المقدمة :

حديد زهر هو عبارة عن سبيكة من الحديد تحتوي من ٢% إلى ٤% كربون و ١% إلى ٣% سيلكون، وكمية متفاوتة من المنغنيز وبعض آثار من الشوائب مثل الكبريت والفوسفور، يتم تصنيعه عن طريق تسخين خام الحديد في فرن الصهر حتى يذوب ثم يُصب المعدن المنصهر ويُسكب ويترك ليتصلب على شكل سبائك تُصهر هذه السبائك مرة أخرى في قوالب نهائية في المرحلة الثانية يجري العديد من التعديلات المعدنية من خلال إدخال عناصر أو من خلال عمليات المعالجة الحرارية .

وعند ذوبان حديد الزهر يكون له سيولة أفضل من الفولاذ ويمتلك درجة حرارة انصهار منخفضة لذا فهو جيد لعملية الصب.

تم إنتاج حديد الزهر منذ القِدم كما يلي :

في بداية القرن السادس قبل الميلاد قام الصينيون بإنتاج حديد الزهر.

في القرن الرابع عشر تم إنتاجه في أوروبا.

في ١٥٠٠ تم تقديمه إلى إنجلترا.

في عام ١٦١٩ تم إنشاء أول مصانع الحديد في أمريكا على نهر جيمس.

في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر، كان الحديد الزهر مادة هندسية أرخص من الحديد المطاوع، ونظرًا لقوته الحاملة أصبح أول معدن هيكلي مهم واستخدم في بعض أقدم ناطحات السحاب.

في القرن العشرين أخذ الفولاذ مكان الحديد الزهر في البناء، لكن الحديد الزهر ما زال يستخدم في العديد من التطبيقات الصناعية.

خصائص حديد زهر

فيما يأتي أهم خصائص حديد الزهر:

الخصائص الميكانيكية

تدل الخصائص الميكانيكية للمادة على مدى استجابة المادة تحت ضغوط معينة، وهذا يساعد لمعرفة مدى ملاءمة المادة للتطبيقات المختلفة، وفيما يلي بعض من خصائص حديد زهر:

الصلابة : وهي تدل على مقاومة المادة للتآكل.

المتانة : وهي تدل على قدرة المادة على امتصاص المادة.

اللدونة : تدل على قدرة المادة على التشوه بدون الكسر.

المرونة : تدل على قدرة المادة للرجوع إلى وضعها الطبيعي أي أبعادها الأصلية بعد تعرضها للتشوه.

القابلة للطرق : تدل على قدرة المادة على التشوه تحت الضغط دون أن تتمزق.

قوة الشدّ : تدل على أكبر إجهاد طولي يمكن للمادة أن تتحمله دون أن تتعرض للتمزق.

قوة التعب : يدل على أكبر ضغط يمكن أن تتحمله المادة لعدد متكرر من الكرات دون أن تنكسر.

الخصائص العامة

فيما يلي بعض الخصائص العامة لحديد زهر:

قدرته على أن يُصب في أشكال مختلفة ومعقدة عند صهره.

تكلفته المنخفضة.

يمكن التغيير في خصائصه بسهولة وذلك عن طريق تعديل تركيبه ومعدل التبريد دون التغيير الكبير في طرق إنتاجه.

أنواع حديد الزهر

يوجد عدة أنواع لحديد زهر ومنها ما يلي:

حديد الزهر الرمادي : Gray Cast Iron

هو حديد له لون رمادي غامق بسبب احتوائه على بنية دقيقة من الجرافيت، يتم استخدامه في التطبيقات التي تحتاج إلى صلابة العالية، وإمكانية التشغيل الآلي، وتثبيط للاهتزازات، مثل كتل أسطوانات محرك الاحتراق الداخلي. وهو من أكثر أنواع حديد الزهر شيوعاً .

التركيب الكيميائي النموذجي للحصول على بنية مجهرية جرافيتية، هو وجود ٢.٥-٤.٠ % كربون و ١-٣ % سيليكون في السبيكة .

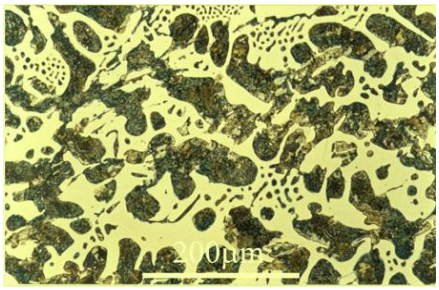
السيليكون مهم لتكوين الحديد الزهر الرمادي بدلاً من الحديد الزهر الأبيض، وذلك لأن السليكون من العناصر التي تجعل الجرافيت مكوناً مستقراً في الحديد الزهر، وهذا يعني أنها تساعد في تكون الجرافيت بدلاً من السمنتيت .

حديد الزهر الأبيض : White Cast Iron

هو حديد له لون أبيض بسبب وجود كربيد الحديد أو السمنتيت، ويستخدم حديد الزهر الأبيض في الأجزاء المقاومة للتآكل مثل قضبان الرافعة وخلاطات الإسمنت.

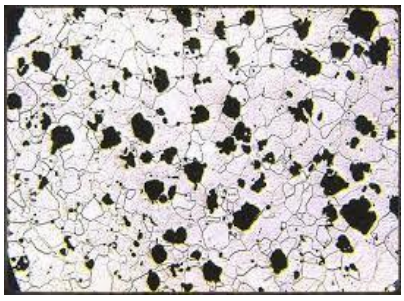
ويحتوي على كربون على شكل كربيد (Fe3C) (السمنتايت) ولا يحتوي على الجرافيت ونسبة الكربون فيه حوالي ٢,٥ % و محتوى السليكون أقل من ١ % و يحتوي منغنيز أقل من ٢ % .

يعتبر حديد الزهر الأبيض قاسي ولكن بنفس الوقت هش، يحتوي على نسبة منخفضة من السيليكون ونقطة انصهار منخفضة حيث يترسب الكربون الموجود في حديد الزهر الأبيض ويشكل رقائق كبيرة تعمل على زيادة صلابته، يمتاز هذا النوع بفعاليته من حيث التكلفة وبمقاومته للمواد الكاشطة، ويتم استخدامه ايضاً في الهيكل الداخلي لطواحين الطحن وغيرها .



