

العوامل المؤثرة في تخفيض إستهلاك الأقطاب الغرافيتية في معامل الصهر

(دراسة حالة معمل الصهر في شركة الصناعات المعدنية "حديد")

مشروع مقدّم لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في إدارة الأعمال - الإدارة التنفيذية

إعداد الطالب:

أسامة قاسم

إشراف:

الدكتور راتب البلخي

ملخص البحث

هدف هذا البحث إلى معرفة سبب ارتفاع استهلاك الأقطاب الغرافيتية المستخدمة في عمليات الصهر في معامل الحديد والصلب علماً أن الجرافيت هو المادة الوحيدة التي تستخدمها جميع أفران القوس الكهربائي ولا يوجد أي بديل عنها

شملت الدراسة العملية شركة الصناعات المعدنية حديد حيث قام الباحث بالحصول على البيانات اللازمة لإتمام البحث من الشركة وقد امتدت بيانات الدراسة على فترتين متماثلتين هما الربع الثاني والثالث من عام 2021 وقد قام بتطبيق الأساليب الإحصائية المناسبة على هذه البيانات للوصول إلى النتائج المطلوبة.

تم استخدام منهجية (5S) في المستودعات لضبط عملية التنزيل والتخزين وشحن المادة إلى صالات الاستخدام نظراً لخصوصية المادة ، ثم بعد ذلك تم استخدام مخطط السبب والآخر خلال عملية الإنتاج لمعرفة سبب ارتفاع الإستهلاك حيث يعتبر هذا المخطط من المناهج والأدوات العلمية المستخدمة في حل المشاكل ووضع حلول لها وبالتالي تحسين عملية الإنتاج

تم استخدام أساليب إحصائية وصفية وتحليلية لتحويل البيانات إلى معلومات ونتائج باستخدام برنامج الأكسيل

الكلمات المفتاحية: الأقطاب الغرافيتية (Graphite Electrode) _ فرن القوس الكهربائي (Electric Arc Furnace) _ الخردة (Scrap) _ الصهر (Melting–Smelting)

Abstract

The aim of this research is to find out the reason for the high consumption of graphite electrodes used in smelting processes in iron and steel plants.

Graphite is the only material used by all electric arc furnaces, and there is no substitute for it.

The practical study included the Metal Industries Company HADEED, where the researcher obtained the necessary data to complete the research from the company.

The study data spanned two similar periods, the second and third quarters of 2021, and he applied the appropriate statistical methods to these data to reach the required results.

The (5S) methodology was used in warehouses to control the process of downloading, storing and shipping the material to the galleries of use due to the specificity of the material.

Then, the cause and effect diagram was used during the production process to find out the reason for the high consumption. This scheme is one of the scientific methods and tools used in solving problems and developing solutions.to improve the production process.

Descriptive and analytical statistical methods were used to convert data into information and results using the Excel program

الإهداء

إلى من شجعني على المثابرة طوال عمري، إلى الرجل الأبرز في حياتي

(والدي العزيز)

إلى من بها أعلو، وعليها أرتكز، إلى القلب المعطاء

(والدتي الحبيبة)

إلى روح أخي الكبير الذي غادر هذه الحياة مبكرا (أبو آدم)

إلى زوجتي العزيزة وشقيقتي وأولادي الأعزاء

إلى أخي الغالي (أبو جعفر) وأصدقائي وزملائي في المعهد

إلى زملائي في العمل وأصدقاء الطفولة وأيام الدراسة

شكر وتقدير

للدكتور راتب البلخي لتفضله بالإشراف على هذا البحث وجهوده المبذولة وتوجيهاته لإتمام هذا البحث.

للأستاذ الدكتور ذو المواقف الجريئة وكلمه الحق في كل الظروف

(طلال عبود) صانع رجال المستقبل القادرين على إتخاذ القرارات من خلال محاضراته وأفكاره وعلمه

إلى الأساتذة الأكارم في المعهد العالي لإدارة الأعمال (HIBA) على جهودهم المبذولة

إلى من غير منهج الحياة لدي وأدخلني معترك الحياة الصناعية الثقيلة

(المهندس حسام الخير) المدير التنفيذي لمعمل حديد للصناعات المعدنية....

إلى عراب صناعة الحديد في سورية والأب الروحي لكادر الصهر

(المهندس مازن الروح) مدير عمليات معمل الصهر

إلى كل من ساهم ولو بحرف في حياتي الدراسية.....

والى إدارة شركة الصناعات المعدنية "حديد" الكريمة

إلى كل هؤلاء: أهدي هذا العمل، وأسأل الله تعالى أن يتقبله خالصًا. وأتقدم لهم بالشكر الجزيل والامتنان

Contents

9.....	الفصل الأول: الإطار العام للبحث
9.....	1-1 مقدمة عامة:
9.....	2-1 مشكلة البحث:
10.....	3-1 أهمية البحث:
11.....	4-1 أهداف البحث :
11.....	5-1 منهج البحث:
12.....	6-1 نموذج الدراسة:
12.....	7-1 محددات الدراسة:
12.....	1-2 الدراسات السابقة:
12.....	1-1-2 دراسة (Marius Peens, 2004)
13.....	2-1-2 دراسة (Norman Ballard, 1995)
14.....	3-1-2 دراسة إعديلي 2014
15.....	2-2 تعريف الأكسجين:
17.....	3-2 الخردة
20.....	4-2 زمن الصهرة
21.....	5-2 الكربون
22.....	1-5-2 الجرافيت
24.....	2-5-2 خطوات تصنيع الأقطاب الجرافيتية
24.....	1-2-5-2 تجهيز المواد الأولية:

24.....	2-2-5-2 الكربنة أو التفحيم
25.....	3-2-5-2 الإشباع (التشريب)
26.....	4-2-5-2 تشكيل الجرافيت
26.....	5-2-5-2 التشكيل
26.....	3-5-2 أنواع الأقطاب الجرافيتية
28.....	6-2 الأفران:
28.....	1-6-2 تعريف الفرن:
28.....	2-6-2 الميزات الأساسية للأفران
30.....	7-2 تصنيف المواد الهندسية
30.....	1-7-2 يتم تصنيف المعادن والسبائك إلى نوعين رئيسيين وهي المعادن الحديدية وغير الحديدية
30.....	
30.....	2-7-2 الأنواع الرئيسية للحديد:
31.....	8-2 أنواع معامل الحديد والصلب:
32.....	9-2 معامل الصهر المستخدمة للأقطاب الجرافيتية في سوريا:
34.....	10-2 أنواع أفران القوس الكهربائي المستخدمة لمادة الغرافيت
34.....	1-10-2 فرن القوس الكهربائي (EAF)
34.....	2-10-2 فرن المعالجة (LF)
34.....	3-10-2 فرن القوس المغمور (submerged-arc furnace)
34.....	4-10-2 فرن قوس البلازما (PAF)
34.....	5-10-2 فرن القوس الفراغي (VAF)
35.....	الفصل الثالث
35.....	الإطار العملي

36.....	1-3 نبذة عن شركة حديد للصناعات المعدنية
36.....	1-1-3 منشأة الخردة
36.....	2-1-3 منشأة الصهر
36.....	1-2-1-3 فرن القوس الكهربائي
36.....	2-2-1-3 فرن المعالجة
37.....	3-2-1-3 المخبر
37.....	4-2-1-3 قسم الصب
37.....	2-1-3 منشأة الدرفلة
37.....	2-3 الدراسة العملية
37.....	3-3 مجتمع وعينة الدراسة
38.....	1-3-3 اختبار فرضيات الدراسة
39.....	1-1-3-3 الفرضية الأولى اختبار تأثير نوعية السكراب
40.....	2-1-3-3 الفرضية الثانية اختبار تأثير كمية الأكسجين
41.....	3-1-3-3 الفرضية الثالثة اختبار تأثير زمن الصهرة
42.....	4-3 استخدام منهجية (5S)
42.....	1-4-3 التصفية:
43.....	2-4-3 الترتيب والتنسيق:
43.....	3-4-3 التنظيف:
43.....	3-4-3 التتميط:
43.....	4-4-3 الإنضباط:
43.....	5-3 مخطط السبب والآخر

44.....	3-5-1 الأفراد (اليد العاملة)
44.....	3-5-1-1 توصيل الأقطاب
45.....	3-5-1-2 تقليل استهلاك أكسدة القطب
45.....	3-5-2 المواد
46.....	3-5-3 الآلات
46.....	3-5-4 الأساليب
47.....	3-5-5 الزمن :
50.....	3-6 النتائج النهائية للبحث
51.....	3-7 نتائج البحث
52.....	3-8 التوصيات:

الفصل الأول: الإطار العام للبحث

يعد هذا الفصل مدخلاً للبحث ويستعرض مقدّمة عامة نعرف من خلالها مشكلة البحث، وأهميته وأهدافه ومحدداته وغيرها من الأطر العامة التي اعتمدنا عليها في إنجاز هذا البحث. وأبرز الأبحاث المرجعية السابقة التي تخوض في نفس سياق هذا البحث.

1-1 مقدمة عامة:

تعتبر صناعة الحديد والصلب من الصناعات الهامة لأنها تقوم بدور حيوي ورئيسي في التنمية الصناعية والإنشائية والاقتصادية للمجتمع، ناهيك عن وجود علاقة طردية بين كمية الحديد المستهلك والنمو الاقتصادي في الدولة. كما يقاس مدى تقدم الدول اقتصادياً بنصيب الفرد من الحديد، وتؤثر منتجات صناعة الحديد والصلب بشكل مباشر على قدرة التنمية في العديد من المجالات مثل إنشاء الطرق والجسور والسكك الحديدية وفي مجال الإسكان والبناء والعديد من المجالات الصناعية المتعددة الأخرى. وبالرغم من توجه العديد من البلدان إلى استخدام أفران صهر ذات انبعاثات غازية أقل ضرراً للبيئة من الأفران الأخرى، إلا أن المعامل المستخدمة لهذه الأفران بدأت تواجه بعض الصعوبات ومنها إرتفاع تكاليف الإنتاج، فأفران القوس الكهربائية التي تشكل 30% من إنتاج الكرة الأرضية في الصلب تستخدم مادة الغرافيت في صهر الخردة (السكراب- فلزات الحديد).

1-2 مشكلة البحث:

تعتمد جميع أفران الصهر الموجودة في سورية في عملها على مادة الغرافيت وقد بدأت أسعار هذه المادة بالإرتفاع خلال السنوات الماضية للأسباب التالية:

1. مشكلة الاحتباس الحراري وفرض جميع الدول قيوداً على المعامل التي تسبب إرتفاع درجة حرارة الأرض ومنها معامل الفحم المستخدم لإنتاج الجرافيت.

2. إزدياد عدد معامل الحديد والصلب المستخدمة لأفران القوس الكهربائي كونها صديقة للبيئة وأقل إنبعاث لغاز ثاني أكسيد الكربون من المعامل الأخرى.

3. إنتاج السيارات الكهربائية ونتيجة الإقبال الشديد عليها أدى إلى ارتفاع الطلب على مادة الجرافيت كونها المادة الأساسية المستخدمة في تصنيع البطاريات الخاصة بهذه السيارات.

أدت هذه الأسباب الثلاثة التي ذكرناها إلى ازدياد الطلب على مادة الجرافيت وبالتالي إلى ارتفاع سعرها مما دفعنا في شركة حديد إلى البحث عن حلول لضبط الاستهلاك وتقليله.

في ضوء ذلك تتلخص مشكلة البحث بالأسئلة التالية:

1- ماهي أهم العوامل المؤثرة في تخفيض استهلاك الأقطاب (مادة الجرافيت) في معامل الصهر.
يتفرع عن هذا السؤال الأسئلة التالية:

1.1 هل يؤثر نوع الخرقة في تخفيض استهلاك الأقطاب في معامل الصهر.

2.1 هل تؤثر كمية الأكسجين في تخفيض استهلاك الأقطاب في معامل الصهر.

3.1 هل يؤثر زمن الصهر في تخفيض استهلاك الأقطاب في معامل الصهر.

1-3 أهمية البحث:

تعتبر الأقطاب الجرافيتية المادة الوحيدة المستخدمة لصهر الخرقة في أفران القوس الكهربائي ولا يوجد أي بديل عنها، وبما أن جميع المعامل الكبيرة للحديد والصلب في سورية تستخدم هذا النوع من الأفران فهي معرضة للتوقف عن الإنتاج أو رفع أسعار الحديد في حال عدم وجود هذه الأقطاب أو تأخر وصولها. وذلك في ضوء ما نتعرض له من عقوبات وحصار وخاصة بعد الدمار الذي تعرض له القطر جراء العمليات الإرهابية والتدخلات الخارجية مما سيؤثر سلباً على اقتصاد الجمهورية العربية السورية وميزان المدفوعات السنوي ويؤخر في عملية إعادة الإعمار.

لذا يتطلب الأمر حلولاً سريعة من قبل أصحاب المنشآت الصناعية وتدخلاً مباشرة من الحكومة السورية وذلك من خلال:

- وضع خطط استراتيجية لتسهيل إستيراد المواد الأولية الداخلة في عمليات الإنتاج وأهمها الجرافيت وبكميات كبيرة والعمل على تخزينها.
 - تقديم الطاقة الكهربائية اللازمة لجميع معامل الحديد والصلب بسعر مدروس.
- من خلال هذا البحث أرفق طلبين للحكومة السورية لدراستهم وأخذهم بعين الاعتبار للنهوض بهذه الصناعة وأخذ دورها الإستراتيجي في بناء الدولة والمجتمع:
1. إنشاء مدرسة ثانوية لاستقطاب الطلاب وتدريبهم صناعة الحديد والصلب، كما هو الحال في جمهورية مصر العربية الشقيقة ومن ثم رفدهم إلى سوق العمل مباشرة وإلحاق المتميزين منهم بالجامعات والمعاهد.
 2. تقديم حلول جذرية لمشكلة استقطاب وتأهيل الكوادر البشرية في معامل الحديد والصلب من خلال إحداث تشريع من قبل الحكومة السورية بإعفاء العاملين في منشآت الحديد والصلب من الخدمة الإلزامية في حال إلزامهم بالعمل لمدة 10 سنوات أو أكثر كما هو الحال في بعض الدول الأوروبية.

