Ministry of Higher Education
And Scientific Research
University of Anbar
College of Engineering
Department of Chemical and
Petrochemical Engineering

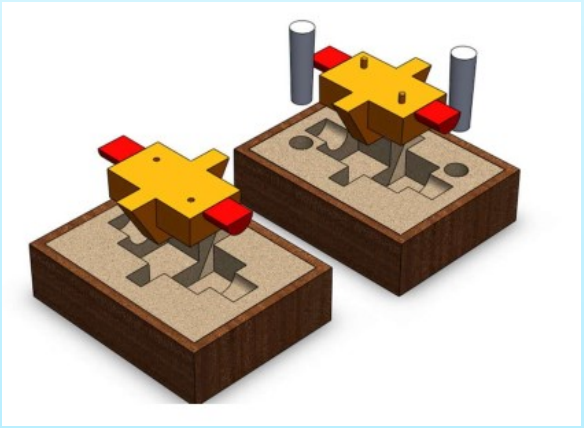
# *Engineering Workshops*
# *Chapter Four - Plumbing Workshop*

**Presented by:**
**Asst. Lect. Ibrahim Khudhur**

# سباكة المعادن Metal Casting

**سباكة المعادن** : هى احدى عمليات تشكيل المعادن وفيها يتم صب المعدن المنصهر وهو فى الحالة السائلة فى فراغ آخذا شكل المسبوك المطلوب انتاجه بعد تجمده

-المسبك: هوالمكان المخصص لانتاج المسبوكات.



**ويراعى فى المعادن التى تشكل بالسباكة أن تكون**

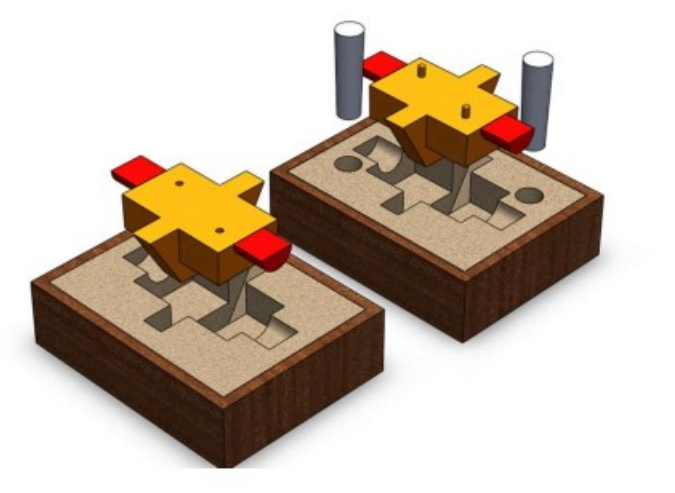
1- ذات درجة انصهار منخفضة .
2 - ذات شد سطحى ضئيل .
3- تحتفظ بخواصها الفيزيائية والميكانيكية بعد تجمدها -

**-أهمية عملية السباكة**

1- إنتاج الاشكال المعقدة والتى يصعب انتاجها بالطرق الاخرى.
2- إنتاج المشغولات التى بها تجاويف داخلية او خارجية كالمنتجات مزدوجة الجدران
3- انتاج المشغولات ذات الزعانف الكبيرة والتى لا يمكن انتاجها بالطرق الاخرى أو يكون انتاجها بالطرق الاخرى غير مجدى اقتصاديا .

# السباكة

- **تعتبر عمليات السباكة من أهم العمليات التكنولوجية التي تستخدم في الصناعة ويمكن بواسطة عمليات السباكة الحصول على مسبوكات نصف مصنعة أو مصنعة وذلك حسب طريقة السباكة المستخدمة، وتؤدي عملية السباكة إلى الحصول على منتج بسعر تكلفة أقل بـ 30 - 50 ٪ عن نفس المنتج لو أنتج بطرق أخري غير سباكة المعادن.**



# تصنيف عمليات سباكة المعادن

**1- سباكة القوالب الرملية:**

قوالب الرمل الاخضر

قوالب الرمل الجاف

قوالب الرمل الاسمنتى

قوالب مصنوعة من دلاليك

قوالب مجهزة فى ارضية المسبك

تشكيل القوالب بواسطة ماكينات الدك

**2- سباكة القوالب المعدنية الدائمة:**

* السباكة فى قالب معدنى تحت تاثير الجاذبية الارضية
* السباكة بالطرد المركزى

**3- السباكة بالطرق الخاصة:**

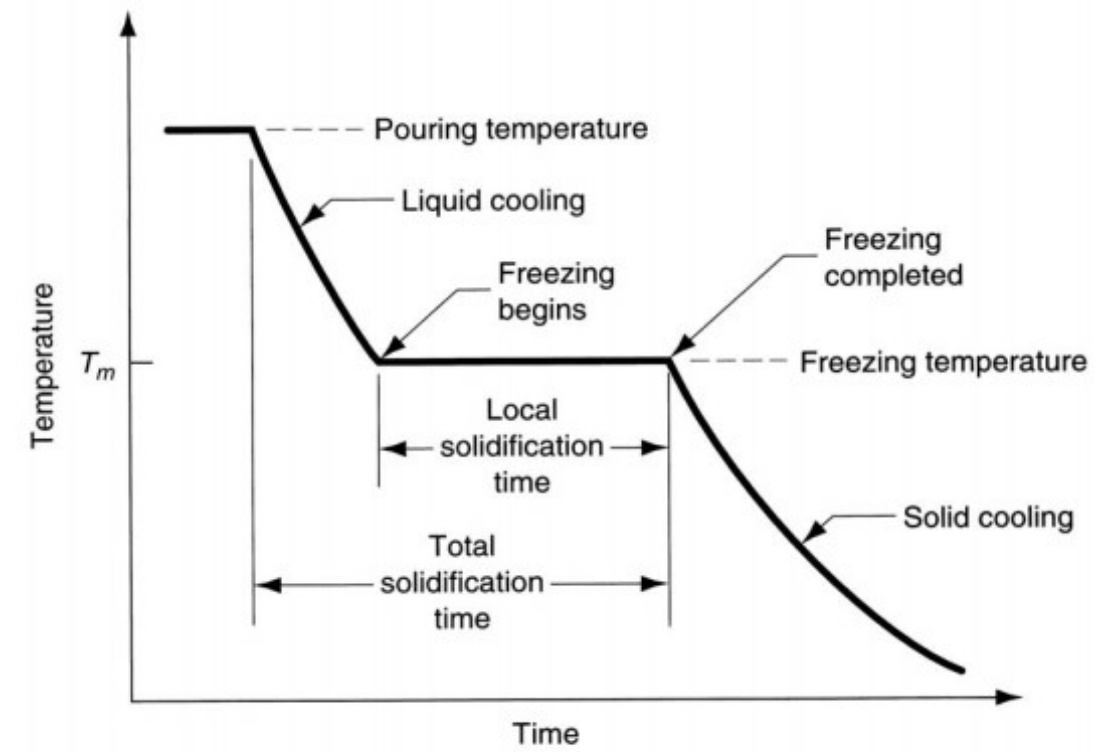
-السباكة في قوالب قشرية

-السباكة الدقيقة بالشمع المفقود

-السباكة بالصب المستمر

# منحنيات التبريد والتجمد

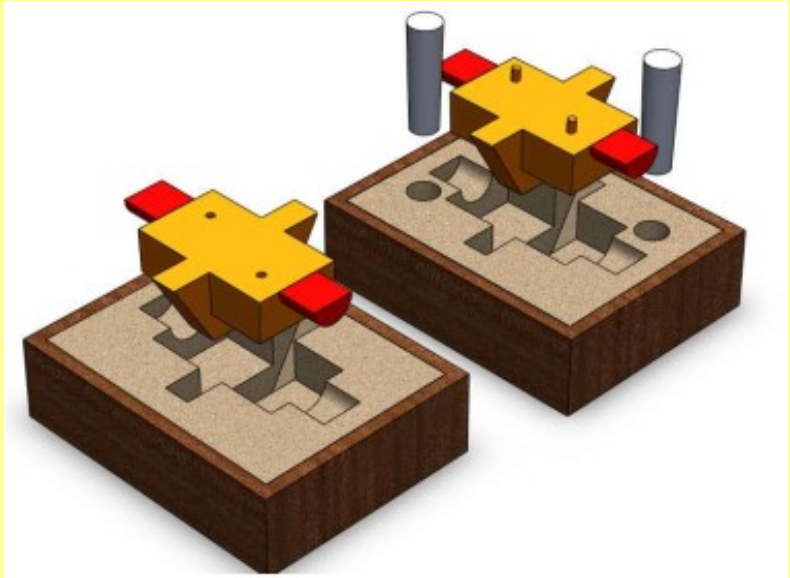
- درجة حرارة المنصهر Pouring temperature هي درجة الحرارة عند بداية صب المعدن المنصهر.
- التبريد السائل Liquid cooling هي مرحلة انخفاض درجة حرارة المعدن وهو لا يزال في الحالة السائلة
- بداية التجمد Freezing beginsهي درجة الحرارة التي تبدأ عندها عملية التجمد
- نهاية التجمد Freezing completed هي درجة الحرارة التي تنتهي عندها عملية التجمد درجة حرارة التجمد Freezing Temperature




شكل ١- ٢ منحنى التبريد للمعادن النقية

# السباكة الرملية Sand Casting

- السباكة الرملية هي عبارة عن عملية صب المعدن في قوالب مصنوعة من الرمل حيث يتم الحصول الجويف في القالب الرملي عن طريق نموذج يمثل شكل السبيكة المطلوب صبها.
- وتستخدم هذه الطريقة في إنتاج معظم المسبوكات وهي أوسع طرق السباكة انتشارا وتستخدم هذه الطريقة إذا كان المطلوب إنتاج عدد معين ومتكرر من المسبوكات أو قطعة واحدة معقدة الشكل أو كبيرة الحجم. وتتم عملية السباكة على مراحل عدة كما يلي:



# المراحل الاساسية لعمليات سباكة المعادن

**1- اعداد وصنع النماذج والمدكات: Pattern and Cores Making**

تصنع عادة من الخشب أو المعدن أو البلاستيك وتدخل فى حساب ابعادها سماحات الانكماش والتشغيل والسماحات التكنولوجية التى تسمح بسحب النموذج بسهولة من فجوة القالب

**2- اعداد وتشكيل القالب والدليك: Mould and Core Preparation**

تستخدم أدوات ومعدات المسبك فى دك وكبس الرمل وختم النموذج واعداد فتحات الصب Gating system وفتحات خروج المعدن الزائد ةالتغذية Risers

**3- صهرالمعدن ومعالجة المصهور: Melt and Melting treatment**

يتم الصهرواضافة العناصر السبائكية وضبط المكونات واضافة بعض المواد المختزلة والما صة للغازات

**4-الصب والتجمد: Pouring and Solidification**

يتم صب المعدن المنصهر داخل الفراغ الموجود فى القالب حتى يملأ كل تفاصيل الفراغ ويبدأ التجمد ويتحول الى الحالة الصلبة

**5- اخراج المسبوك وتنظيفه: Fettling and Cleaning**

يتم اخراج المسبوك من القالب وتنظيفه وازالة المصبات والمغذيات والزوائد الاخرى وتهذيب الاطراف

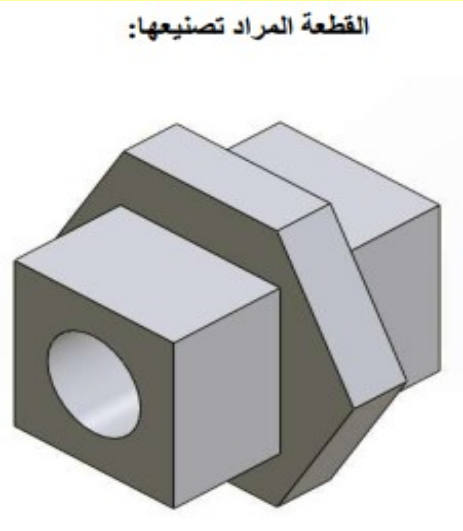
**6- اختبار جودة المسبوك: Casting Inspection**

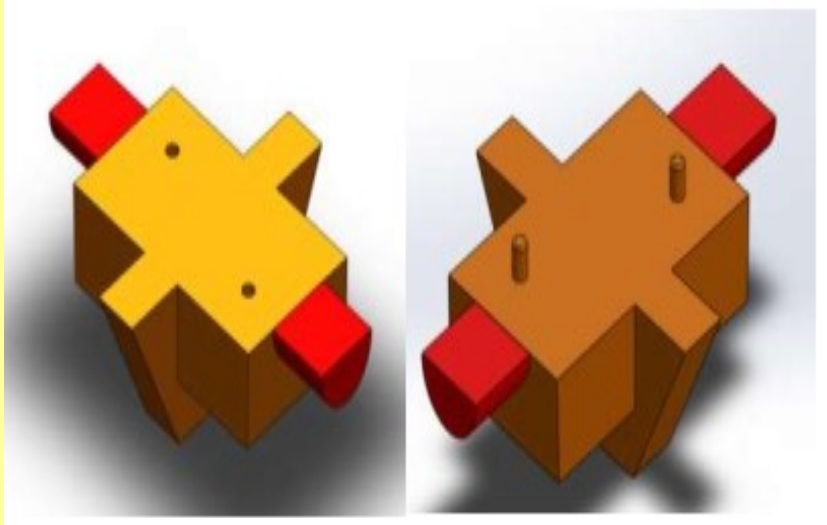
يتم اجراء الاختبارات المختلفة للتاكد من خلو المسبوك من العيوب

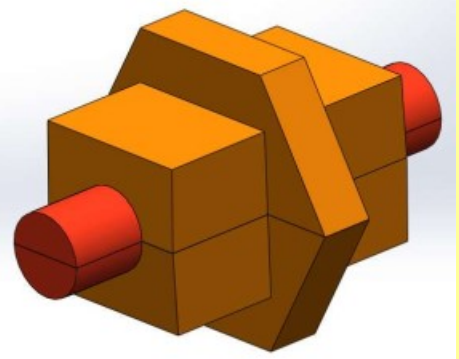
# المراحل الاساسية لعمليات سباكة المعادن

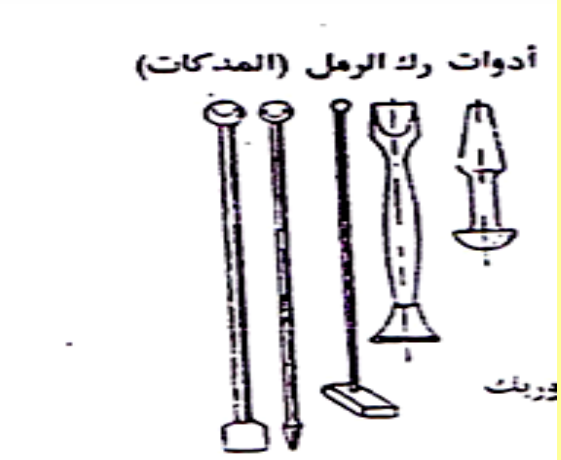
## 1- اعداد وصنع النماذج والمدكات: Pattern and Cores Making

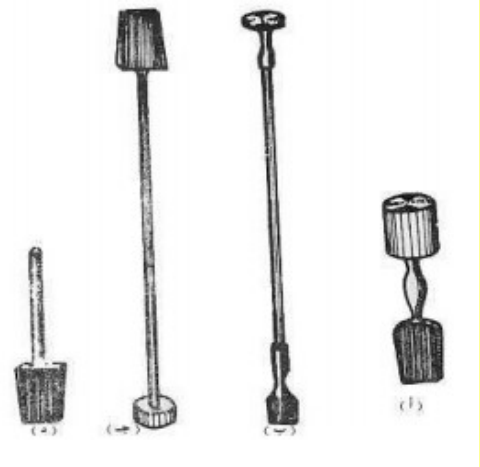
تصنع عادة من الخشب أو المعدن أو البلاستيك وتدخل فى حساب ابعادها سماحات الانكماش والتشغيل والسماحات التكنولوجية التى تسمح بسحب النموذج بسهولة من فجوة القالب.





