضيات وجود أثر ذي دلالة إحصائية لمتغير تكنولوجيا المعلومات والاتصال على إدارة الوقت بالشركة محل البحث، ولتأكيد نسبة الأثر تبين أن قيمة معامل التحديد تشير إلى أن القدرة التفسيرية قد بلغت ما نسبته (57%) من التغيرات في إدارة الوقت يعود إلى متغير تكنولوجيا المعلومات والاتصال ما لم يؤثر مؤثر آخر، وعليه فإن الهدف الرئيسي للدراسة قد تحقق.

التوصيات:

1.التركيز على الاستثمار في أبعاد تكنولوجيا المعلومات والاتصال (المورد البشري، الأجهزة والمعدات، قواعد البيانات، البرمجيات، شبكات الاتصال) الذي من شأنه أن يحقق العديد من المزايا للشركة.

2.العمل على الاستثمار في الموارد البشريّة، من خلال الاهتمام برأس المال الفكري، وجذب ذوي الكفاءات، والمؤهلات العلمية العالية في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصال.

3.العمل على الاستثمار في الأجهزة والمعدات، والبرمجيات، وقواعد البيانات، من خلال التحديث والتطوير والصيانة بشكل دوري.

4.العمل على الاستثمار والتطوير في شبكات الاتصال، وحمايتها من خطر الاختراق الخارجي والقرصنة.

5.تحفيز وتوعية القادة الإداريين بأهمية تكنولوجيا المعلومات والاتصال.

6.تكثيف التدريب، وتنظيم الدورات والندوات في مجال تكنولوجيا المعلومات والاتصال، وإدارة الوقت.

المراجع:

- جبريل، وائل، صداقة عبد العزيز، بوشيبة صالح. (2017)، "سلوكيات المواطنة التنظيمية لدى العاملين بالمصارف التجارية الليبية، دراسة ميدانية على عينة من العاملين في المصارف التجارية الليبية العاملة بمدينة البيضاء"، الندوة العلمية الأولى لقسم إدارة الأعمال حول أخلاقيات العمل الوظيفي، جامعة المرقب، كلية الاقتصاد والتجارة، 26-27- يوليو، الخمس، ليبيا.
- زطال أسماء، وطازين حياة (2020). "أثر استخدام تكنولوجيا المعلومات والاتصال في تحسين إدارة الوقت"، رسالة ماجستير، جامعة أكلي محند اولحاج – البويرة، البويرة، الجزائر.
- سلامية، أمينة (2022). "أثر تكنولوجيا المعلومات والاتصال على الأداء الاقتصادي لشركات التأمين". أطروحة دكتوراه، جامعة العربي بن مهيدي، أم البواقي، الجزائر.
- شبيلة، جودي (2019). "أثر تكنولوجيا المعلومات والاتصال على إدارة الوقت: دراسة ميدانية للشركة الجزائرية لتوزيع الكهرباء والغاز ميرية التوزيع بورقلة"، رسالة ماجستير، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، الجزائر.
- عزوز، نورالدين (2021). "إدارة الوقت وعلاقتها بالأداء الوظيفي في الجامعة الجزائرية"، أطروحة دكتوراه، جامعة العربي بن مهدي، ام البواقي، الجزائر.
- قنديلجي عامر، الجنابي علاء الدين (2024). "نظم المعلومات الإدارية وتكنولوجيا المعلومات"،ط4، دار المسيرة، عمان.
- كتاف، كريمة (2020). "دور تكنولوجيا المعلومات والاتصال في انتشار تطبيق الإدارة الإلكترونية داخل المؤسسة الجامعية"، أطروحة دكتوراه، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة محمد لمين دباغين.

التدريب في اماكن العمل

م. عبدالسلام سالم البهلول
إدارة مراقبة الجودة

مقدمة

يعد المورد البشري من اهم الاصول الرئيسية لأي منظمة أو شركة أو مؤسسة، ولا يمكن التقليل من أهميته لأن نجاحها يعتمد على مقدار ما يقدمه من نجاح للشركة في مجال عمله.