1-4 أهداف البحث :

يهدف هذا البحث إلى مايلي:

- A. دراسة أثر كمية الخرقة في تخفيض استهلاك الأقطاب في معامل الصهر.
- B. دراسة أثر كمية الأكسجين في تخفيض استهلاك الأقطاب في معامل الصهر.
- C. دراسة أثر زمن الصهر في تخفيض استهلاك الأقطاب في معامل الصهر.
- D. دراسة أثر جودة الأقطاب في تخفيض استهلاك الأقطاب في معامل الصهر.

1-5 منهج البحث:

تم استخدام المنهج الوصفي التحليلي المتضمن جمع البيانات والمعلومات المتعلقة بمتغيرات الدراسة وتحليلها.

1-6 نموذج الدراسة:

المتغير التابع	المتغيرات المستقلة
إستهلاك الأقطاب الغرافيتية	طرق تخزين الأقطاب
	جودة الأقطاب
	نوعية الخردة
	زمن الصهرة
	كمية الأكسجين

جدول رقم (1) نموذج الدراسة

1-7 محددات الدراسة:

المحددات الموضوعية: استهلاك الأقطاب الغرافيتية.

المحددات المكانية: معمل حديد للصناعات المعدنية في عدرا الصناعية سورية.

2-1 الدراسات السابقة:

2-1-1 دراسة (Marius Peens, 2004)

الدراسة بعنوان (Modelling & control of an Electrode System for three-Phase Electric Arc Furnace)

بحثت الرسالة في التحكم بمدخلات الطاقة الكهربائية لثلاث مراحل في فرن القوس الكهربائي حيث يتم استخدام الأقطاب الغرافيتية لتحويل الطاقة الكهربائية إلى حرارية عبر أقواس كهربائية.

وتهدف إلى تعديل نموذج فرن القوس الكهربائي الذي يتم تطويره في جامعة بريستوريا بجنوب أفريقيا، حيث يفترض النموذج الحالي لفرن القوس الكهربائي أن مدخلات الطاقة الكهربائي المطبقة ثابتة ويجب

تعديلها ليصبح التحكم بالأقطاب الغرافيتية تناسبي-تكاملي-تفاضلي (PID) بالإضافة إلى التحكم التنبؤي (MPC) Model-Predictive-control .

وتوصلت هذه الرسالة إلى ما يلي:

- سيؤدي هذا التعديل إلى التقليل من التشويه التوافقي للجهد
- تحسين من فعالية فرن الصهر
- المساهمة في تحسين العملية الكهربائية لفرن الصهر

2-1-2 دراسة (Norman Ballard, 1995)

الدراسة بعنوان (Electrode Length Measurment in Electric Arc Furnace)

تمت الدراسة في جامعة كيب تاون وبحث في قياس طول الأقطاب الغرافيتية م والهدف منها مايلي:

- إيجاد طرق بديلة لتحديد طول الأقطاب الغرافيتية.
 - تطوير النظام المستخدم حالياً لقياس طول الأقطاب.
 - يجب أن يستطيع النظام الجديد قياس طول الأقطاب الغرافيتية بدقة أكبر من 10 سم.
- حيث أن معرفة طول القطب تساعد على ما يلي:

- تمنع مشغل فرن القوس الكهربائي من صدم القطب بقاع فرن القوس الكهربائي.
- صيانة منطقة التفاعل الموجودة أسفل الأقطاب الغرافيتية.
- تسهل تصحيح معامل القدرة لتخفيض تكاليف الكهرباء إلى حد كبير.

توصلت الدراسة إلى ما يلي:

- تم استخدام نظام الأمواج فوق الصوتية بوضع رادار فوق القطب لتحديد طول القطب .
- أظهر كلا التقييمين النظري والعملي أن الأمواج ستكون قادرة على الاستمرار في الانتشار في التجويف المتبقي من القطب بمجرد ذوبان الدليل الموجي الذي تم إدخاله.
- يقدم رادار الموجة المستمرة المشكل بالتردد التقليدي أفضل أداء في بيئة الفرن, نظراً لقدرته على التمييز بين الأهداف العادية و"الذكية" الذي يمكن ربطه به.
- وجد أن المنحني الخطي للأمواج مذبذب وذو أهمية حاسمة في الحصول على نسبة إشارة عالية بالنسبة للضجيج العالي عند خرج الرادار.
- وفر تحويل فورييه السريع الدقة والمتانة اللازميتين لتحليل الإشارة الراجعة للرادار .

- يمكن قياس طول الدليل الموجي الأجوف بدقة تبلغ 1.38 سم على مدى 4 م إلى 9 م باستخدام النظام.
- تم مراقبة نهاية الأنبوب ليكون غير حرج، مع عمل النظام بشكل جيد سواء تم إنهاء الأنبوب أم لا.
- لم تؤثر إضافة مقطع من قطب في نهاية الأنبوب الفولاذي على دقة القياسات. توضح هذه الدراسة ما يلي:
- أن الموجات الكهرومغناطيسية يمكن أن تنتشر في تجويف قطب الجرافيت.
- أن الانعكاس الناجم عن الانتقال بين الدليل الموجي وتجويف الجرافيت صغير مقارنة مع الانعكاس الناتج في نهاية القطب.
- يحتاج النظام الآن إلى اختباره على فرن حقيقي من أجل تقييم التأثيرات على الفرن بشكل أكثر دقة مقارنة مع الانعكاس الناتج في نهاية القطب.
- يحتاج النظام الآن إلى اختباره على فرن حقيقي من أجل تقييم تأثيرات بيئة الفرن بشكل أكثر دقة.

2-1-3 دراسة إعدلي 2014

عنوان الدراسة: إمكانية تطبيق أسلوب ستة سيجما ودوره في تخفيض التكاليف ودعم الميزة التنافسية.

عينة الدراسة: شركة التقنيات المتطورة لإعادة تصنيع المواد المستهلكة في الأردن.

تهدف الدراسة إلى إظهار دور منهجية الستة سيجما في تخفيض نسبة الإنتاج المعيب وزيادة الأرباح، وذلك من خلال تطبيق هذه المنهجية في شركة التقنيات المتطورة، وإلى أي مدى تؤثر معاييرها في تخفيض التكاليف، وزيادة القدرة التنافسية في الشركة. وتوصل البحث إلى أنه في حال تطبيق الشركة لمنهجية الست سيجما، فإن ذلك سينعكس على تخفيض نسبة الإنتاج المعيب، وزيادة الكفاءة الإنتاجية.

وإن التطبيق العملي لهذه المنهجية وفق الأسس العلمية السليمة يؤدي إلى تحقيق معدلات مرتفعة في جودة المنتجات، وتدعيم القدرة التنافسية في شركة التقنيات المتطورة.

الفصل الثاني : الإطار النظري

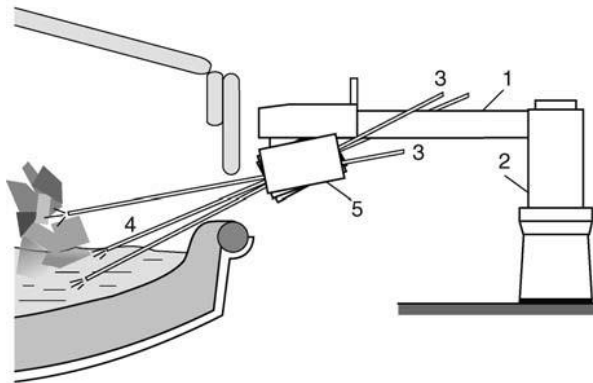
يتناول الفصل الثاني توضيح وتعريف الأكسجين ودوره في صناعة الحديد بالإضافة إلى الخردة ونوعيتها ودورها الهام في زيادة المردود بالإضافة إلى زمن الصهر وتأثيره في صناعة الحديد وفي النهاية ماهي المواد الداخلة في صناعة الأقطاب الغرافيتية وكيفية تصنيعها وأنواعها

2-2 تعريف الأكسجين : (Yuri N. Toulouevski -2010)

بعد نهاية الحرب العالمية الثانية بدأ الاستخدام التجاري للأكسجين في صناعة الصلب وذلك بعد تطوير وتنفيذ طرق جديدة ورخيصة لإنتاجه نسبياً وقد لعب هذا الابتكار دوراً استثنائياً كبير في زيادة إنتاجية فرن القوس الكهربائي وتقليل إستهلاك الطاقة الكهربائية

في البداية ، تم استخدام الأكسجين في فرن القوس الكهربائي بكميات محدودة نوعاً ما ، لأغراض القطع بشكل أساسي وإزالة الكربنة من الخردة المصهورة وقد كان يتم حقن الأكسجين في الفرن يدوياً من خلال باب الخبث باستخدام أنابيب معدنية مستهلكة

ثم بعد ذلك أصبحت هذه العملية آلية بالكامل. ولحقن الأكسجين تم إستخدام بوارى مبردة عوضاً عن البوارى المستهلكة حيث يتم إدخالها من فتحات في السقف والجدران الجانبية للفرن،

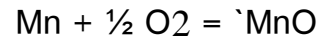
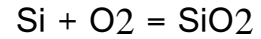
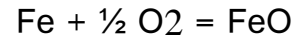
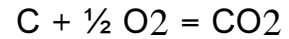
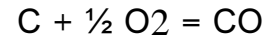
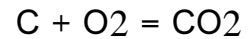


شكل (1-2) حقن الأكسجين من باب الخبث

ومن ثم تم استخدام الغاز والأكسجين في الحقن على نطاق واسع في أفران القوس الكهربائي وذلك من خلال الجدار الجانبي للفرن لتشكيل حراقات بقدرة تتراوح من 3 إلى 3.5 ميجاوات. كل ذلك ساهم في زيادة استهلاك الأكسجين. ومع ذلك فإن إستهلاك الأكسجين لم يتجاوز 10-15 م 3 لإنتاج واحد طن من الصلب في الصهرة الواحدة

وقد ظهرت الزيادة الحقيقية في استهلاك الأكسجين عند بدء حقن الكربون في المصهور، فقد كانت النتائج مبهرة، فكلما زاد تدفق الأكسجين في المصهور، زادت كمية الحديد المؤكسد حتما ويقلل حقن الكربون من أكاسيد الحديد وبالتالي يمنع من انخفاض العائد. إلى جانب ذلك يتسبب الكربون المحقون في تشكيل الخبث. الذي يضمن غمر القوس وبالتالي يقلل من ضياع الطاقة الكهربائية

كما هو موضح في المعاللات التالية:



في الأفران الحديثة عالية الطاقة التي تعمل على صهر الخرقة، يصل متوسط استهلاك الأكسجين إلى حوالي 40 م 3 / طن ، ومن الممكن أن يصل إلى 50 م 3 / طن.

يزداد استهلاك الأكسجين في بعض الحالات ، إلى 70 م 3 / طن في الأفران حيث يستخدم الأكسجين أيضًا في مرحلة ما بعد احتراق أول أكسيد الكربون. (CO) ويصل استهلاك الكربون المحقون في المصهور إلى 15-17 كجم / طن

نظرًا لأن مدة تسخين الخرقة بواسطة الحراقات (أكسجين + غاز) أثناء عملية الصهر قصيرة جدًا لذا فهي تتطلب غزارة عالية من الأكسجين والكربون.

في الأفران الحديثة تصل غزارة الأكسجين 0.9-1.0 م³/طن في الدقيقة ، ويمكن أيضا أن تصل إلى 2.5 م³/طن في الدقيقة إذا تم استخدام المعدن المصهور والحديد المختزل بكميات كبيرة كما ذكرنا سابقاً ، فقد أدى استخدام الأكسجين في أفران الصهر إل زيادة إستهلاك الطاقة الكيميائية وانخفاض إستهلاك الطاقة الكهربائية إلى حوالي 50% من إجمالي الإستهلاك

2-3 الخردة (Metallon, Buenos Aires, Argentina-Jorge Madias)

يعتبر فرن القوس الكهربائي من أهم المعدات التي تقوم بإعادة تدوير الخردة (الفولاذ 100% هي الشحنة الأكثر شيوعاً) في البلدان المتقدمة ولكن الوضع مختلف في البلدان النامية، حيث لا تتوافر الخردة دائماً بالكمية المطلوبة، ويتم الإستعاضة عنها بمواد أخرى مثل الحديد المختزل (DRI و HBI) والحديد الخام والمعدن الساخن .

تغطي الخردة حوالي 75% من متطلبات المعادن لأفران القوس الكهربائي ، بينما يغطي حديد الاختزال المباشر (DRI و HBI) حوالي 15% ويتم تعويض باقي الكميات المطلوبة بحديد الزهر والمعدن الساخن . إلى جانب إعادة تدوير الخردة ، تقوم الأفران الكهربائية أحياناً بإعادة تدوير الخردة الداخلية مثل غبار فرن القوس الكهربائي، والخبث، والمواد الحرارية أيضاً.

وفي بعض البلدان يتم تعويض وتدوير باقي الكميات المطلوبة من النفايات الأخرى مثل الإطارات والمواد البلاستيكية

2-3-1 تصنيف الخردة

يمكن تقسيم الخردة التي يتم شحنها إلى فرن القوس الكهربائي حسب المنشأ تقريباً إلى ثلاث فئات

1. خردة قديمة (سيارات ، أجهزة ، آلات).
2. خردة صناعية (الناتجة أثناء معالجة الأسلاك أو القضبان).
3. خردة داخلية مرفوضة الجودة (أرضية أحواض الصب، الصلب المستعاد من الخبث).