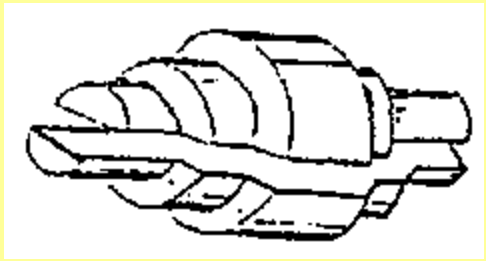


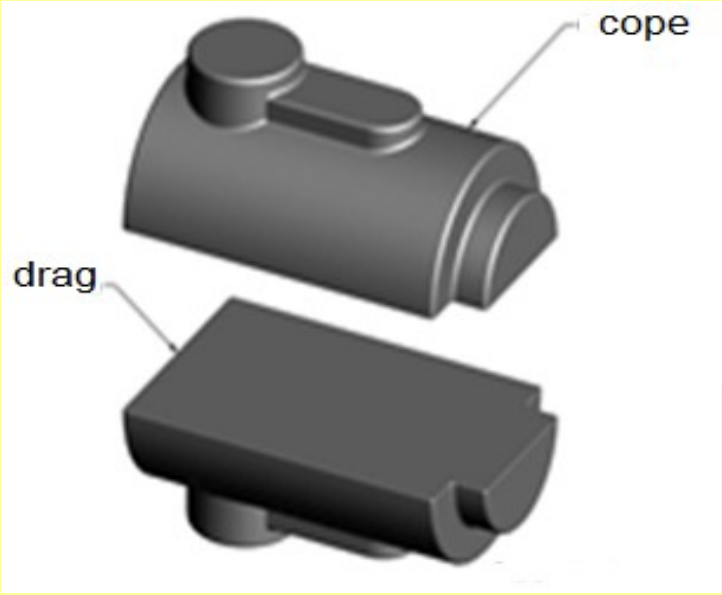



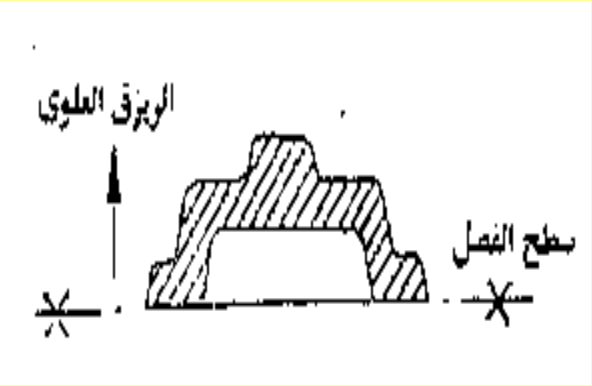
## 3- انواع النماذج من حيث عدد الاجزاء

أ- نموذج من قطعة واحدة

ب- نموذج من قطعتين






نموذج قطعة واحدة

نماذج مجزأة من قطعتين

# النماذج: Patterns

1- وظائف النموذج:-

أ- تشكيل فراغ القالب

ب- تشكيل الممرات المطلوبة لانسياب المعدن المنصهر داخل القالب

ج- تخليق السطح الفاصل

د- يسمح بتشكيل فراغ فى القالب لركائز الدلاليك بالعمق والحجم الكافى

2- أنواع خامات النماذج:-

أ-نماذج خشبية: Wooden Pattern

ب- نماذج معدنية: Metallic Pattern

ج- نماذج شمعية: Wax Pattern

د- نماذج من مواد قابلة للاشتعال مثل الفوم: Flammable Patterns

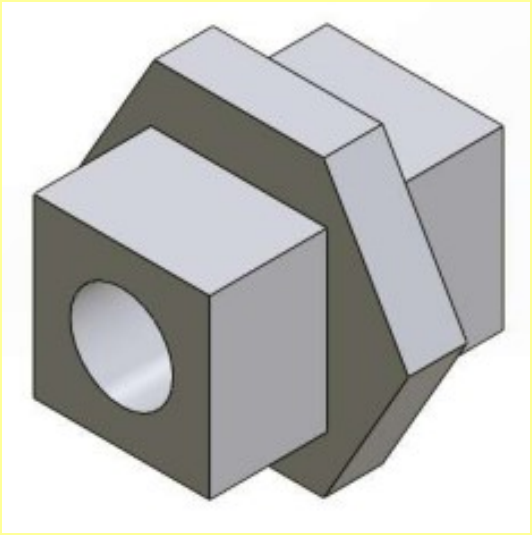
# سماحات النماذج: Pattern Allowances

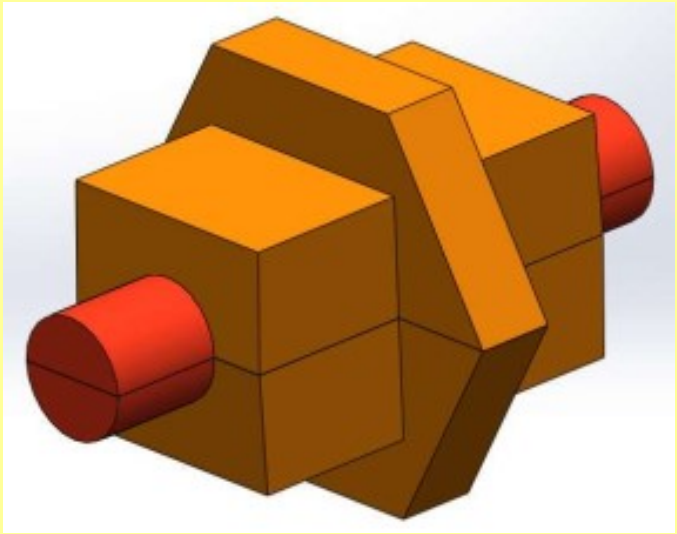
**1- تسامح الانكماش Contraction allowances:-**

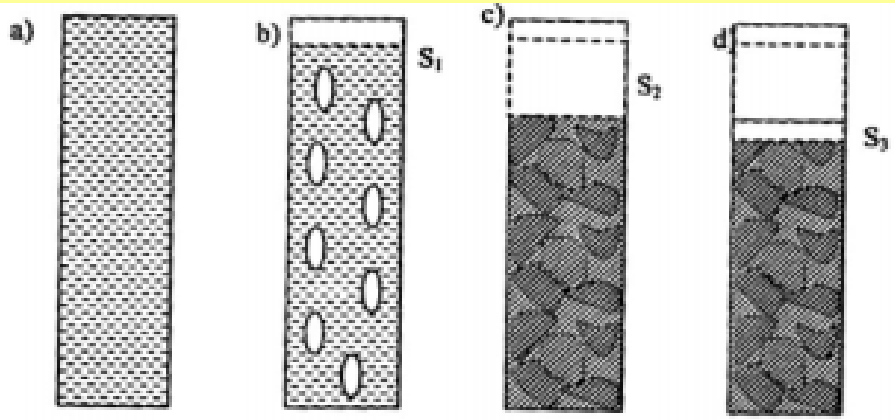
وهى الزيادة التى تضاف الى ابعاد النموذج لتعويض قيمة الانكماش التى تحدث عند تحول المعدن من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة.

**2- تسامح التشغيل Machining allowances :-**

نظرا لخشونة سطح المسبوك الناتج من قالب الصب فانه يلزم احيانا تسوية بعض اسطح المسبوك باستخدام ماكينات التشغيل لذلك تزاد ابعاد النماذج بمقدار سمك طبقة المعدن المراد ازالتها بعمليات التشغيل








شكل ١- ٧ رسم تخطيطي يوضح مراحل التقلص (الانكماش) في معدن المصبوب من لحظة الصب (a ) ثم الانكماش بـ $S_3$ ، $S_2$ ، $S_1$

(a) المعدن في الحالة السائلة

(b) الانكماش في الحالة السائلة نتيجة انخفاض درجة الحرارة

(c) الانكماش في مرحلة التجمد (التحول)

(d) الانكماش في الحالة الصلبة بعد نهاية التجمد.

ويمكن حساب مقدار الانكماش الطولي كالتالي:

$$S\% = \frac{L_1 - L_2}{L_2}.100\%$$

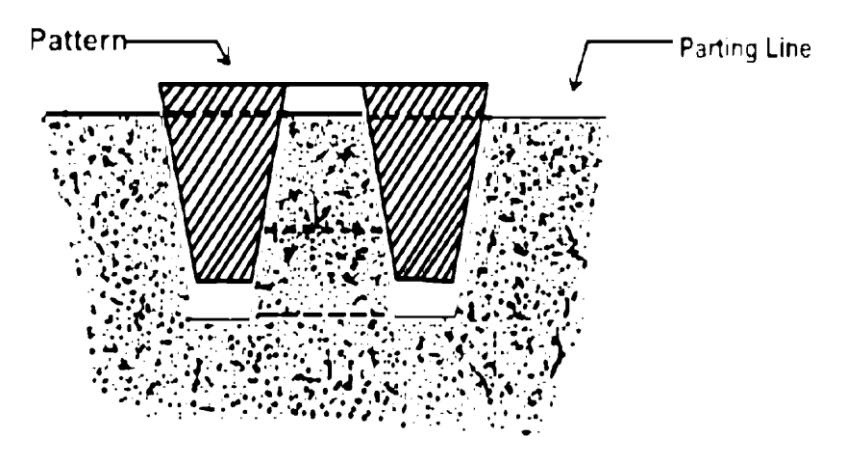
حيث:

$L_1$ = طول النموذج مم

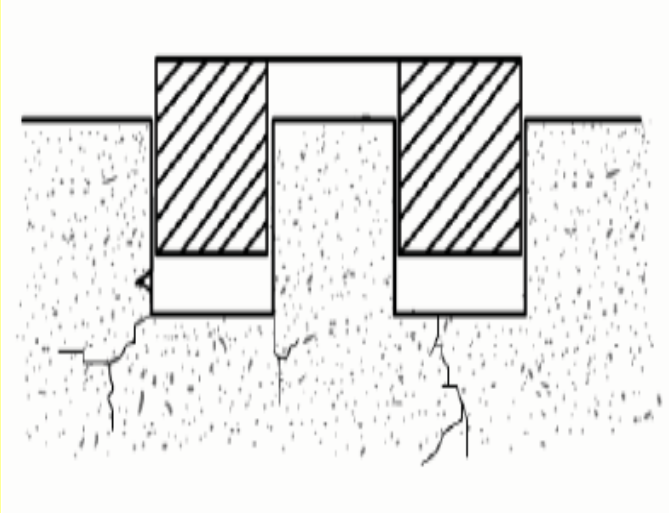
$L_2$ = طول المسبوك مم بعد حدوث التجمد

S% = سماح الانكماش (نسبة مئوية)

# سماح السلبية

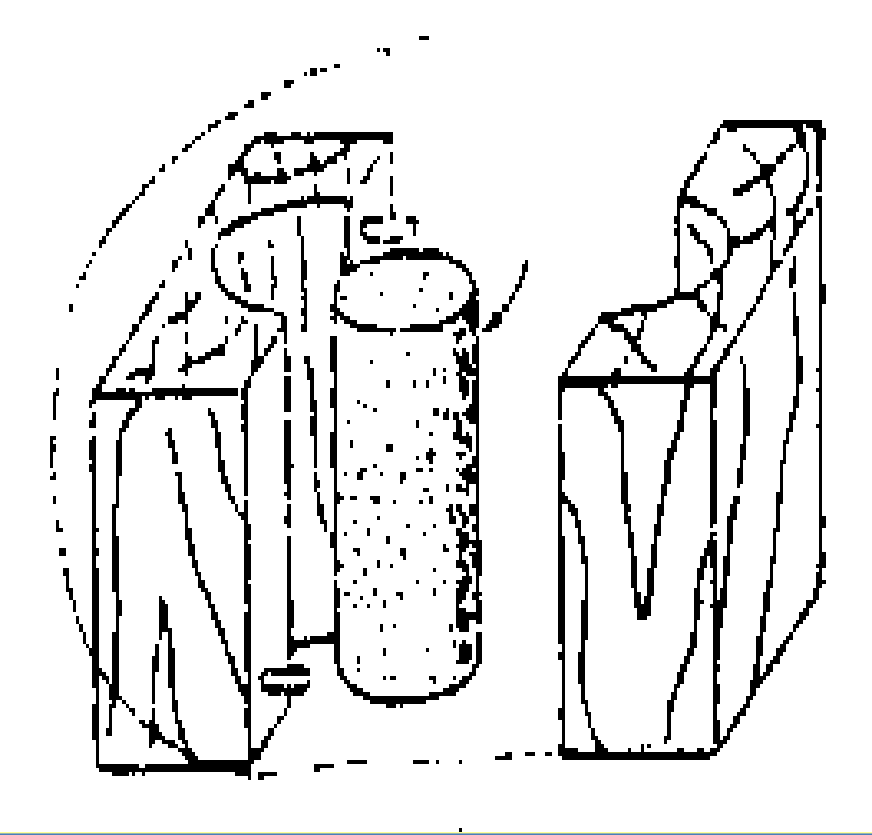



## نموذج بسماح سلبية
لايحدث تلف للقالب اثناء اخراج النموذج



## نموذج بدون سماح سلبية
يحدث تلف للقالب الرملى اثناء اخراج النموذج

# تشكيل الدلاليك: Core Making



يتم تشكيل الدليك باستخدام صندوق الدليك والذى يصنع فى نفس الوقت مع النموذج سواء من الخشب او المعدن بابعاد التجويف المطلوب عمله مع اضافة السماحات المختلفه والسابق ذكرها . ثم يرفع الدليك من صندوق الدليك وبعد ذلك يتم تحميص الدليك فى محمصة الدلاليك عند درجة حرارة 250 ° م

