

الجمهورية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى  
الشركة الليبية للحديد والصلب



فرص استغلال خامات الحديد الليبية

إعداد

م. سالم مصباح الكيلاني  
مهندس بحث وتطوير  
الشركة الليبية للحديد والصلب  
[alkilani@libyansteel.com](mailto:alkilani@libyansteel.com)

م. ابوبكر محمد الغنيمي  
مدير إدارة البحث والتطوير  
الشركة الليبية للحديد والصلب  
[research@libyansteel.com](mailto:research@libyansteel.com)

## مقدمة:

برغم من وجود احتياطي مهم من خامات الحديد بجنوب ليبيا بمنطقة وادي الشاطئ والتي أظهرت دراسات تفصيلية أجريت في سبعينيات القرن الماضي إمكانية استغلاله في إنتاج الحديد الغفل بتقنية الأفران اللافحة إلا أن تكاليف نقله من مصادره جنوب البلاد إلي مواقع استغلاله على الساحل وارتفاع نسب شوائبه أعاق استغلاله عوضا علي اعتماد التقنية المقترحة على فحم الكوك المستورد وسلبيات ذلك علي البيئة والتكلفة.

خلال الخمس سنوات الماضية وكنتيجة للنمو الاقتصادي الكبير الذي تشهده عديد من مناطق العالم , زاد الطلب على منتجات الصلب وموادها الخام (خام الحديد والخردة) وارتفعت أسعارها بمعدلات غير مسبقة كما أن شركات تعدين خامات الحديد دخلت في تكتلات لتحكم سيطرتها على اسعار الخام بالأسواق العالمية.

خلال العقدين الأخيرين و كنتيجة إلي التشريعات البيئية الصارمة و شح مصادر خامات الغنية , طورت تقنيات حديثة بهدف تقليص الاعتماد علي هذه الخامات ومصادر الطاقة التقليدية الملوثة للبيئة , هذه التقنيات تستخدم مخلفات مصانع الحديد والصلب أو خامات حديد فقيرة ومصادر طاقة بديلة لفحم الكوك (الغاز الطبيعي والزيت الثقيل ومسحوق الفحم الحجري ) الأقل كلفة و تلويثا للبيئة.

في هذه الدراسة يتم التطرق الي احدى هذه التقنيات وتقييم مدى الجدوى الفنية و الاقتصادية لاستخدام الخام المحلي في هذه التقنية بعد خلطه بمخلفات مصانع الحديد والصلب لإنتاج الحديد الغفل .

