الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

مبادئ عمليات تشكيل المعادن

المهندس احمد حسين

الأكاديمية العربية الدولية – منصة أعد

مخطط المادة

- مقدمة
- تصنيع منتجات الفولاذ
- خطوات انتاج الفولاذ
- درفلة الالواح و الصفائح

مخطط المادة

- تشكيل المعادن
- العمليات النتاجية لتشكيل المعادن
- مبادئ عمليات التشكيل
- الدرفلة
- الطرق

مخطط المادة

- البثق
- السحب
- خاتمة

مقدمة

تشكيل المعادن هو عملية تصنيع تهدف إلى تشكيل المعادن بواسطة تطبيق القوى الميكانيكية أو الحرارية عليها. وهو يشمل مجموعة واسعة من العمليات التي تستخدم لإنتاج مجموعة متنوعة من الأشكال والأحجام والخصائص للمنتجات المعدنية.

تصنيع منتجات الفولاذ

إن علم النفس ينتج الفولاذ باشكال و انواع مختلفة وفقا لنوع المعمل الذي ينتجه و هناك ثلاث انواع رئيسية من المعامل هي:

المعمل المتكامل

المسابك الصغيرة

مسابك الفولاذ الخاص

تصنيع منتجات الفولاذ

- **اولا: المعمل المتكامل:** عمليات المعمل المتكامل تتضمن عمليتين:

1. بداية و نهاية: و تتضمن:

- تحضير الفحم خام الحديد و حجر الكلس و من ثم شحنها الى فرن النفخ

- **تتكون عملية تحضير الفحم من تفاعلين رئيسين:**

- أكسدة الغاز الطبيعي بمساعدة عامل محفز و حرارة

- هذه الغازات تدفع الى فرن مشحون بخامة الحديد عند درجة حرارة بين 800 و 900 درجة مئوية لينتج الحديد الإسفنجي.

تصنيع منتجات الفولاذ

- تتم عمليات تنقية الحديد لتحويله الى فولاذ.

- **تمتاز هذه الطريقة في انتاج الحديد بأنها:**

- لا تحتاج الى فحم الكوك غالي الثمن و الغير متوافرز

- تكلفة انشائها أقل بكثير من تكلفة انشاء الفرن اللافح

- تقنيته بسيطة و يسهل استخدامها

تصنيع منتجات الفولاذ

2.العمليات النهائية: تشير الى عمليات السباكة و اعادة التسخين و الدرفلة لتحويل الفولاذ من منصهر الى منتجات بأشكال قابلة للنقل و التجهيز مثل الاسطوانات و الانابيب و تراكيب البناء و الالواح و الصفائح.

ثانيا: المسابك الصغيرة: في المصانع الصغيرة يستخدم الفولاذ التالف لاعادة تصنيعه الى فولاذ جديد. من أمثلة هذه المصانع مصانع الانتاج المستمر التي تعتبر استثمار صغير و مربح مقارنة بأفران النفخ.

تصنيع منتجات الفولاذ

ثالثا: مسابك الفولاذ الخاص:

معامل الصلب الخاصة تعتمد ايضا على الخردة لكنها على خلاف المعامل الصغيرة تميل لانتاج الفولاذ ذو المواصفات الواطئة للأسواق المحلية فيما تنتج الفولاذ السبائكي عالي الجودة.

.

خطوات إنتاج الفولاذ

1. يتم صب منصهر الفولاذ الخارج من الأفران في بودقة و من ثم يسكب في قوالب على شكل مصبوبات.
2. يتم نقل مصبوبة الفولاذ الى افران اخرى و صبها من جديد لتصبح جاهزة لأغراض الدرفلة.
3. يتم تسخين الفولاذ لدرجة 1200 درجة مئوية حيث يصبح مطيلي جدا و مناسبا لعملية الدرفلة.
4. معمل التسنين عن درفلين او اسطوانتين مع دعامة عالية يصل قطر الدرفيل فيها الى 500mm .
5. يتم انتاج المقاطع القياسية من ال (billet)و هو عبارة عن (bloom) يتم تقطيعه الى 5 اقسام متساوية الطول.
6. تسخن الbillet مرة أخرى لدرجة حرارة مناسبة و يتم ادخالها الى خط درفلة مستمر للحصول في اخر مرحلة على الحجم النهائي المطلوب

