

إنتاج

سباكة المعادن Metal Casting



## Metal Casting : سباكة المعادن

الجدارة:

عند إكمال هذه الوحدة فإن المتدرب يستطيع التفريق بين سباكة المعادن باستخدام القوالب المؤقتة والقوالب الدائمة

الأهداف:

- تهدف إلى معرفة سباكة المعادن وأنواعها
- تهدف إلى معرفة السباكة الرملية (خطواتها واختباراتها)
- تهدف إلى معرفة أنواع السباكة الدائمة

الوقت المتوقع للتدريب:

سبعة ساعات للتدريبات النظرية

الوسائل المساعدة:

جهاز عرض البيانات وبرنامج Power point وجهاز حاسب إلى.

متطلبات الجدارة:

مسابك للسباكة الرملية والدائمة بورشة تقنية التشكيل



## ١ - أسس سباكة المعادن

### مقدمة

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 ٣٠ - ٥٠ ٪ عن نفس المنتج لو أنتج بطرق أخرى غير سباكة المعادن.

يتم الحصول على المسبوكات عن طريق صهر المعدن وصبه في تجويف مجهز مسبقا في القالب ثم ترك المعدن المنصهر المصبوب في القالب لكي يبرد ويتجمد، ولذلك فإن شكل المسبوكات يكون متطابقا مع شكل القالب، ومن أهم مميزات عمليات السباكة هي:

١. سهولة الحصول على مسبوكات ذات شكل هندسي مهما كان بالغ التعقيد في الشكل.

٢. توفير عمليات التشكيل على الماكينات.

٣. هناك بعض المعادن لا يمكن تشكيلها إلا بواسطة عمليات السباكة مثل حديد الزهر.

وتستخدم عملية السباكة في إنتاج معدات النقل ووسائل المواصلات والإنشاءات المعدنية والآلات الزراعية وقطع الغيار المختلفة لجميع أفرع الصناعات وماكينات التشغيل وغير ذلك، وتوجد عدة طرق للحصول على المنتجات بالسباكة من أهمها:

١ السباكة في قوالب رملية.

٢ السباكة في قوالب معدنية.

٣ السباكة بالطرد المركزي.

٤ السباكة في القوالب القشرية.

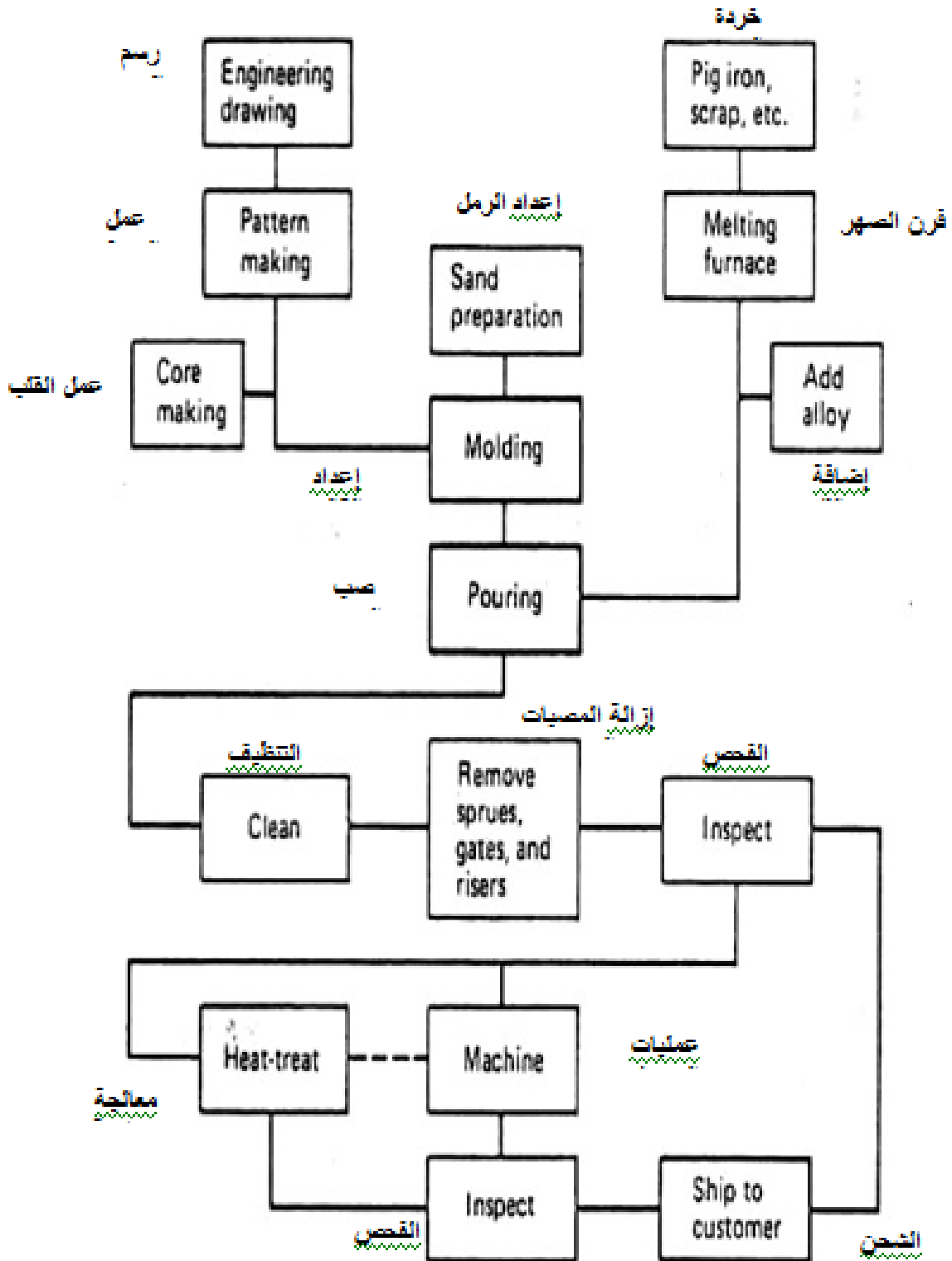
٥ السباكة بطريقة الشمع المفقود.

٦ السباكة المستمرة.



## المصطلحات الفنية لعلم السباكة

يبين شكل (١ - ١) خطوات إنتاج منتج بالسباكة والمصطلحات الفنية المستخدمة



شكل ١ - ١

### منحنيات التبريد والتجمد

منحنيات التجمد تمثل إحدى أهم الأدوات الرئيسية لدراسة عمليات التبريد والتجمد للمعادن وبإدخال ثرموكابل في المسبوكات ومراقبة درجة الحرارة مع الزمن أثناء عملية التجمد يمكن التعرف



على ما يحدث في كل أماكن ومناطق التبريد كما في شكل (١ - ٢) والذي يوضح العديد من السمات الأساسية والفترات الزمنية أثناء عملية التجمد وهي

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 begins هي درجة الحرارة التي تبدأ عندها عملية التجمد

نهاية التجمد Freezing completed هي درجة الحرارة التي تنتهي عندها عملية التجمد

درجة حرارة التجمد Freezing Temperature

مرحلة التبريد في الحالة الصلبة Solid cooling

Superheating ( التخميص ) هو الفرق بين درجة حرارة المنصهر ودرجة حرارة بداية تجمد المعدن المنصهر.

معدل التجمد Freezing rate هو معدل تجمد المسبوكة ويعرف بميل منحنى التجمد عند أي نقطة على المنحني .

وقت التجمد الكلي Total solidification time وهو الوقت من بداية التجمد إلى نهاية التجمد ويعرف

بوقت التجمد المحلي Local Solidification time

ولو استخدمنا سبيكة فيختلف شكل ومراحل منحنى التجمد كما هو موضح بشكل (١ - ٢) وشكل (١ - ٣)، ويوضح شكل (٤،١) العلاقة بين درجة الحرارة وزمن التجمد.

ويعتمد شكل منحنى التجمد على نوع المعدن المصبوب وطبيعة الأنوية ومعدل إزالة الحرارة من المصبوب مع ملاحظه أن التحليل العملي لمنحنيات التجمد توضيح لعملية السباكة والمنتجات وملاحظه أن التبريد السريع والتبريد البطيء يؤدي إلى حبيبات دقيقة ويحسن من الخواص الميكانيكية .

تتميز مراحل التبريد إلى ثلاث مراحل \_ يحدث الانكماش أثناءها المرحلة السائلة ثم المرحلة التي تجمع بين السيولة والصلابة والتصلب وأخيرا مرحلة الصلابة وبذلك ينكمش المعدن عندما يفقد الحرارة الزائدة وعندما يتحول إلى حالة الصلابة، وأيضا عندما يبرد المعدن الصلب إلى درجة حرارة الغرفة

التنبؤ بوقت التجمد Predication of solidification time

قاعدة شيفرنوف Chovornov.

لقد العالم شيفرنوف الوقت الكلي لعملية التجمد بالعلاقة التالية :

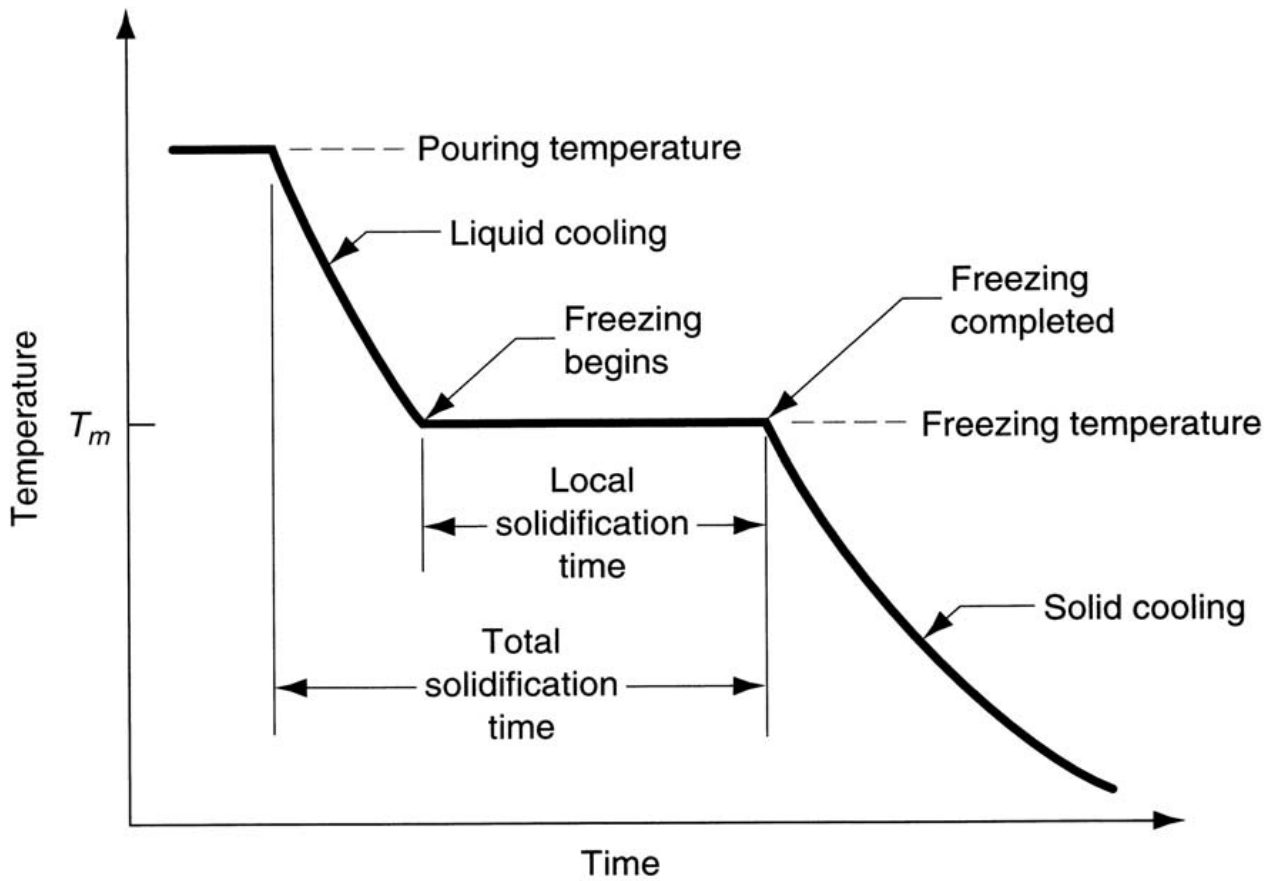
$$T_s = B (V/A)^n$$

حيث:

$$n = 1.5 - 2$$

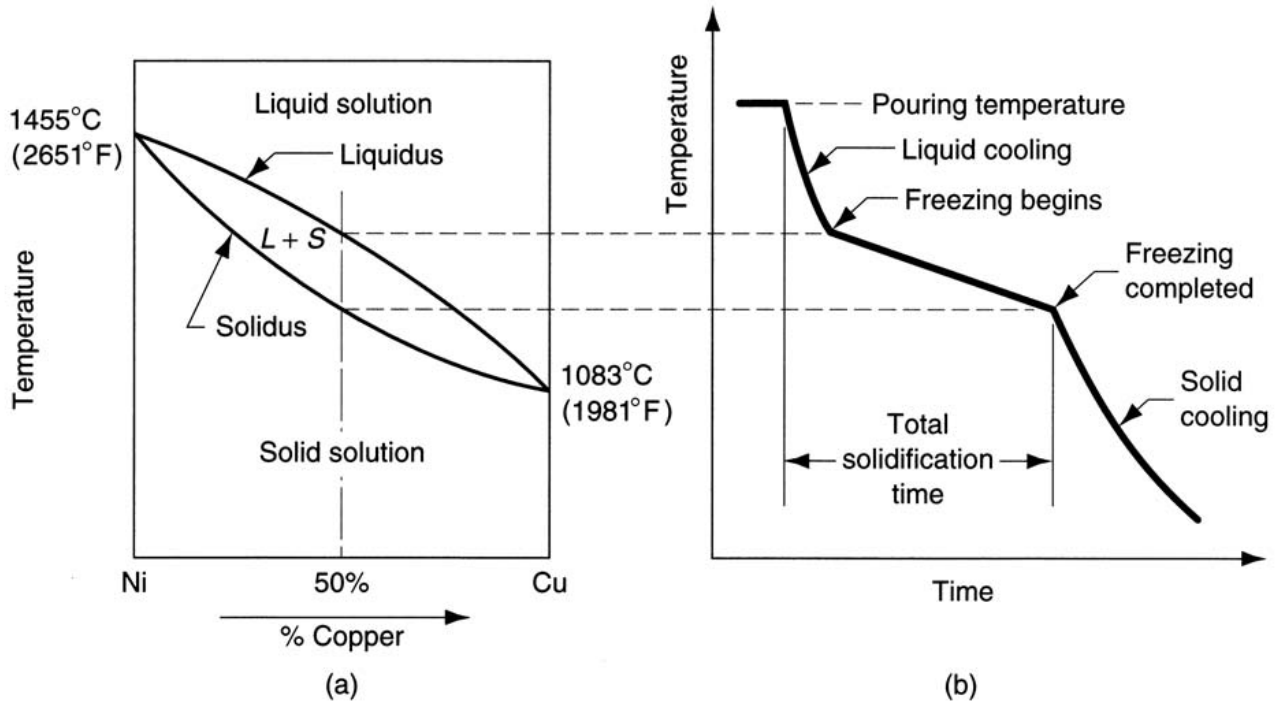


- $T_s$  الوقت الكلي من بداية عملية الصب وحتى انتهاء عملية التجميد.
- $V$  حجم المسبوك
- $A$  المساحة الكلية للمسبوك
- $B$  ثابت القالب Mold Constant ويعتمد على:
- ١- خصائص المعدن المسبوك (الكثافة - السعة الحرارية - حرارة الانصهار).
  - ٢- معدن القالب (كثافته - التوصيل الحراري - السعة الحرارية).
  - ٣- سماكة القالب.



شكل ١ - ٢ منحنى التبريد للمعادن النقية

- المرحلة الأولى : مرحلة تبريد المعدن المنصهر وهو في الحالة السائلة (liquids).
- المرحلة الثانية :مرحلة فقد الكامنة وتجمع بين السيولة والصلابة ( solids + liquids )
- المرحلة الثالثة : مرحلة التبريد والمعدن في الحالة الصلبة solids



شكل ١ - ٣

### عمليات الصهر والصب Melting and pouring processes

تتم عمليات الصهر في المسابك في مجموعة من الأفران المختلفة مثل:

١. الفرن العالي

٢. فرن الدست

٣. الفرن العاكس لإنتاج الحديد المطاوع

٤. محول بسمر

٥. محول توماس

٦. الأفران الكهربائية ومنها فرن الحث الكهربائي وفرن القوس الكهربائي

حيث يتم اختيار الفرن بما يتناسب مع نوع المعدن المطلوب صهره ، حيث يتم صهر مسبوكات

الصلب في الأفران الكهربائية عامة وذلك للحصول على درجة جوده عالية ، وأهم الأفران الكهربائية

المستخدمة في المسابك فرن القوس الكهربائي وأفران الحث الكهربائي.