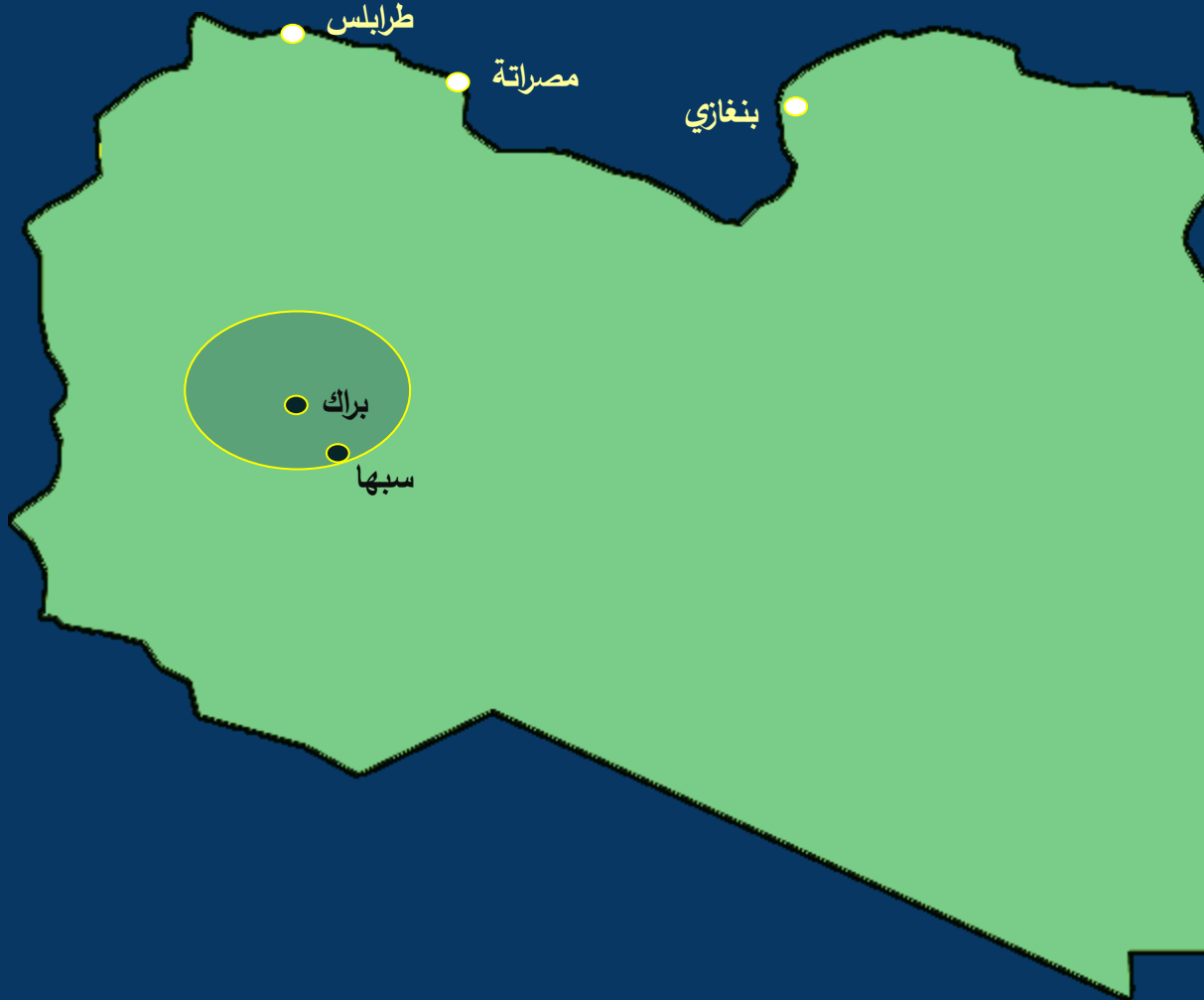
## الهدف من الدراسة:

توفير مصدر محلي للمواد الحديدية (إلي جانب الخرقة والحديد الأسفنجي) وهو الحديد الغفل باستخدام خام حديد وادي الشاطئ ومخلفات مصانع الحديد والصلب لإنتاج 310 ألف طن سنويا من الحديد الغفل لتغذية الأفران الكهربية بمصنعي الصلب بالشركة الليبية للحديد و الصلب .

## خامات الحديد الليبية

- تتركز خامات الحديد الليبية في جنوب غرب ليبيا بمنطقة وادي الشاطئ التي تبعد حوالي 800 كم جنوب غرب مدينة مصراتة موقع مجمع الشركة الليبية للحديد والصلب.
- الدراسات الجيولوجية و التعدينية التي أعدت في سبعينيات القرن الماضي أثبتت وجود احتياطي مهم من خامات الحديد بموقعي جنوب تاروت و اشكيدة (قرب مدينة براك).
- الخامات المحلية متنوعة من حيث التركيب التعديني والجيولوجي وتحتوى على حوالي 45 إلى 52 % حديد .
- خلصت الدراسات أعلاه إلى صلاحية الخام المغناطيسي والخام المختزل للاستخدام في الأفران العالية وعدم جدوى استخدامه بأفران الاختزال المباشر .
- سعت الشركة الليبية للحديد والصلب خلال السنوات الماضية لإيجاد تقنيات حديثة و متطورة لتكريز واستغلال خامات الحديد الليبية وتحديث الدراسات السابقة لمواكبة المعطيات الجديدة.

# موقع خامات الحديد الليبية



# أنواع الخامات

## 1. الخام المغناطيسي

يعتبر الخام المغناطيسي الأفضل بين الخامات التي وجدت في منطقة تاروت ويتكون هذا الخام من الماغنتايت والسدرايت بمعدل نسبة حديد تبلغ حوالي 55% ونسبة فسفور تبلغ 0.9% ونسبة أكسيد سليكون تبلغ 4 إلى 5% للاحتياطي المقدر ب 420 مليون طن.