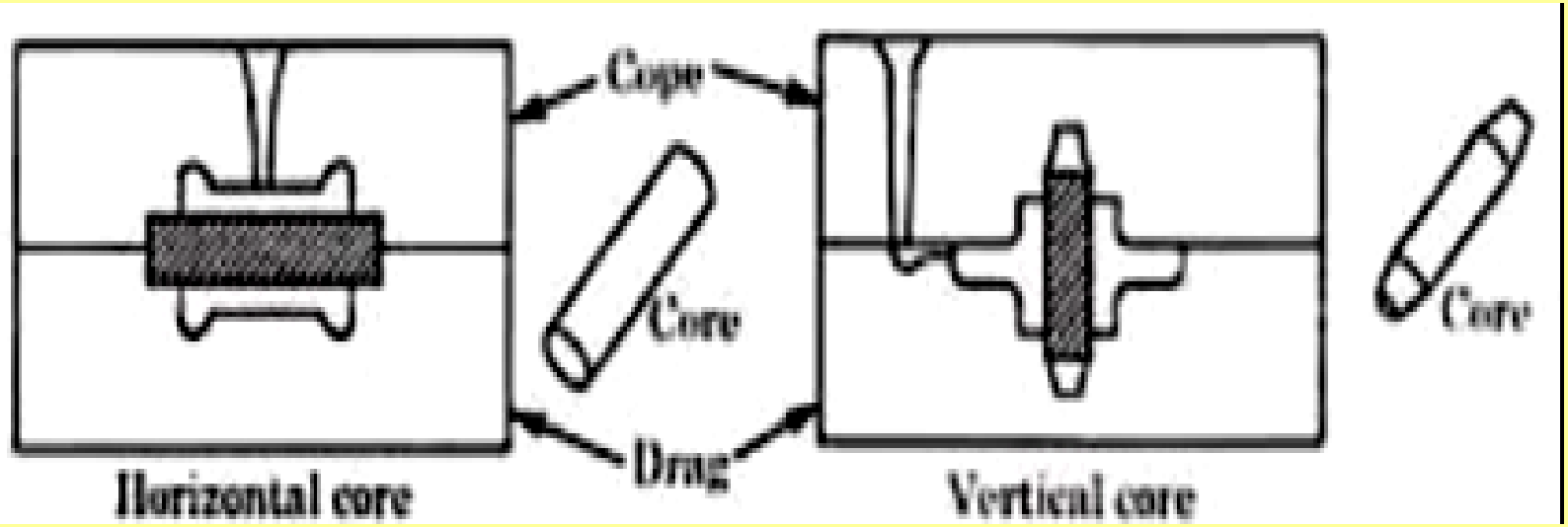
## - أنواع الدلاليك:-

أ- دلاليك افقية: Horizontal Cores

ب- دلاليك راسية: Vertical Cores

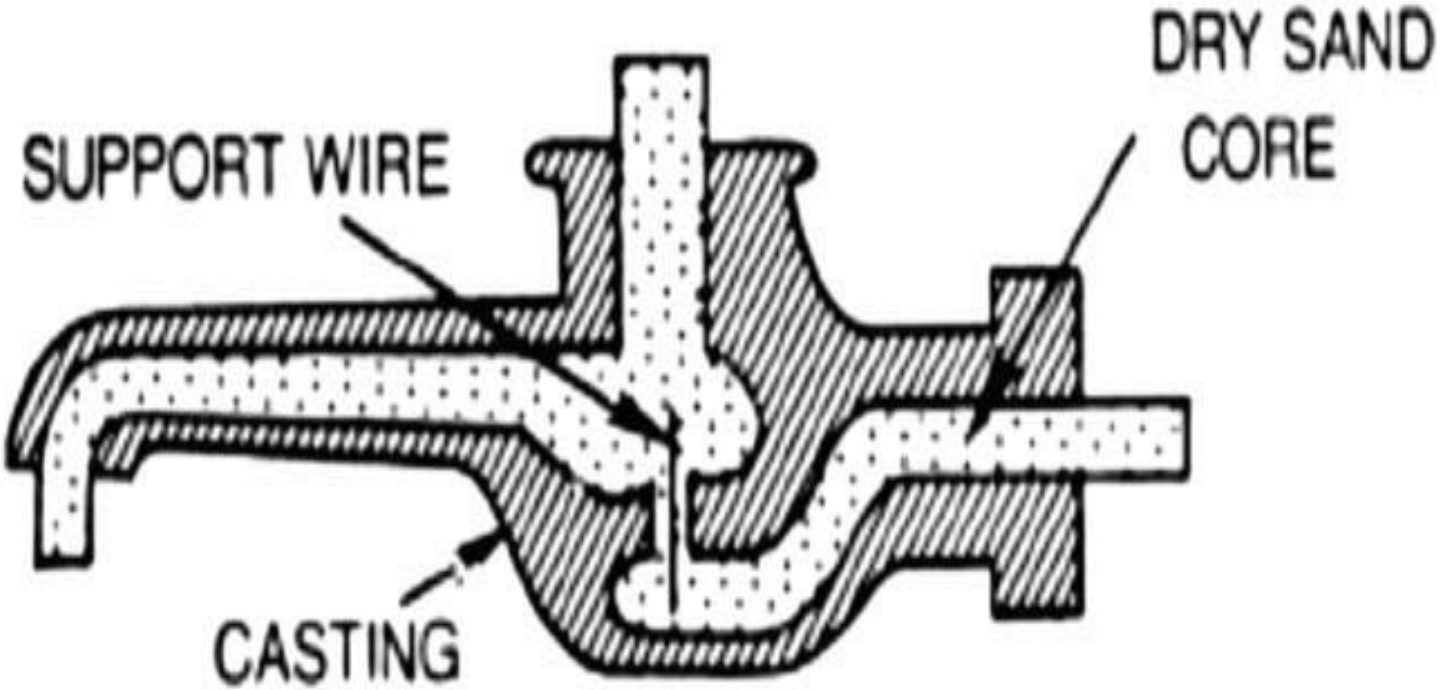
ج- دلاليك مركبة: Compound Cores

# أنواع الدلاليك



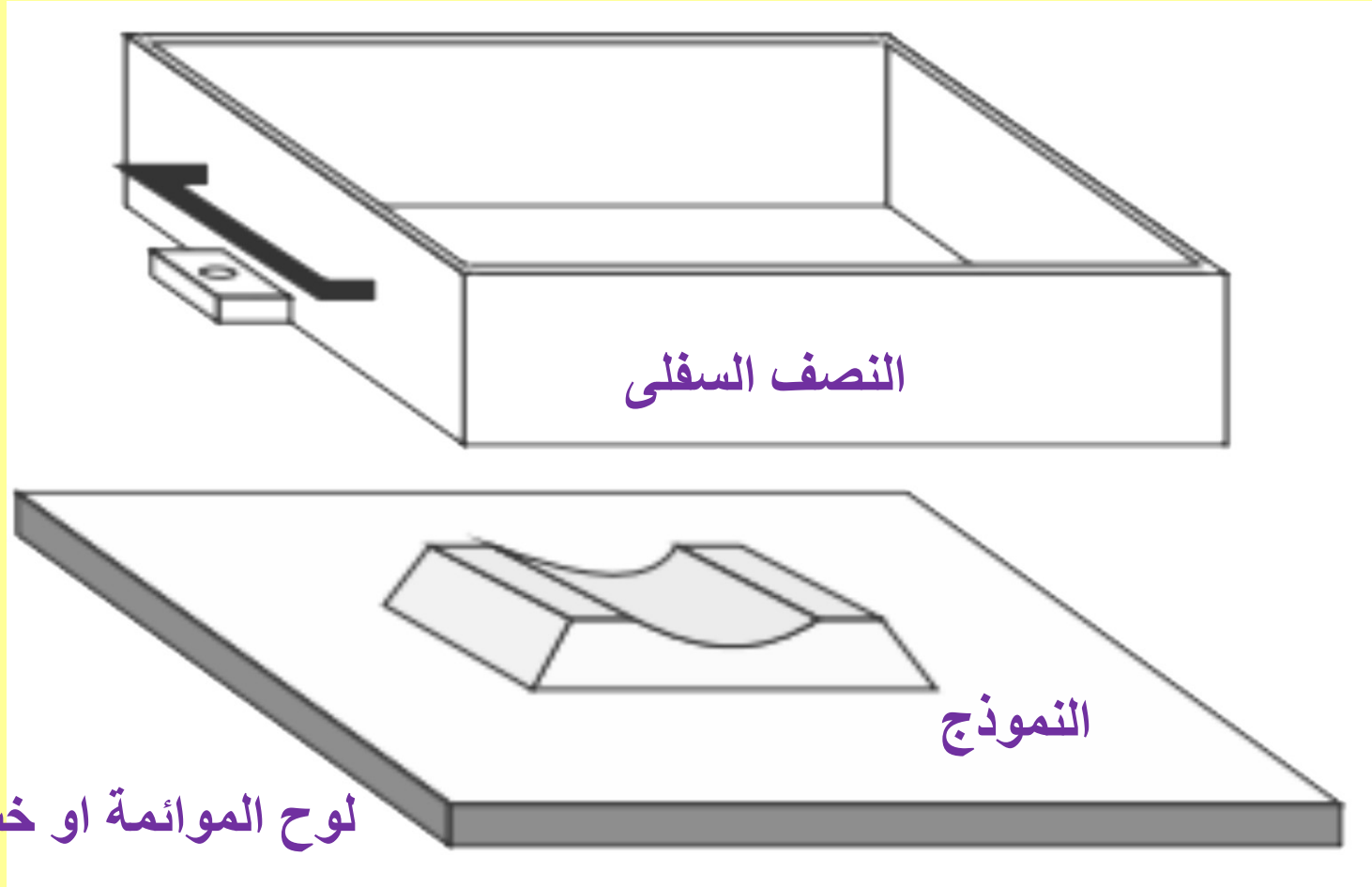

دلاليك افقية

دلاليك رأسية




دلاليك مركبة

# خطوات تجهيز قالب رملي




**الخطوه الاولى** ويتم فيها وضع لوح الموائمة
وعليها النموذج ثم النصف السفلى للريزق

# المراحل الاساسية لعمليات سباكة المعادن

**2- اعداد وتشكيل القالب: Mould and Core Preparation**

تستخدم أدوات ومعدات المسبك فى دك وكبس الرمل وختم النموذج واعداد فتحات الصب Gating system وفتحات خروج المعدن الزائد ةالتغذية Risers

## تشكيل القوالب الرملية

-القوالب هى الأدوات التى يتم عن طريقها تشكيل المسبوكات المطلوبة.
- يستخدم فى تشكيل القوالب انواع مختلفة من الرمال -

**انواع القوالب الرملية:**

قوالب الرمل الاخضر.
قوالب الرمل الجاف.
قوالب الرمل الاسمنتى.
قوالب مصنوعة من قلوب من دلاليك رملية.
قوالب مجهزة فى ارضية المسبك.
تشكيل القوالب بواسطة ماكينات الدك.

# أنواع رمال السباكة ( طبقا للمصدر):
# Types of Moulding Sand

**1- رمال طبيعية: Natural Sands**

تحتوى بالاضافة الى السيليكا على حوالى 5-20% طين و2-8% ماء علاوة على بعض المواد العضوية التى قد تحترق اثناء الصب وتولد عازات تؤثر على المسبوك

**2- رمال تخليقية: Synthetic Sands**

تستخدم حبيبات سليكا مصنعة و يحدد حجمها وطريقة توزيعها وتغسل جيدا ويعاد خلطها بالاحجام والاشكال والتوزيع المطلوب حتى تحقق خصائص محددة تضمن جودة اعلى للمسبوك

وتتكون من الاتى:-

1- حبيبات السليكا

2- من 3% الى 5% طين

3- من 3% الى 4% ماء

# اختبارات الرمال: Testing of casting Sand

1- تحديد شكل وحجم وتوزيع حبيبات الرمل
Grain size distribution and shape

2- اختبار تحديد متانة الرمل : Crushing test

3- اختبار تفاذية الرمل: Permeability test

4- اختبار تحديد نسبة الطين: Clay Content

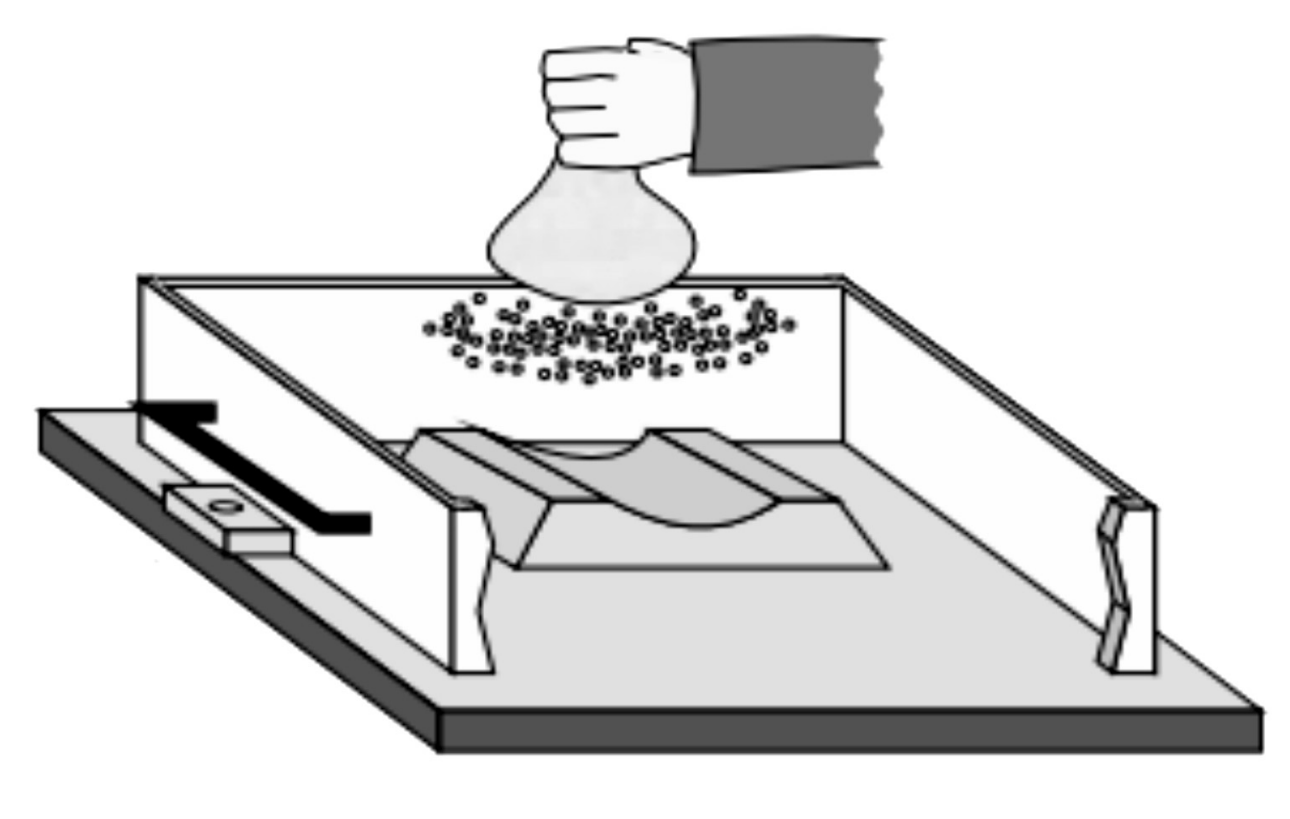
5- اختبارتحديد نسبة الرطوبة: Moisture Content