حديد الزهر القابل للطرق : Malleable Cast Iron

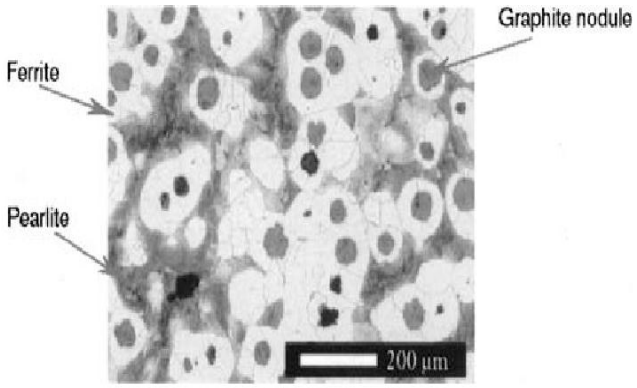
هو عبارة عن حديد أبيض يتم إخضاعه للمعالجة الحرارية بحيث يتحول الكبربيد إلى جرافيت ويتشكل هيكل الكبريد على جزيئات كروية غير منتظمة الشكل ، تصل فترة تسخينه ومعالجته إلى يومين وبعدها يبرد وبعد الانتهاء يمكن ثنيه وتحريكه وفقًا للشكل أو الحجم المطلوب ، ويكون له خصائص تختلف عن حديد الزهر الرمادي والأبيض ، يمتاز **بمرونة وليونة جيدة ومتانة ضد الكسر في درجات الحرارة المنخفضة** ، يتم استخدامه في التركيبات والمعدات الكهربائية ، الأدوات اليدوية ، الغسالات ، المعدات الزراعية ، معدات التعدين ، وفي أجزاء الماكينة .



حديد الزهر المطيل : Ductile Cast Iron

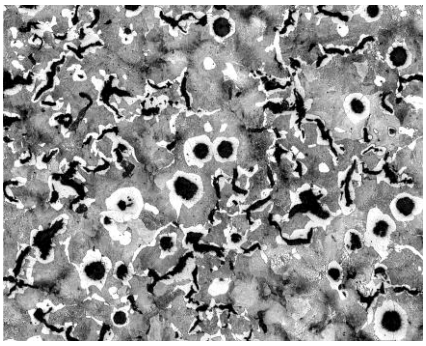
يتشكل حديد الزهر المرن (Ductile cast iron) من وجود جرافيت على شكل عُقدّ كروية، ولا يتم إخضاعه للمعالجة الحرارية بل يتشكل نتيجة تركيب كيميائي محدد بأضافة المغنسيوم لمنصهر حديد الزهر الرمادي فيتحول الجرافيت من شكل رقائق الى عقد كروية .

يحتوي حديد الزهر المرن في تركيبه على ٣.٢ % إلى ٣.٦ % كربون و ٢.٢ % إلى ٢.٨ % سيليكون و ١ % إلى ٢ % منغنيز وكميات قليلة من المغنيسيوم والفوسفور والكبريت والنحاس ، ويعود الشكل الكروي لشوائب الجرافيت نتيجة وجود المغنيسيوم ، يمتاز هذا النوع بكونه أكثر مرونة من حديد الزهر الأبيض والرمادي ويتحمل درجات الحرارة العالية ، لذا يتم استخدامه في أنابيب البنية التحتية للمياه والصرف الصحي ، وفي المكابح والصمامات والمضخات والأجزاء الهيدروليكية وغيرها .



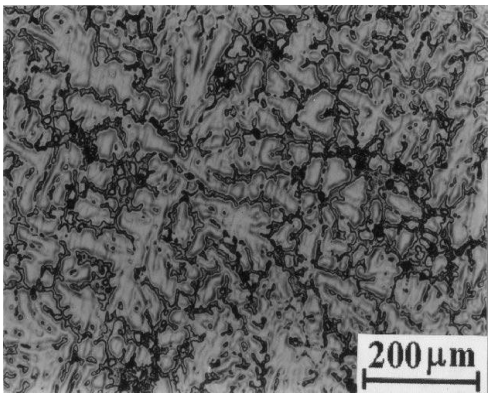
حديد الجرافيت المضغوط : Alloy Cast Iron

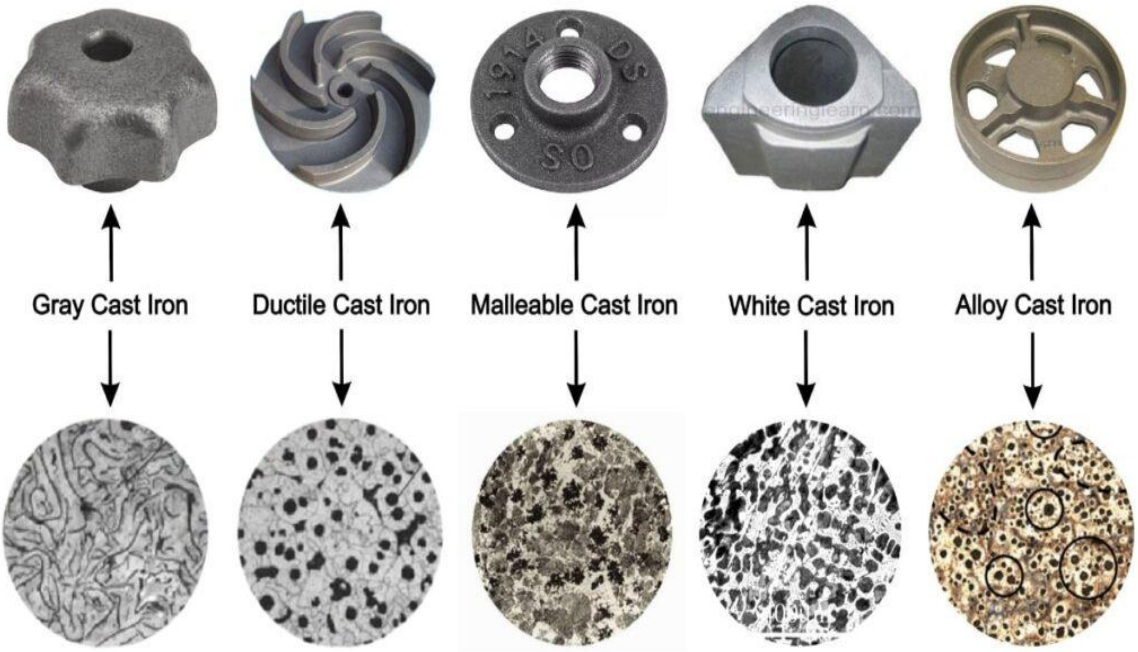
يحتوي حديد الجرافيت المضغوط (Compacted graphite iron) على هيكل من الجرافيت وخصائص عبارة عن مزيج من حديد الزهر الأبيض والرمادي ، يتكون هيكل الميكروكريستالين حول رقائق حادة مترابطة من الجرافيت ويتم استخدام سبائك مثل التيتانيوم لإزالة التكوين الكروي للجرافيت ، ويمتاز بقوة شدّ وليونة أعلى من الحديد الرمادي ويمكن تعديل تركيب أو خصائص الميكروكريستالين من خلال المعالجة الحرارية أو من خلال إضافة سبائك مختلفة ، يتم استخدامه في إطارات محركات الديزل ، وبطانات الأسطوانات ، وأسطوانات الفرامل للقطارات ، ومشعبات العادم .