تتبنى إدارة الشركة الليبية للحديد والصلب من خلال ادارة التدريب وضع برنامج تدريبي يهدف لتطوير وتدريب العاملين بها من أجل المحافظ عليهم واستقطاب عاملين جدد في ظل المنافسة مع الشركات والمؤسسات بالمدينة؛ حيث تنفد إدارة التدريب بالشركة دورات تدريبية لكافة العاملين بها في مختلف المستويات الادارية والانتاجية؛ من أجل تنمية مهاراتهم وتحفيزهم لتحقيق أهدافها.

تعريف التدريب

عرف Asriadi et al (2024) أن التدريب هو نوع من النشاط المخطط والمنظم والذي يؤدي إلى تحسين مستوى المهارة والمعرفة والكفاءة اللازمة لأداء العمل بشكل فعال.

وعرف Bashar et al (2024) أن التطوير هو مجموعة واسعة من الأنشطة المستمرة والمتعددة الأوجه، تهدف إلى رفع مستوى شخص أو منظمة إلى مستوى آخر من الأداء، غالباً لأداء بعض الوظائف أو دور جديد في المستقبل.

كما عرف Sari et al (2024) تنمية العامل على أنها النتيجة أو المساهمة التي يقدمها لجعلهم يحققون الأهداف، لتحديد ما أنجزته المنظمة فيما يتعلق بالعملية والنتائج والأهمية ونجاح برنامج التنمية.

فوائد التدريب.

الغرض الرئيسي من التدريب هو اكتساب وتحسين المعرفة والمهارات والمواقف تجاه المهام المرتبطة بالعمل. كما اشار Baporikar et al (2024) إنه أحد أهم المحفزات التي يمكن أن تؤدي إلى فوائد طويلة الأجل للأفراد والمنظمات. ومن هذه الفوائد:

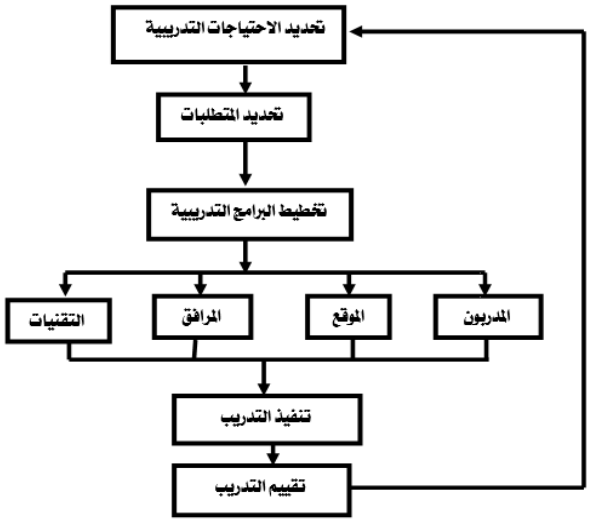
1. يتمتع الموظفون ذوو الروح المعنوية العالية الذين يتلقون التدريب بثقة ودوافع متزايدة.
2. التدريب يؤدي لانخفاض تكلفة الإنتاج، والقضاء على المخاطر لأن العاملين المدربين قادرون على الاستخدام الأفضل والاقتصادي للمواد والمعدات وبالتالي تقليل وتجنب الهدر.
3. التدريب يؤذي الى انخفاض معدل دوران العاملين من خلال شعورهم بالأمان في مكان العمل مما يقلل بدوره من معدل دوران وتجنب التغيب.
4. يساعد التدريب في احداث التغيير من خلال زيادة فهم العاملين ومشاركتهم في عملية اتخاذ القرارات، كما يوفر المهارات والقدرات اللازمة للتكيف مع المواقف الجديدة.
5. التدريب يساهم في تعزيز المسؤولية وتحسين جودة العاملين.

كما اشار جربي (2018) يمكن تحقيق معظم الفوائد المستمدة من التدريب بسهولة عندما يتم التخطيط للتدريب بشكل مستدام. وهذا يعني أن المنظمة والمدربين والمتدربين مستعدون للتدريب مسبقا. لان التدريب المخطط هو التدخل المتعمد الذي يهدف إلى تحقيق اللازم لتحسين أداء الوظيفة.

أ- تحديد وتعريف احتياجات التدريب. التحديد المطلوب من حيث المهارات والمعارف التي يجب تعلمها والمواقف التي يجب تغييرها.