5- اختبارتحديد نقطة التكلس: Sintering point

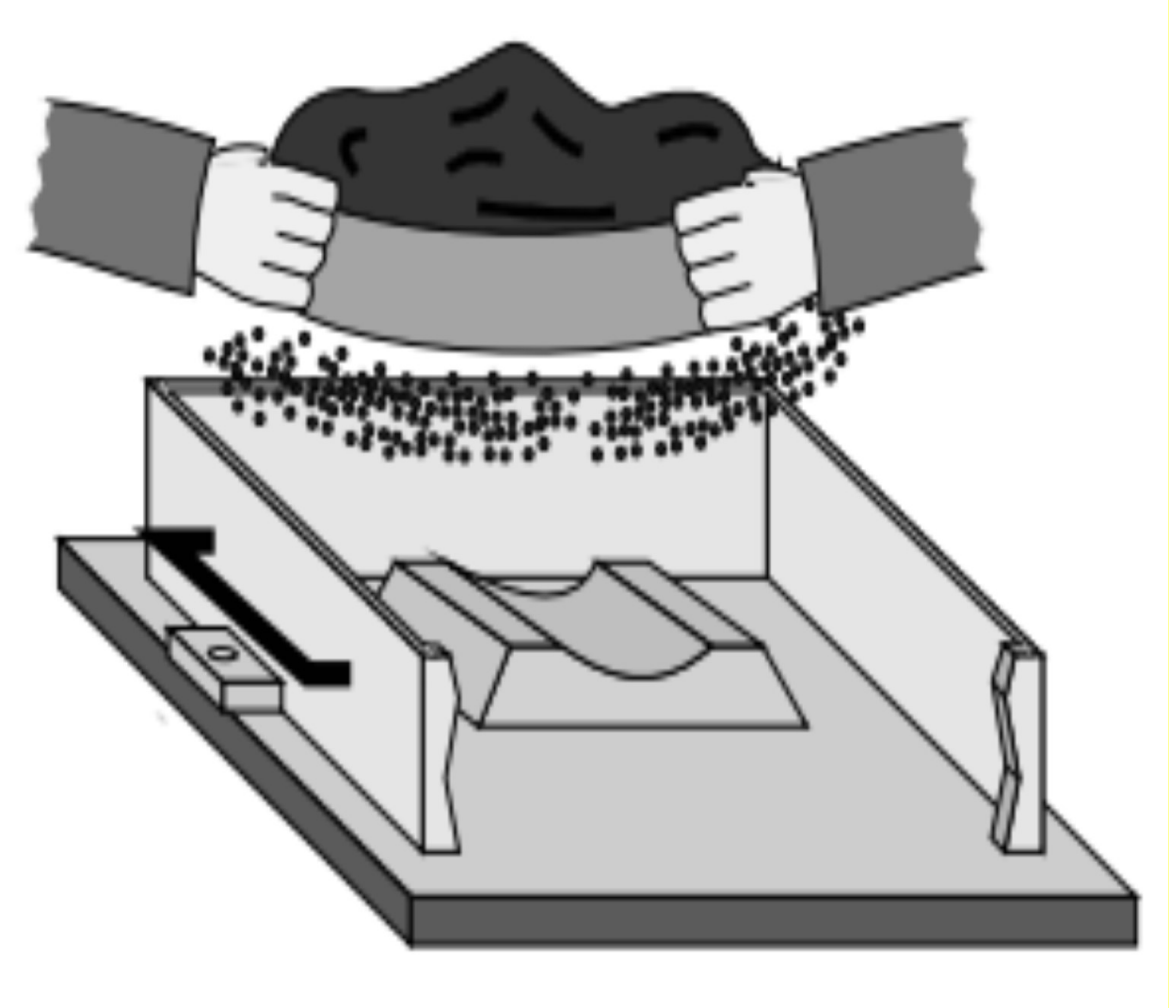
# المراحل الاساسية لعمليات سباكة المعادن

**2- اعداد وتشكيل القالب: Mould and Core Preparation**

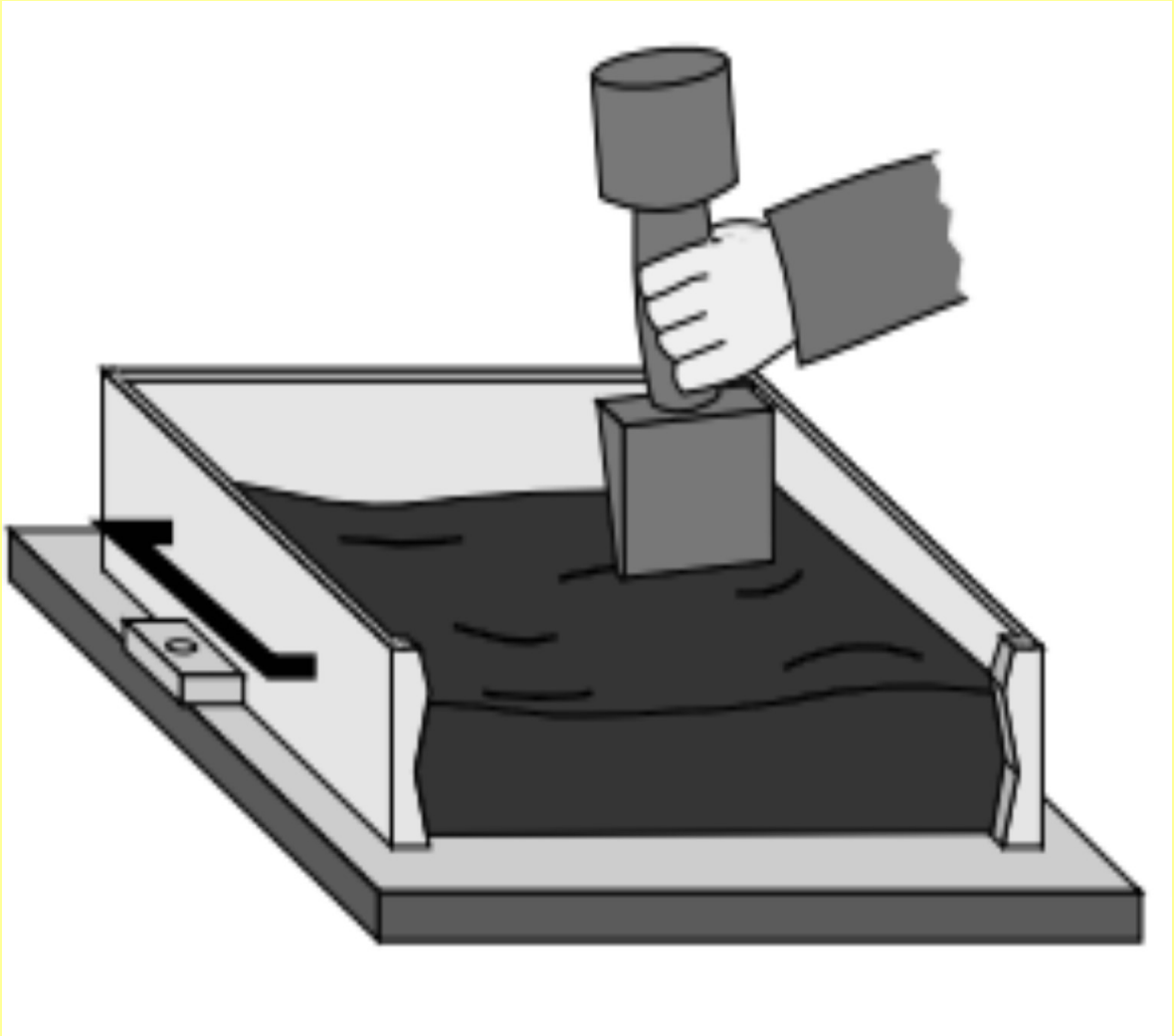
تستخدم أدوات ومعدات المسبك فى دك وكبس الرمل وختم النموذج واعداد فتحات الصب Gating system وفتحات خروج المعدن الزائد ةالتغذية Risers



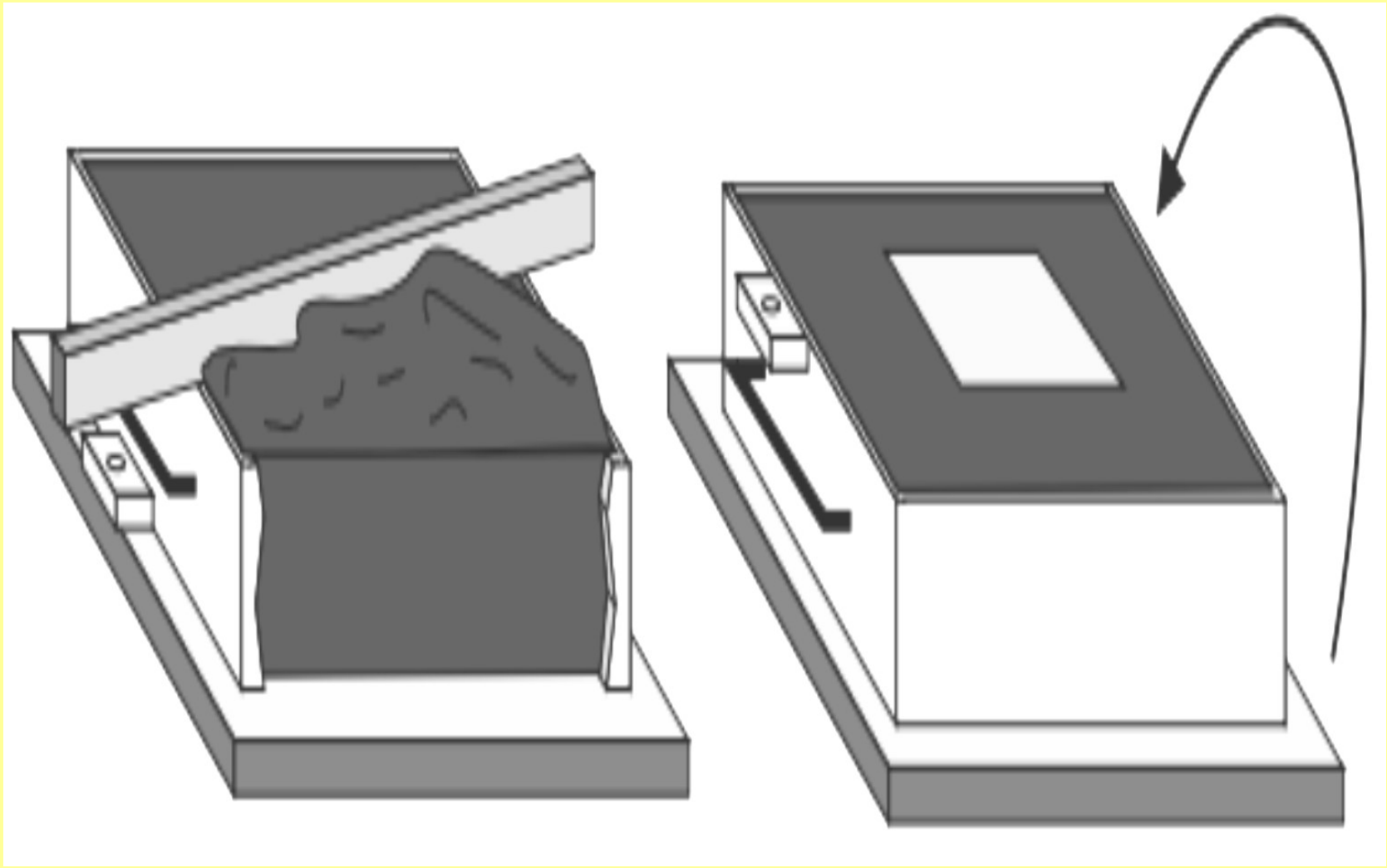
**الخطوه الثانيه** وتضاف بها بودرة الفصل فوق النموذج