حديد الزهر المبرد : **Chilled Cast Iron**

يتم إنتاج حديد الزهر المبرد عن طريق تعديل مركبات الكربون لحديد الزهر الأبيض ، حيث عند التبريد الطبيعي على السطح ينتج حديد الزهر الأبيض وعند التبريد البطيء أسفل السطح ينتج الحديد الرمادي لذا عند انخفاض عمق البرودة تزداد صلابة المنطقة المبردة ويزداد محتوى الكربون ويستخدم الكروم بنسبة ١% إلى ٤% للتحكم في عمق البرودة وزيادة الصلابة وتحسين مقاومة التآكل ويعمل عمل على استقرار الكربيد ويمنع تكون الجرافيت ، وعند إضافة الكروم بنسبة من ١٢% إلى ٣٥% يضيف مقاومة للتآكل والأكسدة في درجات الحرارة مرتفعة .





أين يستخدم حديد الزهر؟

يتم استخدامه في التطبيقات التي تحتاج إلى صلابة عالية ومقاومة للتآكل ولا تهتم في الخصائص الهيكلية ويعتبر حديد الزهر قليل التكلفة،

وفيما يلي بعض من استخدامات حديد الزهر والتي تختلف اعتمادًا على نوع حديد زهر:

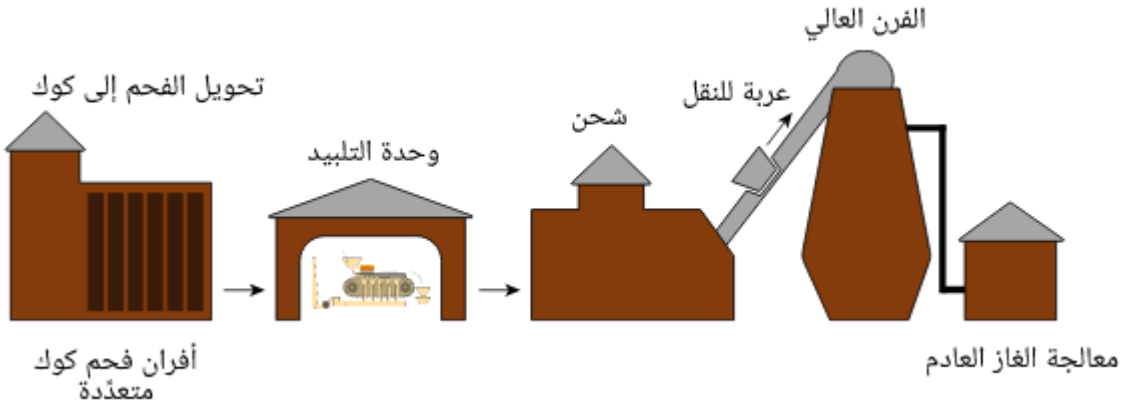
في أقراص الفرامل . في الترس ولوحات الترس . في العجلة المسننة . في السلاسل . في تجهيزات المطابخ . في القطع المعمارية الزخرفية .

في كتل المحرك . في الماكينات . في القضبان بمختلف أنواعها . في البيوت . في أدوات التعدين .

إنتاج حديد الزهر

إستخلاص الحديد من خاماته في الفرن العالي :

إن مصانع الحديد والصلب أنظمة معقَّدة للغاية تتكوَّن من أنواع مختلفة ومتعدِّدة من الآلات والمباني الضخمة. يوضِّح الشكل الآتي بعض الأجزاء الأكثر أهميةً في معظم مصانع إنتاج الفلزات .

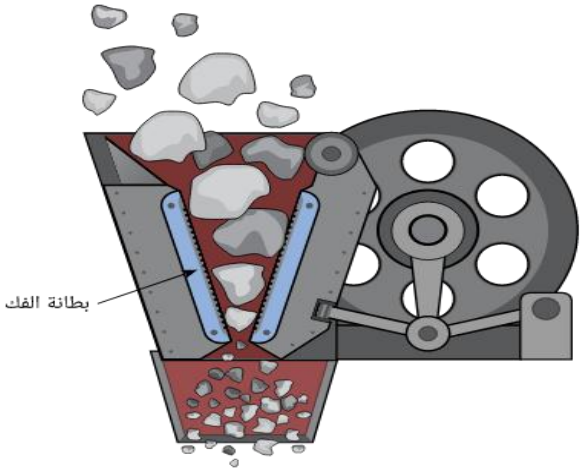


توضِّح الصورة الموجودة في أقصى اليسار المبنى الذي يحتوي على أفران فحم الكوك. يُنتَج فحم الكوك في أفران فحم الكوك، ويُستخدم بعد ذلك مع الحجر الجيري لاستخراج فلز الحديد من خامات الحديد في الفرن العالي .

فحم الكوك صورة من الكربون النقي إلى حدٍّ كبير، الذي يُنتَج من صخور الفحم. ويُنتَج عن طريق تسخين صخور الفحم إلى درجة حرارة مرتفعة في فرن فحم الكوك. وعادةً ما تُسخَّن صخور الفحم إلى درجة حرارة 1000°C–1100°C ، وأحيانًا يمكن تسخينها إلى درجات حرارة تصل إلى 2000°C. تؤدِّي هذه العملية إلى تبخُّر أو تفكُّك المواد العضوية غير المرغوب وجودها في الفحم، والتخلُّص من المركَّبات المتطايرة، مثل الماء. أما المتبقي (غير المتطاير) من عملية التفكُّك هذه، فيتكوَّن معظمه من ذرات الكربون .

يُستخرج فلز الحديد عادةً من خام الهيماتيت، الذي يحتوي على مركب أكسيد الحديد الثلاثي Fe_2O_3. يجب أن يُعالَج الخام قبل وضعه في الفرن العالي؛ وذلك لأن الأفران العالية مصمَّمة لحرق الأجزاء الصغيرة من الخام المضغوطة معًا. ويُعالَج الهيماتيت من خلال معالجة معدنية أو عمليات تجهيز للخام .

الخطوة الأولى هي التكسير؛ حيث تُكسَّر القطع الكبيرة من الخام إلى حجم أصغر. يوضِّح الرسم التوضيحي الآتي كيف يمكن استخدام كسارة فكِّية لتكسير الصخور الكبيرة إلى صخور أصغر .



