# الفصل الخامس عشر

# الفحوصات الميتالوغرافية والاختبارات اللاتدميرية للمعادن والسبائك

# Metallographic Examination and Non—destructive Testing of Metals and Alloys

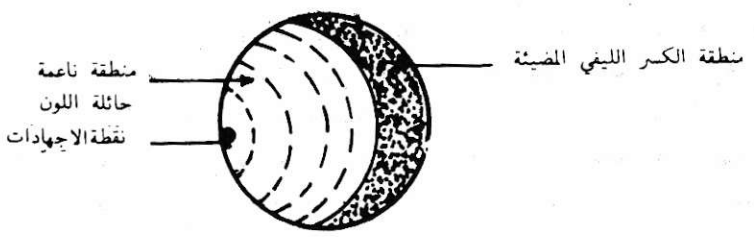
ان احد الاعمال المهمة ، التي يجب ان يضطلع بها المهندسون العاملون في حقل الصناعات المعدنية ، هي الفحوصات التي تجرى للتعرف على العيوب التي تحصل للاجزاء المعدنية خلال العمليات الانتاجية ، او للتعرف على مسببات الانهيارات (Failures)لهذه الاجزاء التي قد تحصل خلال استعمالها . اضافة لذلك فان المهندس العامل في هذا المجال يحتاج الى اجراء اختبارات روتينية على المواد الغير مصنعة كذلك المواد التامة التصنيع . لذا فانه من الضروري جداً ، لطالب الدراسات الهندسية ، التعرف على طرق الفحوصات والاختبارات المختلفة للمعادن والغاية منها ومجالات استخدامها وتحديداتها . وسنأتي في الفصل القادم على دراسة النوع الاخر من الاختبارات وهو الاختبارات الميكانيكية .

## 1.15 الفحوصات الميتالوغرافية

### 1.1.15 فحص الكسور (Examination of Fracture)

ان مسببات الأنهيار ، نتيجة لحصول الكسر ، يمكن التعرف عليها احياناً ، باجراء الفحص البصري (Visual inspection) فمثلا وجود شوائب الخبث (Slag inclusions) والمسامية (Porosity) والفقاعات الغازية (Blow holes) ، يمكن رؤيتها بسهولة ، احياناً ، بالعين المجردة في السطح المكسور للوصلة الملحومة او القطع المسبوكة . ومن اسباب الكسر التي تحدث في بعض المسبوكات الاولية (Ingots) خلال تشكيلها على الساخن ، هو وجود منطقة الحبيبات الطولية ، التي

تلتقي في مركز المسبوكة الاولية والتي تشكل مستويات ضعيفة وكما هو مبين في الشكل (11.1) ولذلك عدة اسباب منها مثلاً ، ان تكون درجة حرارة الصب عالية جداً . اما الاجزاء المعدنية التي تتعرض الى اجهادات متكررة ، فانها تكون معرضة للانهيار وحصول الكسر ، بسبب ظاهرة الكلال (Fatigue) ويكون هذا الكسر عادة ذا منطقتين تميزان بالعين المجردة وكما هو مبين في الشكل (1.15) ، حيث ان المنطقة الاولى تكون ناعمة وذات لون حائل وهي نتيجة للانتشار التدريجي للشق ، الذي تكون بدايته ، من بعض المناطق التي تتجمع عندها الجهود مثل الزوايا الحادة او اثر الة التشكيل او الثقوب الزيتية او شوائب الخبث وحالما يتكون الشق ، يزداد تأثير الحمل الخارجي ، موديا الى انتشار الانفصال بصورة تدريجية بين جزئي المعدن وحتى وصول هذا الانفصال الى مرحلة ، تنعدم عندها مقاومة المعدن للحمل الخارجي ، عندئذ يحصل انفصال مفاجيء للجزء المتبقي من المعدن ومن ثم حصول الكسر والذي يكون من النوع الليفي (Fibrous fracture) . ويقل التمييز بين هاتين المنطقتين كلما كان المعدن أكثر قصافة (هشاشية) .