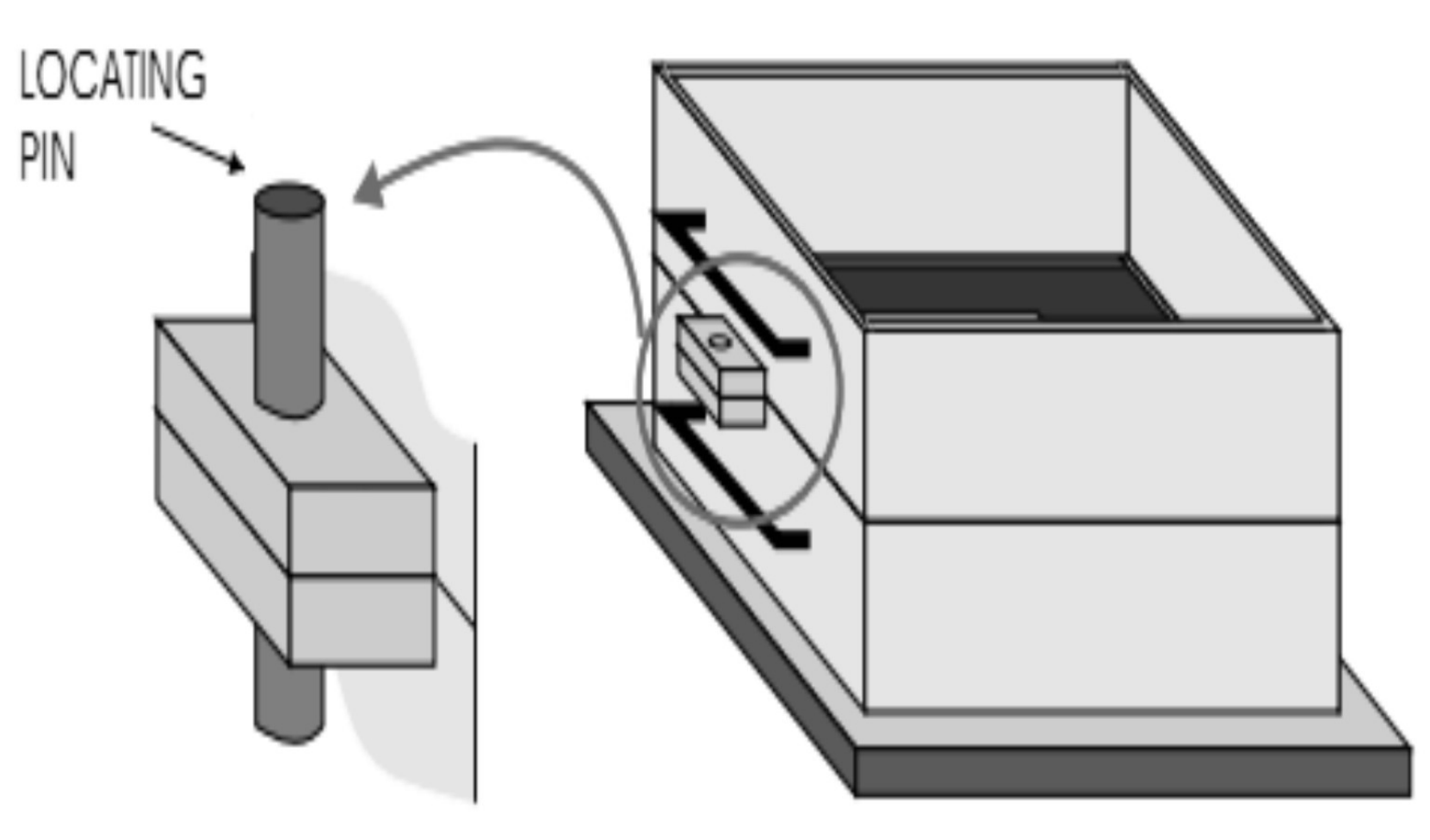
**الخطوه الثالثه** وتضاف بها رمال الوجه والظهر



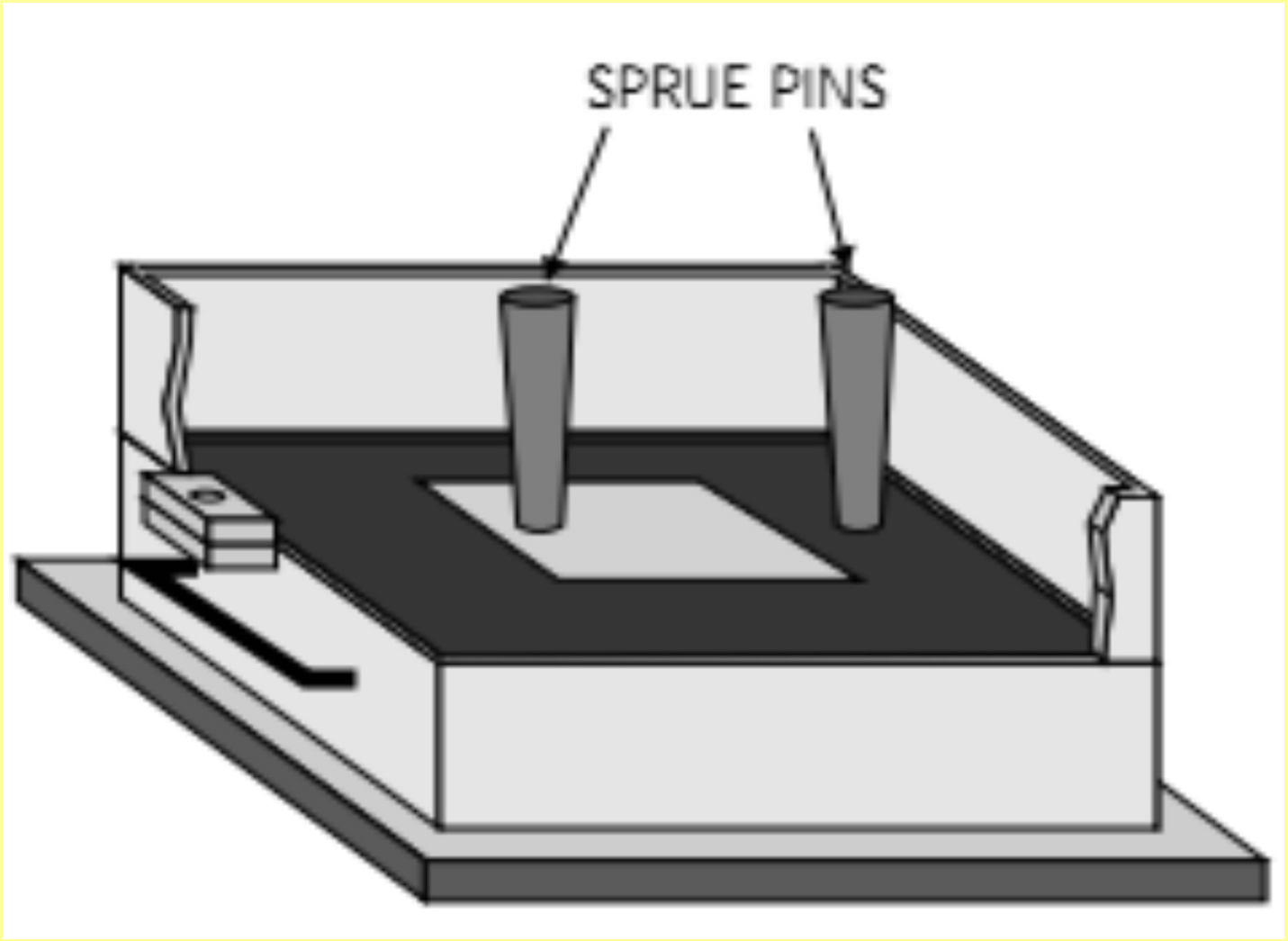
**الخطوه الرابعه** وبها تدك الرمال حول النموذج



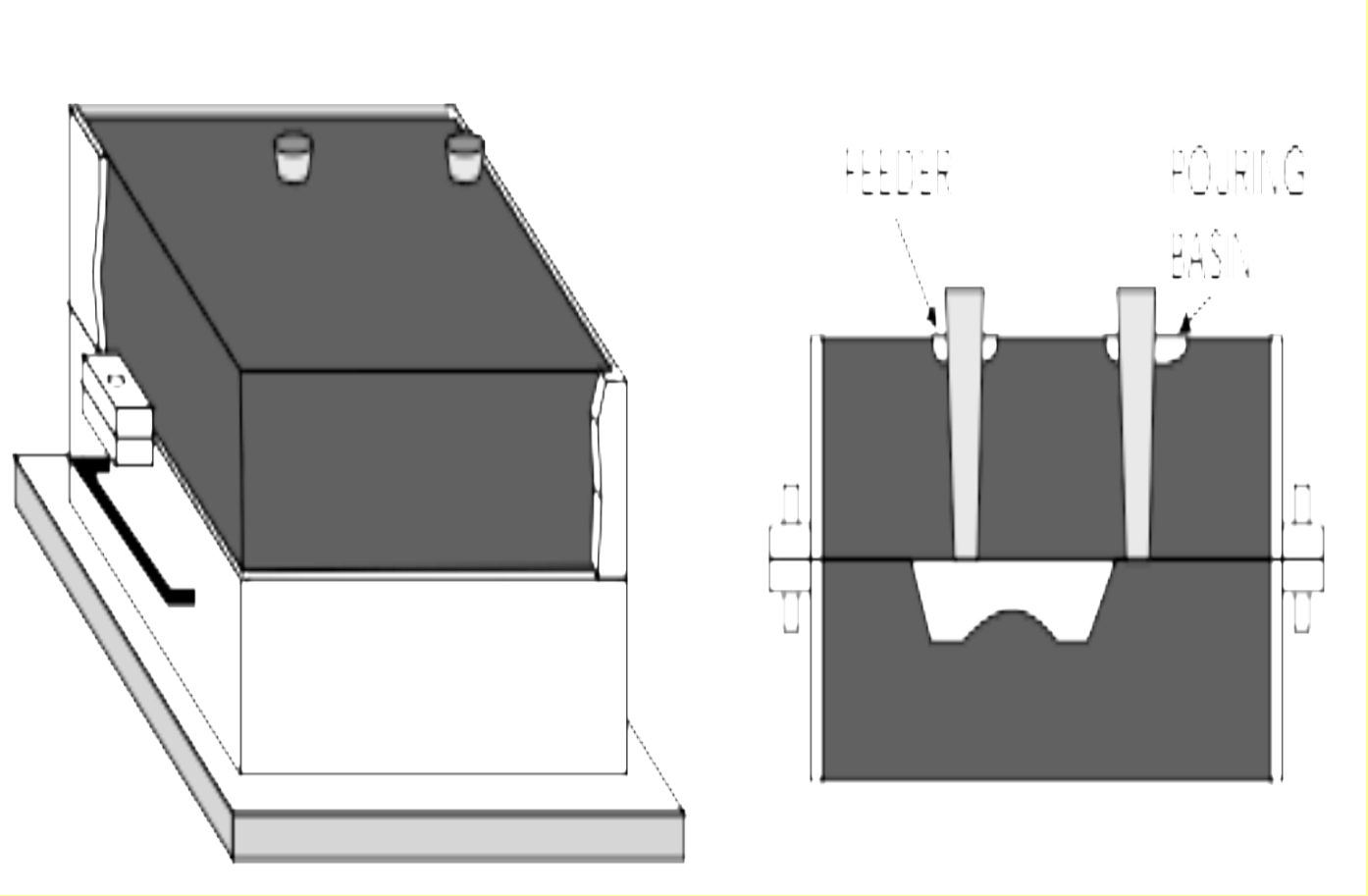
**الخطوه الخامسه** تسوية السطح بمسطرة التسويه ثم قلب الريزق