تستخدم بعد ذلك عمليات مختلفة لإنتاج شكل أكثر تركيزًا من فلز الحديد من الأجزاء الصغيرة من خام الحديد. عادةً ما يزيد تركيز فلز الحديد مع إزالة الشوائب من خلال مجموعة متنوعة من طرق الفصل المغناطيسي والكهربي.

تُزال الشوائب الكيميائية خلال تجهيز خامات الحديد بواسطة عملية تُعرَف باسم التحميص. التحميص هو العملية التي تُسخَّن فيها خامات الفلز إلى درجة حرارة مرتفعة في غرفة أو فرن في وجود الهواء. ويمكن أن تؤدِّي هذه العملية إلى التخلُّص من جزيئات الماء من معقَّد أكسيد مائي، ويمكن تحويل المواد الكيميائية غير المرغوبة إلى نواتج كيميائية مرغوبة أكثر. توضِّح المعادلة الآتية كيف يمكن لعملية التحميص أن تحوِّل مركب كربونات الحديد $FeCO_3$ غير المرغوبة إلى أكسيد الحديد

$$FeCO_3(s) \xrightarrow{\text{heating}} FeO(s) + CO_2(g)$$

توضِّح المعادلة الكيميائية الآتية كيف يمكن لعملية التحميص أن تحوِّل جزيئات أكسيد الحديد المفيدة إلى مركَّبات أكسيد حديد ثلاثي مرغوبة أكثر

$$2FeO(s) + 1/2\ O_2(g) \xrightarrow{\text{heating}} Fe_2O_3(s)$$

توضِّح المعادلة الكيميائية الآتية كيف يمكن استخدام عملية التحميص للتخلُّص من جزيئات الماء من معقَّد أكسيد الحديد الثلاثي المائي

$$2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O(s) \xrightarrow{\text{heating}} 2Fe_2O_3(s) + 2H_2O(g)$$

تتأكسد الشوائب الأخرى، مثل عناصر الكبريت والفوسفور، خلال عملية التحميص. توضِّح المعادلة الآتية كيف يمكن أن يتأكسد الكبريت إلى ثاني أكسيد الكبريت أثناء التحميص

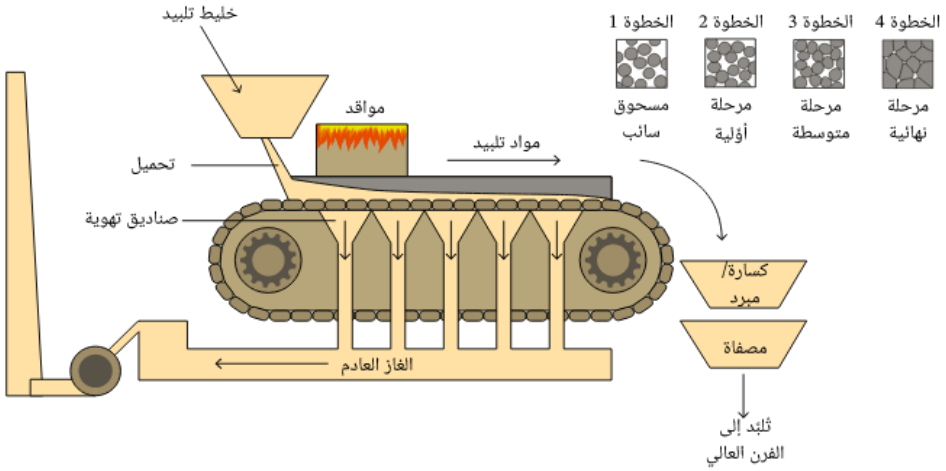
$$S(s) + O_2(g) \xrightarrow{\text{heating}} SO_2(g)$$

توضِّح المعادلة الآتية كيف يمكن أن يتأكسد الفوسفور إلى مركَّب خامس أكسيد الفوسفور عند تحميصه

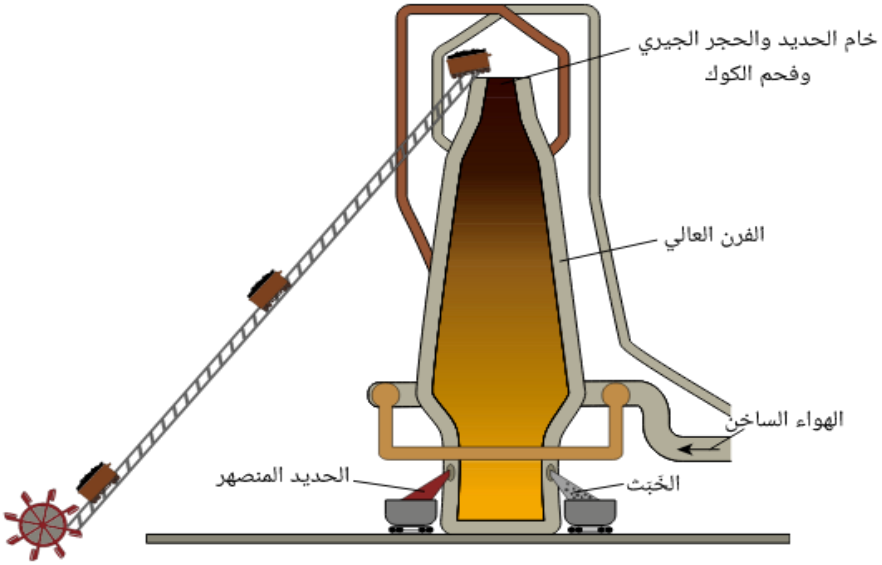
$$4P(s) + 5O_2(g) \xrightarrow{\text{heating}} 2P_2O_5(s)$$

وفَوْر إزالة الشوائب من الخام، يُخلَط خام الحديد المعالَج مع الحجر الجيري وفحم الكوك في وحدات التلبيد. تُستخدم وحدات التلبيد لضغط خام الحديد والحجر الجيري وفحم الكوك وتحويلها إلى كتلة صلبة. وعادةً ما تنضغط المواد السائبة وتتحوَّل إلى كتلة مصمتة عند تسخينها بالمواقد.

تضمن عملية التلبيد خلط خام الحديد والحجر الجيري وفحم الكوك خلطًا متجانسًا. وتضمن أيضًا أن تكون المواد الملبَّدة بالحجم والشكل المناسبين للفرن العالي. مساحة سطح وحدات التلبيد كبيرة، وتحدث عملية التلبيد بسرعة. توضِّح الصور الآتية كيف يُمكن استخدام وحدات التلبيد لتغيير خواص مساحيق وصخور خليط التلبيد .