وبجانب ذلك يوجد مجموعة من الأفران الصغيرة التي يمكن أن تستخدم في المسابك الصغيرة مثل

أفران البوتقة سواء كان ثابتا أو من النوع القابل للإمالة ويمكن في هذا الفرن أن تصهر الألمنيوم ،

النحاس ، الحديد الزهر ، والمعادن ذات درجات الانصهار المنخفضة مثل الرصاص ، القصدير ...





ويتم إفراغ الفرن في البوتقة حسب سعتها وذلك لتجهيزها للبدء في ملئ القوالب الجاهزة للصب من خلال قذح الصب، وهناك مجموعة مختلفة من البواتق التي تستخدم في المسابك منها اليدوي وتستخدم في الأوزان الصغيرة حتى ١٠٠ كجم حديد وتأميناً لانسياب المعدن المنصهر بهدوء إلى داخل فراغ القالب دون تشويه جدران القالب أو جدار قناة الصب، يتم حفر حوض حول فتحة قناة الصب، بحيث أن المعدن يصب أولاً في هذا الحوض، الذي يسمى بحوض الصب، ثم ينساب بهدوء مخترقاً الصب والمجرى إلى داخل الفراغ. وتستمر عملية الصب إلى أن يمتلئ القالب تماماً ويرتفع المعدن المنصهر في فتحة التغذية أو المصعد مؤشراً بامتلاء القالب.

## ١- ٢- سباكة الرملية Sand Casting

السباكة الرملية هي عبارة عن عملية صب المعدن في قوالب مصنوعة من الرمل حيث يتم الحصول الجوف في القالب الرملي عن طريق نموذج يمثل شكل السبيكة المطلوب صبها. وتستخدم هذه الطريقة في إنتاج معظم المسبوكات وهي أوسع طرق السباكة انتشاراً 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:

### ٢- ١- النماذج Models

لإتمام عملية السباكة لمنتج معين يجب تصنيع نموذج شكله الخارجي وفي بعض الأحيان الداخلي أيضاً مطابق للجسم المراد إنتاجه أما التجاويف الداخلية فيتم تشكيلها باستخدام الدليك Core، ويصنع النموذج إما قطعة واحدة أو أكثر وذلك حسب درجة تعقيد المنتج. وتقسم النماذج إلى الأقسام التالية:

### ١- النماذج الخشبية Wooden Pattern

تستخدم النماذج الخشبية في إنتاج عدد قليل من المسبوكات يصل إلى ١٠٠ قطعة ولكن يجب أن يوضع في الاعتبار أن هذه الأنواع من الأخشاب تمتاز بعدم تأثرها بالرطوبة ومقاومتها للتآكل نتيجة الاحتكاك بالرمال.

فإنه يستخدم أنواع معينة من الأخشاب هي خشب الصنوبر والزان والماهوجني وتصنع هذه النماذج من ألواح من الخشب المجفف جيداً وألا تزيد الرطوبة عن ١٠٪.

### ٢- النماذج المعدنية Metallic Pattern

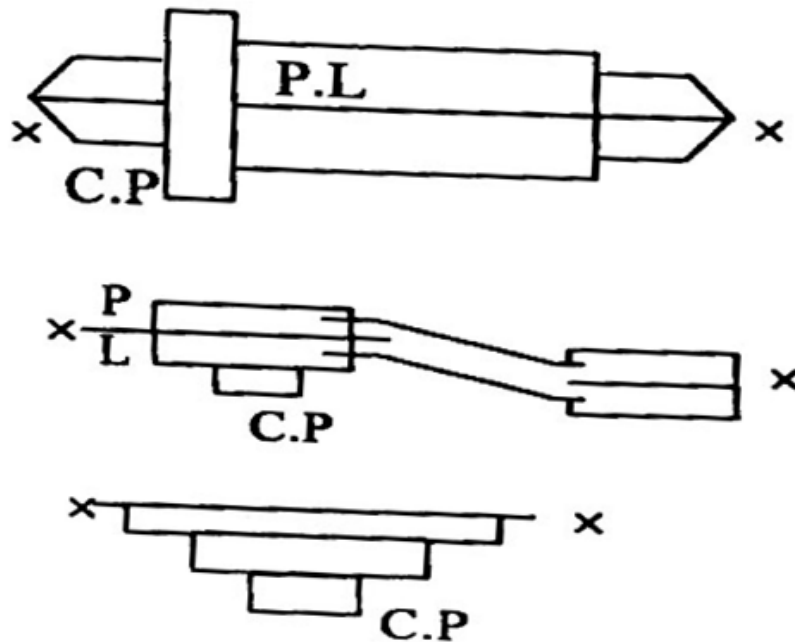


تستخدم هذه النماذج في حالة الإنتاج الكمي للمسبوكات وبالذات في حالة السبائك الآلية (الختم بالماكينات) وتمتاز هذه النماذج بالدقة العالية وطول عمرها علاوة على نعومة سطحها. وتصنع هذه النماذج من سبائك الألومنيوم مع النحاس (٧ - ١٢٪ نحاس)، حديد زهر، برونز أو نحاس أصفر، وتصنع نماذج من البلاستيك حيث أنها أخف في الوزن وأرخص في التكاليف. طريقة تصميم النموذج:

لعمل نموذج سليم لإنتاج مسبوك مطابق للمواصفات المطلوبة يجب أن يؤخذ في الاعتبار النقاط التالية:  
أ - اختيار سطح الفصل Parting Line

يعتبر هذا الاختيار أحد العوامل المهمة في تحديد نوع النموذج حيث يؤدي إلى عمل نموذج قطعة واحدة أو قطعتين أو ثلاث أو أكثر.

ويكون هذا السطح إما مستويا أو متعرجا وذلك حسب طبيعة المنتج كما هو موضح في الشكل (١ - ٥) ويرمز عادة في رسم السبائك لهذا السطح x-x



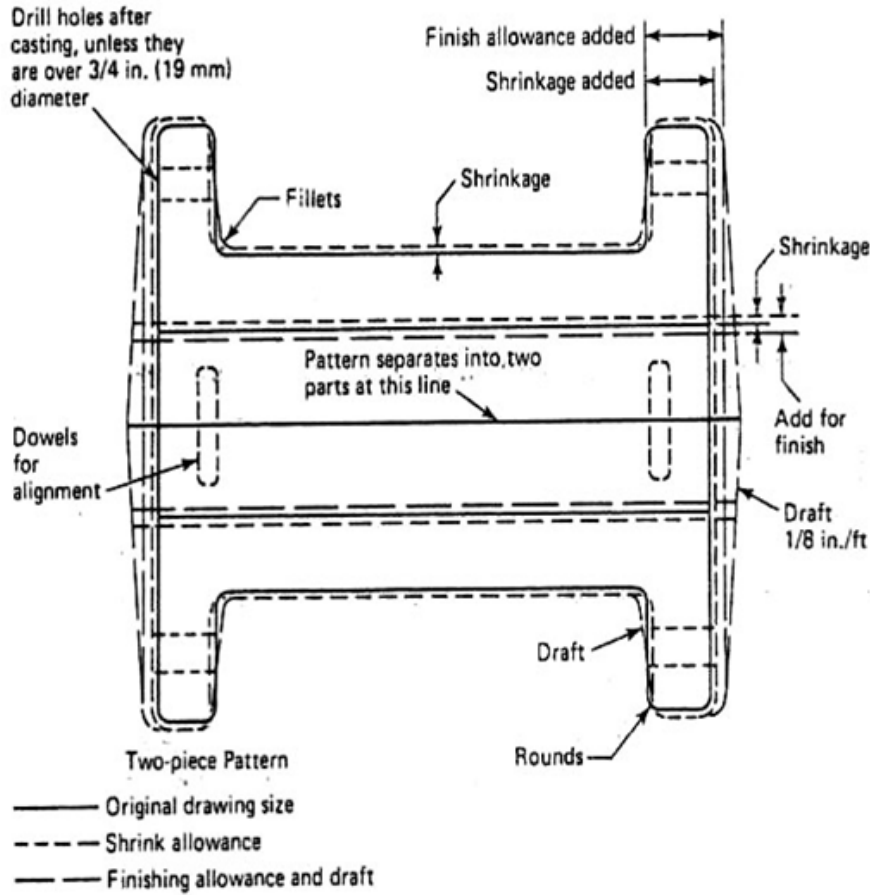
شكل ١ - ٥

ب - سماحات التشغيل Machining Allowance

إذا كان من الضروري أن تمر المسبوكات بمراحل مختلفة (خراطة قشط تفريز ... الخ) بعد عملية السبائك فإنه يجب في هذه الحالة إضافة سماحات تشغيل غلي أسطح المسبوك (أي زيادة حجم النموذج).



وتخضع هذه الزيادة لدرجة دقة المسبوك المراد إنتاجه وعلى وضع النموذج في القالب (إن كان في النصف العلوي أو السفلي من القالب) كما بالشكل (١ - ٦).

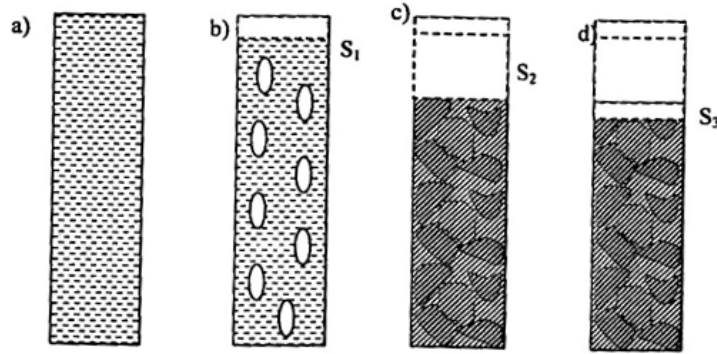


شكل ١ - ٦

يجب أن يوضع في الاعتبار تلافي الزاوية الحادة للحوائط وأن تكون الحوائط ملفوفة بنصف قطر مناسب وذلك لتجنب حدوث شروخ في المسبوك في الأماكن الحادة.

ج- سماح الانكماش Shrinkage Allowance:

من المعروف أنه أثناء تبريد المعادن وتجميدها يحدث تغير في حجم المعدن من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة في درجة حرارة المسبك، وقد وجد أن هناك ثلاث أطوار عامة للتقلص كما هو واضح من الشكل (١ - ٧).



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

(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:

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

حيث:

$L_1$  = طول النموذج مم

$L_2$  = طول المسبوك مم بعد حدوث التجمد

$S\%$  = سماح الانكماش (نسبة مئوية)

مثال: المطلوب حساب النسبة المئوية لسماح الانكماش الحر عند صب مسبوك من حديد الزهر الفريتي

إذا كان طول النموذج 40cm وطول المسبوك 32cm واحسب طول مسطرة التقلص في هذه الحالة:

الحل:

$$S\% = \frac{40 - 32}{32} \cdot 100\% = 25\%$$

$$L = 100 + 25 = 125 \text{ cm}$$

طول مسطرة التقلص

وتختلف أنواع النماذج المستخدمة في المسابك وذلك حسب نوع المنتج وكميته ودرجة دقته ، كالتالي:

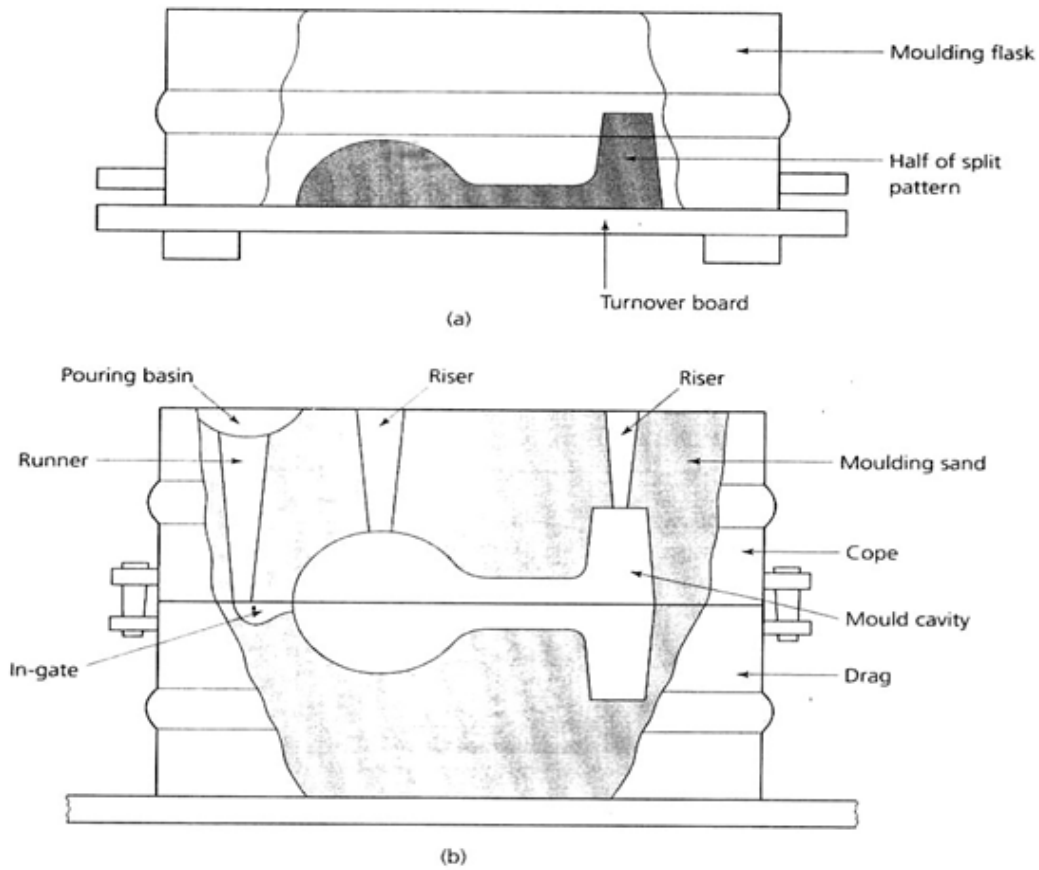
١ - نموذج قطعة واحدة Single Piece Pattern



وهي نماذج خشبية أو تصنع من مواد أخرى ويمكن أن يكون النموذج قطعة واحدة ، ولكن في بعض الأحيان يتعذر عمل النموذج من قطعة واحدة وفي هذه الحالة يتم عمل النموذج على قطعتين أو أكثر من قطعتين ، وفي بعض الأحيان يتم تزويد هذه النماذج بأجزاء حرة لتسهيل عمليات الإنتاج.

٢- نموذج من القطعتين Two Piece Pattern (نموذج نصف علوي ونصف سفلي Cope and Drag (Pattern

وهذا النوع من النماذج بالرغم من تكاليفه العالية إلا أنه يزيد من الطاقة الإنتاجية لقوالب السباكة علاوة على دقتها ، وفي بعض الأحيان يمكن استخدام نصف واحد فقط لعمل النصفين وذلك في حالة تشابه النصفين شكل (١ - ٨).



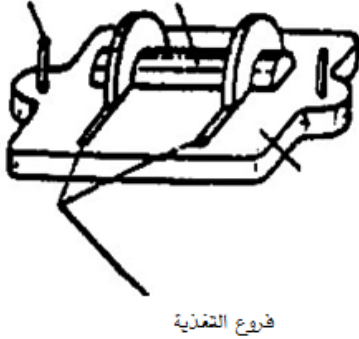
شكل ١ - ٨

٣- نموذج بالمصببات والفروع Gated Pattern

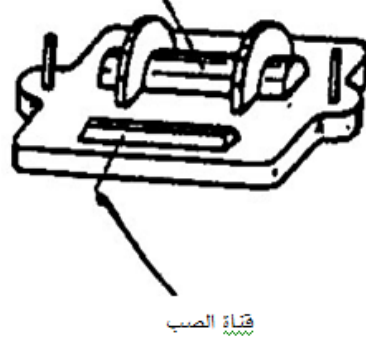
يستخدم هذا النوع من النماذج في حالة الرك الآلي على الماكينات حيث يكون نظام المصببات والتغذية قطعة واحدة مع النموذج كما هو واضح من الشكل (١ - ٩).