## 2. الخام غير المغناطيسي المختزل

ويتكون بشكل رئيسي من السدرايت والكلورايت والليمونايت بمعدل نسبة حديد قدرها 48% ، ونسبة فسفور قدرها 0.9% ، ونسبة أكسيد سليكون تبلغ 4 إلى 5% ، للاحتياطي المقدر ب 375 مليون طن.

## 3. الخام المؤكسد

يتألف من الليمونايت الثانوي بمعدل نسبة حديد قدرها 50.4% ، ونسبة فسفور تبلغ 0.97% ، ونسبة أكسيد سليكون تبلغ 8.6% ، ويقدر الاحتياطي ب 100 مليون طن.

## مواقع وكميات وتصنيفات خامات الحديد الليبية

أكسيد الماغنسيوم (%)	أكسيد الكالسيوم (%)	أكسيد الألومنيوم (%)	الفسفور (%)	أكسيد السليكون (%)	الحديد الكلي (%)	سمك طبقة الخام (متر)	الاحتياطي التقديري (مليون طن)	موقع الخام
0.40	1.55	2.40	1.00	3.75	50.00	9.00	640	جنوب تاروت
0.33	1.10	2.59	0.92	2.87	51.75	6.65	475	اشكيدة
0.24	1.34	2.80	0.75	6.80	45.00	4.70	700	الدويسة
0.30	1.23	4.43	0.61	9.10	42.25	5.45	50	سطح شمال شرق
0.13	1.01	3.15	0.72	9.35	47.25	2.25	100	سطح الشيب
0.15	1.37	2.86	0.92	7.00	47.00	4.00	310	جالمويا الشيب
0.18	2.77	4.22	1.49	12.00	35.00	6.5	650	النقطة الكيلو مترية 60
0.30	1.65	4.90	0.97	8.85	38.40	5.15	600	أجار تاروت محروقة

## أهم معوقات استغلال خامات الحديد المحلية:

- ارتفاع نسب الشوائب (أكاسيد السليكون والألمونيوم و الفسفور).
- ارتفاع تكاليف نقل الخام من مصادره بجنوب البلاد إلي موقع استغلاله على الساحل الشمالي .
- وجود مصادر الخام في مناطق تفتقر إلى بنية تحتية.
- عدم وجود تقنيات تجارية مجدية لتركيز الخام وتنقيته من الشوائب.
- عدم وجود تقنيات تجارية مجدية لاستغلال الخام منخفض الجودة لإنتاج الحديد .
- ملائمة الخام لتقنية الأفران اللافحة التي تتلاءم الطاقات الإنتاجية العالية والتي تتطلب فحم الكوك عالي التكلفة.



## التقنية المقترحة :

هناك عدد من التقنيات الحديثة التي طورت أصلا لإنتاج الحديد الغفل من مخلفات مصانع الحديد والصلب (تشمل مساحيق أكاسيد الحديد والحديد الأسفنجي والظمي وغبار الأفران وقشور الدرفلة وبعضها يستخدم خرقة بقايا البواشق والموزعات).

بعض هذه التقنيات تستخدم مسحوق الفحم الحجري فقط أو مسحوق الفحم الحجري مع الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة والاختزال لمسحوق شحنة الأفران الذي يتم ضخه مع مسحوق الفحم والجير ويتم الاحتراق والاختزال إلى حديد غفل بضخ هواء لافح أو أكسجين أو مزيج منهما (هواء لافح مشبع بحوالي 30 % أكسجين) في فرن عمودي .

في هذه التقنيات قد يستفاد من حرارة غازات عادم الأفران في توليد طاقة كهربائية

## يتبع:

ويتميز الحديد الغفل بارتفاع نسبة الحديد فيه وانخفاض نسب شوائبه و احتوائه على نسبة عالية من الكربون الذي يستغل كمصدر للطاقة الكيميائية في أفران القوس الكهربى مع إمكانية توفير جزء كبير من الطاقة الكهربائية في حال شحنه مصهوراً لهذه الأفران مع الخرذة والحديد الأسفنجى (3 جيجا جول/طن من الحديد الغفل المصهور).