يمكن تحضير الخردة القديمة لتجهيزها للإستخدام بطرق مختلفة

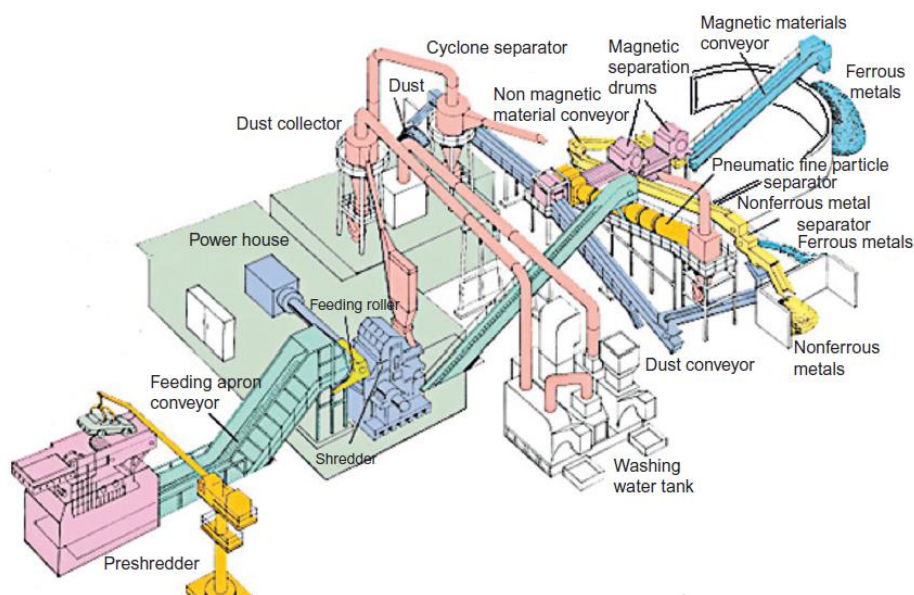
- عن طريق التقطيع في آلة التقطيع (شريدار) لإعادة تدوير السيارات والخردة المحلية
- بالضغط وتشكيل البالات (مكبس)

• بالقص بالأكسجين (شينمو)

يقوم العديد من تجار الخردة وصناع الصلب بتركيب هذه المعدات (شريدار ، مكبس ، شينمو) بسبب المزايا المتعلقة بالتلوث بالتربة والكثافة وما يقابلها استهلاك أقل للطاقة والجير ، وحتى ضجيج أقل.

وقد تعمل آلات النقطيع في جميع الظروف المناخية الصعبة (رطبة، جافة، باردة).

يظهر الشكل (2-2). شريدر لنقطيع الخردة التي يتم تغذيتها في غلاف الدوار ، ونظام إزالة الغبار لتنظيف الهواء ،ومعدات لفصل الخردة ، وأنظمة متنوعة لتقسيم المواد المقطعة إلى حديدية وغير حديدية ومخلفات أخرى وعزل النحاس والبلاستيك



شكل (2-2) شريدر لنقطيع الخردة

كما يتم تصنيف الخردة حسب الكثافة والتركيب الكيميائي

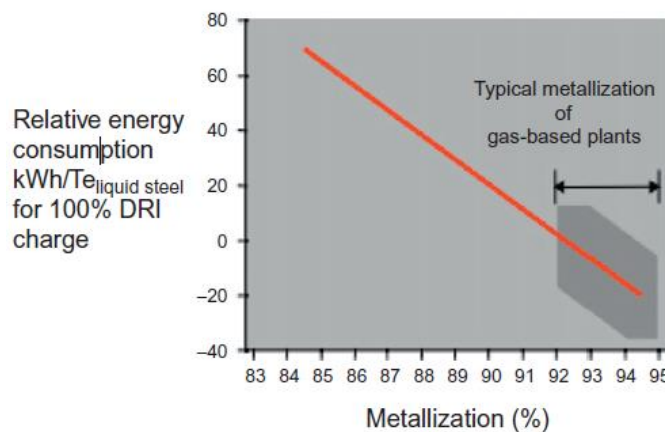
1. (HMS1) فولاذ ثقيل رقم 1
2. (HMS 2) فولاذ ثقيل رقم 2 ويختلف عن الأول من حيث السماكة وكمية الطلاء
3. (Bundles No 1) وهي عبارة عن بالات من الخردة الخفيفة مضغوطة بواسطة مكابس هيدروليكية تتكون من صفائح وشرائط وألواح
4. (Bundles No 2) وهي عبارة عن بالات من الصاج المغلفن

بالنسبة لتجارة الخردة يتم تصدير الخردة عادة من قبل الدول المتقدمة، مثل الولايات المتحدة واليابان ، وتستوردها الدول النامية.

تميل المناطق ذات الوفرة المنخفضة للخردة إلى حماية صناعة الصلب عن طريق فرض الضرائب على صادرات الخردة.

حوالي 25% من المعادن المطلوبة لصناعة الصلب بواسطة فرن القوس الكهربائي هي الحديد المختزل (DRI/HBI) والحديد الخام والمعدن الساخن. ويعد انخفاض سعر الغاز سبباً رئيسياً لبناء مصانع الحديد المختزل (DRI/HBI) لذا فإن أغلب مصانعه ، تقع في البلدان التي يتوفر بها الغاز الطبيعي والكهرباء بتكلفة منخفضة. تصدرت في عام 2011 الهند وإيران والمكسيك والمملكة العربية السعودية وروسيا الدول المنتجة للحديد المختزل (DRI/HBI)

من المعروف أن صهر الحديد المختزل (DRI/HBI) يستهلك طاقة كهربائية أكثر من صهر الخردة العادية وذلك بسبب وجود الشوائب الحمضية في خام الحديد لذا يتم معادلته بإضافة الجير وزيادة كمية الخبث مقارنة بالطرق التقليدية كما أن النسبة العالية من المعدن في الحديد المختزل تساهم في تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية كما في الشكل (2-3).



الشكل (2-3) تأثير نسبة المعدن في الحديد المختزل على استهلاك الكهرباء

يعتبر الحديد المختزل المصنوع على الفحم أفضل من المصنوع بواسطة الغاز لإحتوائه على كمية أعلى من الكربون ومثال على ذلك منتجات الحديد المختزل المصنوع في الهند.

حيث أن نسبة الكربون في DRI مهم لأنه يعتبر مصدراً خارجياً للطاقة حيث يتحد هذا الكربون مع الأكسجين المحقون في فرن القوس الكهربائي ويعزز رغبة الخبث الطبيعية بواسطة ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تفاعل أكسيد الحديد غير المختزل مع الكربون الموجود في DRI مما يساعد على تقليل استهلاك الطاقة الكهربائية.

ولكن من عيوب الحديد المختزل المصنع على الفحم DRI في الهند (نسبة الرماد المرتفعة في الكربون، خام الحديد عالي الشوائب، وملوث للبيئة).

2-4 زمن الصهرة (Metallurgical Process Engineering-Ruiyu Yin)

يعد الوقت عاملاً أساسياً في عمليات الصهر والتصنيع المعدني ولكن عند دراسة موضوع ما بهدف التطوير أو التحكم في عملية الإنتاج يعتبر عامل الوقت مجرد متغير عشوائي مستقل ويُعتقد أن وقت الدراسة صعب ولا قيمة له

وبالرغم من أن قيمة الوقت المستهلك في عملية التعدين هامة جداً إلا أنه يتم تجاهلها في كثير من الأوقات من قبل بعض الناس لإعتقادهم أن التحكم في عملية الإنتاج يتم من خلال الخبرة في التعامل مع المشكلات العشوائية، حتى اعتبر عامل الوقت غير ضروري للدراسة في هندسة المعادن.

في الواقع، عند دراسة عامل الوقت من حيث المقاييس والمستويات المختلفة، وملاحظته في هندسة العمليات المعدنية يتم الحصول على بعض المفاهيم والمعارف الجديدة

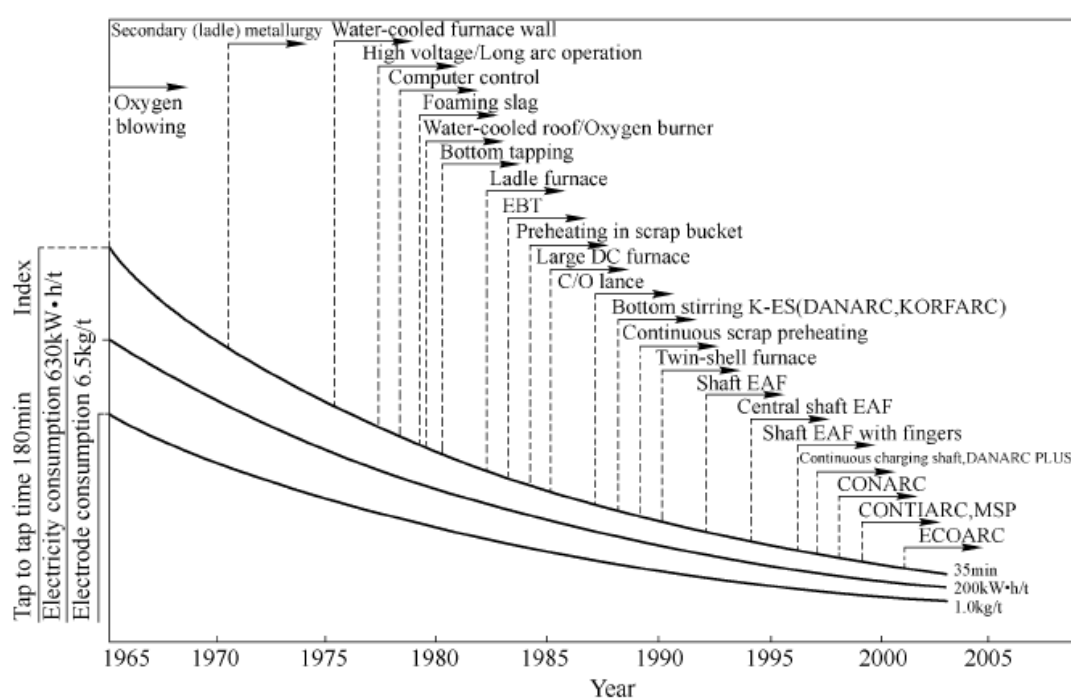
تبدو القيمة الزمنية لبعض الظواهر أو الأحداث وكأنها عشوائية أو مضطربة على مستوى أدنى أو على نطاق أصغر، ولكنها مرتبة وذات قيمة ومستوى أعلى على نطاق أوسع.

أن الوقت هو عنق الزجاجة الفني في عمليات الإنتاج أو في أي إجراء من الإنتاج أي أنه هناك قيمة حرجة للزمن.

على سبيل المثال ، عندما يكون زمن معالجة الصهرة في علم المعادن أطول من زمن الصهر في فرن صناعة الصلب، يصبح من الصعب جدًا تحقيق تسلسل عمليات الصب، وسيتوقف استمرار التشغيل في معمل الصهر.

من الواضح في عملية إنتاج المعادن، وخاصة في المعامل الحديثة أن عملية التنظيم واستمرارية خط الإنتاج هي الضمان الوحيد لتحقيق العملية المنظمة بمقاييس مختلفة.

مع تطور أفران القوس الكهربائي عالية الطاقة أصبح زمن الصهرة 60 دقيقة وفي بعض المنشآت أصبح أقل من ذلك حيث كان سابقا حوالي 3 ساعات وبالتالي يمكن أن يكون التنسيق مع قسم الصب أفضل لضمان السير المتسلسل للعملية الإنتاجية وقد انعكس هذا الانخفاض بالزمن إيجابيا على إستهلاك الطاقة الكهربائية والكيميائية والأقطاب الغرافيتية كما هو موضح بالشكل (2-4)



الشكل (2-4) تأثير إنخفاض زمن الصهر على إستهلاك الكهرباء والأقطاب الغرافيتية

5-2 الكربون (Wilhelm Frohs & Hubert Jaeger)

عنصر الكربون هو العنصر السادس في الجدول الدوري ورمزه C كتلته الذرية 12 جيرانه هما :

البورون رقمه الذري 5 ، وهو شبه معدني.

النيتروجين رقمه الذري 7 وهو لافلزي مثل عناصر الكربون والأكسجين والفوسفور والكبريت.