النصف السفلي من النموذج



النصف العلوي من النموذج



شكل ١ - ٩

ويتم تثبيت مجموعة النماذج للنصف العلوي أو السفلي على لوح خشبي متضادين ويمكن أن يتم صبهم ليكونوا كقطعة واحدة والشكل التالي يوضح هذا النوع من النماذج حيث يحتوي لوح النصف السفلي على النصف السفلي للنموذج بينما لوح النصف العلوي على النصف العلوي للنموذج، لذلك فإنه في هذا النوع من النماذج يتم تصنيع كل نصف على حدة ثم تتم بعد ذلك عملية التجميع لذا لا بد أن يكون هناك تدليل عند عملية رك النصفين لضمان عملية التجميع.

### تجهيز واختبار الرمل

تتكون الرمال المستخدمة في عمل القوالب عادة من رمال بيضاء (سيليك  $\text{SiO}_2$ ) مضاف إليها نسبة من المادة الرابطة (عضوية أو غير عضوية) هذا بجانب نسبة من الماء، تقوم المادة الرابطة مع الماء بعمل طبقة بلاستيكية مرنة تساعد على عمل الترابط اللازم بين الحبيبات قبل التجفيف وتخضع خلطات الرمال قبل الاستخدام إلى اختبارات للنفاذية والمقاومة للشد والضغط والقص والانحناء وكما هو موضح بجدول رقم (١)



## جدول ( ١ )

أشكال عينات اختبارات جهد الشد ، الانحناء ، القص ، الضغط للقوالب الرملية

خلطات	ضغط	قص	انحناء	شد
رمال مجففة				
خلطات رمال بدون تجفيف				

### خواص الرمل و عيوبه

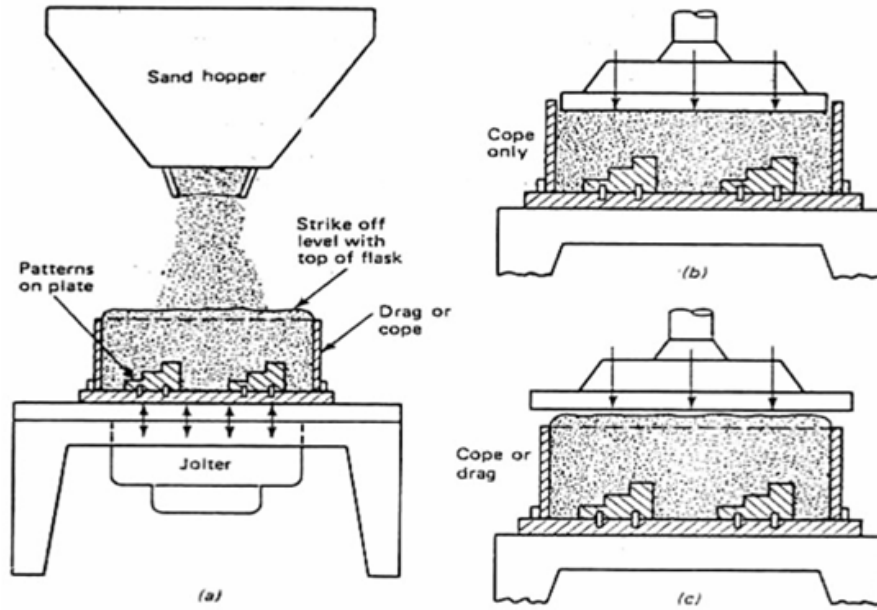
أهم خواص خلطات الرمال المستخدمة في المسابك هي:

- ١- المنفذية Permeability: وهي قدرة الرمال على إخراج الغازات وبخار الماء المتكونة داخل فراغ القالب الرملي، وتتوقف النفاذية على حجم وشكل حبيبات الرمال وكذا على نسبة الماء والمواد الرابطة المضافة إلى خلطات الرمال.
- ٢- مقاومة الانصهار Refractoriness: وهي قدرة خلط رمال المسبك على تحمل درجات الحرارة العالية دون أن تنصهر.
- ٣- توصيل الحرارة Thermal Conductivity: وهي قدرة خلط الرمال على توصيل كمية الحرارة إلى الخارج حيث تؤثر على معدل التبريد للمسبوكات.
- ٤- المقاومة الرطبة Green Strength: أي مقاومة خلط الرمال للقوي التي تؤثر عليها وهي في الحالة الرطبة (أي بدون تجفيف) وتتناسب هذه الخاصية مع كمية الماء المضاف وكذلك على حجم وشكل حبيبات الرمال ومقدار كمية المادة الرابطة المضافة.
- ٥- المقاومة الجافة Dry Strength: أي مقاومة خلطة الرمال للقوي المؤثرة عليها بعد إجراء عملية التجفيف عليها.
- ٦- المقاومة في درجات الحرارة العالية Hot Strength: أي مقاومة خلطة الرمال للقوي المؤثرة عليها عند درجات الحرارة العالية.
- ٧- قابلية الانهيار Collapsibility: أي قابلية خلطة الرمال للانهيار بعد الانتهاء من صب المعدن وتجمده.



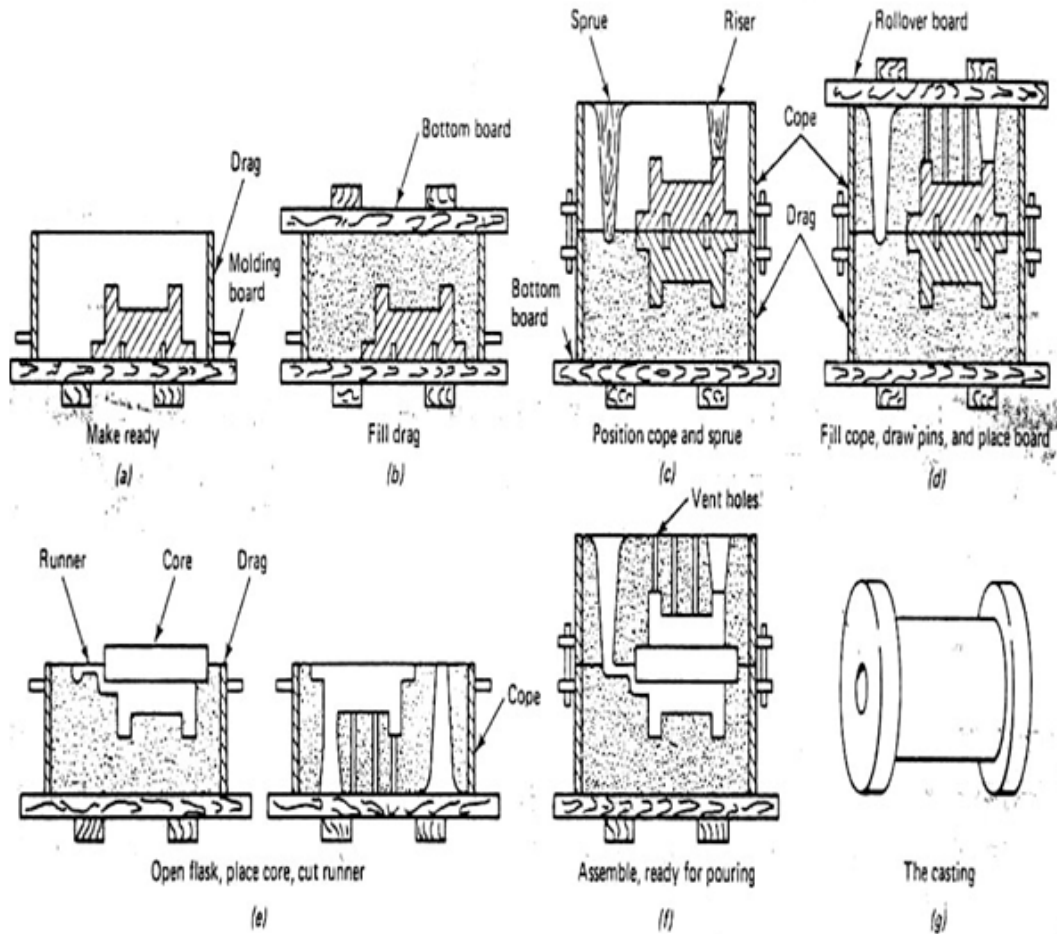
- ٨- طول مدة الاستعمال أي قابلية الرمال للاستخدام أكثر من مرة ومع احتفاظه بخواصه وذلك قابليته لتجديده.
- ٩- إعطاء المسبوك سطح أملس.
- ١٠- قلة ثمنه.
- ١١- اللدونة Plasticity أي قدرة الرمال على اتخاذ أي شكل للنموذج مع الاحتفاظ بهذا الشكل.
- أنواع خلطات الرمل Sand Types
- يوجد العديد من الخلطات الرملية المستخدمة مثل:
- ١- خلطات الرمال الخضراء Green Molding sand وهي خلطة رمل مكونة من الرمال والطيني، حيث يكون الرمال ٦٥,٥٪ والطيني يمثل ٣١,٧٪ والباقي يمثل الماء المضاف للخلطة، يستخدم مثل هذا النوع من الخلطات في المسبوكات الصغيرة.
- ٢- خلطات الرمال الأسمنتية Cement bonded sand وهي خلطة رمال تستخدم فيها أسمنت بورتلاندي في حدود ١٠٪ و ٤,٥٪ ماء ويتم تجفيف هذه الخلطة عن طريق ترك القالب لمدة ٧٢ ساعة (زمن الشك) وبعد التجفيف تصبح هذه الخلطة صلبة ولها مقاومة عالية لذا تستخدم في المسبوكات الكبيرة.
- ٣- المواد الرابطة:
- أ- المواد الرابطة العضوية: وتتكون هذه المواد الرابطة من التالي: زيت بذرة الكتان - النشا - طحين القمح - القار - زيت خروع بنسب تتراوح بين ٠,٥٪ إلى ٣٪ بالوزن بالنسبة للرمال في القالب.
- ب- المواد الرابطة غير العضوية مثل:
- الطحين الحراري - طمي النيل - البنتونايت وهي شائعة الاستخدام في الإنتاج الكمي لمسبوكات كبيرة الحجم. ويتم كبس الرمل باستخدام عدة طرق شكل (١ - ١٠)





شكل (١- ١٠) طرق كبس الرمل

(a) طريقة الرج والدك، (b) طريقة الهز والضغط لأسفل، (c) طريقة الهز والطرق



شكل (١- ١١) خطوات الرئيسية لعمل القالب الرملي لإنتاج ماسورة ذات شفتين



### طريقة عمل القالب الرملي

يتم عمل القالب الرملي بعد تجهيز النموذج والرمل من خلطات رمال معينة تتناسب مع نوع ودرجة حرارة وحجم المسبوكة.

الشكل (١- ١١) يوضح الخطوات اللازمة لإنتاج ماسورة ذات شفتين في قالب من نصفين نصف علوي ونصف سفلي.

### صناعة الدلييك Core Making

يستخدم الدلييك لتشكيل الفراغات الداخلية أو تكوين الكنتور الخارجي لبعض المسبوكات التي يصعب تكوينها بالنموذج، وبذلك يمكن بواسطة الدلييك تكوين أي فراغات مهما كانت درجة تعقيدها حيث يؤدي استخدامه إلى الإقلال من عمليات التشغيل على الماكينات.

وتصنع أغلب الدلائيك من الرمال بخلطات معينة تمتاز بسهولة تكسيورها بعد الانتهاء من عمليات الصب وذلك لتسهيل عملية تنظيف المسبوكات ويستخدم في تصنيع الدلائيك المواد الرابطة العضوية في أغلب الأحيان وذلك نظراً لأن هذه المواد الرابطة تمتاز عند تجميعها بقوة تماسكها في درجة حرارة ٤٠٠°م ولكن عند ارتفاع درجة الحرارة عن هذا الحد تتحلل المادة الرابطة مما يسهل عملية تكسيورها.

وهذا هو أحد الأسباب المهمة لاستخدام هذا النوع من المواد الرابطة - لذلك يتم تحميل الدلائيك في الغالب في أفران تحميل لا تزيد درجة حرارتها عن ٢٨٠°م. بجانب ذلك يجب أن تمتاز خلطات رمال الدلائيك بخاصية تحمل درجات الحرارة العالية دون انصهار، والثبات الحجمي، والنفذية، وقابلية الكسر، ومقاومة للإجهادات في درجات الحرارة العالية.

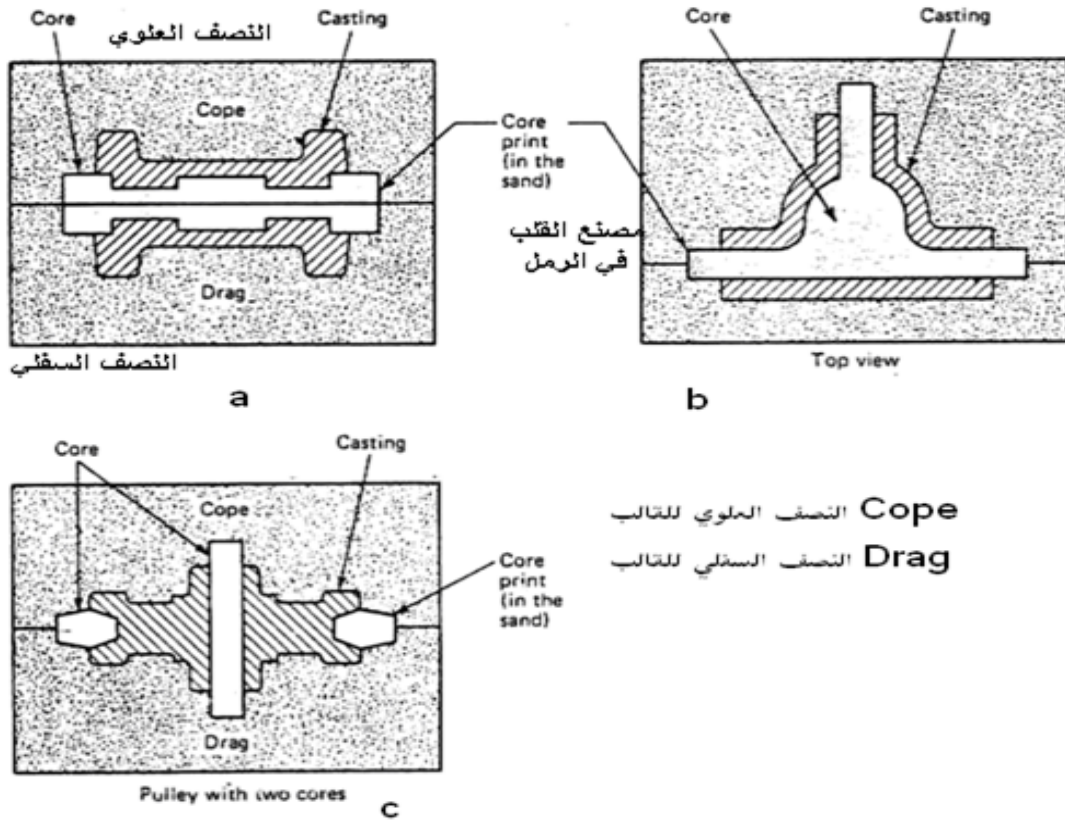
أنواع الدلائيك:

تنقسم الدلائيك في عمليات السباكة حسب وضعها في فراغ القالب فمنها الأفقي (a) والمعلق (b) والرأسي (c) كما هو مبين في شكل (١ - ١٢).