في هذه الدراسة سيتم التطرق إلى تقنية هاي سملت وهي تقنية تستخدم خامات حديد منخفضة الجودة وبعض مخلفات مصانع الحديد والصلب لإنتاج الحديد الغفل ووقع الاختيار على هذه التقنية لبدء استخدامها تجارياً لإنتاج 820 ألف طن سنوياً من الحديد الغفل بينما لا يتجاوز إنتاج التقنيات الأخرى (كلين سملت ، والاكسي كب ، البريمس) 200 ألف طن سنوياً .

## المكونات الكيميائية الرئيسية للحديد الغفل

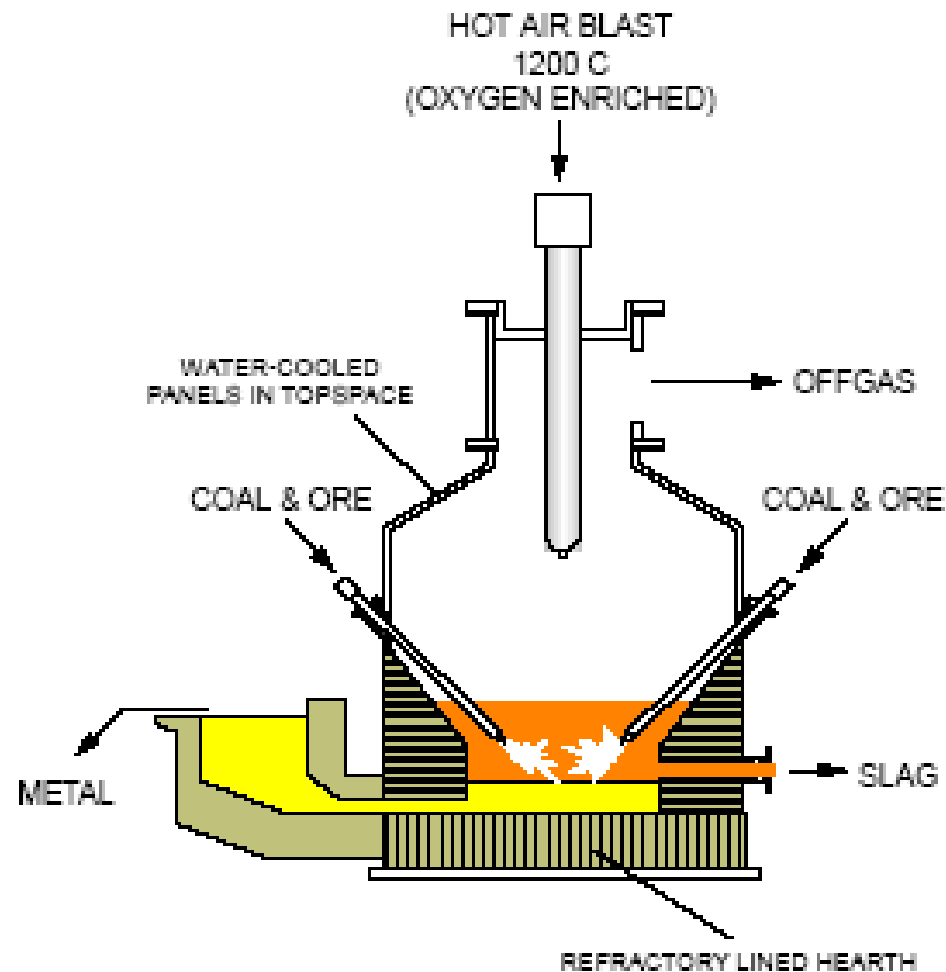
المكونات	الحديد	الكربون	السليلون	المنجنيز	الفسفور	الكبريت
%	96 - 95	4 - 3	max 0.5	max 0.4	max 0.35	max 0.05

ويتميز الحديد الغفل بارتفاع نسبة الحديد فيه وانخفاض نسب شوائبه و احتوائه على نسبة عالية من الكربون الذي يستغل كمصدر للطاقة الكيميائية في أفران القوس الكهربائي مع إمكانية توفير جزء كبير من الطاقة الكهربائية في حال شحنه مصهوراً لهذه الأفران مع الخرقة والحديد الأسفنجي (3 جيجا جول/طن من الحديد الغفل المصهور).