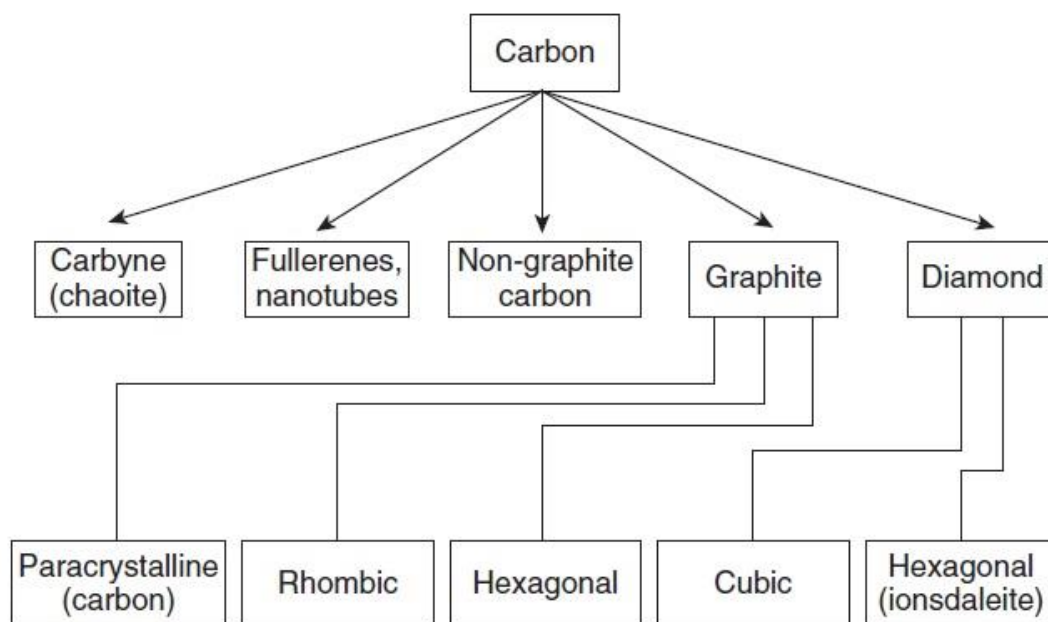
تبلغ الحصة الكتلية للكربون على سطح الأرض حوالي 0.03% من حيث الوفرة بالنسبة إلى العناصر الأخرى ويحتوي الكربون على نظيرين مستقرين: 12 و 13

النظير C 14 غير مستقر ومشع ، ويستخدم هذا النظير لتحديد العمر في علم الآثار. نصف العمر الإشعاعي لها قصير نوعًا ما بحوالي 5715 عامًا

أهم متآصلات الكربون هي الماس والجرافيت و الكربون غير المتبلور كما في الشكل (2-5)

1-5-2 الجرافيت

الجرافيت شكل من أشكال الكربون، يوجد كمعدن في الطبيعة، كما يمكن تكوينه صناعياً، ومعدن الجرافيت أسود وقد يميل إلى اللون الرمادي، وله بريق فلزي أو مظهر ترابي



الشكل (2-5) أشكال الكربون

مَلْمَسُهُ شَحْمِي، وهو رخو يترك أثراً بسهولة على الأجسام، وهاتان الخاصيتان تجعلان منه مادة مناسبة لصناعة المُزَلَّجات، أي المواد التي تساعد على سهولة حركة أجزاء الآلات، وأيضاً لصناعة أقلام الكتابة (أقلام الرصاص).

ويوجد الجرافيت في الطبيعة على هئتين: إما كصفائح أو قشور تتكون من بلورات صغيرة مسطحة من
الفصيلة السداسية

وإما في شكل كتل ترابية المظهر من بلورات مجهرية (لا ترى إلا بالمجهر).

وتوجد هذه الأشكال من خام الجرافيت منتشرة فيما يُسمى بالصخور المتحولة، أي الصخور التي تعرضت
في تاريخها الطويل إلى درجات عالية جدا من الضغط والحرارة، فانصهرت أو قاربت درجة الانصهار
ثم تصلبت بعد ذلك.

مثل هذه الصخور عندما تكون محتوية على كميات كبيرة من الكربون (أصله نباتي غالبا)، فإن هذا
الكربون عندما يتعرض لعملية التحول هذه ينصهر كذلك ثم يتصلب مُتبلورا على هيئة جرافيت.
وأهم أماكن وجود خام الجرافيت في العالم جزيرتا سريلانكا (سيلان) إلى الجنوب الشرقي من الهند،
ومدغشقر إلى الجنوب الشرقي من قارة أفريقيا.

وتوجد أيضا رواسب جيدة من هذا الخام في النمسا وإيطاليا والهند وكوريا والمكسيك وروسيا.
وبالرغم من وجود الجرافيت في الطبيعة بكميات لا بأس بها، إلا أنه يُصنع بكميات أكبر من تلك التي
تستخرج من الطبيعة، وذلك لما يمتاز به الجرافيت المُصنَّع من نقاوة يفقر إليها الجرافيت المستخرج من
الطبيعة.

ويصنع الجرافيت بتسخين فحم الأنثراسيت المخلوط جيدا بكميات قليلة من الرماد الدقيق في أفران
كهربائية.

وللجرافيت استعمالات كثيرة في الصناعة، ومن أهمها:

صناعة بواتق الصهر المستعملة في صناعات الصلب والبرونز.

صناعة المساحيق التي تستعمل لتسهيل سبك المعادن وتبطين قوالب المسبوكات.

صناعة المزلجات، وذلك من مسحوق الجرافيت الدقيق المعلق في الزيت.

صناعة الأقطاب الكهربائية، وأجهزة الدينامو، ومواد حشو البطاريات الجافة.

صناعة ما يسمى بالرصاص، وهي مادة الكتابة بأقلام الرصاص، وتصنع من خليط الجرافيت والصِّلصال ومواد أخرى.

صناعة بعض أنواع الطلاء.

استخدامات أخرى للجرافيت

من الاستخدامات الأخرى للجرافيت ما يلي:

1. يستخدم في المفاعلات النووية لأنه يمتص النيوترونات سريعة الحركة.
2. الصناعات الكهربائية والبطاريات: فيستخدم الجرافيت البلوري في تصنيع أقطاب الكربون الكهربائية، والألواح اللازمة في صناعة بطاريات الخلايا الجافة ومنها بطاريات ليثيوم-أيون.
- يعد العنصر الوحيد غير المعدني الذي يعتبر موصلًا جيدًا للكهرباء. يملك بريقاً معدنياً. تتراوح قوة صلابته على مقياس موس بين 1 و 2. يوجد في الطبيعة بين رواسب الحجر الجيري.

2-5-2 خطوات تصنيع الأقطاب الجرافيتية (Hugh O. Pierson- Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerene)

2-5-2-1 تجهيز المواد الأولية:

بعد طحن المواد الأولية المستخدمة في تصنيع الأقطاب وخضوعها لبعض المعالجات الميكانيكية يتم خلطها في درجة حرارة مرتفعة لإنشاء كتلة متجانسة ، ومن ثم يبرد الخليط ويؤخذ إلى مكبس حيث يبدأ القطب بالتشكيل و بعد ذلك يتم قطع أطوال محددة عن طريق القص. يتم تبريده على الجزء الخلفي بحيث يكتسب العمود تصلب ويمكن بالتالي أن يكون بسهولة التعامل معها.

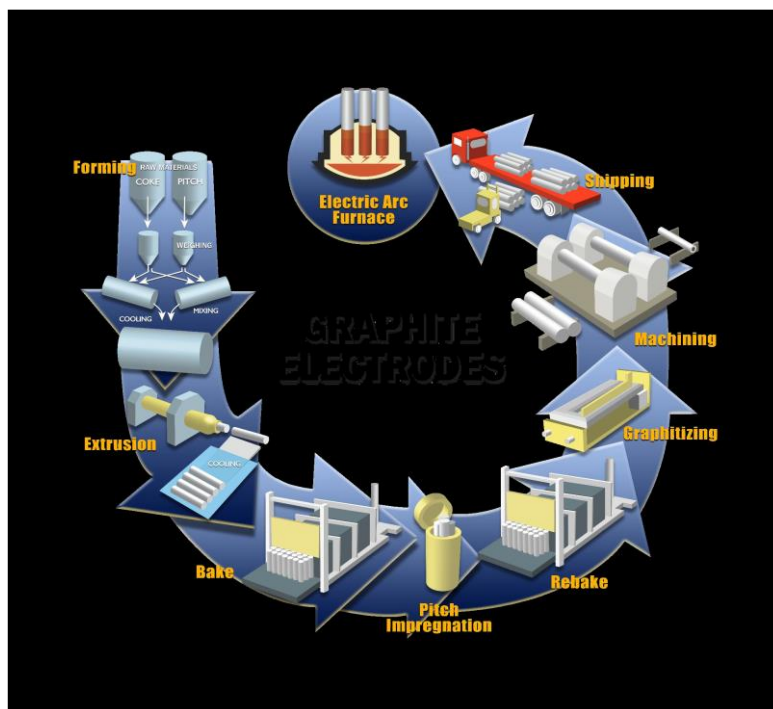
2-5-2-2 الكربنة أو التفحيم

يحدث الكربنة في الفرن في جو خامل أو مختزل وقد تستمر العملية من بضعة أيام إلى عدة أسابيع حسب المكونات والحجم وشكل الجزء.

يتم رفع درجة الحرارة ببطء إلى 600 درجة مئوية وهي الدرجة التي تلين فيها المواد الرابطة ليتم إطلاق المواد المتطايرة وتبدأ المادة في الانكماش والتصلب.

الانكماش النموذجي هو 6% يجب أن تكون الأجزاء مدعومة بمادة تغليف لمنع الترهل.

ترتفع درجة الحرارة بعد ذلك إلى 760 ثم إلى 980 درجة مئوية وفي بعض الحالات حتى 1200 درجة مئوية (وهي حالات خاصة) حيث يمكن القيام بهذه الخطوة الأولى بشكل أسرع من الخطوة السابقة ، نظراً لأن معظم المواد المتطايرة قد تمت إزالتها وأصبحت المادة صلبة بالفعل ولم يعد الترهل يمثل أي مشكلة.



الشكل (2-6) خطوات تصنيع الأقطاب الغرافيتية

3-2-5-2 الإشباع (التشريب)

بعد مرحلة الكربنة تكون درجة المسامية للمواد عالية جداً ولزيادة وتحسين كثافتها وخواصها الميكانيكية والكهربائية، من الضروري تشريبها بطبقة من قطران الفحم أو بمادة بوليمرية مثل الفينول،

في حال كانت نوعية الأقطاب جيدة يتم إنتاج الوصلات منها

عادة ما يتم التشريب في الأوتوكلاف عالي الضغط وتكرر عملية الكربنة.

4-2-5-2 تشكيل الجرافيت

حتى الآن ما تزال الأقطاب مصنوعة من الكربون غير المتبلور لذا توضع في أفران خاصة تصل إلى 300 درجة مئوية حيث يتحول الكربون إلى جرافيت وتتغير خصائصه.

5-2-5-2 التشكيل

تتم الآن عملية تشكيل الأقطاب للحصول على الأطوال والأقطار المطلوبة ومن ثم يتم عملية تشكيل أماكن توصيل الأقطاب

3-5-2 أنواع الأقطاب الجرافيتية

1. أقطاب ذات إستطاعة عالية جدا (Ultra High Power)

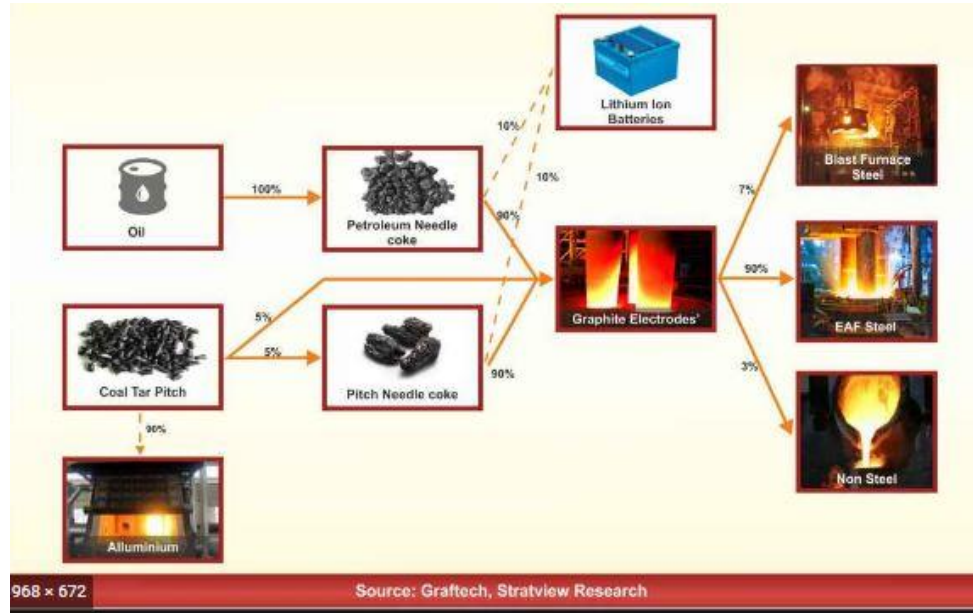
2. أقطاب ذات إستطاعة عالية (High Power)

3. أقطاب ذات إستطاعة عادية (Regular Power)

تختلف هذه الأنواع عن بعضها من حيث المواد الأولية الداخلة في عملية التصنيع بالإضافة إلى زمن التصنيع حيث يعتبر الفحم الأبري المادة الأساسية في تصنيع الأقطاب الغرافيتية ويوجد نوعان من الفحم هما:

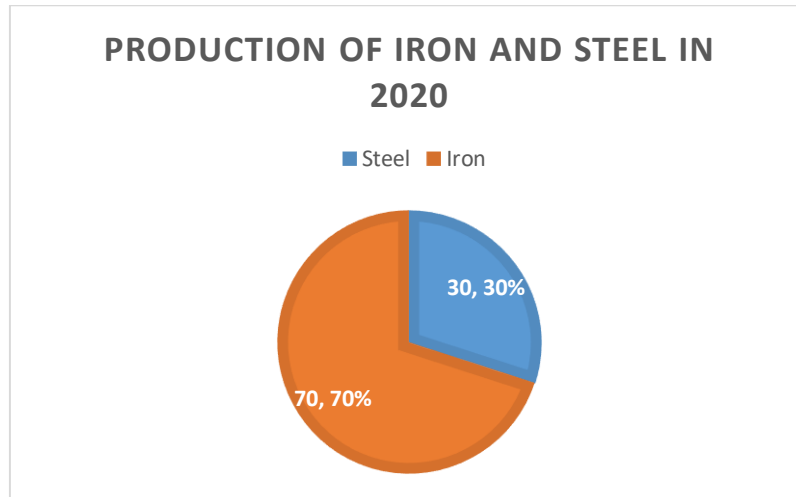
- فحم بترولي يتم إنتاجه باستخدام مسار التقطير الفراغي للنفط الخام والتكويك المتأخر
- فحم أبري وهو نوع من الكوك البترولي شديد التبلور مع نسيج مخطط واضح يتميز بمعامل تمدد حراري عالي وموصلية كهربائية. لذلك ، فإن فحم الكوك الأبري هو المادة الأكثر مثالية لإنتاج أقطاب الجرافيت

من المثير للاهتمام بالنسبة لنا نسبة فحم الكوك البترولي وكوك الإبرة في صناعة الأقطاب ، حيث يوجد علاقة عكسية بين نسبة فحم الكوك البترولي وفحم الكوك الأبري ، فكلما انخفض محتوى فحم الكوك الإبري ، زاد محتوى كوك البترول والعكس صحيح. كما سنرى في القسم الخاص بنظام تصنيف قطب الجرافيت



الشكل (2-7) فحم الكوك والفحم الإبري

تزداد نسبة صناعة الفولاذ في أفران القوس الكهربائي في شركات إنتاج الحديد والصلب في العالم بشكل ملحوظ. حيث تصل نسبة صناعة الفولاذ في الفرن الكهربائي إلى حوالي 30%. الشكل (2-8) ومن المتوقع أن تصل إلى 40% خلال العشر سنوات القادمة



الشكل (2-8) النسب العالمية لإنتاج الفولاذ في أفران القوس الكهربائي

2-6 الأفران:

تعد الحاجة إلى الأفران ضرورة ملحة لإستخداماتها في العمليات الصناعية المختلفة مثل صناعة المعادن والكيماويات والزجاج والأسمنت إلخ...