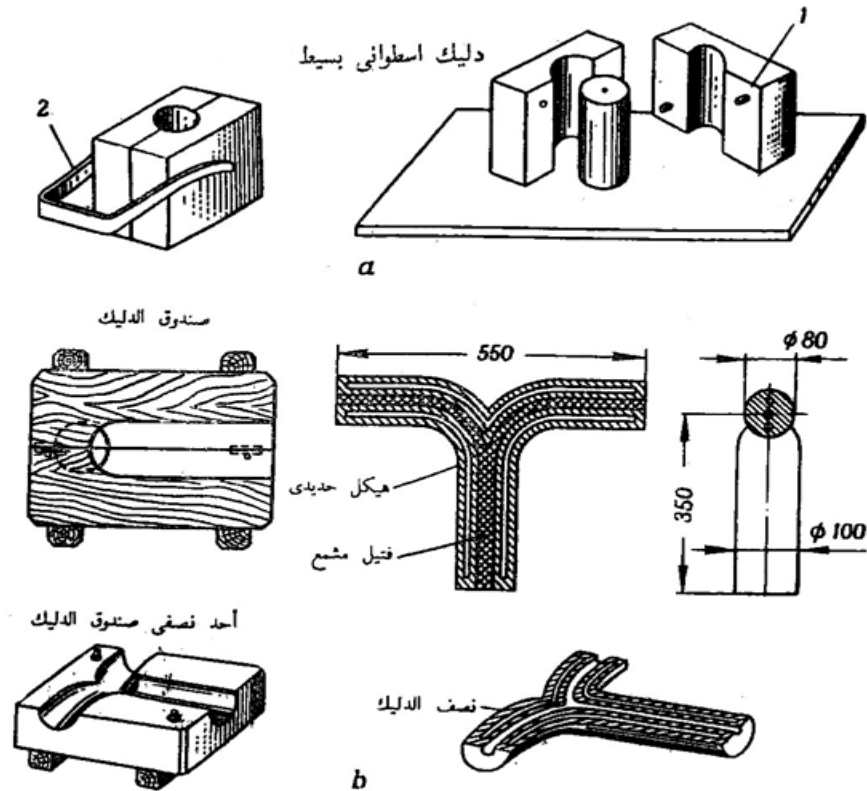
### تجهيز الدلائيك يدوياً في صناديق الدلائيك

يتم تجهيز الدلائيك ذات الأشكال المنتظمة والغير منتظمة سواء كان المقطع دائري أو بيضاوي أو مستطيل أو بخلاف ذلك داخل الصندوق يتكون من نصفين أكثر (Core Box).

وذلك في حالة الأشكال المنتظمة كما هو موضح في الشكل (١ - ١٣ - a) ويجمع النصفين بواسطة الدسر مع ربطهم بواسطة قامطة ٢، وتتم عملية تصنيع الدلييك بواسطة ملئ الفراغ بين نصفي صندوق الدلييك مع الرك اليدوي بعد ذلك يتم إخراج الدلييك من الصندوق كما هو واضح في شكل (١ - ١٣ - b).



شكل (١ - ١٢) الأنواع المختلفة للداليك المستخدمة في السباكة



شكل (١ - ١٣) خطوات إنتاج الدليك يدويا في صندوق الدليك



بعد الانتهاء من عمليات تصنيع الدلائيك والتجفيف فإنه يخضع للعمليات التالية:

أ- التنظيف:

في هذه العملية يتم التهذيب وإزالة الفواصل (الزعانف أو الزيادات) مع التلميع وذلك باستخدام حجر صوان أو أحجار جرخ مع استخدام فرش تلميع للسطح.

ب- ضبط الأبعاد:

الغرض من هذه العملية هي ضبط الأبعاد للدلييك مع التأكيد من مطابقتها للرسومات الفنية وذلك باستخدام أجهزة القياس والفحص (محددات القياس).

ج- التجميع:

في بعض الأحيان نجد أن الدلييك المستخدم يتكون من عدة أجزاء مما يتطلب إجراء عملية التجميع للدلييك قبل وضعه داخل فراغ القالب (مثلاً عدد الدلائيك المستخدمة في محرك السيارة النقل الناصر للسيارة ٩٦ دلييكاً) وتتم عملية التجميع هذه بواسطة استخدام معجون، مسامير، أو الرصاص وفي أغلب الأحيان يفضل استخدام المعجون ويتكون هذا المعجون من خلط (سيليكات الماغنسيوم المميأة)، دكسترين (صمغ نشوي)، مولايس، مع الماء مع بودرة السيليكا، بجانب بعض الإضافات حيث يوضع المعجون بين الدلائيك لتقوم بعملية ربطها.

د- الفحص:

بعد الانتهاء من عملية التجميع يتم عمل الفحص على الدلائيك ككل مع فحص نهائي لإبعاد الدلييك المجمع قبل وضعه داخل فراغ القالب.

### تصميم نظام الصب Gating System :

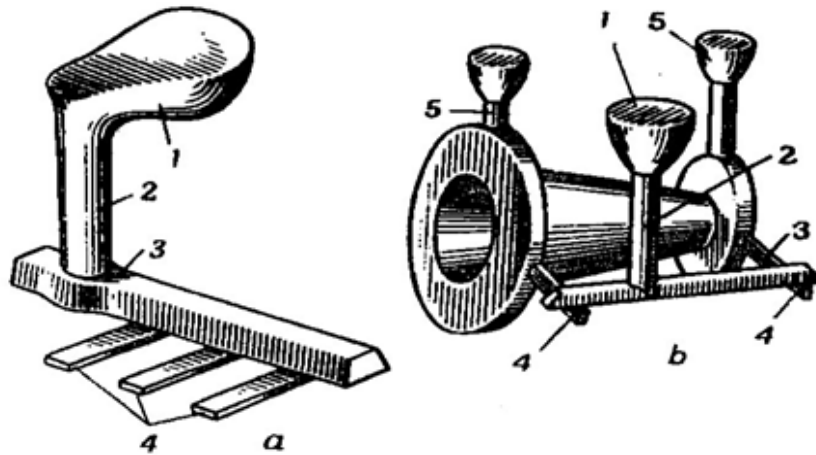
إن تصميم نظام الصب يخضع لقواعد بنيت على أساس نظرية برنولي وعلى معدلات سريان الموائع، ويستخدم نظام الصب بغرض توصيل المعدن المنصهر إلى فراغ القالب بالكمية المناسبة والزمن المناسب والسرعة المناسبة مع إمكانية حجز الخبث والشوائب من الدخول إلى جسم المسبوك والشكل (١ - ١٤)، (١٥ - ١) يوضح المكونات الرئيسية لنظام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

(١) قذح الصب (وعاء الصب) Pouring Cup

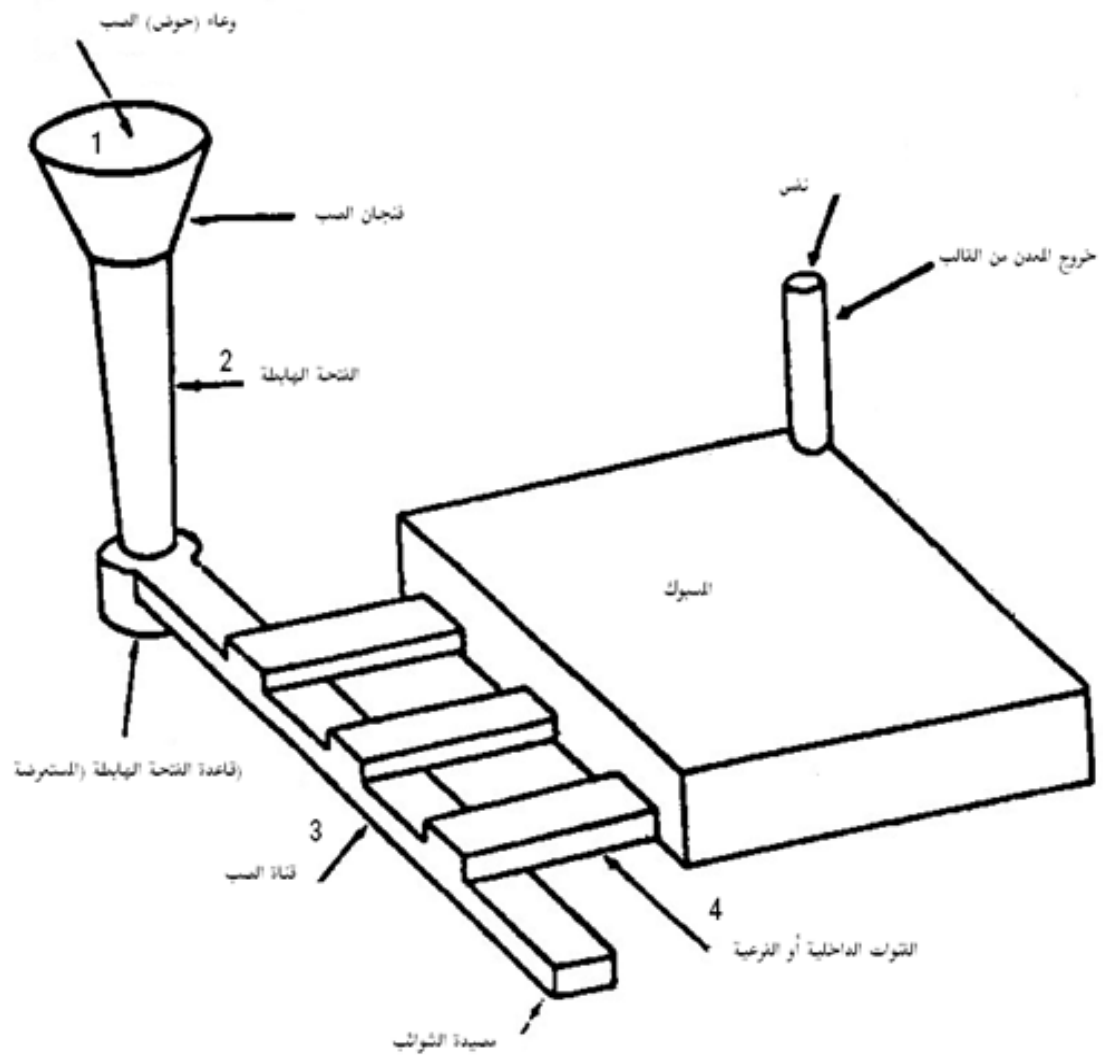
عبارة عن خزان يصب فيه المعدن من البودقة لتوجيهه إلى الصب بالكمية المناسبة وفي الوقت نفسه ويمنع الخبث من الدخول إلى تجويف القالب .

(٢) المصب (الفتحة الهابطة) Sprue

عبارة عن قناة رأسية مقطوعها دائري ومسلوقة بسلبية قدرها ٢ - ٤ %



شكل (١ - ١٤) مكونات جهاز الصب



شكل (١ - ١٥) جهاز الصب



(٣) المجرى (قناة الصب ) Runner

عبارة عن قبات أفقية مقطوعها على شكل شبه منحرف .

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

وهي قنوات أفقية مقطوعها 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 .

للحصول على أبعاد مناسبة لنظام الصب فإنه يتم حساب الآتي :

أولا : زمن الصب

إن العامل المؤثر في زمن الصب هي نوع معدن المسبوك وأقل سمك لحوائط المسبوك حيث أنه كلما قل سمك الحائط المسبوك فلا بد من تقليل زمن الصب حتى لا يتجمد المعدن في الحوائط الرفعية أثناء الصب . وهناك مجموعة من المعادلات التجريبية التي تستخدم في حياتنا العملية لحساب زمن الصب وهي :

١ - حساب زمن الصب بطريقة ديترتا Dieterta

نستخدم هذه المعادلة في حساب زمن الصب في حالة المسبوكات ذات سمك حوائط الصغيرة والمتوسطة لمسبوكات سبائك النحاس والألمنيوم والزهر

$$T = S\sqrt{G\delta} \quad \text{sec}$$

حيث T = زمن الصب بالثانية

G = وزن المعدن المصبوب كجم

S = معامل يعتمد على سمك المسبوك مم

٢ - حساب زمن الصب بطريقة سوبوليوف Sobolev

نستخدم هذه المعادلة في حساب زمن الصب في مسبوكات ذات الحوائط المتوسطة والسميكة لمسبوكات الزهر والصلب

$$T = S_1 x \sqrt{G\delta} \quad \text{Sec.}$$

حيث:





$S_1$  = معامل يعتمد على نوع المعدن والسمك المتوسط لحوائط المسبوك

$\delta$  = السمك المتوسط لحوائط المسبوك مم

جدول (١ - ٢) & (١ - ٣) يبين قيم  $\delta$  &  $S_1$  لمعادن المسبوكات المختلفة

جدول (١ - ٢): قيمة معامل الزمن  $\delta$  لمعادلة ديترتا

سمك الحائط بـ mm							نوع المعدن
5-6	5-6	7-9	9-14	15-21	21-40	40	
1.9	1.94	1.98	2.05	2.2	2.3	2.4	سبائك الألمنيوم
1.13	1.15	1.17	1.21	1.26	1.34	1.5	سبائك النحاس
1.14	1.22	1.33	1.47				زهر جرافيت كروي
1.63	1.77	1.95	2.2				زهر مرن
1.71	1.93	2.14	2.35				زهر رمادي
	1.1:1.5						صلب

جدول (١ - ٣): قيمة المعامل  $S_1$  لمعادلة سوبوليف

قيمة $S_1$		طريقة دخول المعدن إلى فجوة القالب	نوع معدن المسبوك
حرارة مرتفعة	حرارة عادية		
1.4 – 1.5	1.3	دخول المعدن من أسفل ، مدخل ، مدرج ، حوائط	الصلب
1.6 – 1.5	1.4	دخول سبيكة من نصف ارتفاع المسبوك	
1.6 – 1.8	1.5 – 1.6	دخول المعدن من أعلى المسبوك	
2	1.8	لا يعتمد على طريقة دخول المعدن	الزهر
3	1.7	لا يعتمد على طريقة دخول المعدن	ألومنيوم مصبوب في قوالب رملية



1.9	لا يعتمد على طريقة دخول المعدن	نحاس أصفر
2 - 2.1	لا يعتمد على طريقة دخول المعدن	برونز

جدول (١ - ٤): قيمة معامل الاحتكاك  $\mu$  لمسبوكات الصلب والزهر

درجة تعقيد المسبوك			نوع القالب	نوع معدن المسبوك
صغير	متوسط	كبير		
0.5	0.42	0.35	أخضر ( وبه رطوبة )	مسبوكات الزهر
0.6	0.48	0.41	جاف	
0.42	0.32	0.25	أخضر (وبه رطوبة )	مسبوكات الصب
0.5	0.38	0.3	جاف	

٣. حساب الارتفاع المتوسط لعمود الضغط الاستاتيكي للمعدن:

يمكن حساب قيمة متوسط الضغط الاستاتيكي من المعادلة

$$H_p = H_o - \frac{P^2}{2C} \quad \text{cm}$$

حيث:

$H_o$  = المسافة بين نقطة الصب ونقطة دخول المعدن (أقصى ضغط استاتيكي )

$H_p$  = متوسط الضغط الاستاتيكي

$P$  = الارتفاع بين نقطة دخول المعدن وأعلى نقطة في المسبوك سم .

$C$  = الارتفاع بين أقل وأعلى نقطة في المسبوك سم .

٤ - حساب مساحة مقطع أصغر قناة في نظام التغذية (  $F_z$  أو  $F_s$  )

يمكن حساب قيمة أصغر قناة في نظام التغذية من المعادلة التالية :

$$F = \frac{G}{\mu \cdot T \cdot \gamma \sqrt{2gH_p}} \quad \text{cm}^2$$

حيث:

$G$  = الوزن الكلي للمعدن kg

$\mu$  = معامل الاحتكاك بين المعدن والقالب .





$$T = \text{زمن الصب Sec.}$$

$$\gamma = \text{الوزن النوعي لمعدن المسبوك kg / cm}^3$$

$$g = \text{عجلة الجاذبية ٩٨١ cm / sec}^2$$

$$H_p = \text{الارتفاع المتوسط لعمود الضغط الاستاتيكي cm}$$

جدول (١ - ٤) يبين قيم معامل الاحتكاك  $\mu$  لمسبوكات الصلب والزهر

أما بالنسبة للمسبوكات الغير حديدية ( سبائك الألمنيوم والنحاس والمغنسيوم.... الخ ) فإن قيمة  $\mu = 0.3 - 0.4$  في حالة المسبوكات ذات حوائط رفيعة معقدة أو  $\mu = 0.7 - 0.8$  في حالة المسبوكات ذات الحوائط السميكة الضخمة .