ب- تحديد أهداف التدريب. التخطيط لبرامج التدريب لتلبية الاحتياجات والأهداف باستخدام التركيبة المناسبة لتقنيات التدريب والمواقع.

ج- تحديد من يقدم التدريب. تقييم التدريب، تعديل واستبدال التدريب حسب الضرورة.



أهمية التدريب في تعزيز الأداء للعاملين.

أن أهمية التدريب ليست فقط استثماراً في الموارد البشرية بل هو رافد أساسي لتحقيق النجاح والتطور في أهداف الشركة. إن تفهم الفرد لأهمية التدريب المستمر والتطوير الشخصي يشكل ركيزة أساسية لتحقيق التقدم والتفوق في مختلف المجالات.

يمكن أن يساعد التدريب في تعزيز الأداء من خلال:

أ- تطوير المهارات والمعارف اللازمة لأداء المهام بكفاءة وفعالية. يمكن أن يساعد التدريب العاملين على تطوير المهارات والمعارف التي يحتاجونها لأداء وظائفهم بكفاءة وفعالية، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاجية وتحسين جودة العمل.

ب- الاستعداد للتغييرات في مجال العمل. يمكن أن يساعد التدريب العاملين على الاستعداد للتغييرات في مجال عملهم، مما يساعدهم على البقاء على اطلاع بأحدث الاتجاهات.

ج- أن التقدم في الحياة المهنية يمكن أن يساعد التدريب العاملين على تطوير مهاراتهم واكتساب معرفة جديدة، مما يساعدهم على التقدم في حياتهم المهنية وتحقيق أهدافهم الشخصية

مصادر تحديد الاحتياجات التدريبية

من الممكن للجهات التالية تحديد الاحتياجات التدريبية وهي:

- العامل: لأنه الذي يشعر بجوانب القصور في تنفيذ عمله.
- الرئيس المباشر: الذي يشرف على العامل المراد تحديد الاحتياجات التدريبية له.
- الادارة العليا: من خلال التقارير الدورية لديها عن العاملين.
- مراكز التدريب : هي مراكز متخصصة تمتلك عدة طرق وتقنيات لتحديد الاحتياجات التدريبية.

مزايا التدريب في اماكن العمل

هناك عدة مزايا للتدريب في اماكن العمل منها:

- التطبيق الفوري (المباشر): أن التدريب المباشر ميزه قويه، حيث يمكن للعاملين تطبيق المعرفة والمهارات التي اكتسبها بشكل مباشر، كما يساهم في تقليل الوقت المستغرق في تحديد الفجوة في مهارات العاملين.
- تقليل التكلفة: يساهم التدريب في اماكن العمل من تقليل التكلفة من خلال تدريب مدرب واحد لعدد مناسب من العاملين، كما يقلل من النفقات في حالة تدريب العاملين بنفس العدد مقارنته التدريب الخارجي.
- تحسين الأداء: يساهم التدريب العملي في زيادة اداء العاملين من خلال تقليل الاخطاء وتعزيز الجودة وصقل مهاراتهم وزيادة خبرتهم العملية؛ نتيجة لتدريبهم على الآلات والمعدات التي يعملون عليها.
- تعزيز رضا العاملين: إن التطور المهني للعاملين من قبل ادارة الشركة ينقل رسالة قوية من الثقة والالتزام والرضا للعاملين، من خلال اهتمام ادارة الشركة بهم مما يساهم في تحقيق انتمائهم لها.
- تعزيز المشاركة :يكون التدريب ضمن ساعات الدوام الرسمي للعاملين، وضمن مجموعات متخصصة تساهم في تحقيق التفاعل فيما بينهم والتعاون والعمل بروح الفريق؛ من خلال بنا فرق عمل قوية.
- زيادة ثقة العاملين: إن العاملين الذين شاركوا في برامج التدريب يكونون اكثر ثقة في مقدرتهم ومعرفتهم بأمور العمل، وكذلك في اتخاذ القرار المناسب وتحمل المسؤولية.
- رضا العملاء (الزبائن): يساهم التدريب في تحسين مهارات التواصل والتفاعل مع العملاء من خلال تدريبهم على فنون التواصل الفعال والايجابي مع العملاء، مما يؤدي الى بناء علاقات مستدامة ومستمرة معهم.
- تحسين سمعة الشركة: يساهم تدريب العاملين بالشركة في تحسين سمعتها لذا المجتمع من خلال رعاية العاملين اجتماعيا وصحيا والرفع من المستوى المعيشي لديهم.