تعمل الأفران التي تتعامل مع مواد وعمليات مختلفة في درجات حرارة مختلفة تتراوح من 100 درجة مئوية إلى 2000 درجة مئوية

يمكن الحصول على الطاقة الحرارية المطلوبة لهذه العمليات من مصادر مختلفة للطاقة في ضوء مجموعة واسعة من ظروف العمل, قد يبدو نوع الفرن مختلفا عن الآخر وقد تكون تقنية نقل الحرارة والكفاءة الحرارية لهذه الأفران مختلفة تماما

2-6-1 تعريف الفرن : غرفة أو حاوية عمل, يتم داخلها الحفاظ على درجة حرارة أعلى لإجراء بعض العمليات ذات الصلة بالصناعة أو البحث أو الحياة المنزلية. كلمة فرن مشتق من اللاتينية كلمة fornax

2-6-2 الميزات الأساسية للأفران

الغرض الأساسي من الفرن هو أن يكون له غرفة أو حاوية للحفاظ على درجة حرارة العمل مع جو مناسب كفاءة حرارية مقبولة، والتي ستكون اقتصادية في التشغيل والاستخدام, في ضوء ذلك سيكون للفرن الميزات التالية:

(أ) اسم الفرن:

الفرن له اسم لتحديد ميزاته اللازمة لأداء بعض العمليات

(ب) الغرض من الفرن:

العملية المنفذة في الفرن لها غرض والتي يمكن أن تكون فيزيائية (تسخين ، ذوبان ، إلخ) ، كيميائية (تكليس ، تحميص ، معالجة ، إلخ) أو كيميائية فيزيائية (مثل التلبيد) في الطبيعة.

(ج) درجة حرارة الفرن:

يجب أن يكون للفرن منطقة حرارية يمكن أن تكون :

منخفضة (>1000 درجة مئوية) أو عالية (<1400 درجة مئوية) أو عالية جدًا (~ 2000 درجة مئوية).

(د) مصدر الطاقة: يستخدم الفرن بعض مصادر الطاقة مثل الفحم وفحم الكوك ،النفط أو غاز الوقود أو الكهرباء .

(هـ) شكل الفرن: للفرن شكل نموذجي مثل المستطيل غرفة ، برج دائري (عمود) ، حجرة طويلة (نفق) ، أسطوانة دوارة (فرن دوار) ، إلخ.

(و) مادة الفرن: للفرن هيكل مصنوع من مادة مقاومة للحرارة أو مجموعة من المواد المقاومة للصهر والتي من شأنها أن تحافظ على بنيتها ضمن ظروف العمل وفي درجة الحرارة.

(ز) شحن الفرن وتفريغه: تم تصميم هيكل الفرن بطريقة تسهل شحن وتفريغ المواد المجهزة.

(ح) طريقة تحويل الطاقة: للفرن بعض الوسائل لتحويل الطاقة المتأصلة في الوقود إلى طاقة حرارية مثل الاحتراق الشبكي ،موقد الفحم ، موقد الزيت أو الغاز ، تدفق التيار الكهربائي من خلاله المقاومة أو القوس. الكهربائي

(ط) وضع نقل الحرارة: يستخدم الفرن بعض وسائل نقل الحرارة من مصدر كائن مثل التوصيل الحراري أو الحمل الحراري أو الإشعاع.

(ي) وضع إمداد الهواء: يمكن أن يكون تدفق غاز الفرن بسبب السحب الطبيعي أو مسودة قسرية.

(ك) الدفوعات أو التشغيل المستمر: يمكن أن يتم تشغيل الفرن دفعات أو جعلها تعمل بشكل مستمر.

(ل) جو الفرن: يمكن أن يتأكسد جو الفرن ، تقليل أو خاملة في الطبيعة.

(م) التحكم في الفرن: يمكن التحكم في الفرن يدويًا أو أوتوماتيكيا.

(ن) معالجة غاز مداخن الفرن: طريقة تفريغ المداخن أو النفايات يمكن أن تكون الغازات بعد التنظيف أو بدون تنظيف.

من الناحية العملية ، هناك العديد من الأفران التي لها ميزات الخاصة التي تجعلها مختلفة عن بعضها البعض. قائمة هذه الأفران قد تكون طويلة جدًا ، ومع ذلك ، يوضح الجدول 1.3 بعض الأفران الشائعة المستخدمة في الصناعة بخصائصها

2-7 تصنيف المواد الهندسية

يوجد عدد كبير من المواد الهندسية في الكون مثل المعادن وغير المعادن لذا فالمواد الهندسية يمكن تصنيفها إلى معادن وسبائك ومواد خزفية وبوليمرات عضوية ومركبات وأشباه الموصلات.

للمعادن والسبائك تطبيقات هائلة في تصنيع المنتجات المطلوبة من قبل العملاء. المعادن عبارة عن أجسام متعددة البلورات تتكون من عدد كبير من البلورات الدقيقة, المعادن النقية تمتلك قوة منخفضة وليس لديها الخصائص المطلوبة. لذلك يتم إنتاج السبائك عن طريق صهر أو تليد اثنين أو أكثر من المعادن معا" أومع غيرهم من غير المعادن لذا قد تتكون السبائك من عنصرين آخرين.

2-7-1 يتم تصنيف المعادن والسبائك إلى نوعين رئيسيين وهي المعادن الحديدية وغير الحديدية.

(أ) المعادن الحديدية هي تلك التي يكون الحديد مكونًا رئيسيًا لها ، مثل الحديد الزهر والحديد المطاوع والفولاذ.

(ب) المعادن غير الحديدية هي تلك التي تحتوي على معدن غير الحديد كعنصر رئيسي مكون ، مثل النحاس والألمنيوم والمغنيزيوم والرصاص والبرونز والقصدير والزنك والفضة....

2-7-2 الأنواع الرئيسية للحديد:

1. خنزير الحديد
2. الحديد الزهر
 - أ) الحديد الزهر الأبيض
 - ب) الحديد الزهر الرمادي
 - ت) الحديد الزهر القابل للطرق
 - ث) حديد الزهر المطيل
 - ج) الحديد الزهر الميهانيت

ح) سبائك الحديد الزهر

3. الحديد المطاوع

4. فولاذ

ا) الفولاذ الكربوني العادي

1. الفولاذ الكربوني الميت

2. الفولاذ منخفض الكربون

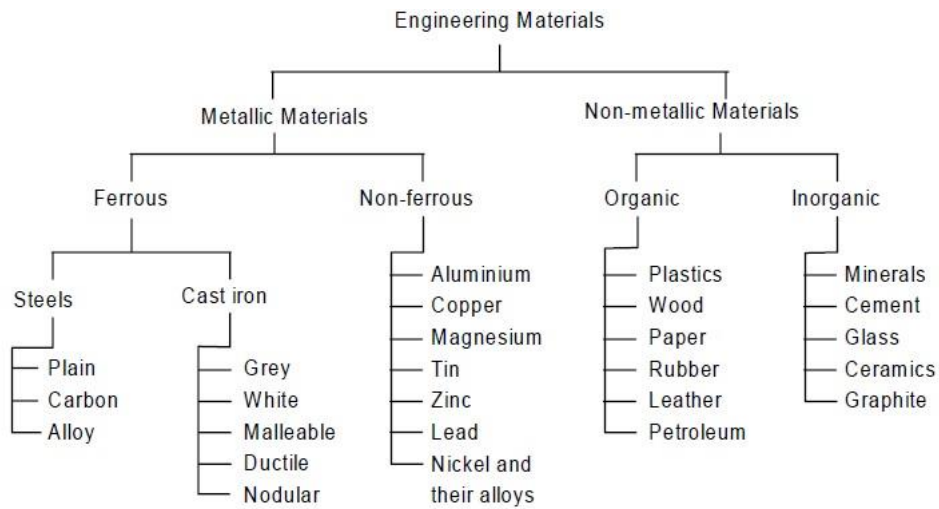
3. الفولاذ الكربوني المتوسط

4. الفولاذ عالي الكربون

ب) سبائك الصلب

1. فولاذ عالي السرعة

2. الفولاذ المقاوم للصدأ



الشكل (2-9) تصنيف المواد الهندسية

8-2 أنواع معامل الحديد والصلب:

معامل متكاملة (Integrated Factory): تأخذ الصناعة كلها من البداية للنهاية (أي من خام الحديد

إلى المنتج النهائي)

معامل نصف متكاملة (Semi-integrated factory): وتبدأ من منتصف الطريق من (فلزات الحديد - سكراب) تحولهم إلى منتج نهائي

يتم التمييز بين الحديد والصلب من حيث مايلي :

الحديد (Iron):

تكون نسبة جزيئات الحديد فيه من 80-92% بينما النسب المتبقية هي كربون وفلزات وعناصر سبائكية وشوائب ويتم إنتاجه بصهر خام الحديد بواسطة الفرن العالي (BF) ومن ثم إرسال المصهور إلى فرن نفخ الأكسجين (BOF) ومن ثم إلى قسم الصب (CCM)

الصلب (الفولاذ Steel):

تكون نسبة جزيئات الحديد فيه أكبر من 98% بينما النسب المتبقية هي كربون وفلزات وعناصر سبائكية وشوائب بنسبة قليلة جدا ويتم ذلك بصهر فلزات الحديد (DRI) والخردة في فرن القوس الكهربائي ومن ثم إرسال المصهور إلى فرن المعالجة بعد ذلك إلى قسم الصب

اللاختلاف بينهما يجمع بينهما قسم الصب

نسب الإنتاج العالمية :

الحديد: يتم إنتاج 92 % من الحديد في العالم بواسطة الفرن العالي و 8% بواسطة مصانع الحديد المختزل.

الفولاذ: يتم إنتاج 71% من الفولاذ بواسطة فرن لفح الأكسجين و 29% بواسطة فرن القوس الكهربائي

9-2 معامل الصهر المستخدمة للأقطاب الجرافيتية في سوريا:

1. معمل حديد يقع في عدرا الصناعية -ريف دمشق وهو معمل نصف متكامل حجم فرن القوس

الكهربائي 80 طن

2. معمل المتوسط (جود وشركائه) يقع في عدرا الصناعية -ريف دمشق وهو معمل نصف متكامل

حجم فرن القوس الكهربائي 85 طن

3. معمل حديد حماة يقع في مدينة حماة وهو معمل نصف متكامل ومملوك للحكومة السورية حجم

فرن القوس الكهربائي 30 طن

4. معمل إعمار سوريا يقع في منطقة حسية الصناعية - حمص وهو المعمل المتكامل الوحيد في

سورية حجم فرنه العالي 40 طن وقد تم مؤخرا إجراء بعض التعديلات على خط الإنتاج حيث

تم إيقاف الفرن العالي وتركيب فرن القوس الكهربائي حجمه 50 طن

يوضح الجدول رقم (1-2) التالي الأقسام الموجودة في معامل الصهر المذكورة سابقا

المعمل	إختزال DRI مباشر حديث	فرن عالي BF	فرن نفخ الأكسجين BOF	فرن القوس الكهربائي EAF	فرن المعالجة LF	قسم الصب CCM
حديد				80	*	*
المتوسط				85	*	*
حديد حماة				30	*	*
إعمار سوريا		40	60	50	*	*

الجدول رقم (1-2) أقسام معامل الصهر في سورية

إن جميع هذه المعامل تستخدم الأقطاب الغرافيتية لصهر الخرقة والحصول على الصلب وتقوم جميعا

بسكب أحد الأنواع الثلاث التالية من الصلب

1. بلوم: ينتج منه حديد التسليح (الجسور - سكك حديد)

2. بيليت: ينتج منه حديد التسليح (الريبار)

3. سلاب: ينتج صفائح - صاج (للسيارات - السفن - قطارات)

10-2 أنواع أفران القوس الكهربائي المستخدمة لمادة الغرافيت

1-10-2 فرن القوس الكهربائي (EAF)

تستخدم هذه الأفران لإنتاج كربيد الكالسيوم والسبائك الحديدية والسبائك غير الحديدية

2-10-2 فرن المعالجة (LF)