درفلة الالواح و الصفائح

- هذه المعامل تحتوي الدرافيل على جزء منبسط كبير حيث يتم تشكيل ألواح الفولاذ بواسطة التقليص المتتابع للمصبوبة.
- تتم اعادة درفلة ال(slab)الناتج من معمل التسطيح الى الواح(plates)و صفائح(sheets) من الفولاذ
- للحصول على الالواح يسخن ال(slab) و تتم درفلته بحامل ثنائي او رباعي متغير الاتجاه.
- تتغلق الدرافيل بإتجاه بعضها تدريجيا مع كل شوط ذهابا و ايابا مسببة تقليل تدريجي للحصول على السمك المطلوب للوح.
- يعاد تسخين ال(slab) أثناء عملية الدرفلة الى درجة حرارة الدرفلة 1200م و يمرر خلال سلسلة من الحوامل الثنائية.
- عند تصنيع الصفائح فإن الصفيحة الخارجة من المرحلة الأخيرة تلف على بكرات كبيرة.

درفلة الالواح و الصفائح

- يتم تحديد العرض المطلوب في المرحلة الأخيرة بواسطة مقص دوار يقطع ال(strip) للعرض المطلوب قبل لفه
- ينتجال(strip) الضيق بإستعمال شفرات قطع متعددة.
- يكون السطح النهائي لجميع أنواع الفولاذ المدرفل على الساخن أسود اللون بسبب تكون قشرة من الأوكسيد الأسود علي السطح.

تشكيل المعادن

الخصائص العامة لعمليات تشكيل المعادن :

- الاستفادة من قابلية المعدن على الجريان بصورة لدنة في الحالة الصلبة.
- تشكيل المعدن الى الشكل المطلوب دون ازالة كميات منه.
- المعدن المفقود هو أقل ما يمكن او معدوم
- تحتاج الى قوى كبيرة و طاقة عالية
- المكائن و العدد المستخدم في التشكيل تكون مرتفعة الكلفة لذلك يجب أن يكون حجم الإنتاج كبير لتكون العملية اقتصادية.

العمليات الإنتاجية لتشكيل المعادن

عمليات التشكيل البارد:

- تجري هذه العمليات عادة في درجة حرارة الغرفة
- قد تستخدم درجات الحرارة العالية عرضيا لتحسين المطيلية
- تكون عمليات إعادة التصنيع غير نافعة

العمليات الإنتاجية لتشكيل المعادن

مميزات التشكيل البارد:

- لا يحتاج الى تسخين
- إنهاء سطحي جيد للمنتج
- يمكن الحصول على دقة أبعاد جيدة تغني عن الحاجة لعمليات إضافية
- تحسين مقاومة الشد و مقاومة الكلال و مقاومة البليان(الاصلاد الاجهادي يحسن مقاومة الخضوع)

العمليات الإنتاجية لتشكيل المعادن

عيوب التشكيل البارد:

1. يحتاج قوة عالية(مقاومة الخضوع للمادة تكون أعلى الطيلية أقل الاصلاد الاجهادي يحدث بسبب التشوه اللدن)
2. سطوح المعدن يجب أن تكون نظيفة و خالية من الاكاسيد حيث ان وجود الاكاسيد او الصدأ يسبب بليان و عطب القوالب و الدرافيل.
3. من المحتمل ان تتخلف جهود داخلية في المعدن.