ويُعرَف خليط خام الحديد وفحم الكوك والحجر الجيري باسم الشحنة. تنتقل هذه الشحنة على سيور نقل إلى أعلى الفرن العالي. يوضِّح الشكل الآتي كيفية استخدام سيور النقل لنقل خليط الشحنة إلى أعلى الفرن العالي. تعمل سيور النقل هذه طوال النهار والليل، وتنقُل الشحنة باستمرار إلى الفرن العالي .



الفرن العالي (الفرن اللافح) :

الأفران العالية عبارة عن أبراج من الصلب مبطَّنة بحجارة مقاوِمة للحرارة. وهذه الأفران بنايات شاهقة الطول قد يصل ارتفاعها إلى.60 m تدخل الشحنة إلى الفرن العالي عند أعلى البرج، وينطلق الهواء الساخن في الفرن من الأسفل.

تحدث عدة تفاعلات كيميائية متعدِّدة بشكلٍ متزامن داخل الفرن العالي. وسنتعرف على هذه التفاعلات بترتيب زمني منطقي حتى نتمكَّن من فهم عمليات استخلاص الحديد بسهولة أكبر. سنناقش التفاعلات واحدًا تلو الآخر، ونتعلَّم كيف تتحوَّل متفاعلات الشحنة إلى الحديد المنصهر والناتج الثانوي المعروف باسم الخَبَث.

يحترق فحم الكوك في البداية في وجود الهواء الساخن (الأكسجين) لتوليد غاز ثاني أكسيد الكربون وطاقة حرارية. ويُعَد تفاعل الاحتراق هذا طاردًا للحرارة للغاية، ويُطلِق الكثير من الطاقة الحرارية. يؤدِّي هذا التفاعل إلى زيادة درجة حرارة الفرن في القاع؛ حيث يدخل الهواء (الأكسجين) من الخارج.

تمثِّل المعادلة الآتية هذا التفاعل :

$$C(s) + O_2(g) \xrightarrow{\text{heating}} CO_2(g) + Heat$$

وتتفاعل جزيئات ثاني أوكسيد الكربون مع فحم الكوك وتنتج غاز أول أكسيد الكربون :

$$C(s) + CO_2 \xrightarrow{\text{heating}} 2CO(g)$$

يعمل غاز أول أكسيد الكربون عاملَ اختزالٍ خلال انتقاله عبر الفرن العالي. تَختزِل جزيئات أول أكسيد الكربون جزيئات أكسيد الحديد الموجودة أساسًا في الجزأين الأوسط والأعلى من الفرن العالي.

فيما يلي التفاعل الكيميائي الذي يمثِّل ذلك :

$$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \xrightarrow{\text{heating}} 2Fe(L) + 3CO_2(g)$$

وبعد ذلك يتساقط الحديد المنصهر $Fe(L)$ نزلاً لأسفل الفرن العالي ويتجمع في قاع البرج .

في هذه المرحلة من العملية، لا يزال هناك نوع واحد من الشوائب في خام الحديد يجب التخلُّص منه. هذا النوع من الشوائب هو الرمل، وهو ما يمكن اعتباره ثاني أكسيد السليكون . $(SiO2)$

يمكن إزالة ثاني أكسيد السليكون من الفرن العالي؛ لأن خليط الشحنة يحتوي على الحجر الجيري. يتكوَّن معظم الحجر الجيري من كربونات الكالسيوم (CaCO3) ، التي تتفكَّك إلى جزيئات ثاني أكسيد الكربون وأكسيد الكالسيوم (CaO) في درجات الحرارة المرتفعة. درجات الحرارة داخل الفرن مرتفعة بما يكفي لتحلِّل الحجر الجيري حراريًّا ،

وفقًا للمعادلة الكيميائية :

$$CaCO_3(s) \xrightarrow{\text{heating}} CaO(s) + CO_2(g)$$

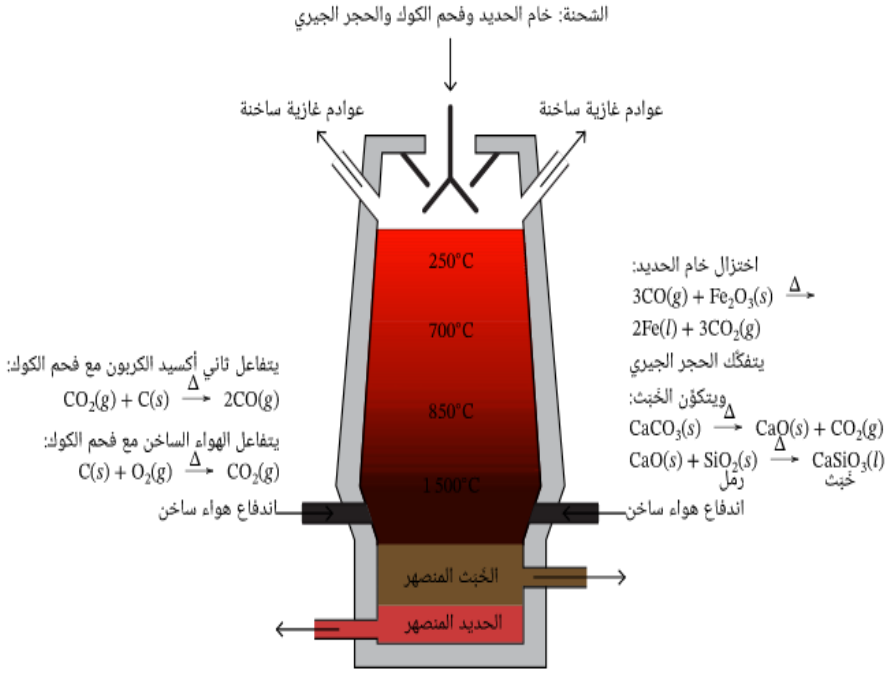
تتفاعل جزيئات أكسيد الكالسيوم مع الشوائب الرملية، وهذا التفاعل ينتج عنه الخَبَث المنصهر باعتباره ناتجًا ثانويًّا. يتكوَّن هذا الخَبَث في الأساس من جزيئات سيليكات الكالسيوم (CaSiO3)

تمثِّل المعادلة الآتية هذه العملية :

$$CaO(s) + SiO_2(s) \xrightarrow{\text{heating}} CaSiO_3(L)$$

ينزل الخَبَث للأسفل داخل الفرن العالي، ويكوِّن طبقة على سطح الحديد المنصهر. ويَختزل فحم الكوك بعضًا من غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تفكُّك الحجر الجيري واختزال خام الحديد، وتتكوَّن جزيئات أول أكسيد الكربون. ومع ذلك، فإن معظم غاز ثاني أكسيد الكربون وغاز النيتروجين يغادر الفرن العالي عبر قمة البرج في صورة عوادم غازية .