يستخدم في مصانع الحديد والصلب لمعالجة المصهور ورفع درجة حرارته

3-10-2 فرن القوس المغمور (submerged-arc furnace)

يستخدم هذا النوع من الأفران لإنتاج الفوسفور وبعض السبائك المعدنية

4-10-2 فرن قوس البلازما (PAF)

تستخدم في صهر التيتانيوم والمعادن المتخصصة الأخرى (التي تتطلب درجة نقاء عالية)

5-10-2 فرن القوس الفراغي (VAF)

يستخدم لتصنيع سبائك ذات تجانس كيميائي وميكانيكي للاستخدامات الفضائية والعسكرية مثل صناعة

(محامل المحركات النفاثة-حركات الرفرفة للطائرات المقاتلة ، والتروس في ناقل الحركة النفاث أو

الهليكوبتر)

الفصل الثالث

الإطار العملي

يحتوي الفصل الثالث دراسة ميدانية عن إستهلاك الأقطاب الغرافيتية في معمل حديد للصناعات المعدنية

1-3 نبذة عن شركة حديد للصناعات المعدنية

تم تأسيس معمل حديد للصناعات المعدنية في عام 2006 بموجب القانون رقم 10 للاستثمار لتأسيس أكبر منشأة في سورية لإنتاج مربعات الصلب وحديد التسليح وبأحدث التقنيات من شركة دانييلي الإيطالية تقع الشركة في مدينة عدرا الصناعية بريف دمشق وهي أكبر مدينة صناعية في سورية تتألف الشركة من أربعة منشآت رئيسية

1. منشأة الخردة وبطاقة سنوية تصل إلى 1,000,000 طن سنوية
2. منشأة الصهر وبطاقة إنتاجية لمربعات الصلب تصل حتى 700,000 طن سنويا
3. منشأة الدرفلة وبطاقة إنتاجية تصل حتى 450,000 طن سنويا من حديد التسليح

1-1-3 منشأة الخردة

تتكون من عدد من الشاحنات يصل إلى حوالي 40 شاحنة متضمنة الكباشات المتخصصة بنقل وتفريغ الخردة ومن ثم فرزها وتحميلها في شاحنات .

كما تحتوي على مجموعة من معدات القص والكبس ليتم توزيع وفرز الخردة بعدها المنشأة مجهزة بأنظمة متطورة خاصة بكشف المواد المشعة والقابلة للإنفجار ليتم عزلها ومنع وصولها إلى منشأة الصهر

1-2-3 منشأة الصهر

وتتكون مما يلي

1-2-1-3 فرن القوس الكهربائي

وهو أكبر فرن في الجمهورية العربية السورية حيث تصل طاقته الإنتاجية إلى 92 طن بالساعة فولاذ صافي

1-2-1-3 فرن المعالجة

ويقوم بمعالجة الصهورة وإضافة المواد السبائكية اللازمة لتحقيق المواصفة المطلوبة حسب رغبة الزبون والمحقة للمواصفات العالمية (الأمريكية،الروسية،الألمانية..)

3-2-1-3 المخبر

مجهز بأحدث الأجهزة والمعدات للتحقق من مطابقة المعدن للمواصفات المطلوبة

3-2-1-4 قسم الصب

تقوم بصب الفولاذ وفق مقاطع مربعة من طول 6م إلى طول 12 م وضمن الأبعاد التالية

من 120*120 ملم + 125*125 ملم + 130*130 ملم + 140*140 ملم + 150*150 ملم

3-2-1-5 منشأة الدرفلة

مجهزة بأحدث تقنيات الجيل الرابع من المعامل وبسرعة خط إنتاج تصل إلى 40 م. ثا طاقتها الإنتاجية

70 طن بالساعة

2-3 الدراسة العملية

يتم إستخدام الأقطاب الجرافيتية في صناعة الفولاذ في أفران القوس الكهربائي حيث تعتبر كمواد موصلة ولا يوجد بديل عن هذه الأقطاب لهذه الأفران

لا يعتمد استهلاك أقطاب الجرافيت في أفران القوس الكهربائي المصنعة للفولاذ على جودة الأقطاب الكهربائية فحسب ، بل يعتمد أيضًا على مستوى عمليات تصنيع الصلب وإدارتها.

سنقوم في هذه الدراسة بتحليل المشاكل التي تؤدي إلى إزدياد إستهلاك الأقطاب في معمل حديد من أجل الاستفادة منها والحد من هذه الزيادة وتقديم الحلول لتقليل الإستهلاك.

3-3 مجتمع وعينة الدراسة

إن مجتمع الدراسة هو معمل حديد تم إختيار فترة زمنية في الربع الثاني من عام 2021

تم إستخدام أساليب إحصائية وصفية وتحليلية لتحويل البيانات إلى معلومات ونتائج بإستخدام برنامج الأكسيل وتحليل النتائج ثم تم بعد ذلك إستخدام منهجية (5S) بدء"من وصول الأقطاب إلى المعمل ومن ثم تنزيلها في المستودعات وضبط ومراقبة عملية التنزيل والتخزين ومن ثم شحن المادة إلى صالات الإستخدام نظرا لخصوصية المادة ثم تجهيزها ووضعها في الخدمة وإستهلاكها, ثم بعد ذلك تم إستخدام

مخطط السبب والآثر خلال عملية الإنتاج لمعرفة سبب إرتفاع الإستهلاك وتحسين عملية الإنتاج ومن ثم إجراء الدراسة مرة ثانية وتحليل النتائج

3-3-1 اختبار فرضيات الدراسة

بهدف التعرف على هذه المتغيرات قام الباحث بحساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لنوعية الخردة وكمية الأكسجين والزمن الفعلي للصهرة ل92 صهرة كما هو موضح ب الجدول رقم (3-1)

Standard Deviation	Mean	Maximum	Minimum	Number	المتغيرات
3.7665	94.49	104.99	76	92	نوعية السكراب
340.60	3840.80	4685	3017	92	كمية الأكسجين
00:16:02	01:16:35	02:51:00	00:54:39	92	زمن الصهرة

الجدول رقم (3-1) للمتوسط الحسابي والانحراف المعياري لنوعية الخردة وكمية الأكسجين والزمن الفعلي ل92 صهرة

يتبين من الجدول (3-1) أن المتوسط لنوعية الخردة كانت (94.49) طن وبانحراف معياري قدره (3.7665) طن (لا يوجد تشتت هناك تقارب وتماثل)

كما يتبين من الجدول السابق أن المتوسط الحسابي لإستهلاك الأكسجين كان (3840.80) م3 وبانحراف معياري قدره (340.60) م3 (لا يوجد تشتت هناك تقارب وتماثل)

كما يتبين من الجدول السابق أن المتوسط الحسابي لزمن الصهرة كان (01:16:35) ساعة وبانحراف معياري قدره (00:16:02) دقيقة (لا يوجد تشتت هناك تقارب وتماثل)

3-3-1-1 الفرضية الأولى إختبار تأثير نوعية السكراب

يوجد أثر لأنخفاض إستهلاك الأقطاب الغرافيتية عند تحسن نوعية السكراب

لإختبار هذه الفرضية تم إجراء تحليل الإنحدار الخطي البسيط لدراسة تأثير نوعية الخردة كممتغير مستقل في المتغير التابع إستهلاك الأقطاب الغرافيتية

Model	R	R square	Adjusted R square	Standard Error
نوعية السكراب	0.387	0.149	0.14	13.758

الجدول رقم (3-2) قيمة معامل الارتباط الخطي بين نوعية الخردة وإستهلاك الأقطاب الغرافيتية

يتضح من الجدول (3-2) أعلاه أن قيمة معامل الارتباط تساوي (0.387) وهو ما يفسر وجود ارتباط ما بين نوعية الخردة وإستهلاك الأقطاب الغرافيتية وأن معامل التحديد المعدل هو (0.14) أي أن نوعية الخردة تفسر (14 %) من سبب إستهلاك الأقطاب

ANOVA					
نوعية السكراب	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Regression	1	3003.531	3003.531	15.86599	0.000138
Residual	90	17037.57	189.3063		
Total	91	20041.1			

الجدول رقم (3-3) الدلالة الإحصائية لإختبار القوة التفسيرية لتباين نموذج الدراسة (معنوية النموذج)

يبين الجدول أعلاه تحليل التباين الذي يمكن من خلاله معرفة الدلالة الإحصائية للقوة التفسيرية للنموذج عن طريق إحصائية (F)، وهي (15.86599) ومعنوية الدلالة الحسابية (Sig = 0.000138)، وهي أصغر من معنوية الدلالة القياسية Sig=0.05 مما يؤكد الدلالة الإحصائية لنموذج الانحدار الخطي من الناحية الإحصائية، أي أنه يوجد أثر ذو دلالة لأنخفاض إستهلاك الأقطاب الغرافيتية عند تحسن نوعية السكراب

3-3-1-2 الفرضية الثانية إختبار تأثير كمية الأكسجين

يوجد أثر لأنخفاض إستهلاك الأقطاب الغرافيتية عند إنخفاض كمية الأكسجين

لإختبار هذه الفرضية تم إجراء تحليل الإنحدار الخطي البسيط لدراسة تأثير كمية الأكسجين كمتغير مستقل في المتغير التابع إستهلاك الأقطاب الغرافيتية

Model	R	R square	Adjusted R square	Standard Error
كمية الأكسجين	0.665	0.443	0.436	11.1397

الجدول رقم (3-4) قيمة معامل الارتباط الخطي بين كمية الأكسجين وإستهلاك الأقطاب الغرافيتية يتضح من الجدول أعلاه أن قيمة معامل الارتباط تساوي (0.665) وهو ما يفسر وجود ارتباط ما بين كمية الأكسجين وإستهلاك الأقطاب الغرافيتية وأن معامل التحديد المعدل هو (0.436) أي أن كمية الأكسجين تفسر (43 %) من سبب إستهلاك الأقطاب

ANOVA					
كمية الأكسجين	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Regression	1	8872.729	8872.729	71.50066	0.00000

Residual	90	11168.37	124.093		
Total	91	20041.1			

الجدول رقم (3-5) الدلالة الإحصائية لإختبار القوة التفسيرية لتباين نموذج الدراسة (معنوية النموذج)

يبين الجدول أعلاه تحليل التباين الذي يمكن من خلاله معرفة الدلالة الإحصائية للقوة التفسيرية للنموذج عن طريق إحصائية (F)، وهي (71.5) ومعنوية الدلالة الحسابية (Sig = 0.000)، وهي أصغر من معنوية الدلالة القياسية Sig=0.05 مما يؤكد الدلالة الإحصائية لنموذج الانحدار الخطي من الناحية الإحصائية، أي أنه يوجد أثر ذو دلالة لأنخفاض إستهلاك الأقطاب الغرافيتية عند إنخفاض كمية الأكسجين

3-1-3-3 الفرضية الثالثة إختبار تأثير زمن الصهرة

يوجد أثر لأنخفاض إستهلاك الأقطاب الغرافيتية عند إنخفاض زمن الصهر

لإختبار هذه الفرضية تم إجراء تحليل الإنحدار الخطي البسيط لدراسة تأثير زمن الصهر كمتغير مستقل في المتغير التابع إستهلاك الأقطاب الغرافيتية

Model	R	R square	Adjusted R square	Standard Error
زمن الصهرة	0.277	0.0768	0.0666	14.337

الجدول رقم (3-6) قيمة معامل الارتباط الخطي بين زمن الصهرة وإستهلاك الأقطاب الغرافيتية

يتضح من الجدول أعلاه أن قيمة معامل الارتباط تساوي (0.277) وهو ما يفسر وجود ارتباط ما بين كمية الأكسجين وإستهلاك الأقطاب الغرافيتية وأن معامل التحديد المعدل هو (0.0666) أي أن زمن الصهرة يفسر (6 %) من سبب إستهلاك الأقطاب

ANOVA					
زمن الصهرة	DF	Sum of Squares	Mean Square	F	Sig.
Regression	1	1540.47	1540.47	7.493922	0.00746
Residual	90	18500.63	205.5625		
Total	91	20041.1			

الجدول رقم (3-7) الدلالة الإحصائية لإختبار القوة التفسيرية لتباين نموذج الدراسة (معنوية النموذج)

يبين الجدول أعلاه تحليل التباين الذي يمكن من خلاله معرفة الدلالة الإحصائية للقوة التفسيرية للنموذج عن طريق إحصائية (F)، وهي (7.49) ومعنوية الدلالة الحسابية (Sig = 0.00746)، مما يؤكد الدلالة الإحصائية لنموذج الانحدار الخطي من الناحية الإحصائية، أي أنه يوجد أثر معنوي لانخفاض إستهلاك الأقطاب الجرافيتية عند إنخفاض زمن الصهر

3-4 إستخدام منهجية (5S)

تم إستخدام منهجية (5S) في مستودعات تخزين المواد الأولية

بالرجوع إلى إجراءات المستودع تبين عدم وجود أي إجراءات لتخزين الأقطاب والتأكد من مطابقتها للمواصفات المطلوبة من قبل الشركة ،

تم العمل على وضع إجراء خاص لتقييم أداء مخازن الأقطاب الجرافيتية بسبب إختلاف طبيعة تخزينها عن تخزين باقي المواد وذلك كمايلي:

3-4-1 التصفية:

1. يجب تصنيف الأقطاب الجرافيتية والوصلات حسب نوعها ومدى مطابقتها للمواصفات

3-4-2 الترتيب والتنسيق:

1. يجب تخزين الأقطاب الجرافيتية والوصلات على أرضية أسمنتية نظيفة لتجنب تلف الأقطاب أو الالتصاق بالتربة
2. يجب التأكد من أن جميع الأقطاب مغلقة ومحكمة العزل والإغلاق لحمايتها من الغبار أو التكسر أثناء التحميل والتنزيل
3. يجب أن يكون طرفي الأقطاب معزولين لمنع الإنزلاق
4. يجب أن لا يتجاوز إرتفاع التخزين للأقطاب مترين كما يجب أن تكون ربطات الأقطاب متراسة لمنع إنزلاقها