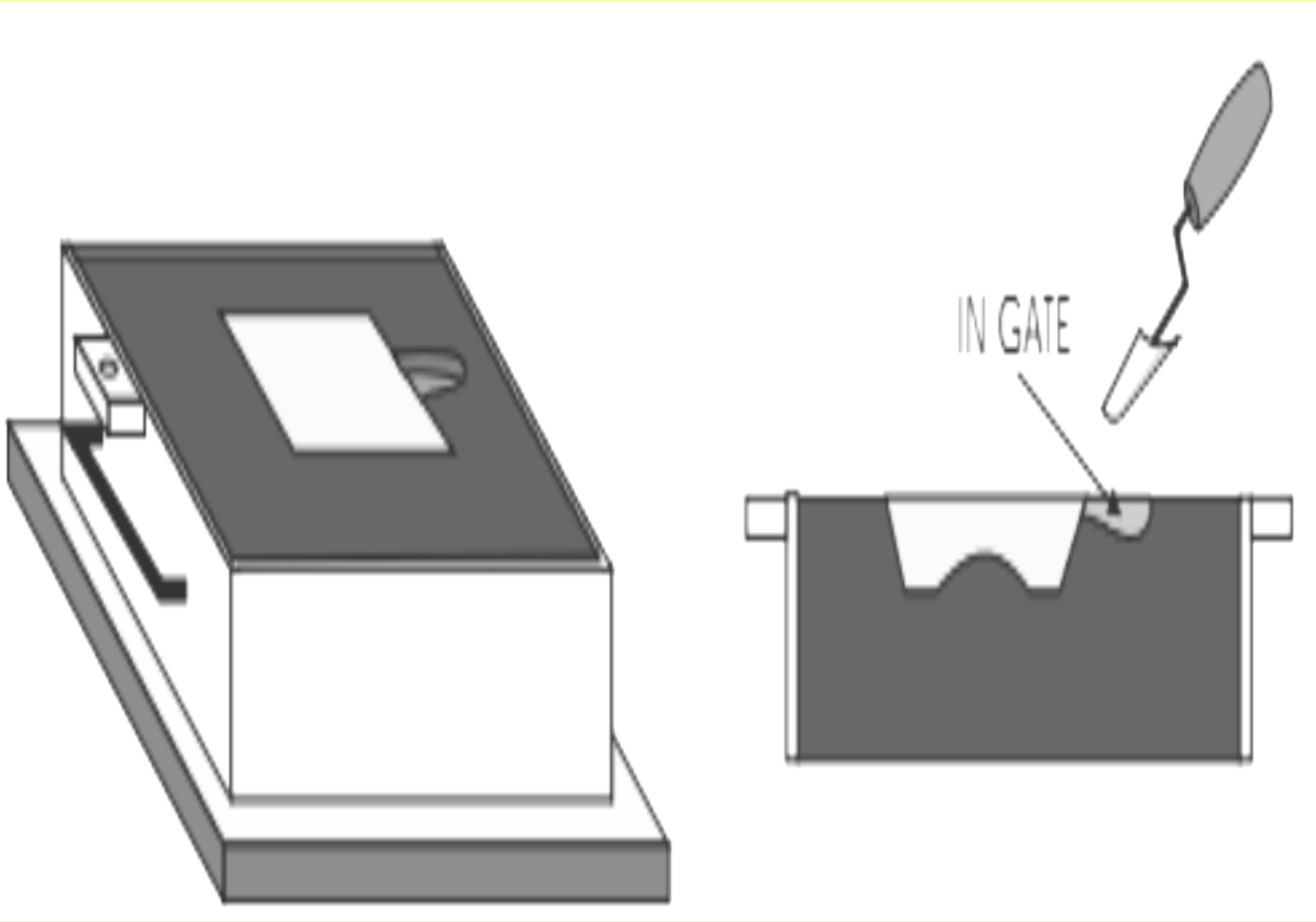

**الخطوه السادسه** يوضع النصف الثانى من الريزق وتثبت عن طريق البنوز



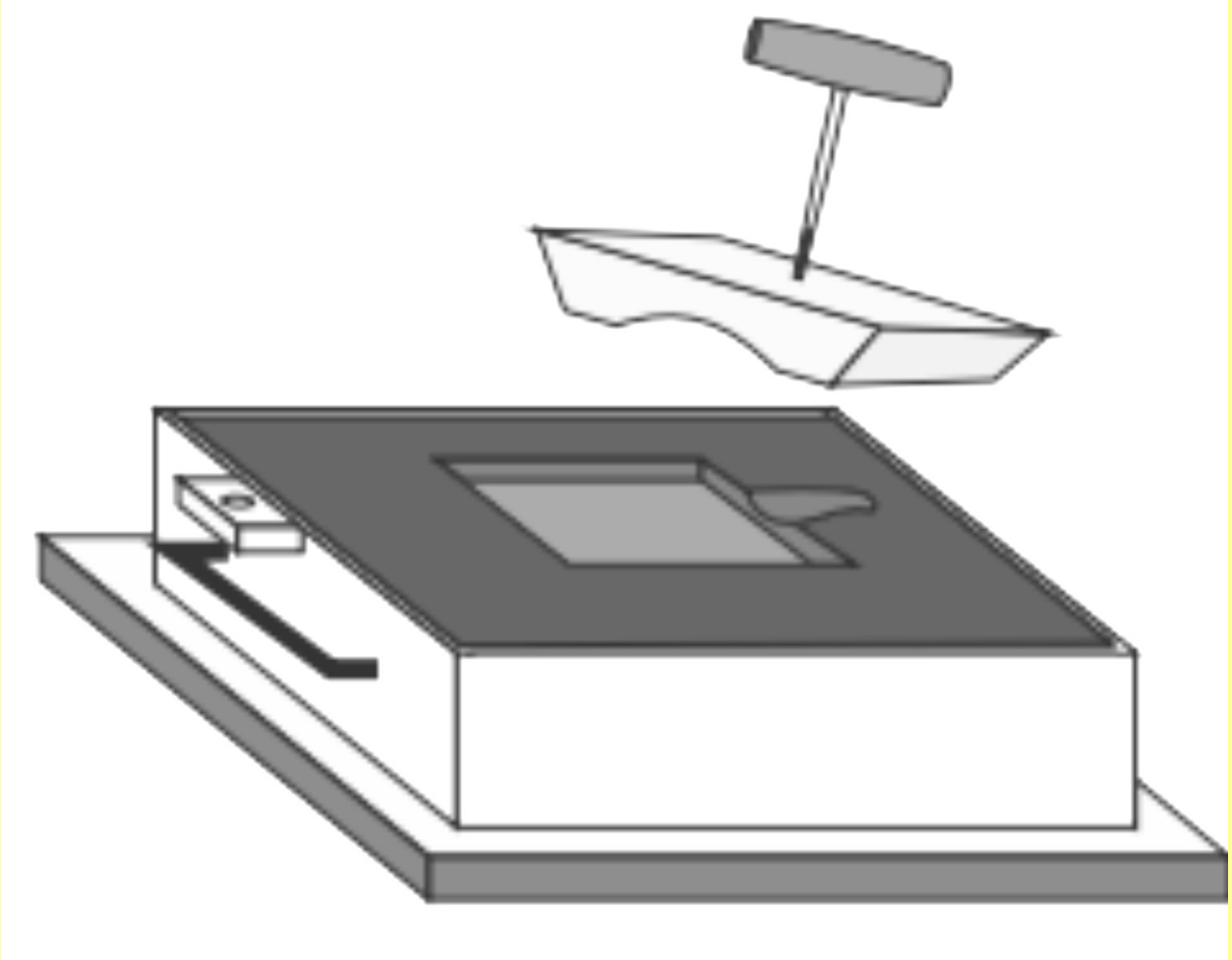

**الخطوه السابعه** يتم تثبيت المصب والمغذى



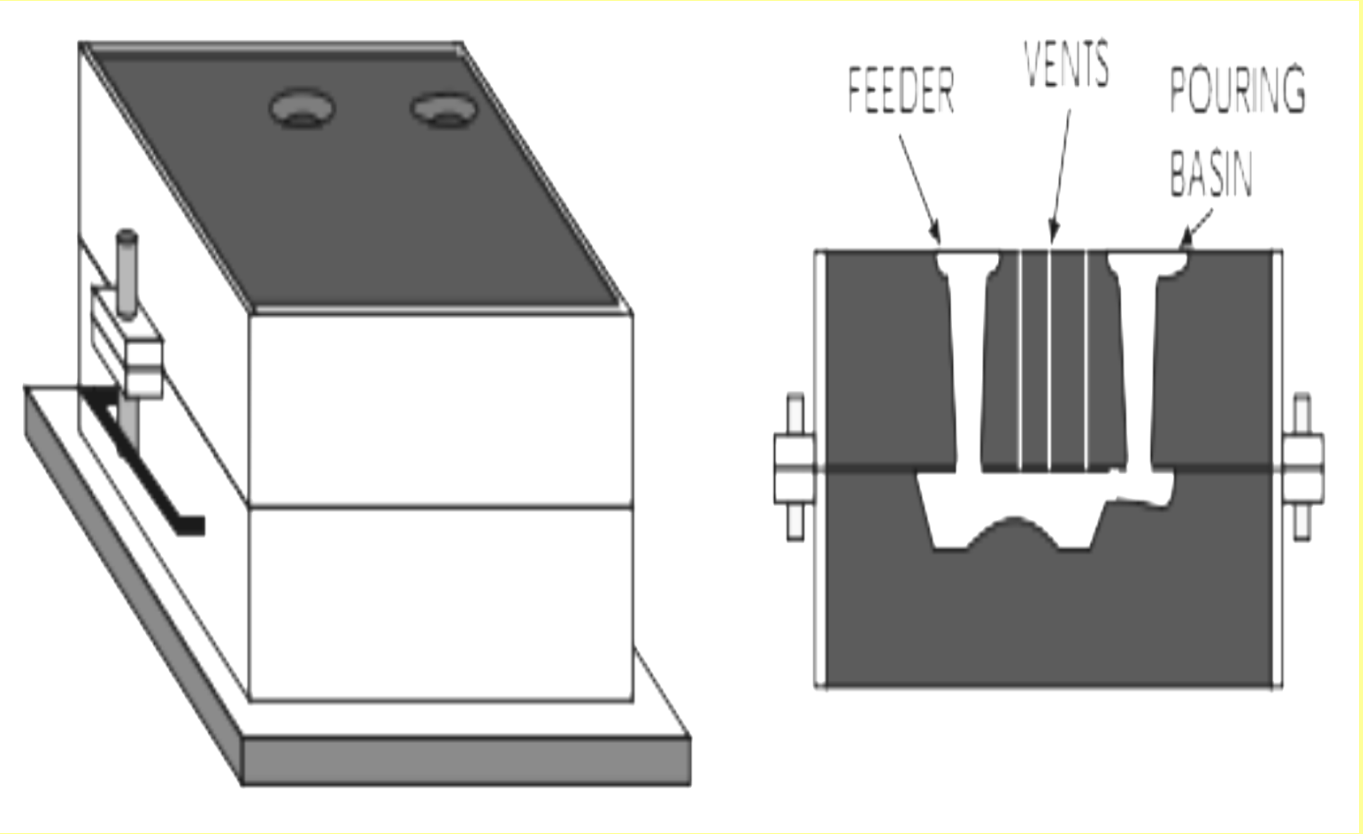

**الخطوه الثامنه** يدك النصف الثانى من الريزق بنفس الطريقه التى تم بها دك النصف السفلى



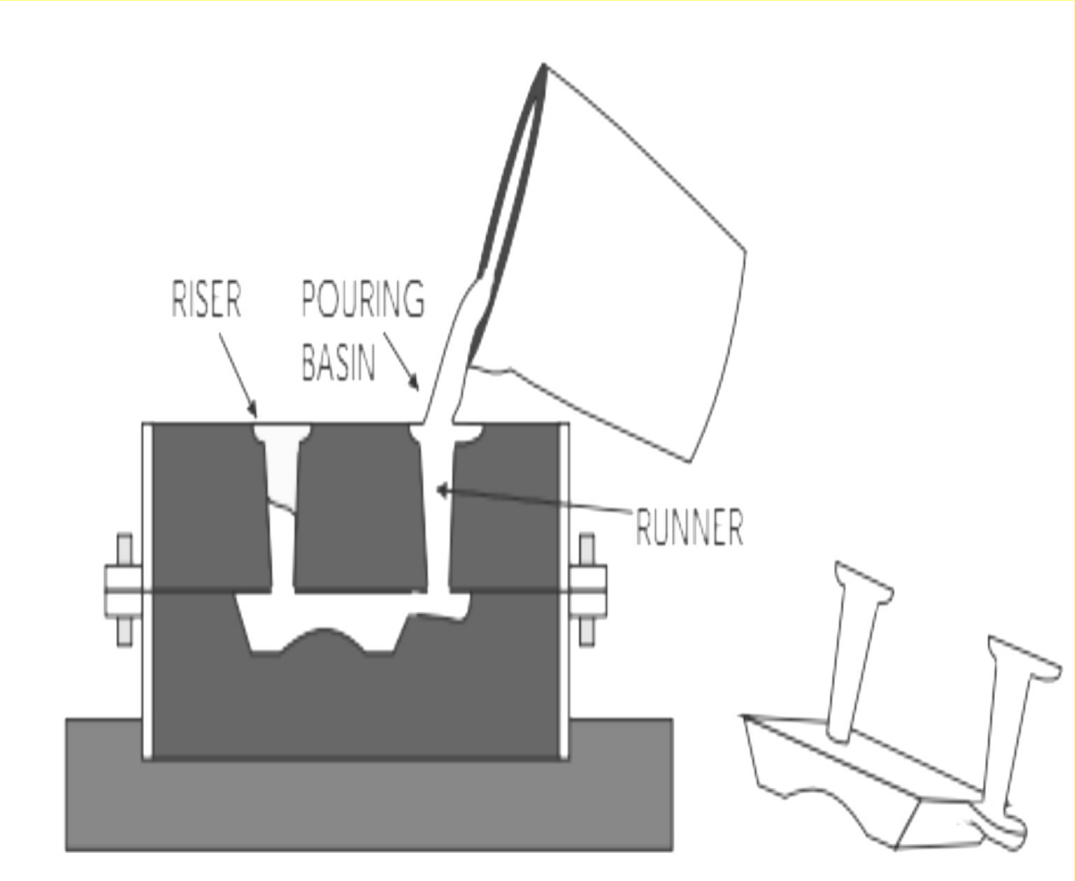

**الخطوه التاسعه** يفصل جزئى القالب ويتم فتح بوابات الصب



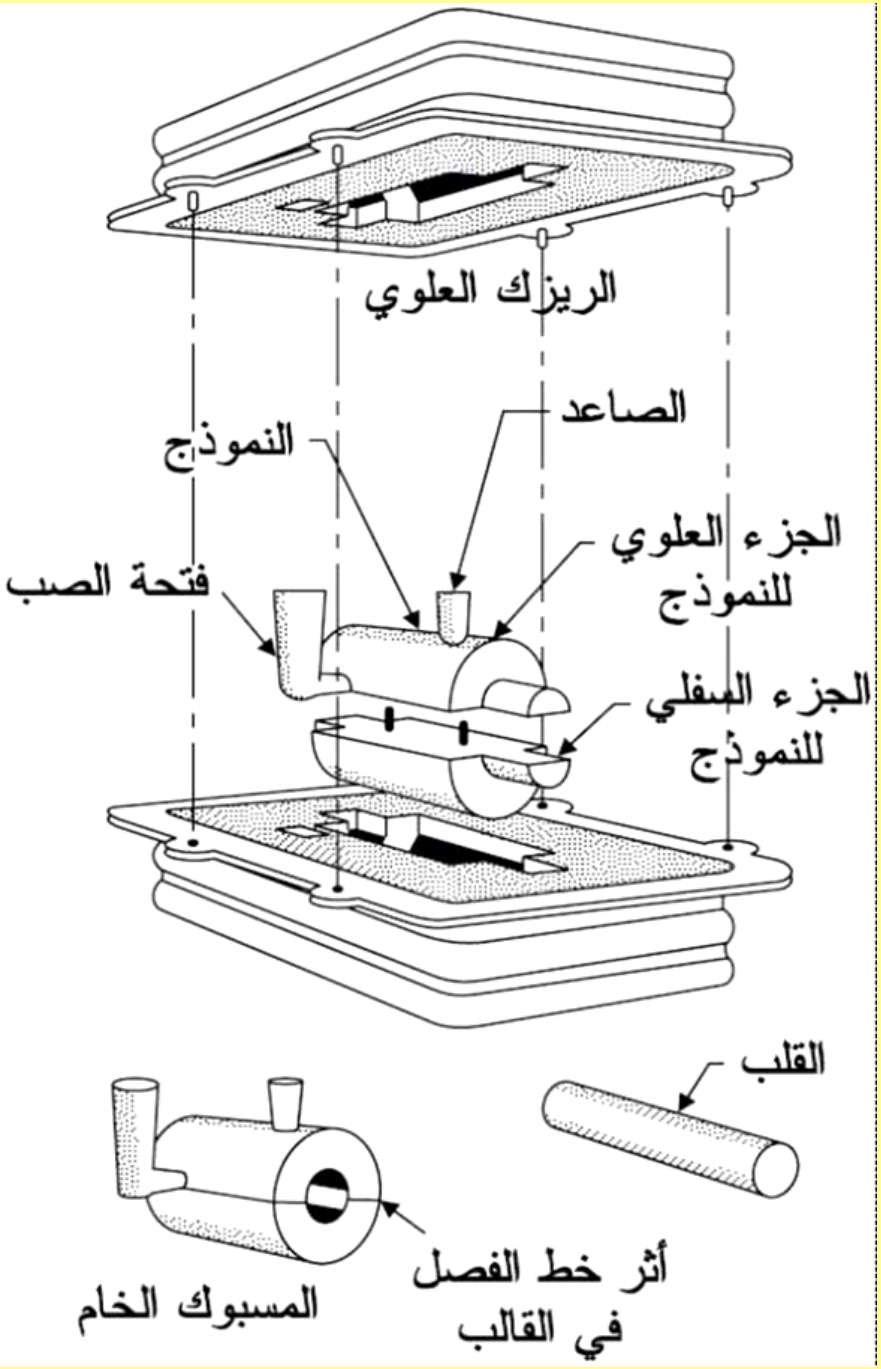
**الخطوه العاشرة** يتم إزالة النوذج من مكانه