يمكن ملاحظة هذه التفاعلات الكيميائية، بالإضافة إلى أمثلة على بنية الفرن العالي، في الشكل الآتي. هذا الشكل التوضيحي عبارة عن توضيح مبسَّط تمامًا لنوع واحد فقط من الفرن العالي. من المهم أن نُدرك أن الأفران العالية الأخرى يمكن أن تعمل عند درجات حرارة مختلفة قليلًا .

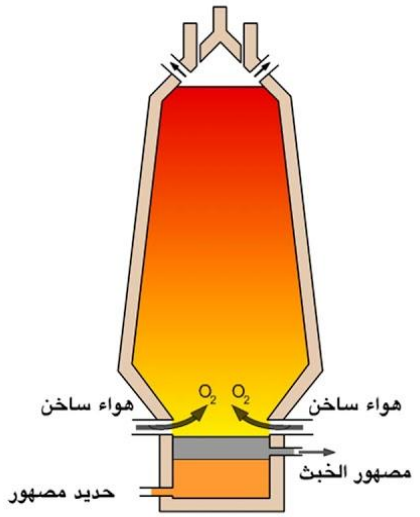


يُفرَّغ الفرن العالي من ١٠ إلى ٢٠ مرة في اليوم لإزالة الخَبَث المنصهر والحديد المنصهر من قاعدته. على الرغم من أن هذا الخَبَث المنصهر ليس ناتجًا مفيدًا في هذا التفاعل، لا يتم التخلُّص منه؛ لأنه يُستخدم في صناعة الأسمنت، وكذلك في بناء الطرق .

الحديد الذي يخرج مباشرةً من الفرن العالي يُسمَّى حديد الصب، وهو عادةً ما يكون هشًّا ؛ لأنه يحتوي على 5%–2% من الكربون، وأنواع أخرى من الشوائب . يُوضَع بعضٌ من حديد الصب في قوالب لتكوين ما يُعرَف بالحديد الزهر .

وعادةً ما يتم تحويل الباقي من حديد الصب إلى الصلب ؛ لأن الصلب أقوى وأكثر فائدةً بوجهٍ عام من الحديد .

استخلاص الحديد من خاماته



الفرن اللافح

$$C + O_2 \xrightarrow{\triangle} CO_2 + \text{حرارة}$$

$$C + CO_2 \xrightarrow{\triangle} 2CO$$

$$3Fe_2O_3 + CO \xrightarrow{٢٣٠-٣٠٠\ ^\circ س} 2Fe_3O_4 + CO_2\uparrow$$

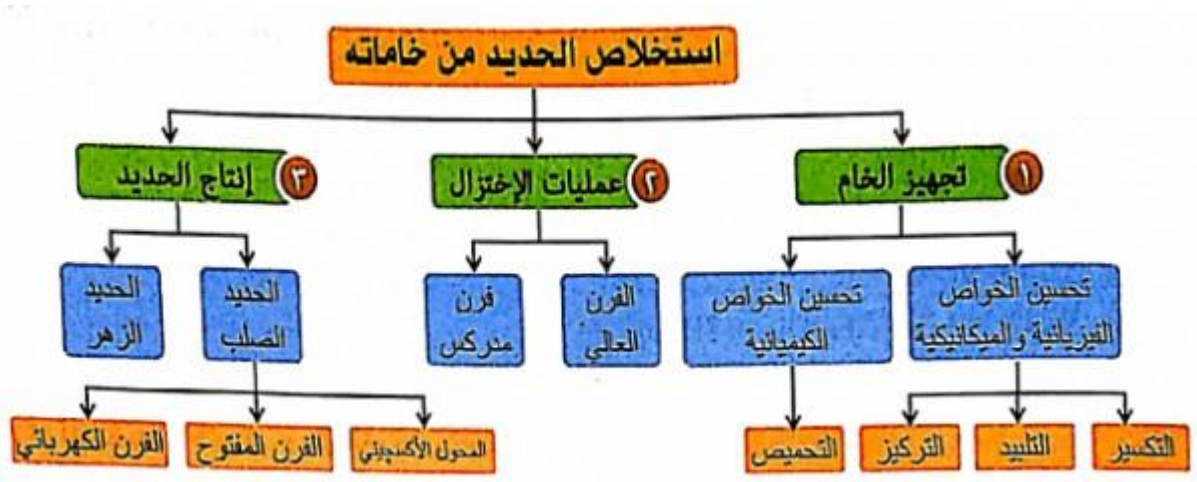
$$Fe_3O_4 + CO \xrightarrow{٤٠٠-٧٠٠\ ^\circ س} 3FeO + CO_2\uparrow$$