## وصف التقنية هاي سملت:

البند	تقنية هاي سملت
الشركة المطورة للتقنية	ريو تينتو الاسترالية
الطاقة الإنتاجية السنوية	فرن تجريبي بطاقة 100 ألف طن وفرن تجاري بطاقة 820 ألف طن
المدخلات الرئيسية	مساحيق خام حديد منخفض الجودة, حديد أسفنجي, مخلفات مصانع الحديد والصلب, فحم, جير, هواء لافح وأكسجين.
المخرجات	حديد غفل و خبث وغاز عادم طاقة كهربائية
العملية الإنتاجية	يتم ضخ مساحيق الخام والجير والفحم وحرقتها بالهواء اللافح المشبع بالأكسجين في فرن عمودي.

# فرن تقنيّة هاي سمنت



# تقييم مدى ملائمة التقنيات لخامات الحديد المحلية

## أولاً التقييم الفني:

مقارنة متطلبات الخام للتقنيات المقترحة بالخام المحلي

المكونات	خام الحديد المحلي	خام تقنية هاي سملت
الحديد الكلي	50.5	62
حديد ثنائي	14.95	
أكسيد السليكون	7.05	4
أكسيد الألمونيوم	4.6	2
أكسيد الكالسيوم	2.26	
أكسيد الماغنسيوم	0.67	0.12
الفسفور	1.03	
كمية الخام للطن من الحديد المنتج (طن)	2.07	1.68

ملاحظة: أظهرت تحاليل الخام المحلي انه اقل جودة من خامات التقنيات المقترحة

برغم من أن هذه التقنيات تسمح باستخدام خامات فقيرة عالية الفسفور.

## رفع نسبة الحديد بالخام:

لرفع القيمة المعدنية للخام وخفض نسب شوائبه يتم خلط الخام المحلي بمخلفات مصانع الحديد والصلب بنسب محددة، هذه المخلفات معظمها غنية بالحديد وتشمل مساحيق الخام والحديد الأسفنجي وقشور الدرفلة وطي أفران الاختزال وغبار الأفران الجدول ادناه يوضح المعدلات السنوية لتساقطها ومكوناتها الكيميائية

نسب المكونات الرئيسية (%)						البيان	الكمية
P	MgO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe		
0.04 8	0.53	0.92	0.58	1.51	66.72	60000	مسحوق أكاسيد
0.05	0.76	0.16	0.73	1.76	70.13	40000	طمي الاختزال
0.14	38.6	12.7	0.49	3.11	34.91	16000	غبار أفران
0.02 7	0.089	0.148	0.11	0.37	73.72	11000	قشور الدرفلة
00.03	0.5	1.0	0.5	2.5	90.00	25000	مسحوق حديد
0.05						15200	ملاحظة: نسبة الكربون 0.85% إسفنجي

# دراسة و تقييم خلفات الخام المحلي مع مخلفات مصانع الحديد والصلب

الخلطات من الخام المحلي والمخلفات المقترح استخدامها

تم تقييمها ومقارنتها بناء علي النسب التالية :

- 75 % خام حديد محلي و 25 % مخلفات مصانع الحديد والصلب
- 67 % خام حديد محلي و 33 % مخلفات مصانع + رقائق حديد إسفنجي
- 50 % خام حديد محلي و 50 % مخلفات مصانع + رقائق ومكورات حديد إسفنجي
- 50 % خام حديد محلي و 50 % مخلفات مصانع (بعد التطوير)



## أسس عملية الخلط:

- كميات المخلفات الحديدية المتساقطة حاليا تقدر بحوالي 150 ألف طن سنويا ووجود مخزون منها بساحة المخلفات يقدر بحوالي 1.0 مليون طن.
- كميات الخام والمخلفات اللازمة تقدر بـ 600 ألف طن سنويا لإنتاج 310 إلى 375 ألف طن سنويا من الحديد الغفل (حسب نسبة الحديد في الخلطة).
- نتيجة لمحدودية كميات المخلفات المتساقطة حاليا وعدم امكانية تحقيق النسب 33% و 50% من المخلفات بالخلطات, تم اضافة حديد اسفنجي كبديل.
- كميات المخلفات المتساقطة ستزداد بعد تطوير مصانع الشركة وبالتالي سيتم الاستغناء عن اضافة الحديد الأسفنجي لخلطة الخام.