مثال ١ : احسب زمن الصب بطريقة ديترتا لمسبوك من سبيكة النحاس إذا كان سمك حائط الصب 10mm والمعامل (s) = 1.21 ووزن المسبوك 5.4kg

الحل:

ملاحظة :سمك حائط الصب مهمل في معادلة ديترتا للحوائط الصغيرة

$$T = S\sqrt{G\delta} \text{ Sec}$$

$$T = 1.21\sqrt{5.4}$$

$$T = 2.8 \text{ ,}$$

(٢) احسب زمن الصب بطريقة سوبوليف إذا كان المعدن المسبوك وزنه 40kg وسمك حائط المسبوك

$$32\text{mm والمعدن المسبوك حديد الزهر ومعامل المعدن } S1=1.8$$

الحل:

$$T = 1.8\sqrt{40 \times 32}$$

$$T = 64 \text{ sec}$$

مثال ٣ : احسب الارتفاع المتوسط لعمود الضغط الاستاتيكي إذا كانت المسافة بين نقطة الصب ودخول

المعدن = 12cm والمسافة بين نقطة دخول المعدن وأقصى ارتفاع للمسبوك داخل القالب 8.4cm

وارتفاع المسبوك الكلي 14.32cm

الحل:

$$h_p = H_o - \frac{P^2}{2C}$$

$$= 12 - \frac{(8.4)^2}{2 \times 14.32}$$

وهو أقصى ضغط استاتيكي للمعدن  $h_p = 9.5\text{cm}$



مثال ٤ : احسب مساحة مقطع قناة التغذية إذا كان المعدن المطلوب سباكته من الزهر الرمادي وزنه 15kg ومعامل الاحتكاك للمعدن المسبوك مع رمال القالب 0.36 وكان سمك حائط المسبوك 30mm ومعامل صب هذا المعدن 1.7 ووزنه النوعي  $7.8 \text{ gram/cm}^3$  وارتفاع المتوسط العمود الضغط الاستاتيكي  $h_p=10\text{cm}$

الحل:

$$\therefore T = S_1 \sqrt{G\delta}$$

$$= 1.7 \sqrt{15 \times 30} = 36 \text{ sec}$$

وبالتعويض في معادلة حساب مساحة مقطع قناة التغذية (F)

$$F = \frac{G}{\mu x T x \gamma x \sqrt{2 g h_p}}$$

$$= \frac{15}{0.36 \times 36 \times 7.81 \times 10^{-3} \sqrt{2 \times 981 \times 10}}$$

$$F = \frac{15 \times 10^3}{14177} = 1.1 \text{ cm}^2$$

### ١-٣ - سباكة القوالب الدائمة Permanent Mould Casting

مما سبق نري أن القوالب الرملية تستعمل مرة واحدة وتتحطم عند إخراج المسبوكات ، لذا تستعمل القوالب المعدنية (الاسطوانات) في إنتاج المسبوكات بحيث يمكن تكرار استعمالها مرات عديدة ، ويستعمل عادة الحديد الزهر الرمادي أو الصلب في صنع القوالب ، وفي الغالب تعد فجوة القالب تبعا لشكله التقريبي ثم تستعمل ماكينات التشغيل لتشطيبيها إلى أبعادها النهائية ، وتعطي القوالب المعدنية أسطحا ملساء وأبعاد دقيقة للمسبوكات وتستعمل للسبائك الخفيفة مثل سبائك الألومنيوم والماغنسيوم دلائيك معدنية وتستعمل للسبائك الغير حديدية الثقيلة والزهر والصلب دلائيك من رمل الدليك.

والمعادن الرئيسية التي يمكن صبها بهذه الطريقة هي الألومنيوم والماغنسيوم والزنك والرصاص وسبائكها وكذلك سبائك النحاس الأحمر كما أن هذه الطريقة لا تتناسب معظم مسبوكات الصلب لارتفاع درجة حرارة انصهاره والشكل (١- ١٦) يبين قالب معدني مكون من جزئين.

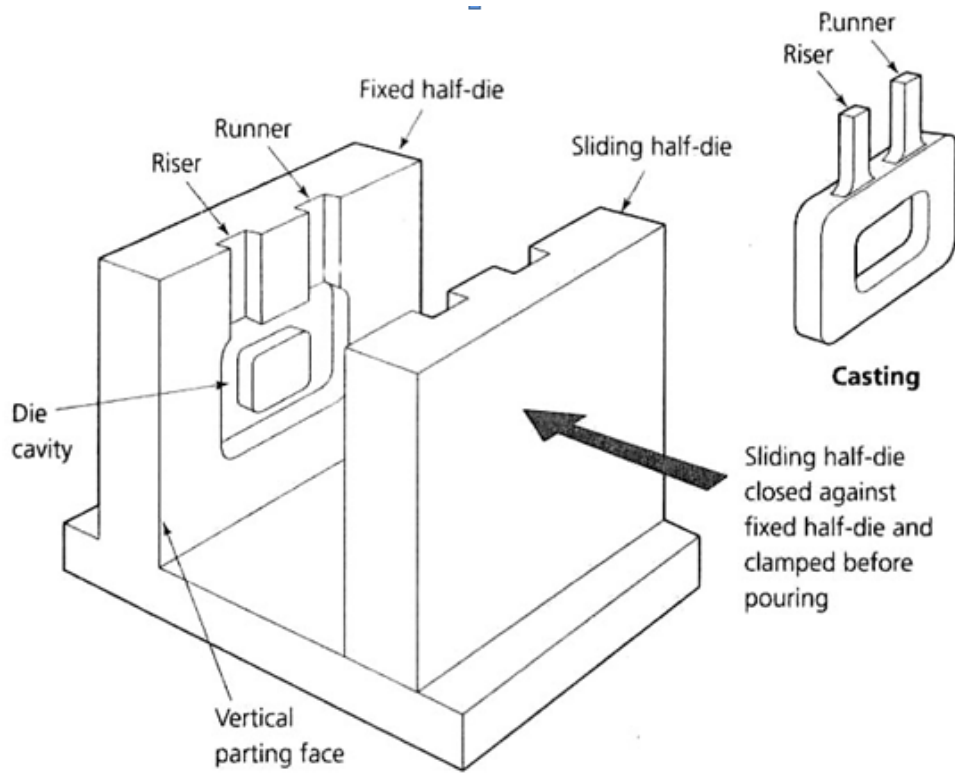
والمسبوكات الناتجة بالقوالب المعدنية ذات بنية صغيرة الحبيبات وخواص ميكانيكية مرتفعة ولكن تنشأ اجهادات حرارية في الطبقات السطحية نتيجة سرعة التبريد

ومن مزايا السباكة في القوالب المعدنية ما يلي:

أ - إمكانية استعمال القالب المعدني لعدد كبير من المسبوكات.



- ب- إمكانية السيطرة على مقاسات المسبوك بدقة أكبر مما في السباكة الرملية.
- ج- الانجاز السطحي للمسبوكات يكون أفضل من مسبوكات السباكة الرملية.
- د- اختفاء عدد من العيوب التي تحدث في مسبوكات السباكة الرملية.



شكل (١ - ١٦) قالب معدني مكون من جزئين أحدهما ثابت والآخر متحرك

بينما أهم عيوب السباكة في القوالب المعدنية ما يلي:

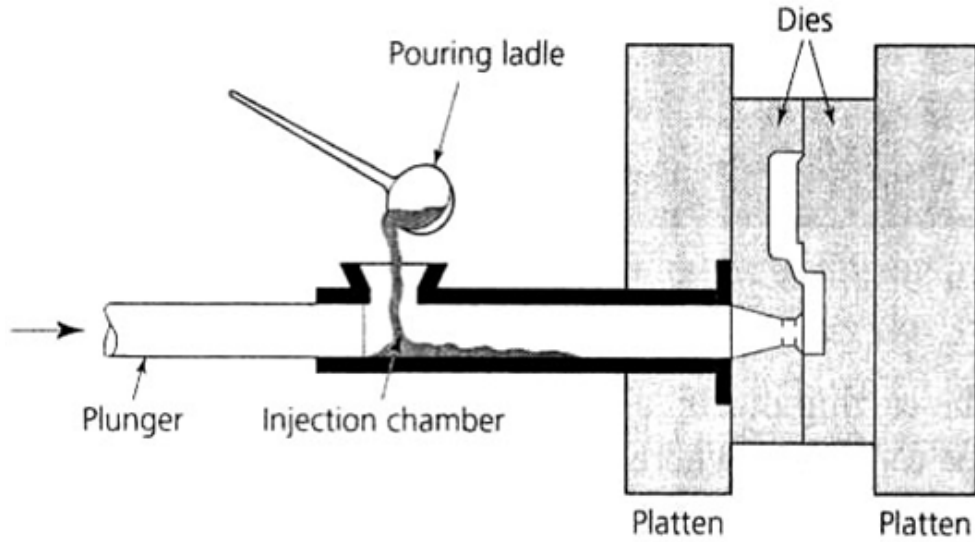
- أ- محدودية أنواع السبائك والمعادن الممكن سبائكها بهذه الطريقة استناداً على قابلية معدن القالب لتحمل درجات الحرارة العالية.
- ب- إن الاختلاف في سرعة تبريد المعدن المنصهر يسبب بعض المشاكل مثل الجهود الحرارية التي قد تسبب التشققات حيث إن المعدن المنصهر الذي يلامس جدران القالب المعدني سوف يجمد بسرعة أكثر من المعدن الذي يكون بعيداً عن جدران القالب.

#### السباكة في القوالب المعدنية تحت الضغط:

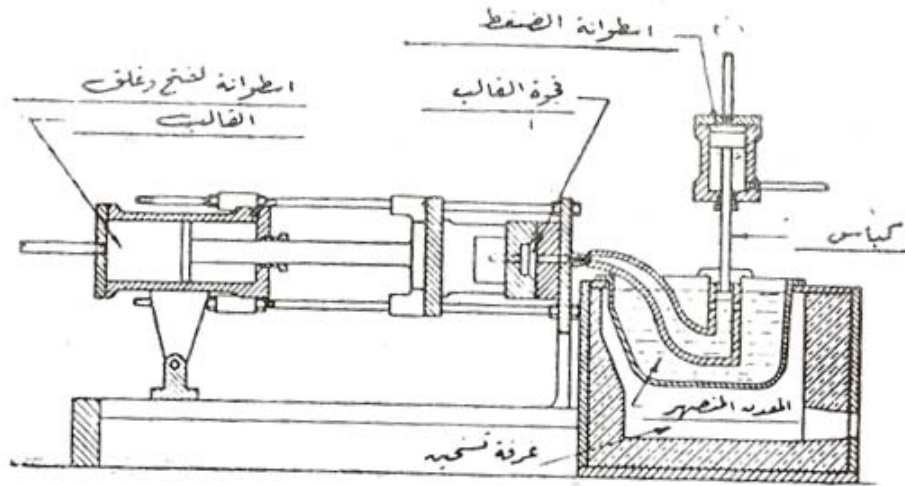
وهي شبيهة بالأسلوب المذكور أعلاه، مع الاختلاف في أن المعدن المنصهر سوف يضغط إلى داخل فراغ القالب بواسطة مكبس يعمل تحت ضغط الهواء أو السوائل. ومن المعادن والسبائك التي تسبك عادة



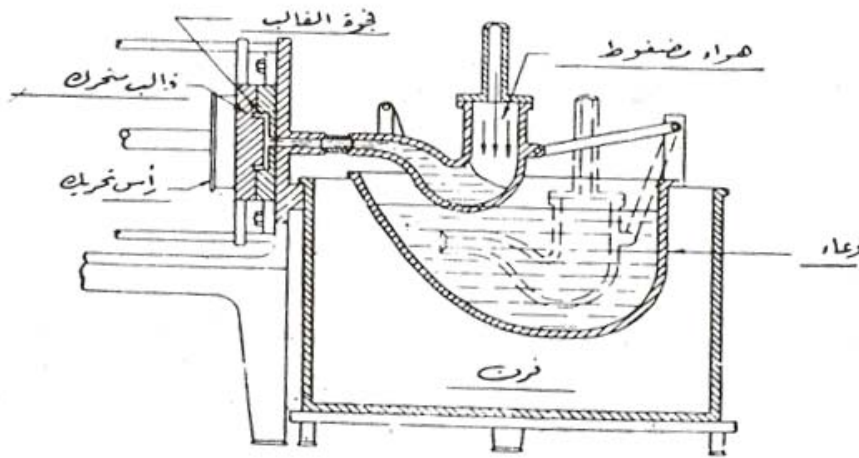
بهذه الطريقة هي معادن الخارصين وسبائكها والألمنيوم والنحاس والرصاص شكل (١ - ١٧)، (١ - ١٨)، (١ - ١٩).



شكل (١ - ١٧) السباكة في القوالب المعدنية تحت الضغط  
(طريقة الغرف الباردة لسباكة الألمنيوم والنحاس)



شكل (١ - ١٨) رسم تخطيطي لقالب معدني تحت تأثير الضغط (الغرف الساخنة).



شكل (١ - ١٩) رسم تخطيطي لماكينة صب في قالب معدني

(يسلط الضغط بواسطة الهواء المضغوط)

ومن مزايا السباكة في القوالب الدائمة تحت الضغط ما يلي:

- أ- الدقة العالية في المسبوكات مع سرعة عالية في الإنتاج.
- ب- بالإمكان سباكة المسبوكات الرقيقة المقاطع والمعقدة الأشكال.
- ج- تحسن عالٍ جداً في الإنجاز السطحي للمسبوكات.
- د- اختفاء عدد أكبر من العيوب التي تحدث في السباكة الرملية.
- هـ- ارتفاع في مقاومة ومتانة المسبوكات.

أما عيوب السباكة في القوالب المعدنية تحت الضغط فكما يلي:

- أ- ارتفاع تكاليف صناعة القوالب وصيانتها.
- ب- محدودية السبائك الممكن سباكتها بهذه الطريقة.

### الصب في الاسطوانات (سباكة الاسطوانات)

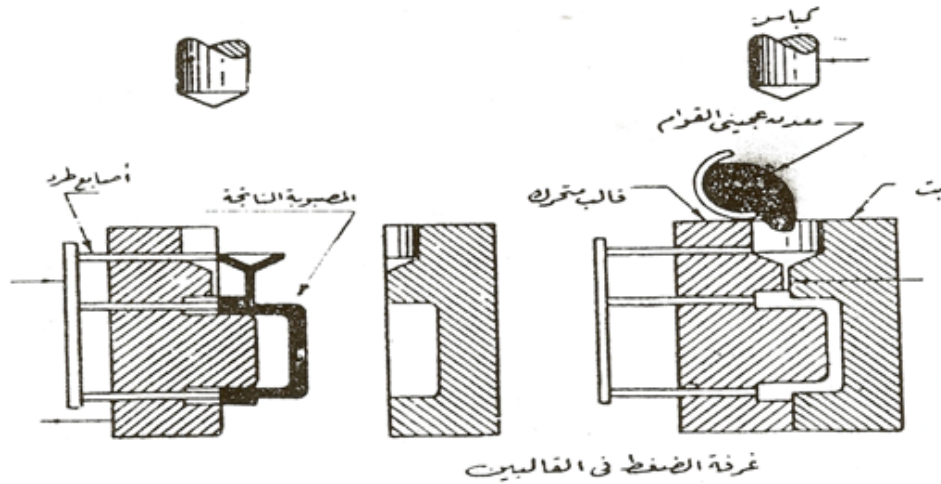
عند الصب في الاسطوانات يدفع المعدن المنصهر إلى فجوة القوالب تحت ضغط عال ناتج عن تسليط هواء مضغوط أو كباس، شكل (١ - ٢٠)، (١ - ٢١) وتستخدم هذه الطريقة في صب المعادن التي درجات انصهارها منخفضة مثل الزنك والقصدير والرصاص وكان استخدام النحاس الأصفر وهو منصهر في القوالب المعدنية يؤدي إلى صعوبات ناتجة عن درجات الحرارة العالية وسرعة تأكسد القوالب المصنوعة من الصلب.

ويمتاز الصب في الاسطوانات بإمكان الحصول على:

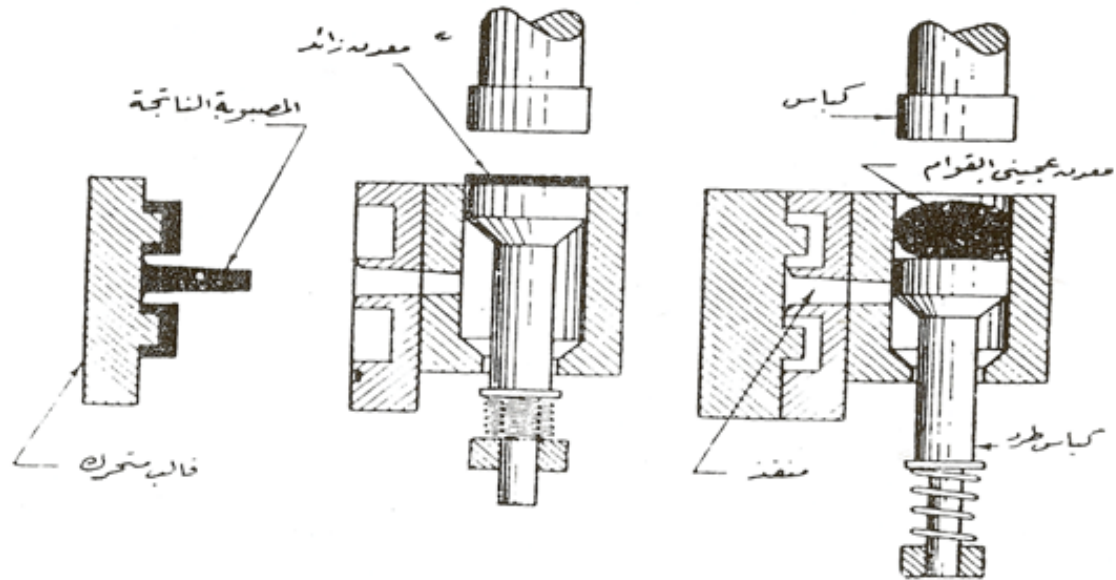
- معدلات إنتاج عالية الدقة البالغة في مقاسات المصبوبات الناتجة
- عمل المصبوبات الصغيرة ذات الجدران الرقيقة



- إمكان استعمال القالب بدقة وملائمة أسطح المصبوبات المنتجة
- زيادة متانة وجودة كثير من المصبوبات .