$$FeO + CO \xrightarrow{\text{أعلى من } ٧٠٠\ ^\circ س} Fe + CO_2\uparrow$$

$$CaCO_3 \xrightarrow{\triangle} CaO + CO_2\uparrow$$

$$CaO + SiO_2 \longrightarrow CaSiO_3$$

$$3CaO + P_2O_5 \longrightarrow Ca_3(PO_4)_2$$

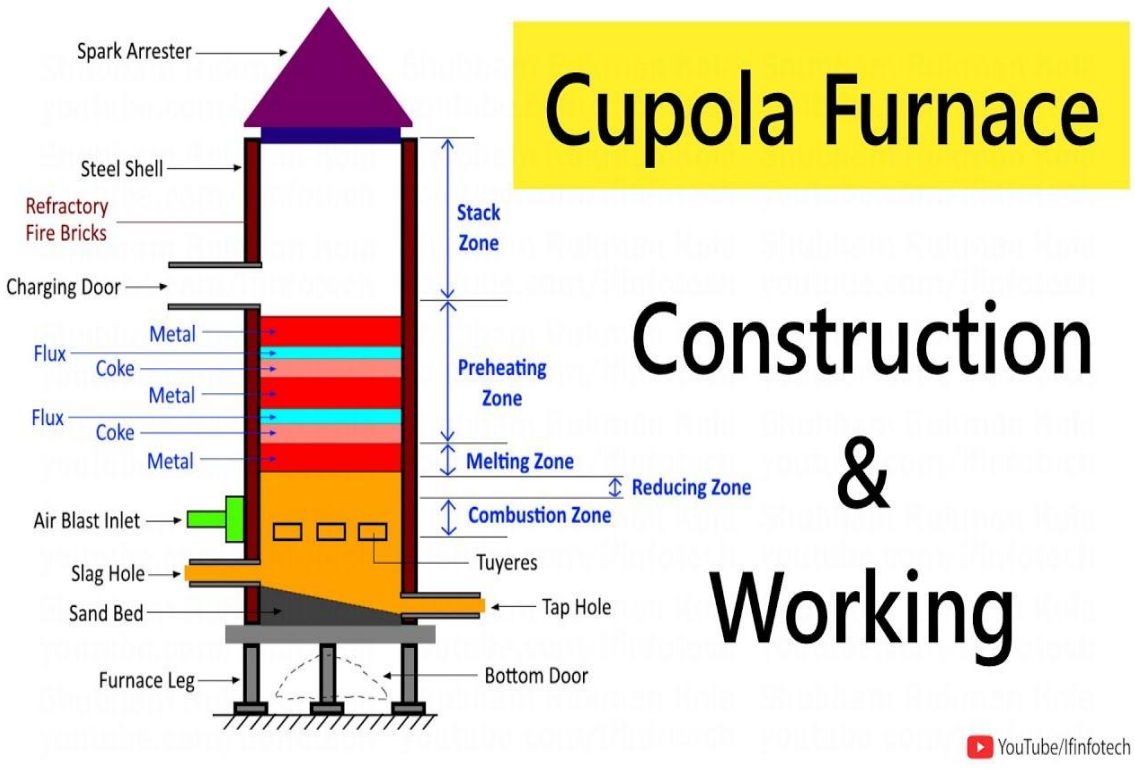


أفران الدست (كيوبلا) : Cupola Furnaces

يتكون حديد الزهر أساساً من حديد الغفل (Pig Iron) الذي يعاد صهره و صبه أما وحده أو مع الحديد المستهلك . وتتم عملية الصهر عادة في أفران تسمى أفران الدست (أفران كيوبلا) والتي تستخدم الوقود الصلب . وهناك أنواع أخرى تستخدم الوقود السائل و الغازي و أنواع أخرى مثل فرن البوتقة و أفران القوس الكهربائي .

يتكون الفرن المقبب (Cupola) من أسطوانة فولاذية طويلة قائمة شاقولياً على قواعد صلبة ومبطنة بالحجر الحراري . وفي نهايتها العليا عند أتصالها بالمدخنة فتحة المليء . يزود الفرن منها بشحنة المعدن المكونة من الحديد الخام وفحم الكوك و مساعدات الصهر (مشكلات الخبث) . وبالحرارة الناتجة من حرق الفحم عند حزام نفخ الهواء ينصهر الحديد ويتجمع في الجزء السفلي من الفرن (الحوض) ومنها يفرغ في بواتق السكب .

وهذا الفرن خاص بصهر الحديد الخام وتحويله الى حديد صب ولا يستخدم للمعادن الأخرى .



إن حديد الزهر درجة أنصهاره واطئة ١١٥٠ – ١٢٥٠ درجة مئوية تقريبا مقارنة بدرجة أنصهار الصلب . لذلك يمكن صهره بسهولة وبتكاليف واطئة . وتكون للمعدن المنصهر سيولة جيدة و قابلية لأن يتخذ شكل القالب تماماً بعد التجمد .

يحتوي حديد الزهر على نفس العناصر الخمسة التي توجد في الصلب الكربوني وهي :

الكربون C - المنغنيز Mn – السليكون Si – الكبريت S – الفسفور P

ولكن بنسب أعلى من ما هي عليه في الصلب الكربوني . وتكون النسب المثالية لمكونات حديد الزهر هي كالاتي :

الكربون C من ٢,٨ % الى ٣,٦ %

السليكون Si من ١ % الى ٣ %

منغنيز Mn من ٠,٤ % الى ١ %

كبريت S من ٠,١ % الى ٠,٣٥ %

فسفور P من ٠,٠٥ % الى ١ %

العوامل التي تؤثر على شكل وجود الكربون في حديد الزهر :

معدل التبريد :

إن معدل التبريد السريع يؤدي الى أستقرارية Fe_3C وبدوره يؤدي الى تكوين حديد زهر أبيض صلد . بينما معدل التبريد الواطئ يساعد على تكون الجرافيت وتكون حديد زهر رمادي .

ويعتمد معدل التبريد على سمك المقطع ونوع القالب المستعمل . إن معدل التبريد يكون بطيئاً في القوالب الرملية مقارنة بالقوالب المعدنية .

التركيب الكيميائي :

الكربون :

وجود الكربون يخفض من درجة حرارة الأنصهار ويزيد من كمية الجرافيت المتكونة في حديد الزهر .

السليكون :

يساعد على تكوين الجرافيت ، لذا فهو يؤدي الى تكوين حديد زهر رمادي .

الكبريت :

التأثير المباشر لهذا العنصر هو المساعدة على أستقرارية Fe_3C وعليه يؤدي الى تكوين حديد زهر أبيض .

المنغنيز :

يتحد مع المنغنيز لتكوين كبريتيد المنغنيز الذي يساعد بصورة غير مباشرة على تكوين الجرافيت بواسطة تأثيره على إبطال فعل الكبريت

أما تأثيره المباشر يساعد على أستقرارية Fe_3C عندما تكون كمية المنغنيز أعلى من الكمية اللازمة للأتحاد مع الكبريت .

الفسفور :

ليس له تأثير على شكل الكربون في حديد الزهر ولكن له تأثير بتحسين سيولة حديد الزهر .

طرق لحام حديد الزهر :

اللحام على الساخن

تعتبر هذه الطريقة من أقدم الطرق في لحام تركيبات حديد الزهر وتستخدم عادة للتركيبات الكبيرة نسبياً وتعرضت لشرخ مثلاً .

يتم وضع القطعة المراد لحامها داخل فرن ويتم تسخين القطعة الى أن تتجاوز درجة حرارتها ٨٠٠ درجة مئوية بحيث يتغير لونها ويتم إجراء اللحام بأستخدام أقطاب لحام من حديد الزهر بطريقة لحام القوس الكهربائي أو لحام الأوكسي ستيلين ويتم اللحام داخل الفرن لحام مستمر .

ومن ثم تترك الشغلة تبرد تبريداً بطيئاً داخل الفرن بعد أطفائه أو يتم وضعها داخل الرمل وتترك لتبد ببطئ . نحصل بهذه الطريقة على أفضل وصلة لحام ممكنة لحديد الزهر ولكن بسبب التسخين العالي للمشغولات المراد لحامها ستولد أجهادات داخلية وتنتج عنها تشوه و تغيير في شكل و أبعاد المشغولات وخصوصاً المشغولات ذات الأحجام الكبيرة نسبياً . مثل صندوق التروس أو هياكل المحركات أو قواعد المكائن و أبدانها التي تكون مصنوعة من حديد الزهر . فأذا كانت دقة شكل و أبعاد المشغولة غير مطلوبة بدقة عالية أي أنه أذا حدث تشوه للمشغولة بسبب التسخين والتبريد يكون غير مؤثر على عملها فأن طريقة اللحام على الساخن هي أفضل طريقة للحام حديد الزهر . أما أذا كانت دقة الابعاد مطلوبة فنلجأ لطريقة اللحام على البارد كما سنوضحها تالياً .