## خاطات المواد الخام المقترحة لإنتاج الحديد الغفل

نسب المكونات الكيميائية الرئيسية للخطة (%)						مكونات الخطة (%)	
P	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	Fe	مخلفات وحديد	خام
01.0	0.67	4.60	2.26	7.06	50.5	0	100
0.76	1.66	3.60	2.17	5.75	55.0	25	75
0.68	1.64	3.25	2.08	5.38	58.3	33	67
0.60	1.63	2.91	1.97	5.00	61.8	42	58
0.52	1.62	2.57	1.87	4.60	65.1	50	50
0.53	2.62	2.58	2.09	4.44	59.5	50	50

## كمية الحديد المنتجة واحتياجات المواد الخام والإضافات ومصادر الطاقة

كمية الإنتاج السنوي من الحديد الغفل	الاستهلاك النوعي للمدخلات لإنتاج 1 طن من الحديد الغفل				الخالطة
	المصهرات* (كجم)	الأكسجين (م مكعب)	مسحوق الفحم (كجم)	الخام (طن)	
315000	197	231	770	1.90	75% خام
335000	172	218	725	1.79	67% خام
355000	151	206	685	1.69	58% خام
375000	132	195	648	1.60	50% خام
342000	130	213	709	1.75	50% خام (بعد التطوير)

\* المصهرات هي مادتي الجير و الدولوميت

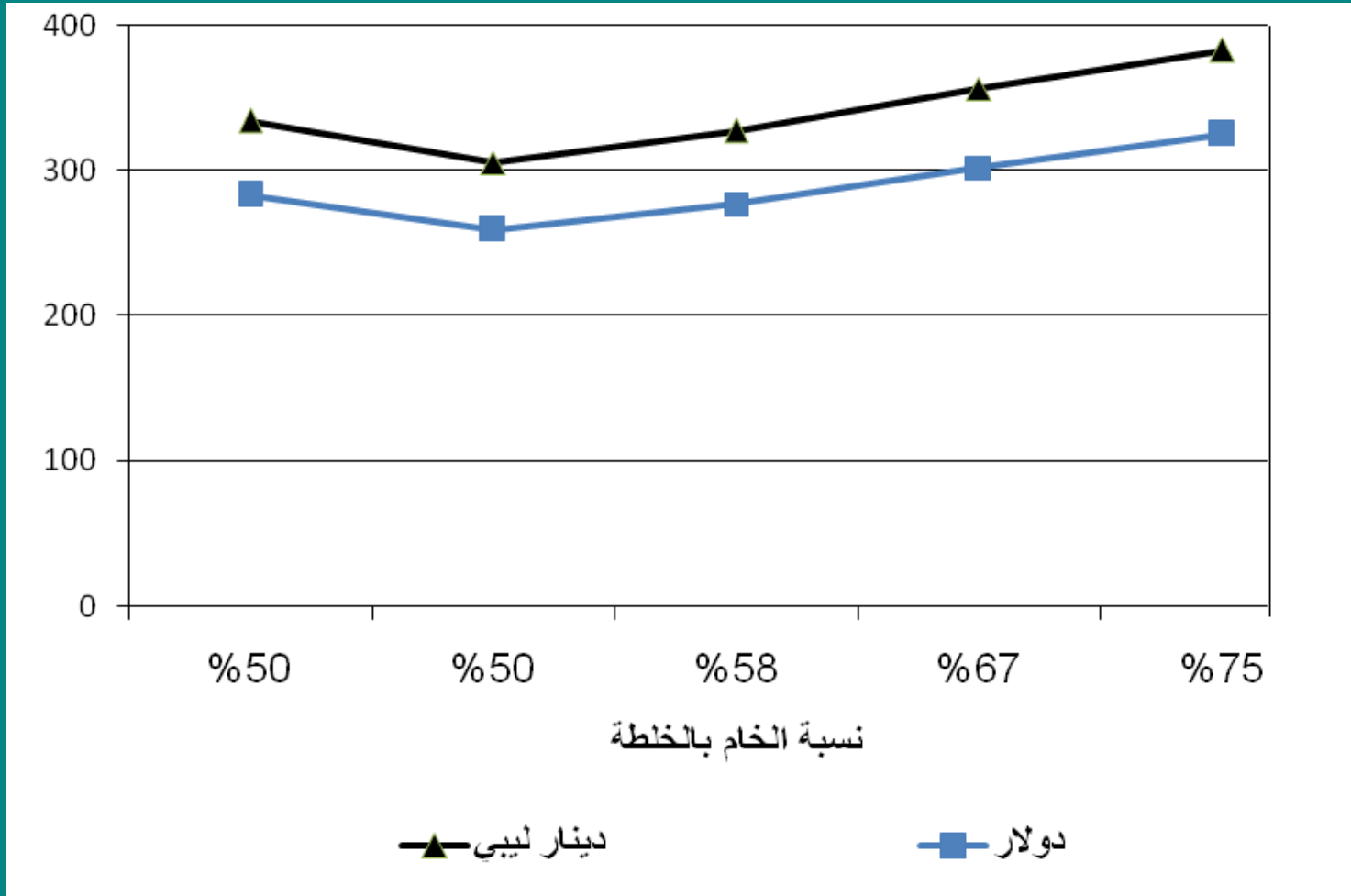
## التقييم الاقتصادي :