شكل 1.15 الكسر النموذجي بسبب ظاهرة الكلال

### 2.1.15 الفحص الماكروسكوبي (Macro — examination)

تتضمن هذه الطريقة ، فحص سطوح الاجزاء المعدنية ، اما بالعين المجردة او باستخدام عدسات ذات قوة تكبير صغيرة جداً ، ذلك بعد اجراء عمليات تحضيرية معينة على سطح المعدن هي عملية "التجليخ" (Grinding) الخشن وذلك باستعمال ورق صنفرة (Emery paper) ذي رقم 0 او 00 يغسل السطح بعدها بالماء لازالة رواسب علمية التجليخ ، ثم عملية الاظهار (Etching) وهي المعاملة بمحلول الاظهار بعمق ، باستعمال محلول كيميائي مناسب (محلول الاظهار) .

ان هذا الفحص يستخدم لاظهار خطوط الانسياب (Flow lines) في الاجزاء المشكلة بطريقة الحدادة وكذلك حجم الحبيبات في المسبوكات وحدود منطقة اللحام

ومنطقة التأثير الحراري في الوصلات الملحومة ويمكن ايضاً اظهار بعض العيوب الكبيرة في الوصلات الملحومة والمسبوكات ، مثل الخبث والفقاعات الغازية .

## محاليل الاظهار المستخدمة في الفحوصات الماكروسكوبية
## (Macro-etching Reagents)

### الصلب (Steel)

**1- 50% حامض الهيدروكلوريك :**

يغمر النموذج المراد فحصه في محلول مغلي من حامض الهيدروكلوريك هذا ، لمدة 10-45 دقيقة . وتعتمد الفترة الزمنية على النسبة المئوية للكربون في الصلب ، اذ تزداد بازدياد هذه النسبة . ويستخدم هذا النوع من محلول الاظهار لغرض الكشف عن خطوط الانسياب وبنية منطقة اللحام والتشققات والمسامية .

**2. 25% حامض النتريك :**

يستعمل هذا المحلول ، لنفس الاغراض التي يستعمل فيها محلول الاظهار (50% حامض الهيدروكلوريك) ، ولكنه يستعمل بارداً لذا فانه يصلح لمعاملة السطوح الكبيرة من الصلب ، التي يصعب تسخينها .

**3. 10% محلول برسلفات الامونيا :**

ويستخدم بارداً وفي الحالة الطازجة فقط وذلك بمسح سطح الصلب بهذا المحلول بواسطة قطعة من القطن الصوفي الماص والغرض منه ، هو الكشف عن نمو الحبيبات عند فحص الوصلات الملحومة .

### النحاس وسبائكه (Copper and it's Alloys)

**1. محلول كلوريد الحديد الحامضي** (25 غم كلوريد الحديد + 25 مل حامض الهيدروكلوريك + 100 مل ماء مقطر) ويستعمل للكشف عن البنية الشجيرية للمحلول الجامد $\alpha$ في سبائك النحاس .

**2. محلول برسلفات الامونيا النشادري** : جزء واحد من هيدروكسيد الامونيا (0.880) + جزئان من برسلفات الامونيا (محلول تركيزه 2.5%) + جزء واحد ماء .

ويستخدم للكشف عن الطور $\beta$ في سبائك النحاس .

20% محلول حامض الهيدروفلوريك :

يجب أن ينظف سطح النموذج بواسطة ترافلوريد الكاربون (Carbon tetraflouride) ، يغمر بعد ذلك في ماء ساخن قبل مسح سطحه بمحلول الأظهار

إن التعامل بحامض الهيدروفلوريل يجب أن يصاحبه حذر شديد كي لا يلامس محلول هذا الحامض اليدين او تلامس ابخرته العين او البشرة ، وكذلك الحال بالنسبة لمعظم محاليل الاظهار الاخرى ذات التركيز العالي . ويجب ايضاً ان يقوم بهذه العمليات شخص له ممارسة في هذا المجال ، تجنباً للحوادث الطارئة .