شكل (١ - ٢٠) سباكة الاسطمبات: (غرفة الضغط في القالبين)



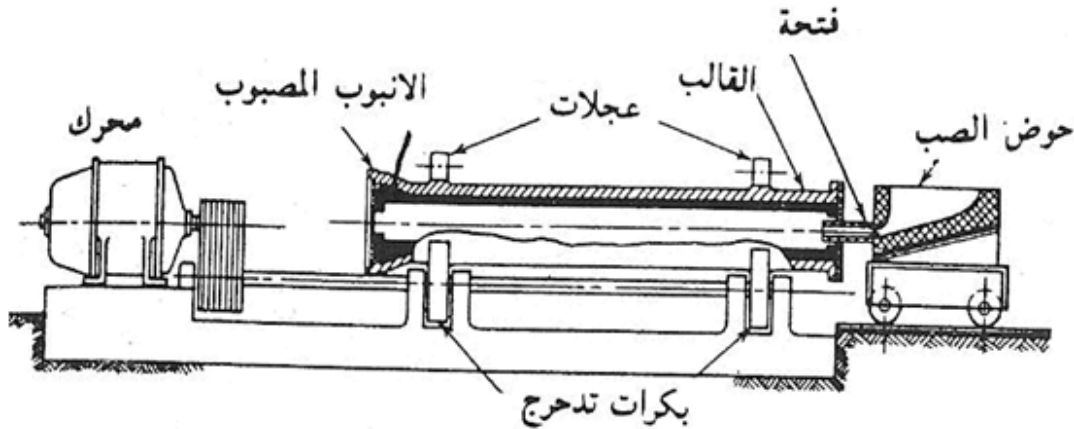
شكل (١ - ٢١) سباكة الإسطمبات: غرفة الضغط منفصلة عن القالب

ومن ناحية أخرى يمكن استخدام قوالب معدنية من معادن تتحمل درجات الحرارة العالية بحيث يحقن فيها المعدن المنصهر ليملاً فراغ القالب ثم يترك لبضعة دقائق حتى يتجمد ويفتح القالب آلياً لاستخراج المسبوك ثم يعاد غلق القالب وإعادة حقنه وهكذا، وتسمى هذه الطريقة بسباكة الاسطمبات (القوالب المعدنية) بالضغط، وهذه الطريقة تصلح للإنتاج الغزير الذي يتجاوز عدة آلاف من القطع إلى الملايين

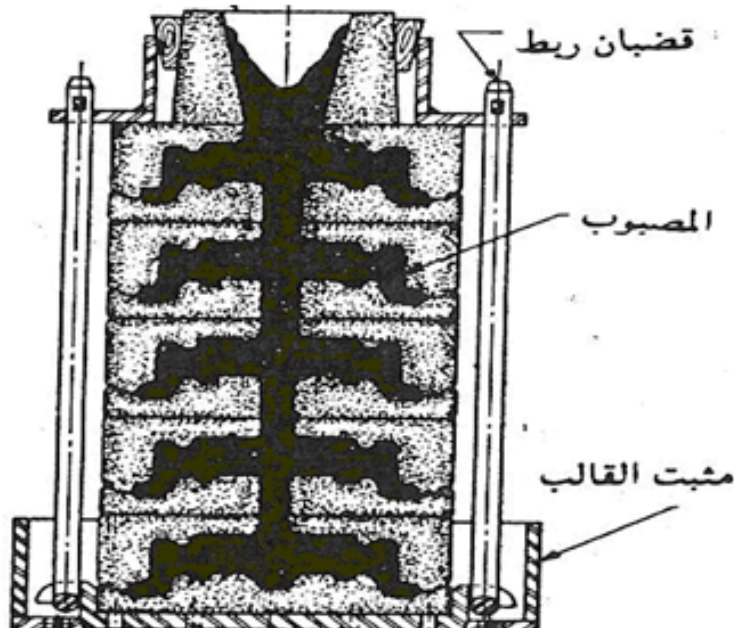




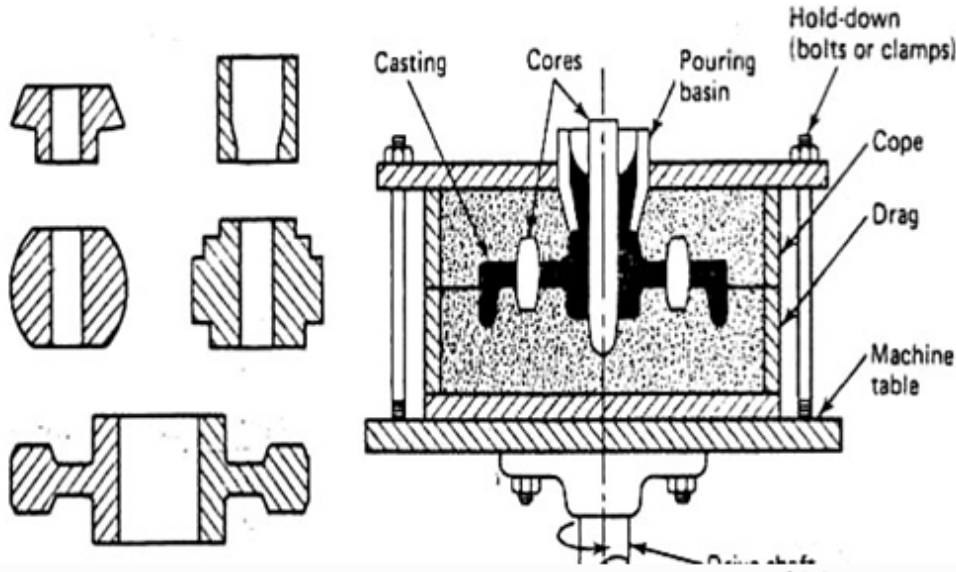
تتم السباكة بالطرد المركزي عندما يصب المعدن السائل داخل قالب أسطواني يدور بسرعة معينة فتقذفه القوة الطاردة المركزية إلى جدران القالب فيتجمد ملتصقا بها مكونا مسبوك على شكل أسطوانة مفرغة من الداخل ، لذلك تستخدم هذه الطريقة في إنتاج مسبوكات من الزهر والصلب وسبائك الألومنيوم وسبائك النحاس مثل المواسير للأغراض الصحية والجبب والشمايز....الخ وتمتاز هذه الطريقة بالإنتاجية العالية وعدم وجود دليك ونفاسات ومصابات هذا بجانب خلو المنتج من الفقائيع والغازات (بخبخة) ويتم استغلال ٩٠٪ من المعدن المصبوب ، وتنقسم سباكة الطرد المركزي إلى نوعين حسب وضع محور الدوران أي سباكة الطرد المركزي الأفقي وسباكة الطرد المركزي رأسي والأشكال (١- ٢٢)، (١- ٢٣)، (١- ٢٤)، (١- ٢٥) تبين النوعين .



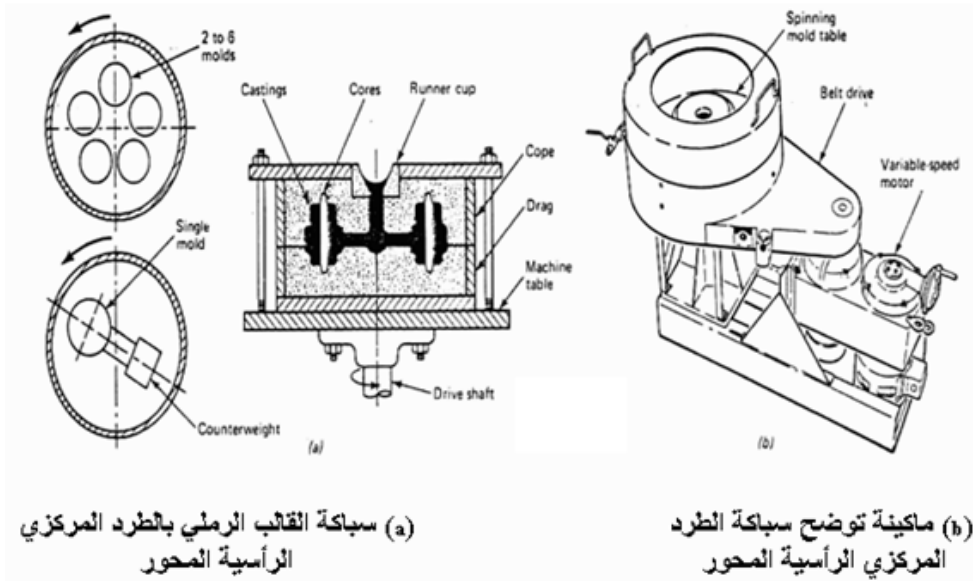
شكل ١- ٢٢



شكل ١- ٢٣



شكل ١ - ٢٤



(a) سبائك القالب الرملي بالطرد المركزي الرأسية المحور

(b) ماكينة توضيح سبائك الطرد المركزي الرأسية المحور

شكل (١ - ٢٥) سبائك الطرد المركزي رأسية المحور

وتستعمل طريقة سبائك الصب المركزي ذو المحور الرأسي في حالة المسبوكات ذات الارتفاعات القليلة مثل تيجان التروس البرونزية والأطواق وسبائك كراسي المحاول بينما تستعمل الطريقة ذات المحور الأفقي في حالة المسبوكات الطويلة مثل مواسير الزهر الصحي وقمصان أسطوانات المحركات (الشمائز) والجلب، شكل (١ - ٢٤)، (١ - ٢٥).

ويجب أن يؤخذ في الاعتبار درجات حرارة القالب عند الصب:

لمسبوكات البرونز القصديري (c) 150-200

لمسبوكات البرونزي الرصاص العالي (c) 180-250 °





لمسبوكات الزهر (c) 150-200°

لمسبوكات الصلب (c) 400°

ويحسب قيمة عدد اللفات من المعادلة التالية :

في حالة سباكة الطرد المركزي الأفقي

$$n_{\min} = 9.6 \sqrt{\frac{g}{r_1} \left( 7 - \frac{r_1^2}{R^2} \right)} \text{ rpm}$$

حيث

$n_{\min}$  = أقل عدد لفات الدوران في الدقيقة للقالب rpm

$g$  = عجلة الجاذبية م/ثانية  $M/S^2$

$r_1$  = نصف القطر الداخلي للمسبوك M

$R$  = نصف القطر الخارجي للمسبوك M

ولحساب في حالة سباكة الطرد المركزي الرأسي :

$$n_{\min} = \frac{k}{600\sqrt{R}}$$

$R$  = نصف قطر القالب (نصف قطر المسبوك الخارجي) M.

$K$  = معامل قيمه على النحو التالي:

(٢٦٠٠ - ٣٥٩٠) = الألمنيوم وسبائك

(١٨٠٠ - ٢٥٠٠) = مسبوكات الزهر

(١٩٠٠ - ٢١٥٠) = مسبوكات الصلب

وتصنع قوالب الصب من الزهر الرمادي مع الدهان بطبقة من الجرافيت لسبائك الألمنيوم ،

النحاس ومواسير الزهر الصحي ، ومن الزهر الكروي لسبائك النحاس

ومن الصلب في حالة مواسير المياه ومواسير الصحي

ويجب دهان السطح الداخلي للقالب الدوار قبل الصب بطبقة سمكها (٠,٥ - ١ مم) لحماية القالب

وهذه المادة في الغالب تتكون من طين حراري وبودرة الاسيستون ،

الماجنتيت ، الطباشير والجرافيت وكربون مع إضافة ماء الزجاج ، النفط ، زيوت نباتية وبوراكس

، ألافونيا ، النشا كمواد رابطة.

مميزات السباكة بالطرد المركزي :



- ١- يكون معدن المسبوك نظيفا لان أية محتويات غريبة بالمعدن المنصهر تتجمع عند السطح الداخلي للفجوه الداخلية وذلك لقلة كثافتها عن المعدن وبالتالي يمكن إزالتها بطرق التشغيل المختلفة
  - ٢- نحصل منها على معدن مندمج ومتجانس حيث أن المعدن يتجمد وهو واقع تحت ضغط
  - ٣- لا تحتاج إلى دليك داخلي
  - ٤- لا تحتاج إلى مصبات ومجاري وأعمدة تغذية وبالتالي تتخفف كمية المعدن المفقود
- مثال: احسب أقل عدد لفات لماكينة سباكة بالطرد المركزي الرأسي لإنتاج صداقة بقطر خارجي 160CM إذا كان المعدن من الزهر المسبوك (خذ  $K=2400$ )

الحل:

$$n_{\min} = \frac{k}{600\sqrt{R}}$$

$$= \frac{2400}{600\sqrt{0.8}}$$

$$= \frac{2400}{536}$$

$$n_{\min} = 4.5.r.p.m$$

مثال: احسب أقل عدد لفات لماكينة سباكة طاردة مركزية أفقية عند سباكة أسطوانة قطرها الخارجي 140cm والداخلي 100cm (اعتبر عجلة الجاذبية الأرضية  $10m/sec^2$ )

الحل:

$$n_{\min} = 9.6\sqrt{\frac{g}{r_1}\left(7 - \frac{r_1^2}{R^2}\right)}$$

$$n_{\min} = 9.6\sqrt{\frac{10}{0.5}\left(7 - \frac{(0.5)^2}{(0.7)^2}\right)}$$

$$= 9.6\sqrt{129.79}$$

$$n_{\min} = 109r.p.m$$

مثال :

احسب أقل قطر خارجي لأسطوانة يراد إنتاجها بطريقة السباكة بالطرد المركزي الرأسي إذا كان المعدن المستخدم لسباكة الأسطوانة هو سبيكة الألمنيوم وأقل عدد لفات السبك 5.r.p.m (خذ  $k=3500$ )

الحل:

$$n_{\min} = \frac{k}{600\sqrt{R}}$$



$$5 = \frac{3500}{600\sqrt{R}}$$
$$R = \left( \frac{3500}{5 \times 600} \right)^2$$
$$R = 1.36 \text{ met}$$
$$D = 2.72 \text{ met}$$

#### ١- ٥- سباكة في القوالب الدقيقة

وتنقسم إلى سباكة القوالب القشرية وسباكة الشمع المفقود

##### ١- سباكة القوالب القشرية

لإنتاج هذا النوع من المسبوكات يتم تحضير خلطة قالب مكونة من رملة كوارتر مضاف إليها مادة رابطة (٤ - ٨٪) راتنجات صناعية ومصلد في حدود (١٠ - ١٢٪) من وزن المادة الرابطة هذا بجانب ١٪ كيروسين ولهذا الخليط المذكور قابلية التحميص وتكوين قشرة عند تلامسه مع سطح نموذج معدني مسخن من 250°C إلى ٢٨٠.

طريقة تجهيز القالب القشري وهو مكون نصفين :

حيث (a) في شكل (١ - ٢٦) يمثل النموذج المعدني وبعد تسخين النموذج يركب على الخزان المعدني الموجود به خلطة القالب (وضع b)، يدار الخزان بلوحه النموذج ١٨٠ ويبقى على هذا الوضع لمدة ١٥ إلى ٢٠ ثانية (الوضع c) وفي هذه المدة تتكون على سطح النموذج قشرة رقيقة من الخليط سمكها ٥ - ١٢ مم ثم يدار الخزان المعدني (c) ليعود إلى الوضع الأول .