محددات التدريب

هناك بعض المتغيرات التي تحدد البرنامج التدريب وهي:

- طبيعة الحقيبة التدريبية: يتم قياس هذا المتغير من خلال سؤال المدراء ورؤساء الاقسام والعاملين، ومن خلال تحليل الوظائف والرجوع لتقييم السنوي للعاملين يستند في تحديد الاحتياجات التدريبية، بحيث توضع الخطة التدريبية في ضوء المشكلات التي تحدث في العمل لتتوافق مع القدرات المختلفة للمتدربين.
- طبيعة مكان العمل: يتم قياس هذا المتغير من خلال؛ اختيار المكان يجب ان يكون مناسب لعدد المتدربين وسهل الوصول اليه، وأن يحتوي المكان على المرافق الخدمية والاجهزة والمعدات الازمة لعملية التدريب. وأن يؤثر مكان التدريب نفسيا على المتدربين.
- طبيعة المدربين: يتم قياس هذا المتغير من خلال ، أن تكون للمدرب دراية بالعمل الذي يقوم به الموظف. وأن يحافظ على وقت المحاضرة. وأن يعمل على خلق روح المنافسة والمثابرة بين المتدربين.
- طبيعة المتدربين:ويتم قياس هذا المتغير من خلال؛ قياس مستوى اداء العامل في التعامل مع الاخرين لتحديد نوع التدريب، ومدى مساندة العاملين بعضهم خلال العملية التدريبية.

تقييم البرامج التدريبية.

يمكن الاستفادة من تقييم البرامج التدريبية لقياس أثرها على كفاءة العاملين وانطباعهم لمعرفة نقاط القوة والضعف في البرنامج التدريبي. ويعرف نور (2019) تقييم التدريب بأنه مجموعة من الاختبارات والتقويمات الموضوعة لتأكد من أن التدريب قد حقق التأثير المطلوب أو لا على مستوى الفرد أو الإدارة، وكذلك معرفة قدرة المدرب على تنفيذ عملية التدريب. ويهدف تقييم عملية التدريب الى:

- معرفة نقاط القوة والضعف للبرنامج التدريبي.
- تقييم المدربين والمتدربين.
- تصحيح الانحرافات ان وجدت في الجوانب الادارية والفنية.
- تصحيح النتائج.

تنمية الموارد البشرية

تنمية الموارد البشرية هي استثمار استراتيجي يهدف لتطوير أداء العاملين وتحقيق التوافق بين أهدافهم وأهداف المنظمة. ويعد التدريب الممنهج الأداة الأساسية لتحويل العنصر البشري من مجرد تكلفة إلى ميزة تنافسية مستدامة، مما يضمن نمو المؤسسة عبر رفع كفاءة الموظفين وتحفيزهم المستمر.

الجانب العملي للدراسة :

تستثمر الشركة الليبية للحديد والصلب في تطوير كوادرها البشرية عبر مسارات تدريبية متكاملة استهدفت 1046 متدرباً خلال سنة 2023 م، موزعين على ثلاثة جوانب أساسية لتعزيز الكفاءة التشغيلية والقدرة التنافسية:

الجانب الإداري: ركزت الشركة بشكل مكثف على إعداد القادة، حيث استأثرت دورات القيادة والإشراف بنصيب الأسد بنسبة52 % تلتها الدورات التخصصية بنسبة 27 % لتعزيز مهارات تحليل المعلومات واتخاذ القرارات، بينما خصصت 21 % للدورات العامة لتطوير مهارات التواصل وبناء روح الفريق، مما يعكس توجهاً استراتيجياً نحو تمكين الصف الثاني من القادة.