### 3.1.15 الطبع بالكبريت (Sulphur Printing)

تستخدم هذه الطريقة للكشف عن الشوائب الكبريتية في الصلب ، وذلك باظهارها مباشرة على ورق التصوير الفوتغرافي ، ويكون ذلك بمهاجمة حامض الكبريتيك المخفف للشوائب الكبريتية في الصلب ، مثل كبريتيد المنغنيز (Mn S) (وكبريتيد الحديد Fe S ، ان وجد) ، حيث يؤدي ذلك الى تحرر غاز كبريتيد الهيدروجين ($H_2S$) وهذا الغاز ، عند تحرره ، يتفاعل مع بروميد الفضة (AgBr) ، الذي يغطي سطح ورق التصوير الفوتغرافي ، مؤدياً الى تكوين مادة بنية اللون هي كبريتيد الفضة ($Ag_2S$) وعلى الشكل التالي

$$Mn\ S + H_2SO_4 = MnSO_4 + H_2S$$
$$2Ag\ Br + H_2S = Ag_2S + 2HBr$$

ان طريقة الطبع بالكبريت ، لا يمكن استعمالها للكشف عن الشوائب الكبريتية في الصلب السبائكي العالي او المعادن اللاحديدية .

اما طريقة اجراء هذا الفحص فتتم بتجليخ السطح المراد فحصه اولاً . بواسطة اوراق صنفرة متعاقبة في النعومة حتى درجة O ، تقريباً يغسل السطح بعدها بالماء والكحول ثم يحضر بعد ذلك ورق التصوير الفوتغرافي ، المطلي ببروميد الفضة ، وذلك بغمره بحامض الكبريتيك المخفف بالماء (تركيز 3%) لمدة ثلاث دقائق تقريباً ، ويجب ان لا تتعدى هذه الفترة الزمنية الثلاث دقائق لان ذلك يؤدي الى انتفاخ المادة الجيلاتينية والذي يؤدي بدوره الى سهولة انزلاق قطعة الصلب فوق سطح ورق التصوير ، حيث يصعب جعلها ملتصقة بهذا السطح في الحالة هذه . ترفع الورقة بعد ذلك من الحامض وتوضح بين ورقتين ماصتين وتضغط بصورة خفيفة لغرض ازالة متبقيات الحامض ثم توضع ورقة التصوير ، بعد

ذلك فوق سطح القطعة المراد فحصها على ان يكون السطح الحساس للضوء ملامساً لسطح القطعة ومن المناسب جداً وضع ورقة التصوير على سطح مستوي (قطعة زجاج مثلاً) يضغط سطح النموذج عليها بحيث يكون ملامساً بصورة متجانسة لورقه التصوير هذا في حالة كون القطعة المراد فحصها صغيرة ، أما في حالة فحص نماذج ذات سطوح كبيرة فمن المفضل وضع ورقة التصوير فوق سطح هذا النموذج ثم ضغطها بعد ذلك بواسطة ممسحة مطاطية (Squeegee) لغرض الحصول على التصاق تام بين السطحين ولازالة الفقاعات الهوائية . ان زمن التعريض يعتمد على نوع الصلب ويكون اعتيادياً في حدود الدقيقتين ويمكن التأكد من وصول زمن التعريض الى كفايته وذلك برفع ورقة التصوير من احدى زواياها ، قليلاً ، ورؤية اللون البني المتكون على سطح الورقة . ترفع ورقة ورقة التصوير بعد ذلك وتغسل بالماء وتثبت الصورة التي طبعت على سطحها بواسطة محلول الهايبو وذلك بغمرها في هذا المحلول لمدة عشر دقائق تقريباً ، ثم تغسل بالماء الجاري لمدة عشرين دقيقة وتجفف .

من الممكن احياناً الحصول على صورتين او ثلاثة صور ، لنفس النموذج ، من عملية تحضير واحدة وذلك بتصوير السطح الواحد مرتين أو ثلاثة ، دون اجراء عمليات تحضيرية في كل مرة يراد بها التصوير عدا عمليات الغسل والتجفيف . ومن الطبيعي في هذه الحالة ان يكون زمن التعريض عند التصوير الثاني والثالث ، اعلى مما هو عليه عند التصوير الاول .