3-4-3 التنظيف :

1. يجب أن تكون الأقطاب مخزنة في أماكن مغلقة مقاومة للمطر والرطوبة وذلك لتجنب التشقق والتأكسد السريع للأقطاب أثناء صناعة الفولاذ.
2. التحميل من المستودع عند نقل القطب بواسطة الرافعة الشوكية لإيصاله لقسم الإنتاج يجب القيادة ببطء وحذر شديد لعدم إسقاط الأقطاب وكسرها

3-4-3 الترميم:

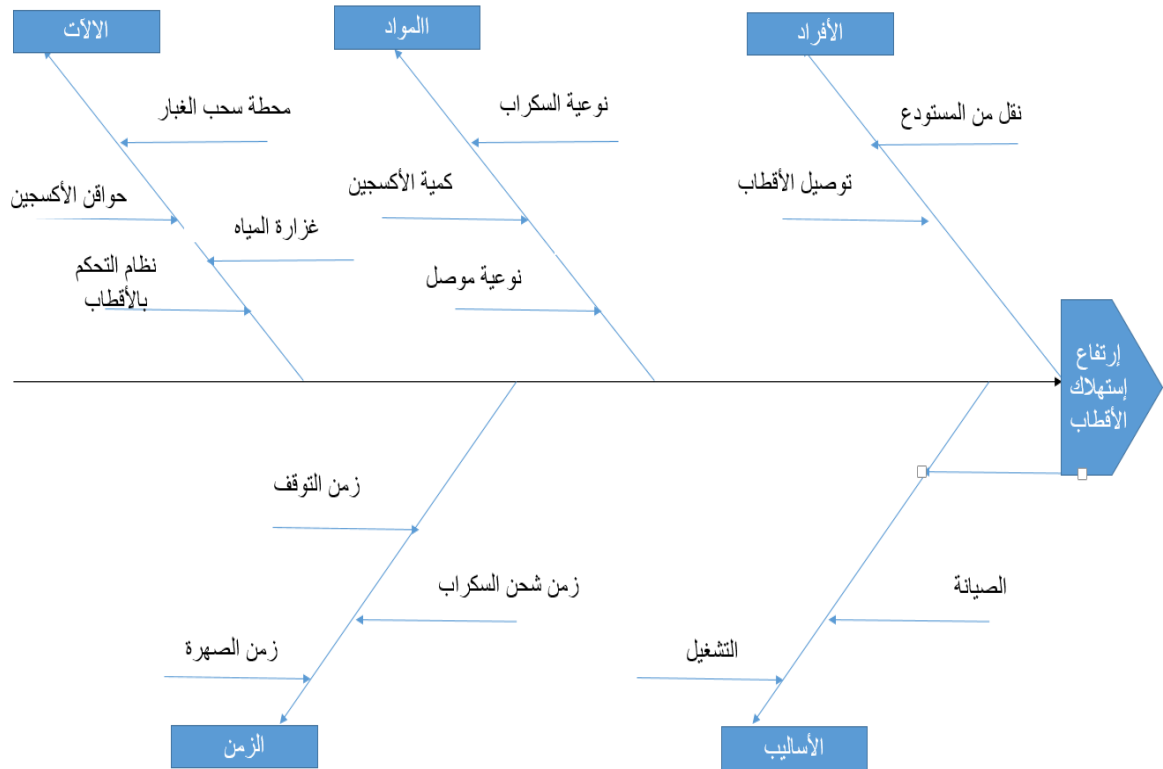
الأكيد على المعايير ومتابعة تنفيذها للمحافظة على الاستمرارية للنتائج التي تحقق متطلبات () والتي تشمل ترتيب الأصناف والمعدات ونظافتها في المكان

3-4-4 الإنضباط:

وتهتم هذه المرحلة بتشكيل وتهذيب العادات والسلوك وخلق الالتزام بالتعليمات لدى الأفراد لأن الوقوع بالخطأ هو احتمال وارد ولو بنسب قليلة حتى في أسهل الاعمال التي يقوم بها الفرد.

3-5 مخطط السبب والآثر

تم استخدام مخطط السبب والآثر لمعرفة سبب أرتفاع إستهلاك الأقطاب الجرافيتية



3-5-1 الأفراد (اليد العاملة)

توصيل الأقطاب

- تنظيف فتحة توصيل الأقطاب بالهواء والتأكيد على خلوها من أي جسم غريب (غبار-برادة حديد-خبث)
 - يجب أن يكون العزم المطبق أثناء توصيل الأقطاب مناسباً فالعزم القليل سيؤدي إلى فك القطب أثناء عمله والعزم الأكثر من المطلوب سيبب كسر وصلة (مفصل) القطب
 - يتم توصيل قطبين حتى تكون المسافة بينهما 10 مم ثم يتم إعادة تنظيفهم بالهواء
- يتم شد الوصلتين للوصول للعزم المطلوب ,في حال ملاحظة أي فراغ بين الوصلتين يجب إعادة توصيلهما من

3-5-1-1 توصيل الأقطاب

عند رفع القطب بواسطة الرافعة الجسرية يجب الإنتباه لعدم إتلاف طرف القطب والقطعة الموصلة

قبل البدء بالتوصيل يجب تنظيف نهاية أطراف الأقطاب بواسطة الهواء ومن ثم وصلها بحذر لعدم إتلاف أسنان التوصيل وقبل الوصول لنهاية التوصيل بمسافة 5 مم يجب إعادة التنظيف بالهواء ومن ثم شد الأقطاب للعزم المطلوب ويجب الإنتباه لما يلي عند وضع القطب في الخدمة

- عدم إغلاق مقبس ذراع حامل الأقطاب على مكان توصيل (إلتقاء) قطبين أو على فتحة توصيل القطب

- يجب إغلاق المقبس على أي نقطة تقع بين الخطين الأبيضين
- قبل إغلاق المقبس يجب تنظيفه بالهواء لضمان ناقلية جيدة للتيار ضمن القطب وتقاديا لوجود أي مادة عازلة تؤدي إلى تفريغ الشحنات التيار في مقبس القطب وتضرره

3-1-2 تقليل استهلاك أكسدة القطب

يمكن تقليل استهلاك الأكسدة لمحيط القطب من خلال مايلي

- إحكام إغلاق غطاء الفرن لمنع وتقليل تسرب الهواء إلى الفرن
- تقليل وقت تعرض القطب الساخن الأحمر خارج الفرن ،
- ضبط عملية ضخ الأكسجين خلال عملية الصهر
- التأكد من تبريد القطب بواسطة مرشات المياه الموجودة بشكل إطار حول كل قطب
- تعتمد الشركة المصنعة للإلكترود تقنية معالجة الغمس المضادة للأكسدة قبل مغادرة القطب للمصنع لتحسين الأداء المضاد للأكسدة لجسم القطب

تقوم بعض مصانع الصلب برش المواد المضادة للأكسدة على سطح القطب

3-5-2 المواد

- التأكد من أن الأقطاب المستخدمة تحقق المواصفات المطلوبة ومن نوعية ممتازة من ناحية التصنيع والمعالجة

نوعية السكراب

المواد الأولية المستخدمة

عملية ضخ الأكسجين

نوعية موصل الأقطاب

3-5-3 الآلات

- محطة سحب الغبار

عملية سحب الغبار والأبخرة يجب أن يكون السحب محقق للقيم الموضوعة من قبل الشركة الصانعة ولهذه العملية جوانب مهمة جدا

بالنسبة للبيئة تقلل من انبعاث الغازات وأهمها غاز ثاني أكسيد الكربون

بالنسبة للإنتاج تقلل من أكسدة الأقطاب ولكن في حال رفع قيمة السحب فسيؤدي ذلك إلى إزدياد أكسدة الأقطاب وبالتالي إزدياد إستهلاكها

- غزارة المياه

- نظام التحكم بالأقطاب

3-5-4 الأساليب

والعوامل الأساسية التي تؤثر على إستهلاك الأقطاب

1. كمية الخردة

4. كيفية سحب الغبار

5. طريقة-نوعية تجميع الأقطاب

6. طريقة التحكم

8. نوعية تعزيز الأقطاب

كيفية التأكد من عدم تكسر الأقطاب خلال عملية الصهر

- مسار مرور التيار الكهربائي عكس عقارب الساعة -بنفس جهة تعزيم الأقطاب في حال كان تسلسل الطور مع عقارب الساعة فسيؤدي ذلك إلى فك القطب خلال مرور التيار منه وكسره
- يجب فرز الخردة بشكل جيد والتأكد من عدم وجود أي مواد عازلة أو قابلة للإنفجار
- الخردة يجب أن يكون موزع بشكل جيد مع التأكيد على أن القطع الكبيرة يجب وضعها في أسفل الفرن
- يجب أن تكون الأقطاب شاقولية ومتمركزة في فتحة غطاء الفرن (الدلتا) مع التأكيد على نظافة الدلتا وخلوها من تراكم الخبث حتى لا تعيق حركة القطب أثناء صعوده وهبوطه،
- حيث يسبب وجود أي مواد الضغط على الأقطاب أثناء حركتهم مما يؤدي إلى كسره
- التأكد من أن نظام إمالة الفرن يعمل بشكل جيد

3-5-5 الزمن :

زمن شحن الخردة وزمن التوقف حيث أنه كلما زاد زمن الشحن أدى ذلك إلى إزدياد إستهلاك الأقطاب وكذلك الأمر بالنسبة لزمن التوقف.

زمن الصهرة

تأثير المقاومة الكهربائية للأقطاب على أدائها في صناعة الفولاذ؟

مقاومة قطب الجرافيت هي مؤشر فيزيائي يعكس التوصيل الكهربائي للقطب ويتعلق بعملية تصنيع القطب، تمتلك بعض الدول قيماً محددة نوعاً ما لمقاومة أقطاب الجرافيت ذات المواصفات المختلفة، بشكل عام تختار مصانع الصلب مواصفات معينة عند استخدام القطب الكهربائي، يجب اختياره ضمن نطاق المقاومة المحددة بواسطة المعايير المعدنية الوطنية وحسب مواصفات الشركة الصانعة للفرن. ستؤدي المقاومة العالية جداً إلى أن يصبح القطب الكهربائي أحمر وساخنًا عند تنشيطه ، ويزيد من استهلاكه بسبب أكسدة القطب.

تأثير كثافة حجم الأقطاب الجرافيتية على أدائها في صناعة الفولاذ؟

تعكس كثافة حجم قطب الجرافيت الحالة المضغوطة للإلكترود ، والتي ترتبط ارتباطاً وثيقاً بعملية تصنيع القطب.

حددت بعض الدول قيمًا لكثافة حجم أقطاب الجرافيت بمواصفات وأصناف مختلفة،

وتشير المنتجات ذات الكثافة الظاهرية المنخفضة إلى أن الهيكل العام للقطب يتمتع بمسامية أعلى، وأن معدل أكسدته أسرع عندما يكون في درجة حرارة عالية، مما يؤدي بسهولة إلى زيادة استهلاك القطب.

تكون الكثافة الظاهرية للإلكترود أفضل عندما يكون ضمن القيمة المحددة التي يختارها مصنع الصلب ولكن كلما زادت الكثافة الظاهرية فإن النتائج ليس بالضرورة أن تكون جيدة، لأن بعض الأقطاب ذات الكثافة الظاهرية العالية جدًا تكون في بعض الأحيان عرضة لتقشير السطح والكتل والشقوق أثناء صناعة الصلب بسبب ضعف مقاومة الصدمات الحرارية ، مما سيؤثر سلبيًا على صناعة الصلب.

لذا يجب على كل معمل لصناعة الصلب وضع مواصفات محددة للأقطاب

خصائص الفحم الأبري

فحم الكوك الإبري هو مادة خام كربونية عالية الجودة ، مقسمة إلى فحم وزيت، يحتوي سطحه على خطوط شريطية واضحة ، ومعظمها عبارة عن شظايا طويلة على شكل إبرة عند كسرها.

يمكن ملاحظة الهيكل الليفي تحت المجهر. ومن ثم يطلق عليه اسم فحم الكوك. من السهل رسم فحم الكوك بالإبرة على درجات حرارة عالية أعلى من 2000 درجة.

مميزات أقطاب الجرافيت المصنوعة من هذا الفحم الأبري

1. مقاومة كهربائية منخفضة.

2. كثافة عالية.

3. ومعامل تمدد حراري منخفض.

تعتبر مناسبة لإنتاج أقطاب كهربائية فائقة الطاقة ومواد أساسية عالية الطاقة للأقطاب الكهربائية. سعر فحم الكوك الأبري أعلى بكثير من سعر فحم الكوك العادي، وهو حاليًا أعلى بحوالي 5-8 مرات.

تأثير نظام سحب الغبار في فرن القوس الكهربائي على استهلاك الأقطاب الكهربائية؟

تولد المراوح المستخدمة في نظام سحب وتجميع الغبار ضغطاً سالباً "معيناً داخل فرن القوس الكهربائي أثناء العمل، مما يزيد من معدل تدفق الهواء حول القطب الأحمر الساخن أثناء عمله وبالتالي سيؤدي ذلك إلى إزدياد استهلاك الأكسدة للإلكترود.

لذا يجب ضبط بارامترات نظام محطة سحب الغبار جيداً لئتم الحفاظ على بيئة عمل نظيفة وجيدة وبالتالي المحافظة على استقرار استهلاك الأقطاب الكهربائية.