اسم الدورة	العامة	التخصصية	القيادة والاشراف	الاجمالي
عدد العاملين	66	84	159	309
النسبة (%)	% 21	% 27	% 52	% 100

الجانب الفني: أظهرت البيانات توازناً ملحوظاً في التدريب التقني، حيث شملت الدورات الفنية التخصصية 37 % من المتدربين لتمكينهم من مواكبة التكنولوجيات المتسارعة، بينما نالت السلامة المهنية 32 % لترسيخ ثقافة الحد من المخاطر والحوادث. كما أولت الشركة أهمية للغة الإنجليزية بنسبة 31 % لضمان قدرة العاملين على التواصل في بيئة العمل العالمية.

اسم الدورة	اللغة الانجليزية	الفنية	السلامة المهنية	الاجمالي
عدد العاملين	181	211	183	575
النسبة (%)	% 31	% 37	% 32	% 100

الجانب التكنولوجي (الحاسب الالي) : انصب التركيز التكنولوجي بوضوح نحو الأتمتة وخطوط الإنتاج بنسبة بلغت 75 % بهدف تسريع العمليات وتقليل الأخطاء البشرية وزيادة جودة الإنتاج، في حين خُصصت نسبة 25 % المتبقية لتطوير المهارات التقنية في الجوانب الإدارية والمكتبية، مما يؤكد سعي الشركة نحو التحول الرقمي الكامل في عملياتها التصنيعية والإدارية.

اسم الدورة	الادارة	خطوط الانتاج	الاجمالي
عدد العاملين	40	122	162
النسبة (%)	% 25	% 75	% 100

النتائج:

الجدول التالي يوضح عدد الموارد البشرية بالشركة والمستهدفين بالتدريب والذين تم تدريبيهم.

البيان	العدد	النسبة
عدد العاملين بالشركة	6,700	-
العدد المستهدف للتدريب	1,046	% 15
العدد الذي تم تدريبه	785	% 75

من الجدول نلاحظ ان العدد المستهدف من العاملين لتدريبيهم كان بنسبة 0.15 من العاملين بالشركة، وان الذين تم تدريبيهم كان بنسبة 0.75 من العدد المستهدف للعاملين. كما يستنتج الباحثان ان التدريب يزيد من قدرة العاملين في اتخاذ القرارات والتعامل مع التكنولوجيا المتقدمة، كما يعمل على تحسين الجوانب الفنية بالإنتاج وبالتالي تقليل التكلفة، كما يساهم في العمل بروح الفريق. ومن محددات البرنامج التدريبي اعتدار التقسيمات الادارية عن ترشيح بعض العاملين بها، وكذلك اعتدار بعض المترشحين. كما يساهم توقفات العمل بالشركة بسبب عدم استقرار شبكة الكهرباء يسبب في اعطاء اجازات لبعض العاملين المشمولين بالخطة التدريبية.

الاستنتاجات:

- أظهرت الدراسة أن التدريب في مكان العمل يلعب دورا حاسما في تطوير المهارات والمعارف لدى العاملين.
- يساهم التدريب في رفع كفاءة وإنتاجية العاملين وتحسين أداء الشركة بشكل عام.
- أظهرت الدراسة أن إدراج التدريب ضمن برامج تنمية الموارد البشرية يشكل استثمارا طويل الأجل للشركة.
- يساهم التدريب في تعزيز سمعة الشركة كجهة جاذبة للعاملين.
- تعد ادارة التدريب خطة تدريبية مناسبة ومجدولة معتمده من الإدارة العليا بالشركة.

التوصيات:

- العمل على تطوير برامج التدريب لتأخذ في الاعتبار احتياجات سوق العمل ومتطلبات الوظائف المستقبلية، مع التركيز على المهارات العملية والتقنية.
- ربط برامج التدريب بشكل مباشر باحتياجات الأعمال الفعلية، وذلك من خلال إجراء تقييم دقيق للمهارات الحالية والمطلوبة.
- توفير بيئة داعمة للتدريب تشجع العاملين على المشاركة في البرامج التدريبية، وتقديم الدعم اللازم لهم لتحقيق أهدافهم التدريبية.
- يجب تقييم برامج التدريب بصفة مستمرة لضمان تحقيق الأهداف المرجوة،وإجراء التعديلات اللازمة لتحسين أداء البرامج.
- يجب تطوير مهارات المدربين الداخليين والخارجيين لضمان تقديم برامج تدريبية عالية الجودة.

DANELS