### 4.1.15 الفحص المايكروسكوبي (Microscopic Examination)

بينا سابقاً ، ان الفحص المايكروسكوبي (Macro-examination) ، يعطينا معلومات مهمة عن بنية المعدن . ولكنه لغرض الحصول على معلومات أدق واكثر تفصيلاً ، فان الفحص المايكروسكوبي ، يجب ان يصاحبه فحص اخر وهو الفحص المايكروسكوبي (Microscopic Examination) والذي يعتمد على استخدام قوة تكبير عالية نسبياً وذلك بأستعمال المجهر الضوئي (Optical Microscope) ، هذا بعد اجراء عمليات تحضيرية معينة على سطح المعدن ، تختلف في طبيعتها عن تلك العمليات التحضيرية التي تسبق الفحص المايكروسكوبي . ويعتمد الفحص المايكروسكوبي على انعكاس الضوء من سطح المعدن المصقول (Polished surface) ، لهذا فان عملية الحصول على مثل هذا السطح هي اساسية لغرض هذا الفحص .

## تحضير النماذج (Preparation of Specimens)

ان الخطوة الاولى في عملية تحضير نموذج لغرض الفحص المايكروسكوبي ، هي اخذ قطعة صغيرة ذات حجم مناسب تمثل المعدن المراد فحصه وذلك كي يمكن مسك النموذج بسهولة لتسهيل اجراء العمليات الاخرى التي تعقب ذلك ، مثل التجليخ (Grinding) والصقل (Polishing) وتكون ، اعتيادياً ، ذات قطر أو ذات طول ضلع سريع 12-25 ملم ، ان كان ذلك ممكناً . واحياناً يصعب الحصول على نموذج ذي حجم مناسب ، ولكنه يمكن التغلب على ذلك بواسطة تثبيت النموذج في قالب وتسمى هذه العملية "التثبيت" (Mounting) ويكون هذا القالب عادة من البلاستيك او من بعض السبائك ذات درجة الأنصهار المواطئة (Fusible alloys) ، مثل سبيكة وود (Wood's alloys) .

### I. التجليخ (Grinding)

ان السطح المراد فحصه لايكون ، عادة مستوياً تماماً حيث يحتوي على اثار آلة القطع او اثار خشنه اخرى . ولكن يمكن ازالة هذه الاثار وجعل السطح مستوياً وذلك بتجليخ هذا السطح بواسطة مبرد (File) خشن او بواسطة ماكنة تجليخ دواره إن توفر ذلك . عند اجراء هذه العملية يجب الأنتباه إلى عدم إرتفاع درجة حرارة القطعة . وعند التأكد من زوال كافة آثار آلة القطع تغسل بالماء جيداً ثم تجفف . وتدعى هذه العملية بعملية "التجليخ الخشن" (Rough grinding) . بعد ذلك تجرى عملية تجليخ اخرى هي "التجليخ الناعم" (Fine grinding) وذلك باستعمال عدة أنواع من ورق الصنفره (Emery papers) ذات درجات متعاقبة في النعومة مثل الانواع التي تحمل الدرجات 2 ، 1 ، 0 ، 00 ، 000 المتعاقبة في النعومة .

تتم عملية التجليخ الناعم ، بوضع ورقة الصنفره على سطح مستوى (لوح زجاجي) ثم يحرك سطح النموذج المراد فحصه فوق ورقة الصنفره باتجاه واحد وبتسليط ضغط مناسب حتى تزال الاثار والخدوش السابقة ، حيث تتكون خدوش جديدة ذات أتجاه واحد . يغسل السطح بعد ذلك بالماء لازالة متبقيات ورق الصنفره والمادة المعدنية المزالة من القطعة ثم يجفف قبل الانتقال الى المرحلة الاخرى ، وهي استعمال ورق الصنفره الأعلى نعومه حيث تعاد نفس العملية السابقة ولكن بأتجاه تحريك عمودي على إتجاه التحريك السابق ، حتى زوال كافة الخدوش التي تركتها المرحلة السابقة حيث يحل بدلاً عنها خدوش جديدة أقل خشونه . تستمر عملية التجليخ الناعم بهذه الطريقة حتى المرحلة الأخيرة حيث يكون السطح