تفادي زيادة استهلاك القطب أثناء صناعة عملية الصهر؟

لتجنب زيادة استهلاك القطب الجرافيتي أثناء عملية الصهر يجب القيام بما يلي:

(1) الحفاظ على حالة جيدة لإمداد الطاقة وتوصيل الكهرباء في نطاق شدة التيار الكهربائي المسموح بها وفقاً لمتطلبات تصميم الفرن الكهربائي.

(2) تجنب غمر رأس القطب في الفولاذ المنصهر أثناء عملية الصب (تفريغ المصهور في البوتقة)

(3) منع غمر رأس القطب في الفولاذ المنصهر لزيادة نسبة الكربون لتحقيق المواصفة المطلوبة

(4) التأكد من جاهزية تقنية التبريد بالرش للأقطاب بشكل يومي

(5) إعداد نظام انبعاث العادم الصحيح

(6) استخدام نظام نفخ الأكسجين الصحيح

6-3 النتائج النهائية للبحث

نتيجة إختبار الفرضيات تم التوصل إلى مايلي

1. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لنوعية الخردة في تحسين إستهلاك الأقطاب الغرافيتية مما يؤكد أهمية نوعية الخردة في تخفيض الأستهلاك
2. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لكمية الأكسجين في تحسين إستهلاك الأقطاب الغرافيتية مما يؤكد أهمية تخفيض كمية الأكسجين في تخفيض الأستهلاك
3. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لزمن الصهرة في تحسين إستهلاك الأقطاب الغرافيتية مما يؤكد أهمية تقليل زمن الصهرة في تخفيض الأستهلاك

بعد تطبيق إجرائية (5S) على المستودعات ومخطط السبب والأثر نجد مايلي

1. في تحسين إستهلاك الأقطاب الغرافيتية مما يؤكد أهمية نوعية الخردة في تخفيض الأستهلاك
2. تحسين إستهلاك الأقطاب الغرافيتية مما يؤكد أهمية تخفيض كمية الأكسجين في تخفيض الأستهلاك
3. تحسين إستهلاك الأقطاب الغرافيتية مما يؤكد أهمية تقليل زمن الصهرة في تخفيض الأستهلاك

7-3 نتائج البحث

1. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لنوعية الخرقة في تحسين إستهلاك الأقطاب الغرافيتية مما يؤكد أهمية نوعية الخرقة في تخفيض الأستهلاك
2. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لكمية الأكسجين في تحسين إستهلاك الأقطاب الغرافيتية مما يؤكد أهمية تخفيض كمية الأكسجين في تخفيض الأستهلاك
3. يوجد أثر ذو دلالة إحصائية لزمن الصهرة في تحسين إستهلاك الأقطاب الغرافيتية مما يؤكد أهمية تقليل زمن الصهرة في تخفيض الأستهلاك
4. إن تطبيق منهجية (5S) في المستودعات أدى إلى ضبط عملية تخزين الأقطاب الغرافيتية و تنزيلها ونقلها إلى مكان الإستخدام ومنع أي هدر والتأكد من تحقيق المادة للمواصفة المطلوبة
5. إن تطبيق مخطط السبب والأثر ساعد في تحديد أسباب أرتفاع أستهلاك الأقطاب الغرافيتية ووضع حل لهذه المشاكل مما أدى إلى إنخفاض في إستهلاك الأقطاب

3-8 التوصيات:

1. إستيراد الأقطاب الغرافيتية من الشركات الصانعة مباشرة والحصول على تركيز المواد الداخلة في تصنيع الأقطاب الغرافيتية لمعرفة تركيز نسبة الفحم الأبري
2. تخزين الأقطاب الغرافيتية بكميات أكبر بسبب الطلب المرتفع عليه والتوقعات بإنخفاض إنتاج المواد الداخلة في تصنيع الأقطاب الغرافيتية تلبية للتوجيهات العالمية بتخفيض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون
3. العمل على تقليل زمن الصهرة وذلك بإجراء تعديلات داخل أفران الصهر بزيادة الطاقة الكيميائية وذلك عن طريق إضافة حاقن أو تغيير نوعية الحواقن
4. تركيب حواقن للأكسجين تحقق ضغوط عالية وغزرت أقل ومراقبة النتائج
5. البحث عن مواد كيميائية يمكن حقنها مع مياه تبريد الأقطاب للتخفيف من أكسدة الأقطاب وتقليل إستهلاكها
6. دراسة إمكانية أتمتة نظام تبريد الأقطاب الغرافيتية بحيث يزداد ويغطي مساحة أكبر من القطب عن أرتفاع درجة حرارة الأقطاب وينخفض وتقل مساحات التبريد عن إنخفاض درجات الحرارة

المراجع

المراجع العربية:

1. دراسة إعديلي (2014)، إمكانية تطبيق أسلوب ستة سيكما ودوره في تخفيض التكاليف ودعم الميزة التنافسية

عينة الدراسة: شركة التقنيات المتطورة لإعادة تصنيع المواد المستهلكة في الأردن

https://zu.edu.jo/UploadFile/PaperFiles/PaperFile_2_11.pdf

English References:

2. Marius Peens, 2004. Modelling & control of an Electrode System for three-Phase Electric Arc Furnace
3. Norman Ballard, 1995 Electrode Length Measurment in Electric Arc Furnace)
4. Yuri N. Toulouevski -2010 Innovation in Electric Arc Furnaces
5. Jorge Madias - Metallon, Buenos Aires, Argentina
6. Ruiyu Yin- Metallurgical Process Engineering
7. Wilhelm Frohs & Hubert Jaeger
8. Hugh O. Pierson- Handbook of Carbon, Graphite, Diamond and Fullerene)
9. How to differentiate ‘a good graphite electrode’ and reduce EAF production costs Technical Note – Properties of Graphite Electrodes www.geoffbassociates.com

الملحقات

الملحق رقم (1) إستهلاك الأقطاب الغرافيتية لفترة زمنية من عام 2021

Heat ID	Duration [hh:mm:ss]	PON [hh:mm:ss]	Scrap [ton]	O2 Module [Nm3]	Tapped Weight [ton]	الإستهلاك for heat	نوعية السكراب	con for Ton
1	1:13:17	0:55:03	95.999	3601	78.5	190	81.77	2.42
2	1:07:34	0:42:38	94.999	3384	83	150	87.37	1.81
3	1:25:24	0:44:58	92.999	3594	83.9	158	90.22	1.88
4	0:59:38	0:40:54	91.999	3267	77.7	145	84.46	1.87
5	1:08:54	0:48:59	95.999	3494	71.4	171	74.38	2.39
6	1:39:41	0:47:37	90.999	3334	86.3	166	94.84	1.93
7	1:10:12	0:45:45	88	3380	81.9	160	93.07	1.96
8	1:08:20	0:51:23	95.999	3513	80.5	178	83.86	2.21
9	2:11:39	0:47:24	95.999	3641	75.9	166	79.06	2.18
10	0:54:39	0:40:00	85	3075	76.2	142	89.65	1.87
11	1:13:00	0:52:39	97.999	3499	79.1	182	80.72	2.30
12	1:04:45	0:44:15	95.999	3248	80.6	156	83.96	1.93
13	1:00:05	0:42:33	92.999	3314	82.1	150	88.28	1.83
14	1:04:44	0:42:16	89.999	3418	80.6	149	89.56	1.85
15	1:09:45	0:52:09	95.999	3523	79	181	82.29	2.29
16	1:16:10	0:46:49	94.999	3518	80.7	164	84.95	2.03
17	1:11:32	0:45:49	93.999	3466	81.1	161	86.28	1.98
18	1:07:10	0:40:41	85.999	3306	78.7	144	91.51	1.83
19	1:04:36	0:48:42	96.999	3149	79.2	170	81.65	2.14
20	1:00:36	0:42:07	96	3071	77	149	80.21	1.93
21	1:09:19	0:40:29	92	3017	74.5	144	80.98	1.93
22	1:02:44	0:41:16	88	3573	79.4	146	90.23	1.84
23	1:30:21	1:00:06	95.999	4105	82.3	206	85.73	2.50
24	1:13:50	0:46:51	92.999	3596	74.1	164	79.68	2.21
25	2:51:00	0:48:23	76	3330	74.9	169	98.55	2.25
26	1:21:41	0:54:38	97.999	3755	76.1	188	77.65	2.48
27	1:14:53	0:50:05	96	3836	78	174	81.25	2.23
28	1:18:19	0:50:51	99	3998	82.4	176	83.23	2.14
29	1:40:17	0:56:44	96.999	3857	74.5	195	76.80	2.62
30	1:25:17	0:52:09	95	3681	77.7	181	81.79	2.32
31	1:35:35	0:54:02	95	3875	76.2	186	80.21	2.45
32	2:19:30	0:47:51	90	3519	72.7	167	80.78	2.30
33	1:32:43	0:56:01	96.999	3855	73.2	193	75.46	2.63
34	1:25:02	0:52:36	96.999	3925	77.4	182	79.79	2.35
35	1:25:52	0:53:09	95.999	3950	76.7	184	79.90	2.39
36	1:20:15	0:53:01	95	4115	76	183	80.00	2.41

37	1:17:41	0:50:07	92	3956	75.1	174	81.63	2.32
38	1:22:08	1:01:04	97.999	3954	77.3	209	78.88	2.70
39	1:21:44	0:54:10	94	3901	76.7	187	81.60	2.44
المصدر معمل حديد								
40	1:18:05	0:50:41	95	4160	80.1	176	84.32	2.20
41	1:15:09	0:52:02	95	4204	79.9	180	84.11	2.25
42	1:13:07	0:50:48	90.999	4134	78.9	176	86.70	2.23
43	1:19:34	0:57:19	96.999	4048	78.5	197	80.93	2.51
44	1:18:14	0:52:38	104.999	4053	82	182	78.10	2.22
45	1:26:34	0:52:56	87.399	4043	80.1	183	91.65	2.28
46	1:31:22	0:55:25	95.999	4196	81.8	191	85.21	2.33
47	1:09:38	0:45:30	86.999	3760	75	160	86.21	2.13
48	1:19:04	0:58:15	93.999	4027	76.2	200	81.06	2.62
49	1:13:39	0:52:51	92.999	3940	80.6	183	86.67	2.27
50	1:11:51	0:49:02	97	3687	77.5	171	79.90	2.20
51	1:08:32	0:48:58	97	3616	78.1	170	80.52	2.18
52	1:30:29	0:50:22	99	3921	80.8	175	81.62	2.16
53	1:25:35	1:02:49	95	4685	79.6	214	83.79	2.69
54	1:16:01	0:49:54	93.999	3894	80.9	173	86.06	2.14
55	1:09:55	0:49:30	91.999	4078	81.3	172	88.37	2.12
56	1:11:43	0:49:13	94.999	3821	79.3	171	83.47	2.16
57	1:08:08	0:47:21	88.999	3722	77.5	165	87.08	2.13
58	1:13:25	0:55:51	94	3971	76.1	192	80.96	2.53
59	1:17:17	0:51:05	95.999	4171	78.8	177	82.08	2.25
60	1:15:12	0:52:59	94.999	4278	81.7	183	86.00	2.24
61	1:05:52	0:48:10	95	3859	80.2	168	84.42	2.09
62	1:07:37	0:48:18	93	3791	78.3	168	84.19	2.15
63	1:19:12	0:55:17	94.999	3862	78.4	190	82.53	2.43
64	1:09:10	0:49:00	96.999	3838	74.7	171	77.01	2.28
65	1:09:44	0:49:30	95.999	3701	79.1	172	82.40	2.18
66	1:17:28	0:50:23	94.999	3768	74.4	175	78.32	2.35
67	1:09:40	0:49:54	90	3707	73.8	173	82.00	2.35
68	1:09:51	0:54:56	98.999	4266	77.9	189	78.69	2.43
69	1:12:04	0:51:18	94.999	4341	79.4	178	83.58	2.24
70	1:06:49	0:47:14	95.999	3898	81.9	165	85.31	2.01
71	1:06:37	0:48:26	96.999	3963	81.2	169	83.71	2.08
72	1:10:57	0:51:06	95.999	4003	82.9	177	86.36	2.14
73	1:10:33	0:55:42	96.999	4300	78.2	192	80.62	2.45
74	1:11:25	0:49:10	97	4105	79.7	171	82.16	2.15
75	1:09:49	0:50:39	97.5	4313	81	176	83.08	2.17
76	1:09:59	0:49:51	98.499	4193	75.9	173	77.06	2.28

77	1:11:16	0:51:19	92.499	4254	82	178	88.65	2.17
78	1:14:10	0:59:07	95.999	4526	79.2	203	82.50	2.56
79	1:11:56	0:49:51	96.999	4176	79.6	173	82.06	2.18
80	1:05:22	0:47:37	96.999	4010	80.4	166	82.89	2.07
81	1:05:51	0:48:42	96.999	4022	81.4	170	83.92	2.08
82	1:02:33	0:47:51	91	3856	78.2	167	85.93	2.14
83	1:13:04	0:49:05	89.999	4263	76.9	171	85.45	2.22
84	1:14:49	0:53:31	95.999	4124	78.9	185	82.19	2.34
85	1:11:42	0:48:29	95.999	4154	80.1	169	83.44	2.11
86	1:09:11	0:48:33	96.5	4140	81	169	83.94	2.09
87	1:10:13	0:47:20	96.599	4055	80.2	165	83.02	2.06
88	1:31:25	0:57:44	99.999	4278	79.6	198	79.60	2.49
89	1:10:45	0:48:03	95	3952	81.3	168	85.58	2.06
90	1:11:44	0:48:02	94.499	4039	79.7	168	84.34	2.10
91	1:17:15	0:44:46	94.999	3870	79	157	83.16	1.99
92	1:04:47	0:44:10	92.999	3725	74.1	155	79.68	2.10