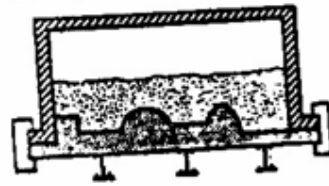
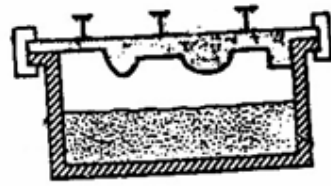
وذلك لوضعها في فرن تحميص تصل درجة حرارة 250°C - ٣٠٠ لمدة ٣٠ - ٤٠ ثانية وذلك لزيادة متانة القشرة الناتجة بعد ذلك يتم سحب القشرة الناتجة من على النموذج (الوضع d) وبنفس الطريقة يتم تجهيز مع النصف الثاني من القالب بعد ذلك يتم إرسال النصفين إلى قسم التجميع لتكوين القالب (e).

وذلك باستخدام المواد اللاصقة بذلك أو مسامير أو كباسين القوالب ، وتوضع القشرة راسيا ، بعد ذلك يكون القالب جاهز للصب حيث يتم صب المعدن المنصهر في الفراغ المتكون بين نصفي القشرة ، ثم تكسر هذه القشرة بعد تجمد المعدن للحصول على المسبوك ويمكن بنفس الطريقة إنتاج الدلائيك أن كان المسبوك في حاجة إلى ذلك .



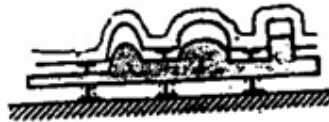
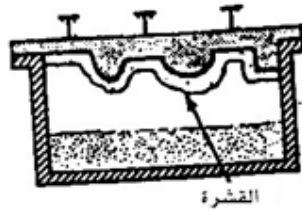
ويمكن في القوالب القشرية سباكة الزهر والصلب والمعادن الغير حديدية وبالذات في حالة الإنتاج الكمي للمسبوكات الصغيرة معقدة مثل الاسطوانات وراس الاسطوانات ذات الزعانف (في محركات التبريد بالهواء ) أجزاء الطلمبات .... الخ  
والمسبوكات الناتجة لها درجة دقة عالية هذا علاوة على نعومة سطحها .

b - الدوران 180 درجة لتكوين القشرة      B - وضع النموذج باللوح الساخن على خزان خلطة الرمل

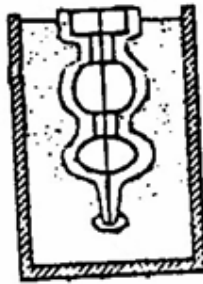


C - الرجوع إلى الوضع الأول بعد تكوين القشرة

d - فصل القشرة عن سطح القالب



Θ - تجميع نمطي القالب استعدادا للنصب



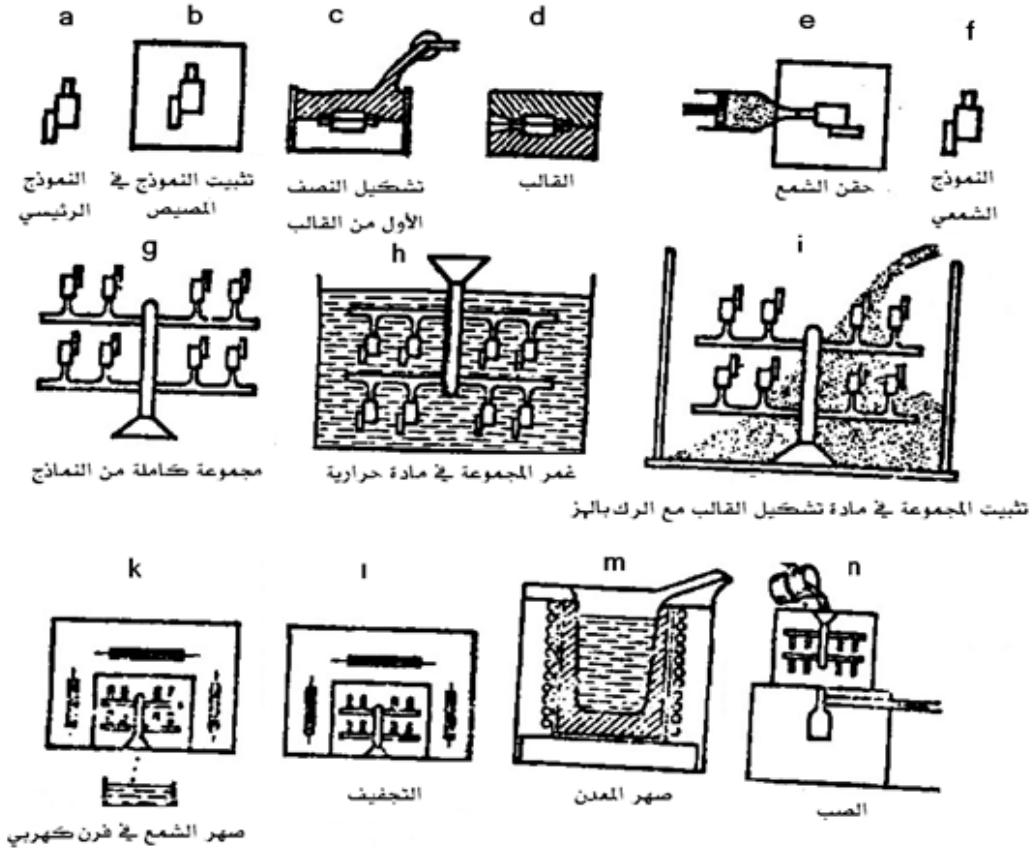
شكل (١ - ٢٦) طريقة تجهيز القالب القشري لسباكة القشرة

٢ - سباكة الشمع المفقود (Lost wax method (investment casting)

تسمى هذه الطريقة إما سباكة الشمع أو السباكة الدقيقة أو السباكة ذات النموذج المنصهر ، وتستخدم هذه الطريقة في الإنتاج الكمي للمسبوكات ويمكن بهذه الطريقة الحصول على مسبوكات ذات سطوح ناعمة تستخدم بدون عمليات تشغيل وتتلخص هذه الطريقة في الاتي كما في شكل (١ - ٢٧)  
(١ - ٢٨):



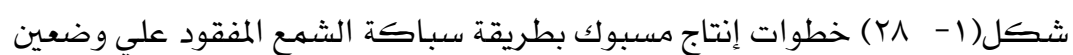
- ١- يصنع نموذج رئيسي للشكل المطلوب سباكته وقد يكون هذا النموذج من المعدن أو الخشب أو أي مادة أخرى سهلة التشكيل .
  - ٢- باستخدام النموذج الرئيسي يصنع قالب رئيسي من معدن ذو درجة انصهار منخفضة أو من الصلب وعند استخدام الصلب يشكل فيه مباشرة دون الحاجة إلى النموذج الرئيسي أما عند استخدام المعادن المنخفضة الانصهار أو الجبس فيصب القالب مباشرة حول النموذج الرئيسي .
  - ٣- تنتج النماذج الشمعية (أو البلاستيك أو أية مادة أخرى سهلة الانصهار أو التبخير أو الاحتراق كلية دون ترك مخلفات ) وذلك لصب أو حقن الشمع المنصهر داخل القالب الرئيسي وتركه ليتجمد ثم يعاد لإنتاج عدد كبير من النماذج الشمعية .
  - ٤- تجمع النماذج الشمعية (أكبر عدد ممكن جمعة) حول مجرى واحد مشترك من الشمع أيضا حيث تلحم معه بوصلات من الشمع ثم تغلف المجموعة بغشاء رقيق من مادة مقاومة للحرارة وذلك بغمرها في سائل مختلط به بودرة خاصة مكن مادة مقاومة للحرارة مع مادة مقاومة للحرارة مع مادة رابطة وهذه الخطوة تضمن الحصول على أسطح ناعمة وتفاصيل واضحة للمسبوكات .
  - ٥- تصب المادة المغلقة النهائية حول مجموعة النماذج الشمعية ، وهذه المادة أيضا تكون مقاومة للحرارة ويسهل تماسكها وتترك لتجف وتتماسك .
  - ٦- توضع القوالب بعد ذلك مقلوبة على وجهها لتكون فتحاتها إلى أسفل ثم توضع داخل فرن لينصهر الشمع ويجمع للاستعمال مرة أخرى تاركا مكانه فراغات نظيفة معقدة الشكل جاهزة للصب النهائي وهذه الفراغات يصعب تشكيلها بأي من أساليب السباكة الاخرى إذ يتعذر إخراج النماذج العادية منها مما يجعل أسلوب السباكة بالشمع المفقود ينفرد بميزة استخدامه في المسبوكات المعقدة الشكل والرفيعة الجدران .
  - ٧- تسخن القوالب قبل صب المعدن بها إلى درجة حرارة مناسبة (تتراوح بين 110-500 °C حسب نوع مادة القالب والمعدن المراد صبه) لضمان سريان المعدن المنصهر بسهولة داخل القالب الملى جميع القطاعات الرفيعة من الفراغات بالقالب.
- وهذا الأسلوب يستخدم في الإنتاج الوفير مثل ريش التوربينات الغازية ورؤوس بريقات الحفر وغيرها من أجزاء الماكينات التي يصعب تشكيلها أو تشطبيها بسبب تعقيدات في التصميم أو نوع المعدن المستخدم .



شكل (١ - ٢٧) طريقة إنتاج منتج بطريقة الشمع المفقود

ونلاحظ أن عملية إنتاج مسبوك بهذه الطريقة مقسمة إلى ٣ مراحل:

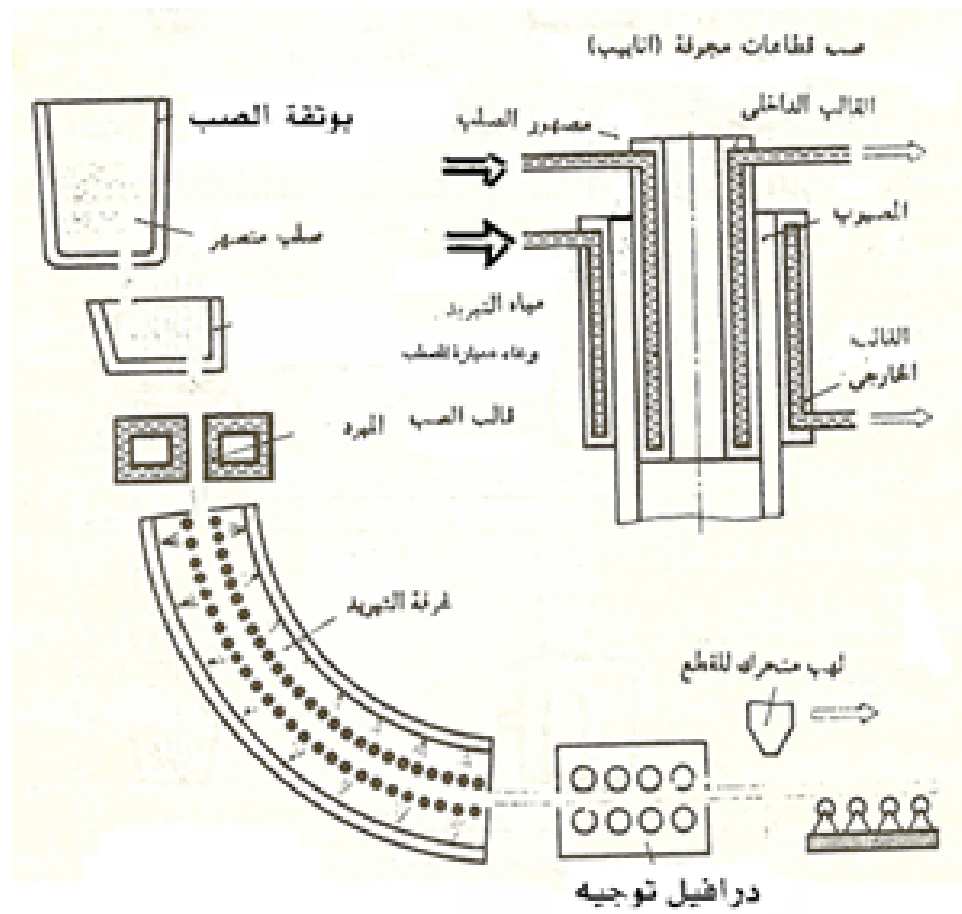
- ١- الوصول إلى إنتاج نموذج شمعي بالشكل المطلوب سباكته.
  - ٢- عمل شجرة كاملة بالعدد المطلوب إنتاجه في المرحلة الواحدة .
  - ٣- عملية صهر الشمع وصب المعدن لإنتاج المسبوك .
- وتستخدم هذه الطريقة في المسبوكات الدقيقة الخاصة بصناعة الأسلحة ، أجزاء ماكينات الخياطة ومعدات الجراحة ، السيارات ، ريش التربينات.....الخ.
- وتستخدم هذه الطريقة مع المعادن المختلفة مثل الزهر، سبائك نحاس، سبائك ألومنيوم، سبائك ماغنسيوم.....الخ ، والشكل السابق يوضح خطوات إنتاج مسبوك بهذه الطريقة على وضعين:
- أ- إنتاج مسبوك على هيئة شجرة بدون وضعها في الريزق.
  - ب- إنتاج مسبوك على هيئة شجرة مع وضعها في الريزق.



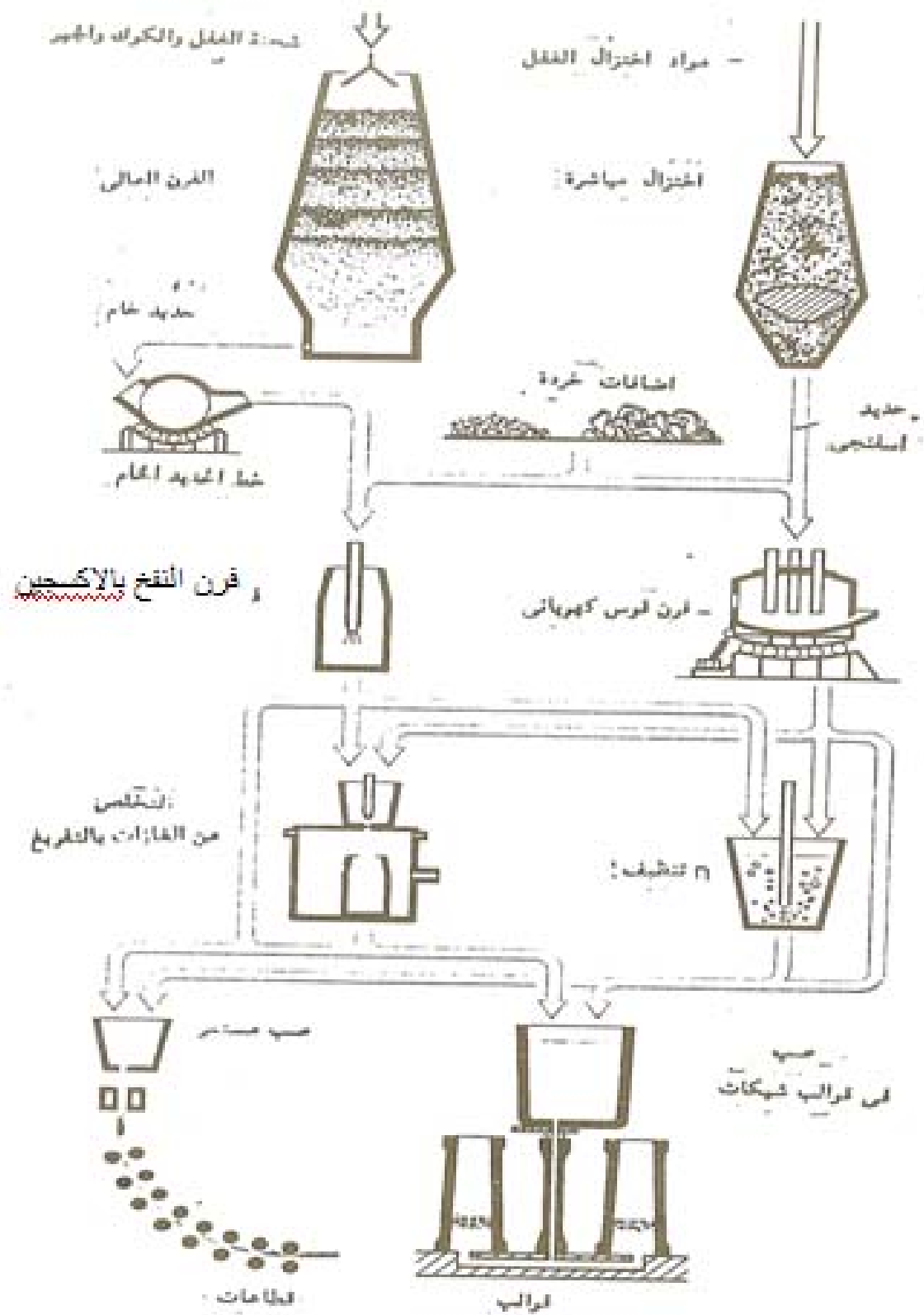


تعتبر هذه الطريقة احد طرق السباكة الهامة لإنتاج الكتل النصف مصنعة مثل الكتل الاسطوانية (billets) بأقطار مختلفة (٤ - ٥ - ٦ - ٧ - ٨ بوصة ) وأطول مختلفة من الصلب والمعادن الغير حديدية (الألمنيوم وسبائك النحاس وسبائك) ويمكن بهذه الطريقة إنتاج بلاطات الصلب وسبائك الألمنيوم والنحاس (slabs) كما يمكن أيضا إنتاج المواسير بهذه الطريقة وتتلخص هذه الطريقة كما هو واضح من الشكل (١ - ٢٩) ، (١ - ٣٠) من صب المعدن المنصهر من البودقة ثم الصب المستمر الرأسى داخل جلبة التبريد (مجمد) وتصنع هذه الجلب من النحاس ويمر خلالها ماء التبريد فيؤدي إلى حدوث تجمد في اتجاه واحد للكتلة حيث يمر بعد ذلك بين بكر للتوجه إلى أسفل ، ويجب أن يصب المعدن بدرجة حرارة أعلى من درجة حرارة التجمد من ٣٠ إلى ٥٠°م والسرعة المناسبة لعمليات الصب المستمر تصل إلى ٠,٣ - ٠,٦ م/ الدقيقة لمسبوكات الصلب والزهر بينما تصل إلى ٠,٨ - ٣ م/ الدقيقة في حالة المسبوكات من المعادن الخفيفة ويمكن بواسطة هذه الطريقة إنتاج المواسير مع ملاحظة انه يوجد تبريد من الخارج وأيضا من الداخل في طريقة الإنتاج المستمر بالصب الرأسى .