محتوياً على خدوش ناعمة هي آثار ورق الصنفره ذو الدرجة 000 . يغسل بعدها ويجفف جيداً حيث يكون عندئذ جاهزاً لعملية الصقل .

إن المعادن اللينه مثل الألمنيوم والمغنيسيوم ، يجب معاملتها بطريقة خاصة أثناء عملية التجليخ وذلك بأستعمال مادة تزييت (Lubricant) معينة ذلك لمنع دقائق ورق الصنفره من أن تنغرس في السطح . ومادة التزييت المثالية لهذا الغرض هي "البرافين" أو محلول الشمع الأبيض في البنزين . وينصح في الحالة هذه أيضاً بأستعمال ورق صنفره ناعم ومتهريء جداً وبتسليط ضغط قليل عند تحريك النموذج . وتتوفر في الأسواق أوراق صنفره مناسبة ، رطبة ، على شكل شرائط وبدرجات خشونة مختلفة حيث تثبت على ألواح زجاجية ، وتجهز هذه الشرائط بماء جاري ذلك لغسل الدقائق المزالة الخشنة . ولغرض تجليخ عدد كبير من النماذج في وقت واحد فأن ورقة الصنفره يمكن تثبيتها في الحالة هذه على قرص دوار .

## الصقل (Polishing)

ان الخدوش الناعمة ، التي تركتها مرحلة التجليخ الاخيرة (درجة 000 ) ، يمكن ازالتها تماماً والحصول على سطح مشابه لسطح المراة وذلك باجراء مايسمى بعملية "الصقل" . تتم هذه العملية باستعمال قطعة قماش معينة من القديفة (Selvyt) مثلاً مع مسحوق خاص معين . تنشر قطعة القماش على لوح زجاج ، او توضع فوق قرص ماكنه الصقل الدواره ، ويوضع عليها قليل من المسحوق الخاص ويحرك النموذج المراد صقله بعد ذلك فوق هذه القطعة المغطاة بالمسحوق . وهنالك انواع عديدة من المساحيق المستعملة لهذه الغاية ، ويعتمد اختيارها على نوع المعدن المراد صقله ، منها مثلاً مسحوق اوكسيد الحديد المميأ (Jeweller's rouge) والالومينا والمغنيسيا واوكسيد الكروم . ويستعمل احياناً نوع اخر من هذه المواد او المساحيق وهو غبار الماس (Diamond dust) على شكل معجون خاص مع مواد تزييت (Lubricant) معينة . ولغرض صقل سطوح معدن النحاس والنحاس الاصفر والسبائك اللينه فان انواعاً اخرى من مواد الصقل قد تستخدم في هذه الحالة مثل البراسو (Brasso) والسيلفو (Silvo) . بعد الانتهاء من عملية صقل سطح المعدن ، يغسل السطح بالماء ثم بالكحول المثيلي او الكحول الصناعي ويجفف بواسطة مجفف الشعر (Hair-drier) او اي مجفف اخر .

## الفحص المايكروسكوبي للسطح المصقول

ان السطح المصقول الذي يتميز بمشابهته لسطح المراة ، وخلوه من الخدوش يمكن فحصه بالمجهر الضوئي للتعرف على مايلي :

1- التشققات (Cracks)
2- الفقاعات الغازية (Blow holes)
3- الاطوار الصلدة التي يمكن تمييزها بهذه الطريقة عن بقية الاطوار مثل السمنتايت في الحديد الزهر الابيض .
4- الشوائب اللامعدنية مثل الخبث في الحديد المطاوع (Wrought Iron) والكرافيت في الحديد الزهر وسلفيدات المنغنيز في الصلب .