### أسس التقييم:

- يكون موقع مشروع إنتاج 315 ألف إلى 375 ألف طن سنويا من الحديد الغفل من الخام المحلي والمخلفات بمجمع الشركة بمصرانه .
- يتم تعدين 600 ألف طن سنويا من الخام بمناجمه بموقع منحدر جنوب تاروت بمنطقة وادي الشاطئ بتكلفة 80 دولار للطن.
- يتم نقل 400 إلى 500 ألف طن سنويا من الخام من وادي الشاطئ إلى مصراته بالشاحنات (40 طن للرحلة) بتكلفة 25 دينار للطن.
- يتم خلط و وطحن وتجهيز مدخلات العملية الإنتاجية من خام ومخلفات وفحم حجري لشحنها ألي الأفران بالضحخ مع الهواء اللافح والأكسجين.
- تم حساب تكلفة انتاج الطن من الحديد الغفل لكل خلطة من الخام.
- حسبت التكاليف بنسبة 5 % هامش تكلفة طارئة.

## التكاليف التقديرية

لإنتاج الطن من الحديد الغفل حسب نسب الخام والمخلفات



## الخلاصة:

- هناك إمكانية وجدوى من استغلال خام الحديد المحلي لإنتاج الحديد الغفل كمادة خام لإنتاج الصلب باستخدام تقنية الهاي سملت.
- هناك وفر في الطاقة الكهربائية في حال استخدام الحديد الغفل مصهورا في افران الصلب إضافة إلى توفير مصدر رخيص للكربون.
- هناك مردود بيئي متمثل في التخلص والاستفادة من مخلفات المصانع في انتاج مادة حديدية ذات قيمة مضافة.
- زيادة نسبة المخلفات والحديد الاسفنجي في خلطة الخام تزيد من القيمة المعدنية للخام وتخفض من تكاليف انتاج الطن من الحديد.
- اقل تكلفة لإنتاج الطن من الحديد الغفل تم تحقيقها باستخدام خلطة تحتوي على 50% خام و 50% مخلفات و حديد اسفنجي.
- امكانية استخدام مخلفات الجير و خبث الأفران كمصدر إضافي للمصهرات و الحديد وبنسبة تصل إلى 70% .

## التوصيات:

- ✓ إجراء دراسة تفصيلية لمشروع استغلال خام الحديد المحلي ومخلفات مصانع الشركة باستخدام التقنية المقترحة بالدراسة.
- ✓ الاتصال بالشركة المالكة للتقنية المقترحة لمناقشة الجوانب الفنية والاقتصادية للمشروع وطرح الدخول في استثمار مشترك لاستخدام خامات الحديد المحلية.
- ✓ الاستفادة من تجارب الدول العربية في مجال استغلال خامات الحديد بالتنسيق مع المؤسسات العربية ذات العلاقة كالاتحاد العربي للحديد و الصلب وهيئات التعدين.

شكراً لحسن استماعكم  
والسلام عليكم