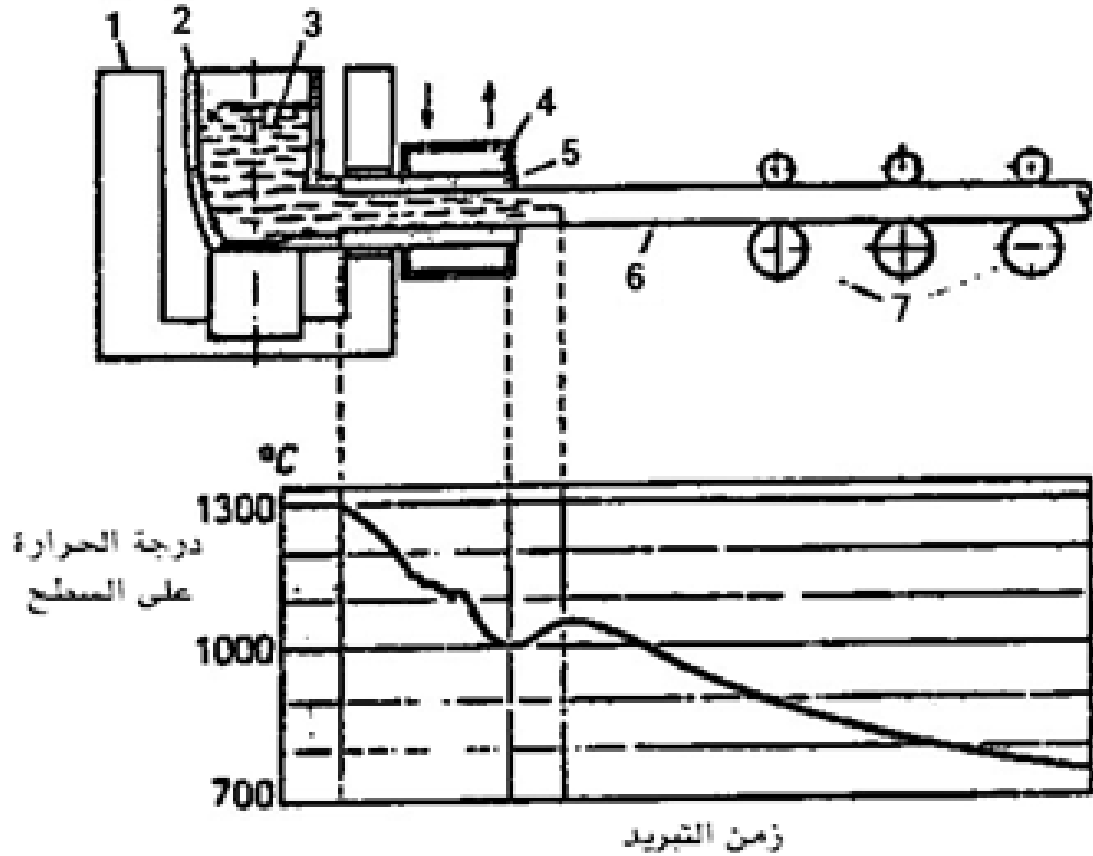
شكل ( 1 - 29 ) إنتاج قطاعات الصلب والأنابيب بطريقة الصب المستمر  
الاستخلاص مباشرة



شكل (١- ٣٠) خريطة شاملة توجز مراحل صناعة الصلب بدءاً من الغفل حتى القطاعات أو السبكات



الشكل أدناه يوضح رسم تخطيطي لماكينة صب مستمر وبيان درجات الحرارة على امتداد المسبوكات  
شكل (١- ٣١):



شكل (١- ٣١) يوضح ماكينة صب مستمر وعلاقة درجات الحرارة على امتداد المسبوكات

١- فرن التسخين (كهربائياً)

٢- البوتقة.

٣- المعدن المنصهر.

٤- جلبة التبريد.

٥- حلقة التجميد

٦- المسبوك.

٧- درافيلات حمل المسبوك.

١- ٧- عيوب المسبوكات:

هناك بعض العيوب الغير مسموح بوجودها فنيا التي تجعل المسبوكات غير صالحة فنيا ومنها:

١- الزوائد:



- وتحدث عند سطح الانفصال لوجود خلوص بين نصفي الريزق وعند ركائز الدليك لوجود خلوص بين ركائز الدليك والقالب.
- ٢- المرجاج للمسبوكات:
- ويحدث ذلك لعدم تساوي سمك المسبوكات لذلك يجب استعمال مبردات للأجزاء السميكة من المسبوكات.
- ٣- الفصوص:
- نقط المعدن غير الملتحمة تماما مع المسبوكة وهي نقط صبت في القالب أولا فتتجمد وتصبح تشغلها.
- ٤- الالتحام:
- انخفاض يحدث بسبب عدم التحام تيارات المعدن الداخلة من جهات مختلفة ويحدث أيضا من عدم سيولة المعدن أو انقطاع تيار المعدن عند ملئ القالب.
- ٥- نقص المعدن:
- يجزء من المسبوكة ويلاحظ عند عدم سيولة المعدن بالدرجة الكافية وعند تجمع غازات ملئ القالب المعدن.
- ٦- الفقاعات الغازية:
- فقاعات هوائية أو غازية تتكون في المسبوكة على شكل فراغات صغيرة (بخبخة) وأسباب ظهورها عو عدم انفاذية القالب وشدة دك الرمك مع رداءة التهوية ورداءة أنواع القالب وغير ذلك.
- ٧- فجوات التجمد:
- فراغات تتكون لعدم كفاية المعدن المغذي للمسبوكة في أماكن تجمع المعدن.
- ٨- فصوص الخبث:
- احتواء المسبوكة على بعض الخبث يدخل إلى القالب أثناء الصب.
- ويمكن إصلاح بعض العيوب الخارجية مثل نقص المعدن بالمسبوكات الكبيرة بملء المكان الناقص بالمعدن باللحام وبالذات في مسبوكات الصلب وسمكن استخدام أيضا هذه الطريقة مع باقي المعادن ولكن بعناية كبيرة أثناء اللحام لما تسببه عملية اللحام من عيوب ميتالورجية في منطقة اللحام.
- ٦- ضمانات الجودة
- يجب أن يخضع معدن المسبوك لعدة فحوص للحصول على مسبوك عالي الجودة كما يلي:



١- الكشف الإتلافي : ويتضمن اختبار الخواص الميكانيكية مثل مقاومة الشد والضغط والصلادة والمطيلية وما شابهه . وتجرى الاختبارات عادة على نماذج تقطع من المسبوكات نفسها باستعمال الطرق التي تعلمتها في مادة اختبار المواد وما تأخذها من أمثلة عملية في التدريب العملي من هذه الحقيبة.

٢- الكشف غير الإتلافي - ويتضمن الكشف عن عيوب معينة مثل الفجوات الغازية وفجوات الانكماش. وهناك أساليب عديدة لهذا النوع من الكشف يمكن تلخيص بعضها كما يلي:

أ- الفحص المجهرى: ويستعمل للكشف عن حجم وشكل البلورات أو الحبيبات الموجودة في المسبوكات والكشف عن بعض العيوب المرتبطة بالطبيعة الفيزيائية للمعادن والسبائك.

ب- الكشف بالأشعة السينية: ويستعمل للكشف عن العيوب الداخلية مثل فجوات الانكماش والفجوات الغازية الداخلية.

ج- الكشف بالجسيمات المغناطيسية: ويستعمل عادة للكشف عن التشققات الدقيقة والمسامية الغازية على سطوح المسبوكات.

د- الكشف بالموجات فوق الصوتية: ويستعمل عادة للكشف عن العيوب الداخلية للمسبوكات مثل الشوائب أو حبيبات الرمل المنغلقة في داخل المسبوكات وكذلك الفجوات المختلفة.

و- المعالجات الحرارية للمسبوكات Heat Treatment of casting

تحتاج المسبوكات إلى إجراء بعض المعالجات الحرارية بعد إتمام عمليات التنظيف والفحص وخاصة مسبوكات الصلب. والفرص من هذه العمليات هي زيادة التجانس في المعدن هذا بجانب إزالة الاجهادات الداخلية للمعدن نتيجة اختلاف معدلات التبريد ... أما بالنسبة للمعادن الغير حديدية فإنها تخضع لعمليات معالجة حرارية لاكسابها الليونة وإزالة الإجهادات الداخلية في المسبوك وذلك لضمان جودة المسبوكات.

## ١- ٨ التدريبات النظرية للوحدة الأولى

- ١- ما المقصود بالسباكة الرملية للمعادن؟ ما هي الخطوات الأساسية لعملية السباكة الرملية؟
- ٢- ما هي أنواع رمال المسبك حسب الاستخدام؟
- ٣- ما المقصود بالنموذج، القلب، القالب؟



- ٤- اذكر اختلافات النموذج عن المسبوك
- ٥- إذا كان طول الجسم المصبوب المنجز  $L=300 \text{ mm}$  فما هو الطول اللازم للنموذج المستخدم إذا كان المعدن المستخدم من: (أ) النحاس (ب) حديد الزهر؟
- ٦- ما الفرق بين المصب والمصعد؟ وما هي أهمية كل منهما؟
- ٧- اذكر عيوب مسبوكات السباكة الرملية وأسبابها وطرق تلافيها استخدم جدول في الحل
- ٨- يراد سبك قطعتين معدنيتين من نفس المعدن، الأولى على شكل كرة يبلغ نصف قطرها  $r=9\text{cm}$ ، والثانية على شكل مكعب طول ضلعه  $18\text{cm}$ . أيهما أسرع تجمداً مع توضيح الحسابات ؟ (حجم الكرة  $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ ، مساحة الكرة  $A = 4\pi r^2$ )
- ٩- اذكر التقنيات المختلفة للسباكة؟
- ١٠- أذكر مميزات استخدام سباكة الطرد المركزي ؟ ما هي المنتجات التي تنتج بالطرد المركزي؟
- ١١- يراد سبك قطعتين معدنيتين من نفس المعدن، الأولى على شكل مكعب يبلغ طول ضلعه  $30\text{cm}$ ، والثانية على شكل متوازي مستطيلات أبعاده  $40 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 20 \text{ cm}$ . أيهما أسرع تجمداً مع توضيح الحسابات؟
- ١٢- المطلوب سباكة أسطوانة غير مجوفة من الألمنيوم، اشرح أهم الخطوات الضرورية لذلك
- ١٣- اشرح طريقة السباكة الدائمة تحت الضغط، وما هي أهم مزاياها وعيوبها؟
- ١٤- احسب زمن الصب بطريقة ديترتا لمسبوك من سبيكة النحاس إذا كان سمك حائط الصب  $12\text{mm}$  والمعامل  $(s) = 1.21$  ووزن المسبوك  $58\text{kg}$
- ١٥- احسب زمن الصب بطريقة سوبوليف إذا كان المعدن المسبوك وزنه  $50\text{kg}$  وسمك حائط المسبوك  $32\text{mm}$  والمعدن المسبوك حديد الزهر ومعامل المعدن  $S1=1.8$
- ١٦- احسب أقل عدد لفات لماكينة سباكة بالطرد المركزي الرأسي لإنتاج صدافة بقطر خارجي  $140\text{CM}$  إذا كان المعدن من الزهر المسبوك (خذ  $K=2200$ )
- ١٧- احسب أقل قطر خارجي لأسطوانة يراد إنتاجها بطريقة السباكة بالطرد المركزي الرأسي إذا كان المعدن المستخدم لسباكة الأسطوانة هو سبيكة الألمنيوم وأقل عدد لفات السبك  $10\text{r.p.m}$  (خذ  $k=3500$ )
- ١٨- اذكر طريقة إعداد القالب القشري
- ١٩- أذكر طرق السباكة المختلفة المستخدمة في الصناعة .
- ٢٠- ما هي الشوط الواجب توافرها في خلطات الرمال للقوالب الرملية المستخدمة في السباكة.



- ٢٢ - عرف النماذج المستخدمة في السباكة وأذكر أنواعها مع الاستعانة بالرسم التوضيحي
- ٢٣ - ما هي الاحتياجات الواجب توافرها عند تصميم النموذج
- ٢٤ - أشرح مع الرسم ثلاثة أنواع من الدلائك
- ٢٥ - أشرح مع الرسم ثلاثة أنواع من النماذج
- ٢٦ - في نظام الصب للمسبوكات أشرح مع الرسم الأجزاء الرئيسية لنظام الصب
- ٢٧ - أحسب زمن الصب بطريقة ديترن إذا كان وزن المسبوك المطلوب إنتاجه 16kg من حديد الزهر المرن الذي معاملته ٠,٩٥
- ٢٨ - حسب زمن الصب بطريقة سو بوليف إذا كان وزن المسبوك 45kg والمعدن من سبيكة الألومنيوم الذي معاملته ٢,٢ قيمة  $s_1 = 1.7$
- ٢٩ - احسب الارتفاع المتوسط لعمود الضغط الاستاتيكي إذا كان ارتفاع مستوي الصب عن المسبوك 28cm والفارق بين دخول المعدن وأعلى نقطة من المسبوك 4cm وارتفاع المسبوك الكلي 62cm
- ٣٠ - احسب مساحة مقطع قناة التغذية إذا كان المعدن المطلوب سباكته من الزهر الرمادي وزنه 40kg ومعامل الاحتكاك 0.37 وسمك الحائط للمسبوك 35mm ومعامل الصب 1.75 والوزن النوعي  $8.77g/cm^3$  وارتفاع عمود الضغط الاستاتيكي 10cm
- ٣١ - أشرح مع الرسم المبسط طريقة السباكة بالقوالب المعدنية وأذكر مزايا هذه الطريقة
- ٣٢ - أشرح مع الرسم طريقة السباكة بالطرد المركزي بنوعيه
- ٣٣ - أحسب أقل عدد لفات لماكينة السباكة بالطرد المركزي الرأسي لإنتاج حدافه إذا كان القطر الخارجي لها 180cm والمعدن من حديد زهر (خذ  $2400k$ )
- ٣٤ - أذكر مكونات خلطة قالب السباكة القشرية وأرسم توضيحا خطوات الحصول على مسبوك متعدد بهذه الطريقة
- ٣٥ - أشرح طريقة السباكة بالشمع المفقود وما هي مزايا هذه الطريقة
- ٣٦ - أشرح مع الرسم خطوات إنتاج متعدد بطريقة الشمع المفقود مع كتابة المسميات لأجزاء على الرسم
- ٣٧ - السباكة المستمرة من الطرق الحديثة والمستخدمة في الصناعة أرسم رسما توضيحيا لإنتاج عمود بهذه الطريقة مع ذكر مسميات الأجزاء على الرسم
- ٣٨ - ما هي العيوب الغير مسموح بها فنيا في المسبوكات
- ٣٩ - أذكر طرق الفحص والاختبارات الفنية للمسبوكات