ان الفحص المايكروسكوبي لسطح المعدن المصقول ، لايودي الى التعرف على كافة اجزاء البنية المايكروسكوبية لهذا السطح لان الاشعة الضوئية العمودية التي تسقط على السطح المصقول ، من المجهر ، تنعكس الى العين بنفس الاتجاه . ولغرض تبيان هذه الاجزاء المختلفة للبنية المايكروسكوبية ، تجرى عملية اخرى وهي الاظهار (Etching)

## III. الاظهار (Etching)

ان ظهور البنية المايكروسكوبية بكافة اجزاءها ، بعد عملية الاظهار ، هو بسبب تآكل الاجزاء المختلفة لسطح المعدن بمعدلات مختلفة عند معاملته بمادة كيميائية معينة حيث ان ذلك يؤدي الى القدرة على التمييز بين الاصناف المختلفة ، لان كل منها يكون قد تفاعل مع المادة الكيميائية اي تآكل ، بمقدار مختلف عن الاخر . وتتضمن عملية الاظهار ، غمر او مسح سطح المعدن بمحلول معين هو محلول الاظهار (Etchant) لفترة زمنية مناسبة ، يرفع بعدها بواسطة ملقط مصنوع من النيكل او الصلب المقاوم للصدا ، ثم يغسل بالماء والكحول ويجفف حيث يكون عندئذ جاهزاً للفحص المايكروسكوبي .

ان بعض السبائك المقاومة للصدأ ، يصعب اظهارها بالطرق التقليدية هذه ، لذا تستخدم طريقة اخرى وهي طريقة "الاظهار الألكتروليتي" (Electrolytic etching) حيث تتضمن امرار تيار في الكتروليت يحتوي على المعدن المراد اظهار سطحه والذي يكون انود ، اما الكاثود فيكون معدناً خامل مثل البلاتين او الكرافيت .

## محاليل الاظهار المستخدمة في الفحوصات المايكروسكوبية

كما هو الحال في محاليل الاظهار المستخدمة في الفحوصات المايكروسكوبية ، فان هنالك انواعاً عديدة من هذه المحاليل يعتمد اختيارها على نوع المعدن وطبيعة ونوع البنية المايكروسكوبية المراد اظهارها . وسنذكر بعضاً من هذه المحاليل والتي تستعمل لبعض المعادن والسبائك التجارية المهمة .

### الصلب الكربوني والحديد الزهر

**1- النيتال (Nital)**

وهو 2-5% حامض النيتريك مذاب في كحول مثيلي أو اثيلي ويتراوح زمن الاظهار عادة عند استعمال هذا المحلول من ثواني قليلة الى دقيقة واحدة . ويستعمل للكشف عن حدود حبيبات الفرايت ولكنه لايؤدي الى اظهار البيرلايت بصورة واضحة حيث انه يؤدي الى الافراط في اظهاره (Over-etching) .

**2- البيكرال (Picral)**

يتكون من 4% حامض البيكريك مذاب في كحول اثيلي . يستعمل لاظهار البيرلايت بصورة طبيعية وواضحة مثل البيرلايت الرقائقي (Lamellar Pearlite) والبيرلايت المتكور (spheroidised pearlite) ولكنه في نفس الوقت لايؤدي الى اظهار حدود حبيبات الفرايت بصورة واضحة كما هو الحال عند استعمال النيتال .

### الصلب السبائكي

**1- الحوامض المذابة في الغليسرول (Mixed acids in Glycerol )**

يتكون هذا المحلول من :

10 مل حامض النيتريك
20 مل حامض الهيدروكلوريك
20 مل غليسرول
10 مل بيروكسيد الهيدروجين

ويستعمل في اظهار سبائك صلب النيكل والكروم والصلب الاوستنايتي المقاوم للصدأ صلب العدد سريع القطع ويجب تدفئة قطعة المعدن بغمرها في ماء ساخن قبل معاملتها مع هذا المحلول .