اللحام الشروخ في وصلات حديد الزهر على البارد :

نقوم بعمل ثقب عند نهايتي الشرخ بأستخدام مثقاب وبقطر من ٥ ملم الى ٧ ملم لمنع تمدد الشرخ أثناء عملية اللحام ومن ثم نقوم بفتح الشرخ بأستخدام حجر قطع أو حجر تجليخ لتهيئة حواف الشرخ والسماح لمنصهر اللحام من التغلغل داخل الشرخ . ويتم أستخدام سلك لحام مناسبة لحديد الزهر وهو سلك لحام النيكل .

ويوجد نوعين من سلك لحام النيكل حسب نسبة النيكل بها . و هي :

ENiCI(Ni 90%) نسبة النيكل أكثر من ٩٠ %

ENiFeCI(Ni 55%) نسبة النيكل ٥٥ %

أذا كانت منطقة اللحام تحتوي على شوائب مثل الزيوت نستخدم سلك لحام ٩٠ % نيكل . وأذا كان سمك منطقة اللحام كبير نبدأ أولاً الملئ بأستخدام سلك لحام ٥٥ % نيكل . ويفضل أستخدام ماكنة لحام تعمل بالتيار المستمر DC Current .

ويكون اللحام على البارد بحيث يتم عمل بنطات لحام (نقاط لحام) في اماكن متباعدة من الشرخ لمنع تسخين منطقة اللحام ويتم وضع اليد على منطقة اللحام لتحسس حرارة المشغولة بحيث يتم التوقف عن اللحام في حال زيادة حرارة منطقة اللحام وتترك تبرد ثم نستمر باللحام يعني لحام متقطع وبشكل نقاط لحام في أماكن متفرقة ومتباعدة داخل الشرخ لمنع تسخين منطقة اللحام الى أن يتم ملئ الشرخ بالكامل ومن ثم نقوم بملئ الثقبين الذين تم عملهما عند نهايتي الشرخ .

أثناء عملية لحام النقاط (البنطات) نقوم بالطرق على البنط بضربات سريعة ومتوسطة على بنطة اللحام وهذه العملية مهمة جدا .

وهذه العملية تسمى الدق (Peening) والفائدة منها هو :

عند الطرق على بنط اللحام وهي ساخنة ستولد أجهادات تعاكس وتعادل الاجهادات الحرارية داخل المعدن أي عملية معادلة للاجهادات الحرارية داخل المعدن و أزالتها .

وثانياً وهي المهمة جدا عن الطرق على بنطة اللحام وهي ساخنة سيحدث تمدد لها لأن الحديد اثناء عملية اللحام يسخن ويحدث تمدد له وعند تعرضه للهواء يبرد ويحدث أنكماش للحديد و خصوصاً حديد الزهر ينكمش بنسبة أكبر Shrinkage فأذا لم يتم الطرق عليه فأن

معدن اللحام سينكمش و يسحب معه جزء من معدن سطح الشرخ مما يؤدي لفصل معدن اللحام عن سطح الشرخ و تفشل عملية اللحام .

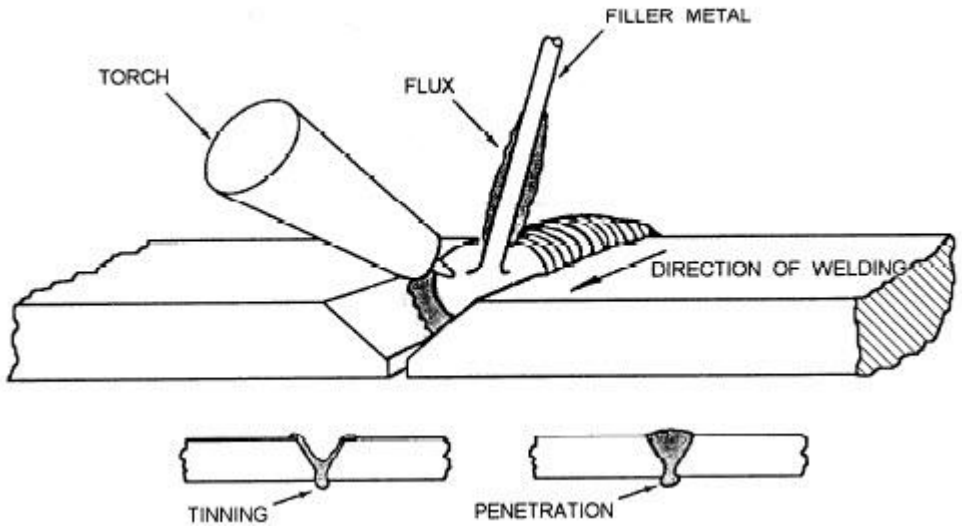
ولكن الطرق على بنطة اللحام الساخنة تسبب تمدد لها تمنع الانكماش وبالتالي تمنع فصل معدن اللحام عن سطح الشرخ .

ويتم عمل عملية الطرق على كل نقطة (بنطة) لحام يتم لحامها مباشرة وهي ساخنة .

لحام وصلتين من حديد الزهر :

يصعب لحام حديد الزهر لأنه يحتوي على نسبة كربون تتراوح من ٢٪ إلى ٤٪ ، وهي نسبة عالية جدًا عند مقارنتها بالمعادن الأخرى. لهذا السبب ، يميل الحديد الزهر إلى أن يكون هشًا للغاية وغالبًا ما يؤدي إلى تساقط رقائق الجرافيت .

ينم نسخين الوصلتين المراد لحامها أو تسخين منطقة اللحام و يتم استخدام سلك نحاس ENi90 او ENiFe55 ومن ثم يتم تبريد الوصلة الملحومة بالتدريج .



المراجع

Europa Lehrmittel, Fachkunde Metall
ISBN 3-8085-1152-4.

Handbuch der Schweissverfahren Teil1: lichtbogen hand -
Schweissverfahren R / Killing ISBN 3-87155-087-6.

تكنلوجيا اللحام الكهربائي – المهندس محمد عبد المجيد حسين – دار الكتب العلمية للنشر و التوزيع ٢٠٠١

حديد الزهر و طرق لحامه – المهندس محمد أسماعيل – القاهرة

الفهرس

المقدمة	١
خصائص حديد الزهر	٢
أنواع حديد الزهر	٣
أين يستخدم حديد الزهر	٧
إنتاج حديد الزهر	٨
القرن العالي	١٢
فرن الدست	١٧
طرق لحام حديد الزهر	٢٠
المراجع	٢٣