**الخطوه الحاديه عشر** و يظهر فيها القالب معدا للصب
و مقطع فى النصفين العلوى والسفلى من القالب

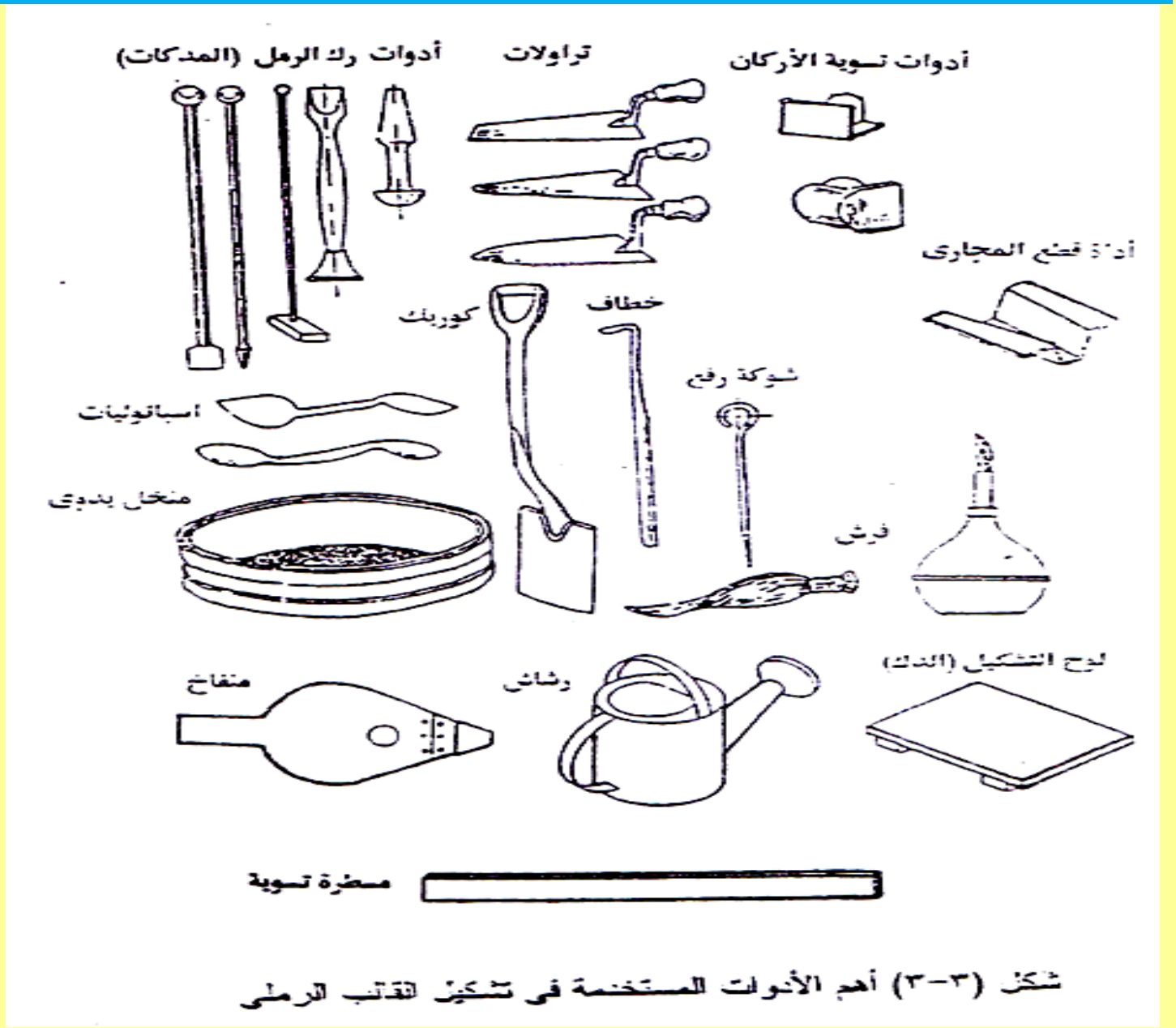



**الخطوه الثانيه عشر** الصب فى القالب ويظهر معها المسبوك بعد إخراجه




والشـــكل يوضـــح رســـما مجمعـــا لخطـوات السـباكه فى حالـة وجـود دليك

# أهم الادوات المستخدمة فى سباكة لقوالب الرملية




شكل (٣-٣) أهم الأدوات المستخدمة فى تشكيل القالب الرملى

# خطوات سباكة القوالب الرملية

## الخطوات الأساسية لعملية سباكة القوالب الرملية

1- وضع لوحة الموائمة الخشبية على منضدة المسبك ويوضع فوقها النصف السفلى للنموذج ثم يوضع النصف السفلى للريزق

2- رش بودرة الفصل على النموذج وهى بودرة ناعمه جافة تستخدم لتسهيل عملية استخراج النموذج من القالب بعد اتمام عملية الختم

3- اضافة رمل الوجه وهى الطبقة المواجهه مباشرة للنموذج وتمثل السطح الداخلى للفراغ والتى يجب ان تكون ناعمة جدا حيث تعتمد عليها درجة نعومة سطح المنتج ثم اضافة رمل الظهر او المساندة وهو يمثل الجانب الاعظم من رمل القالب وعادة مايكون اكثر تماسكاً واكثر خشونة من رمل الوجه.

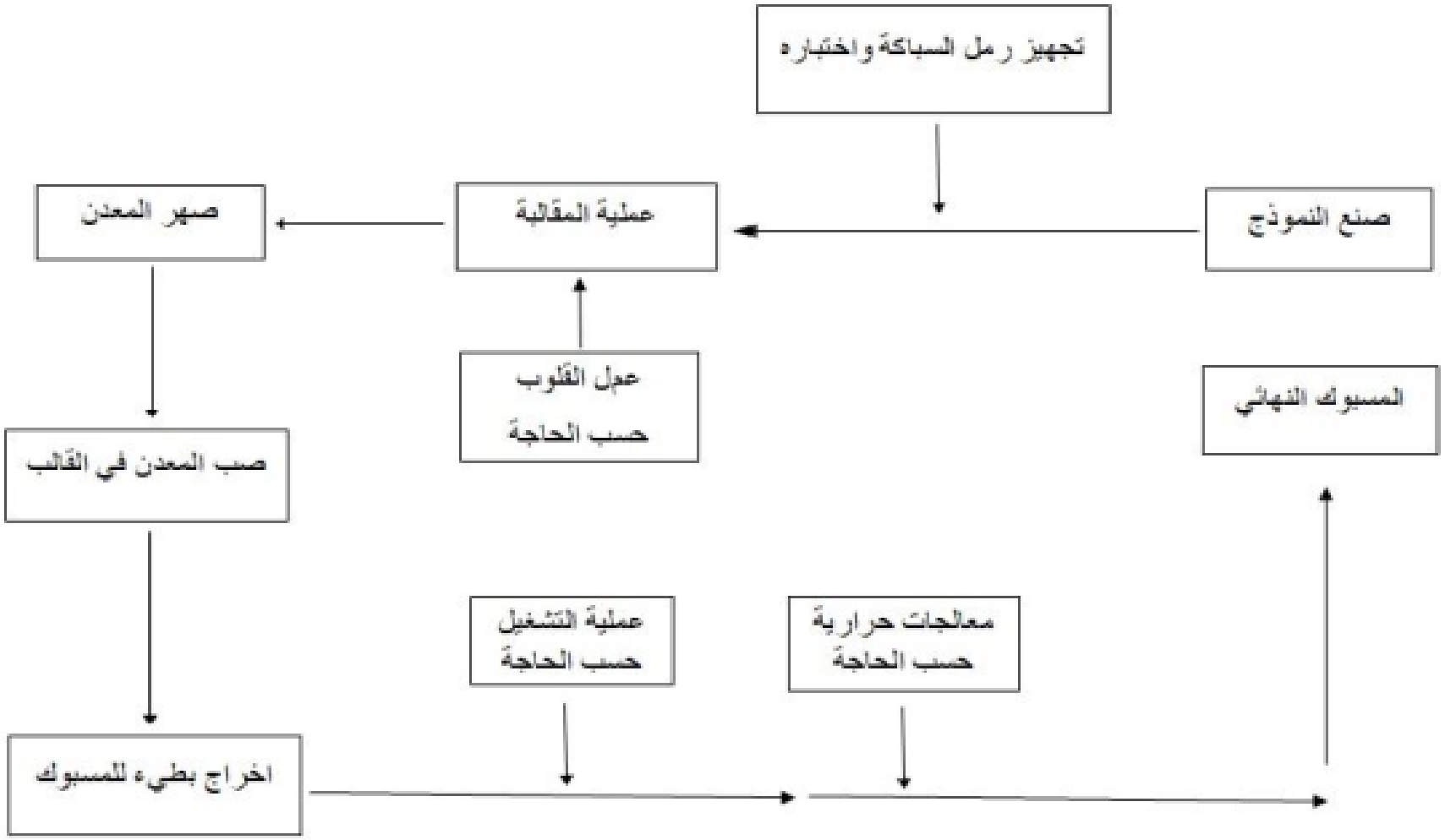
4- يتم دك الرمل بدرجة كافية

5- يسوى السطح بمسطرة التسوية ثم قلب الريزق السفلى بمحتوياته فوق لوحة الموائمة وبذلك يصبح نصف النموذج فى قمة الريزق

6- يتم تثبيت الريزق العلوى فوق السفلى عن طريق خوابير التثبيت وكذلك بوضع نصف النموذج الثانى فوق النصف الاول إن وجد ويجب التأكد من توافق بروزات المركزة فى النصف العلوى مع النتوءات المركزة فى النصف السفلى من النموذج .

# تكملة خطوات سباكة القوالب الرملية

7- يتم تثبيت المصب والمغذى
8- يدك النصف الثانى (العلوى) من الريزق بنفس الطريقه التى تم بها دك النصف الأول (السفلى)
9- يفصل جزئى القالب ثم يتم فتح بوابات الصب والتغذيه
10- يتم إزالة النموذج من مكانه
11- يتم تجميع جزئى القالب ويركب الدليك فى مكانه إن وجد وبالتالى يكون القالب جاهز للصب
12- يصهر المعدن ويصب داخل فراغ القالب ثم يترك ليتجمد
13- يتم إخراج المسبوكة ويتم تنظيفها وفحصها




**شكل 1-3 المراحل الاساسيه التي يمر بها المسبوك**

**تصميم نظام الصب** Gating System :

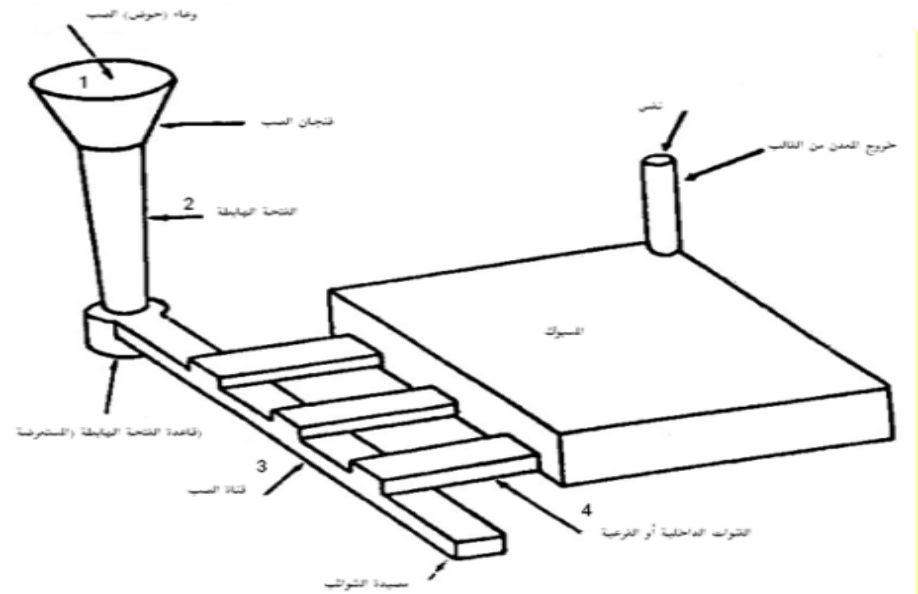
إن تصميم نظام الصب يخضع لقواعد بنيت على أساس نظرية برنولى وعلى معدلات سريان الموائع، ويستخدم نظام الصب بغرض توصيل المعدن المنصهر إلى فراغ القالب بالكمية المناسبة والزمن المناسب والسرعة المناسبة مع إمكانية حجز الخبث والشوائب من الدخول إلى جسم المسبوك والشكل (١- ١٤)، (١- ١٥) يوضح المكونات الرئيسية لنظام الصب وهي كالتالي:

(١) قدح الصب ( وعاء الصب ) Pouring Cup

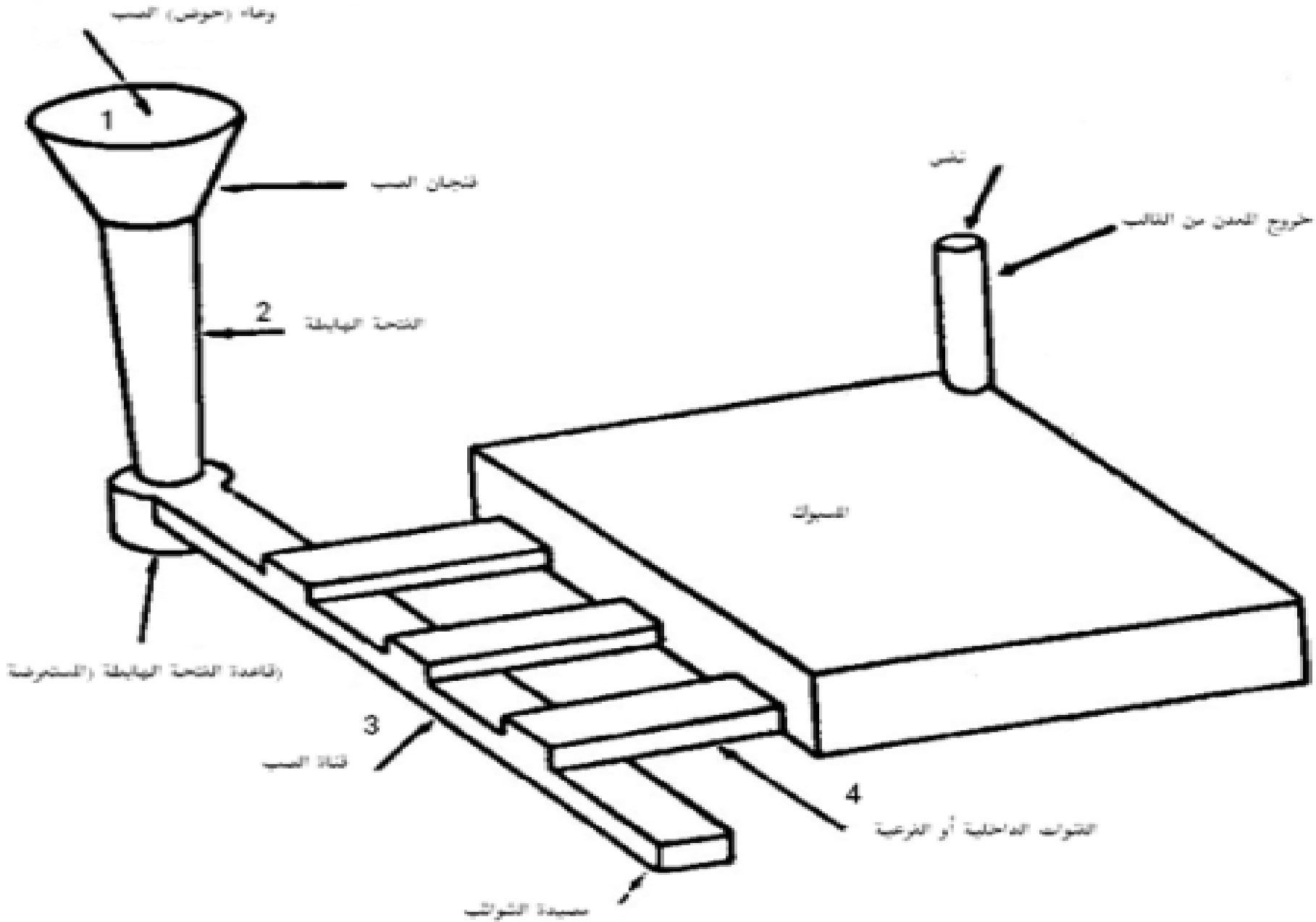
عبارة عن خزان يصب فيه المعدن من البودقة لتوجيهه إلى الصب بالكمية المناسبة وفي الوقت نفسه ويمنع الخبث من الدخول إلى تجويف القالب .

(٢) المصب ( الفتحة الهابطة ) Sprue

عبارة عن قناة رأسية مقطعها دائري ومسلوبة بسلبية قدرها ٢- ٤ ٪




شكل (١- ١٥) جهاز الصب




شكل (١- ١٥) جهاز الصب

(٣) المجرى (قناة الصب ) Runner

عبارة عن قبات أفقية مقطعها على شكل شبه منحرف .

(٤) قنوات التغذية ( الفتحات أو القنوات الداخلية ) Ingate

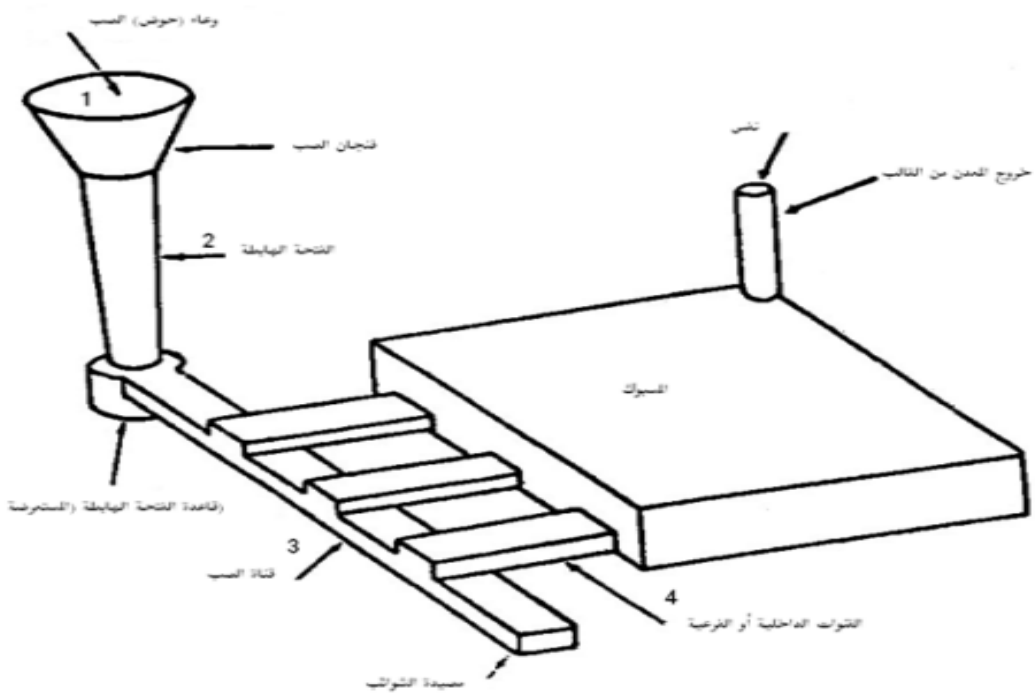
وهي قنوات أفقية مقطعها على شكل شبه منحرف وتستخدم في توصيل المعدن مباشرة إلى تجويف القالب.

والمصب المثالي يجب أن تتوافر فيه الشروط الآتية :

١- أن يكون المصب قادرا على ملء تجويف القالب بالمعدن السائل في الوقت المناسب ، وقبل تجمد المعدن .

٢- أن يكون مستقيما وقليل التعرجات .

٣- أقل مساحة ممكنه .




شكل (١- ١٥) جهاز الصب

# فحص المسبوكات :

تتفاوت عملية فحص المسبوكات من الفحص البصري إلى الفحص باستخدام بالأشعة السينية ( الرايوجرافية ) أو الموجات فوق السمعية وطرق الفحص هي:-

1- الفحص البصري
2- الصوت والرنين
3- الصدى
4- الموجات الصوتية فوق حد السمع
5- الضغط بالسوائل
6- المنفذات
7- التوصيل الكهربائي
8- المسحوق المغناطيسي
9- أشعة اكس السينية
10- أشعة جاما

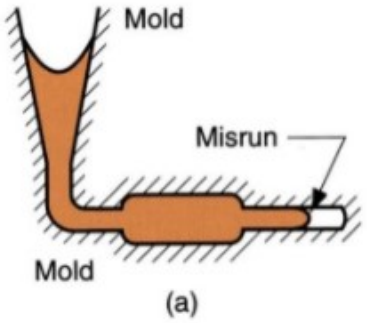
وهناك طرق فحص إتلافية وفيها تأخذ قطعات في المسبوك كعينة ويتم فحصها مجهريا.

## مزايا عملية السباكة

١. يمكن الحصول بعمليات السباكة على مسبوكات ذات أشكال معقدة.
٢. تكون المسبوكات المنتجة متشابهة إلى حد كبير.
٣. تستخدم السباكة الرملية عادة لتصنيع القطع الكبيرة الحجم والتي لايمكن تصنيعها بطريقة أخرى أو تكون كلفتها عالية جدا.
٤. تستخدم السباكة االرملية: للمعادن والسبائك القصيفة التي تصعب تشكيلها بطرق أخرى.
٥. تصلح عملية السباكه للإنتاج بكميات معقوله نسبيا.
٦. يمكن الحصول على المسبوك المثالي وذلك بعد عمليات الإنهاء السطحي للمسبوك.
٧. يمكن إستخدام عملية السباكه على اي معدن اي يمكن بالتسخين إلى درجة الإنصهار ومن ثم الإستفاده من عملية السباكه في إنتاجه.

## 2-2 عيوب المسبوكات:

تعتبر المسبوكات المحتويه على عيوب مرئيه او غير مرئيه منتجا غير مرغوب به ولا يسمح بوجود هذه العيوب عند الإستخدام وتختلف العيوب من حيث الحجم والشكل والضرر الذي تسببه على القطع وهناك عيوب قابله للإصلاح وعيوب غير قابله للإصلاح.




نقص المعدن **Misrun**

ومن اهم عيوب المسبوكات :

### 1- نقص المعدن او عدم الإكتمال :

نقص المعدن او عدم إكتمال القطعه بسبب نقص المعدن المسبوك في القالب والاسباب الرئيسيه لهذا العيب هو الخطأ في تصميم منظومة الصب او التغذيه او إن المعدن المسبوك بارد نسبيا وتجمد قبل عملية إكمال الصب وايضا يلاحظ عند عدم سيولة المعدن بالدرجه الكافيه او عند تجمع الغازات تمنع ملأ القالب بالمعدن ويحدث كذلك عند تسرب المعدن خلال الثغره المتكونه عند سطح الإنفصال نتيجة سوء ربط نصفي.

**2- التشققات :**

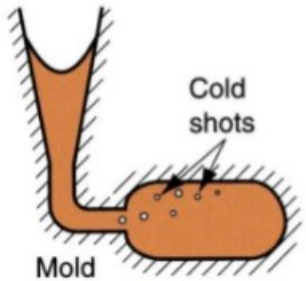
عباره عن تشققات واضحه يمكن ان ترى بالعين المجرده او بإستخدام مكبر تكون طويله متعرجه تحدث عموما على اطراف الماده للقطع او الزوايا واسباب حدوث التشققات عديده واهمها سوء التصميم للقطعه او قالب النموذج الخشبي فمن المفضل الإبتعاد عن الزوايا القائمه او الحواف الحاده وإستبدالها بإنحناء دائري قدر المستطاع.

**3- تموجات المسبوكات:**

وتحدث نتيجة عدم تساوي سمك جدرانها لذا يجب تحسين التصميم وإستعمال مبردات للإجزاء السميكه من المسبوكه.

**4- الفقاعات الغازيه:**

وهي فقاعات من الهواء او الغازات التي تتكون وتبقى في المسبوكه على شكل فراغات صغيره موزعه بأجزائها المختلفه واسباب ظهور الفقاعات الغازيه هو عدم نفاذية القالب للغازات بدرجه كافيه (شدة الرك مع تهويه رديئه) وردائة رمل المقالبه وصب معدن لم يتخلص من الغازات.




(c)

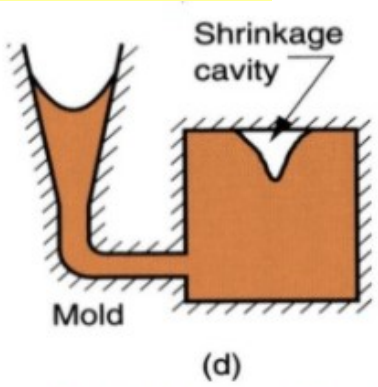
الفقاقيع الغازية ***Cold Shot***

## 5- فجوات التجمد (فجوات الإنكماش)

وهي الفراغات التي تتكون نتيجه لعدم كفاية المعدن المغذي للمسبوكه في اماكن تجمع المعدن وكثيرا ما نرى فجوات التجمد في المسبوكات على شكل عدد كبير من الفقاعات الصغيره بسبب مسامية المسبوكه واسبابها التصميم غير الصحيح للمسبوكه واوضاع المصبات والمغذيات او ملأ القالب بمعدن اسخن من اللازم والخطأ في تركيب المعدن مما ينتج عنه إنكماش زائد.

## 6- فصوص الخبث:

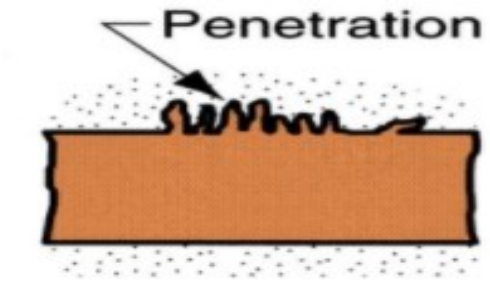
وهي إحتوائات من الخبث بجسم المسبوكه على شكل اجسام لامعه او صفر في جسم المسبوك تقع في القالب من بودقة الصب واسباب حدوث هذا العيب سوء تنظيف المعدن من الخبث وايضا الخطأ في الصب وسوء تصميم نظام الصب ويمكن تفادي هذا العيب عن طريق إضافة فلاتر سيراميكيه في منظومة الصب او عن طريق تغيير نظام الصب من البودقه.




**Shrinkage Cavity**

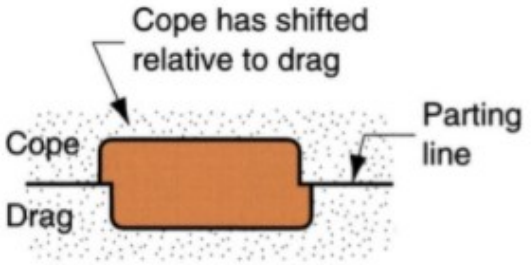
فجوات التجميد

| ت | العيب | سبب العيب | علاجه |
|---|---|---|---|
| 1 | الثقوب الفقاعيه (الفقاعات) | إستخدام رمل ذو نفاذيه قليله او رمل درجة رطوبته عاليه او قلة التنفيس للقالب | إستخدام رمال اقل في نسبة الرطوبه واعلى في النفاذيه مع عمل نفاذات هواء في القالب |
| 2 | فجوات رمليه | إستخدام قالب غير مدكوك جيدا (رمال سائبه) | زيادة دك الرمل وإستخدام رمال ناعمة الوجه |
| 3 | الرفع والزحزحه | حركة النصف العلوي من القالب إلى الاعلى نتيجة وضع اثقال فوقه وحركة القالب نتيجة سوء إرتكازه | تثبيت القالب جيدا مع وضع اثقال فوقه وتثبيت الدليك في مكانه جيدا |
| 4 | القشور | إحتراق الرمال الملاصقه للمعدن نتيجة إستخدام رمل غير مناسب | إستخدام رمل مناسب |
| 5 | الغلقات البارده | المعدن المنصهر يسير في إتجاهين متقابلين ويكون إلتقائهما بالمعدن باردا نسبيا بسبب سوء تصميم القالب الرملي او طول المسافه التي يسيرها المعدن | إعادة التصميم للقالب مع مراعات ان يسير المعدن مسافات قصيره داخل المجاري المختلفه في القالب |
| 6 | شقوق الإنكماش | تصميم خاطئ للمسبوك ينتج عنه تركيز للمعدن في اماكن معينه او وجود اركان حاده | تحسين التصميم |




(e)

penetration




(f)

mold shift الاعوجاج

**Thank you for listening…**

**Questions?????**