**2-10% محلول حامض الاوكساليك (اظهار كهروكيميائي)**

يستعمل هذا المحلول كالكتروليت في طريقة الاظهار الكهروكيميائية ، حيث يكون النموذج المراد اظهاره انود اما الكاثود فيكون من معدن اخر هو اما من البلاتين او الصلب المقاوم للصدا او الكرافيت ومقدار الفولتية التي تستخدم في هذه الحالة 6 فولت لمدة 10-40 ثانية وتستخدم هذه الطريقة للكشف عن حدود الحبيبات في الصلب المقاوم للصدا 8:18 .

**النحاس وسبائكه**

**1- 10% محلول برسلفات الامونيا (Ammonium Persulfate Solution)**

يستعمل هذا المحلول في الحالة الطرية فقط ، ويستعمل لاظهار النحاس الاصفر والبرونز .

**2- محلول كلوريد الحديد الحامضي (Acidic Ferric Chloride Solution)**

وهو مكون من 10 غم كلوريد الحديد + 30 مل من حامض الهيدروكلوريك + 200 مل ماء ويستخدم للنحاس الاصفر المتكون من الطورين $\alpha$ و $\beta$ والبرونز وبرونز الالمنيوم وسبائك الكوبرونيكل ويؤدي محلول الاظهار هذا الى كسب الطور $\beta$ لوناً داكناً حيث يمكن تميزه بذلك عن الطور $\alpha$ .

**الالمنوم وسبائكه**

**1.1. 1% محلول هيدروكسيد الصوديوم (Sodium Hydroxide Solution)**

وتتم العملية بواسطة مسح سطح النموذج بالمحلول لمدة 10 ثواني .

**2.5.0% محلول حامض الهيدروفلوريك (Hydroflouric Acid Solution)**

وتتم العملية بواسطة مسح سطح النموذج بواسطة قطعة من القطن الماص .

**3. محلول كيلر (Keller's Etch)**

ويتكون من :

1 مل حامض الهيدروفلوريك
1.5 مل حامض الهيدروكلوريك
2.5 مل حامض النيتريك
95 مل ماء

ويكون ملائماً لاظهار سبائك الديورالومين ، حيث يغمر بغمر النموذج ، عادة ، في هذا المحلول لمدة 10-20 ثانية ، يغسل بعدها بالماء الدافيء .

### النيكل والمونيل

50 مل حامض النيثريك + 50 مل حامض الخليك الجليدي (Glacial Acetic Acid) ويستعمل في الحالة الطرية فقط .

### القصدير وسبائكه

1. جزء واحد من حامض النيتريك
   جزء واحد من حامض الخليك
   8 اجزاء من الغليسرول
   ويستعمل في درجة حرارة 40 °م ويكون ملائماً لسبائك القصدير ـ الرصاص .

2. جزء واحد من حامض النيتريك
   3 اجزاء من حامض الخلنك
   5 اجزاء من الغليسرول
   ويستعمل في درجة حرارة 40 °م ويكون ملائماً للقصدير النقي

3. محلول كلوريد الحديد الحامض (Acidic Ferric Chloride Solution)
   10 غم كلوريد الحديد
   2 مل حامض الهيدروكلوريك
   95 مل ماء

ويستعمل لاظهار سبائك المحامل (Bearing metals) التي اساسها القصدير وذلك بغمر النموذج في المحلول لمدة 5 دقائق عند درجة حرارة الغرفة

### الرصاص وسبائكه

1. 3 اجزاء من حامض الخليك الجليدي (Glacial Acetic Acid)
   4 اجزاء من حامض النيتريك
   16 جزئاً من الماء
   ويستعمل في درجة حرارة 40 °م . اما زمن الاظهار فانه يعتمد على عمق التشويه في سطح المعدن الذي تم تحضيره ويتراوح ذلك الزمن ، عادة ، بين 4-30 دقيقة .
2. 3 اجزاء من حامض الخليك الجليدي
   جزء واحد من 30% محلول بيروكسيد الهيدروجين