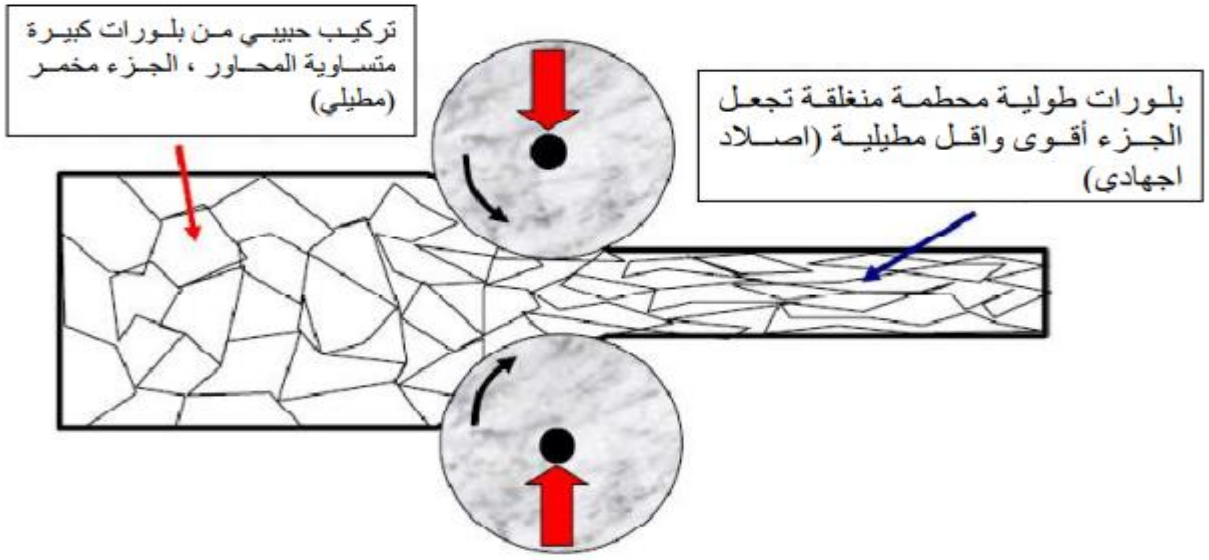
العمليات الإنتاجية لتشكيل المعادن

❑ خصائص المواد التي تشكل على البارد:

- يفضل أن يكون المعدن ذو مقاومة خضوع و مطيلية عالية
- تفضل المواد ذات معامل المرونة العالي مع مقاومة خضوع واطئة مما يقلل من الرجوعية (spring back)
- يجب ان يزال الصدأ من السطح بواسطة حمام حامضي(pickling)

العمليات الإنتاجية لتشكيل المعادن

- للحصول على أبعاد جيدة للمعدن يجب أن يكون ذو سمك متجانس وسطح صقيل
- يمكن تفادي ظاهرة نقطة الخضوع بواسطة شوط من الدرفلة على البارد.



العمليات الإنتاجية لتشكيل المعادن

عمليات التشكيل الساخن:

- تكون درجة الحرارة في هذه العمليات أعلى بمقدار(0.6) من درجة حرارة انصهار المعدن المشكل
- التشوه اللدن فوق درجة حرارة التبلور لا يسبب اصلاد اجهادي و بالتالي لا تحدث زيادة في مقاومة الخضوع.
- تحسن درجة الحرارة العالية عملية الانتشار للعناصر
- يمكن الاستفادة من تشوه اللدن في عملية التشكيل الساخن للحصول على تركيب من حبيبات كروية الشكل تحدث زيادة في المقاومة و المتانة

العمليات الإنتاجية لتشكيل المعادن

- باستعمال التشويه اللدن الساخن تتعرض الجسيمات الشائبة في المعدن للتحطيم حيث تنتشر لتكون ألياف طولية تجعل المعدن أقوى
- بالنسبة للفولاذ يجري التشكيل الساخن في طور الاوستنايت F.C.C و هو أكثر مطيلية مقارنة بالفرايت المتواجد في درجات حرارة أقل
- الدقة في الأبعاد متدنية بسبب التمدد الحراري و بسبب عدم حدوث تبريد متجانس
- يسبب التبريد غير المتجانس بقاء اجهادات في المعدن

العمليات الإنتاجية لتشكيل المعادن

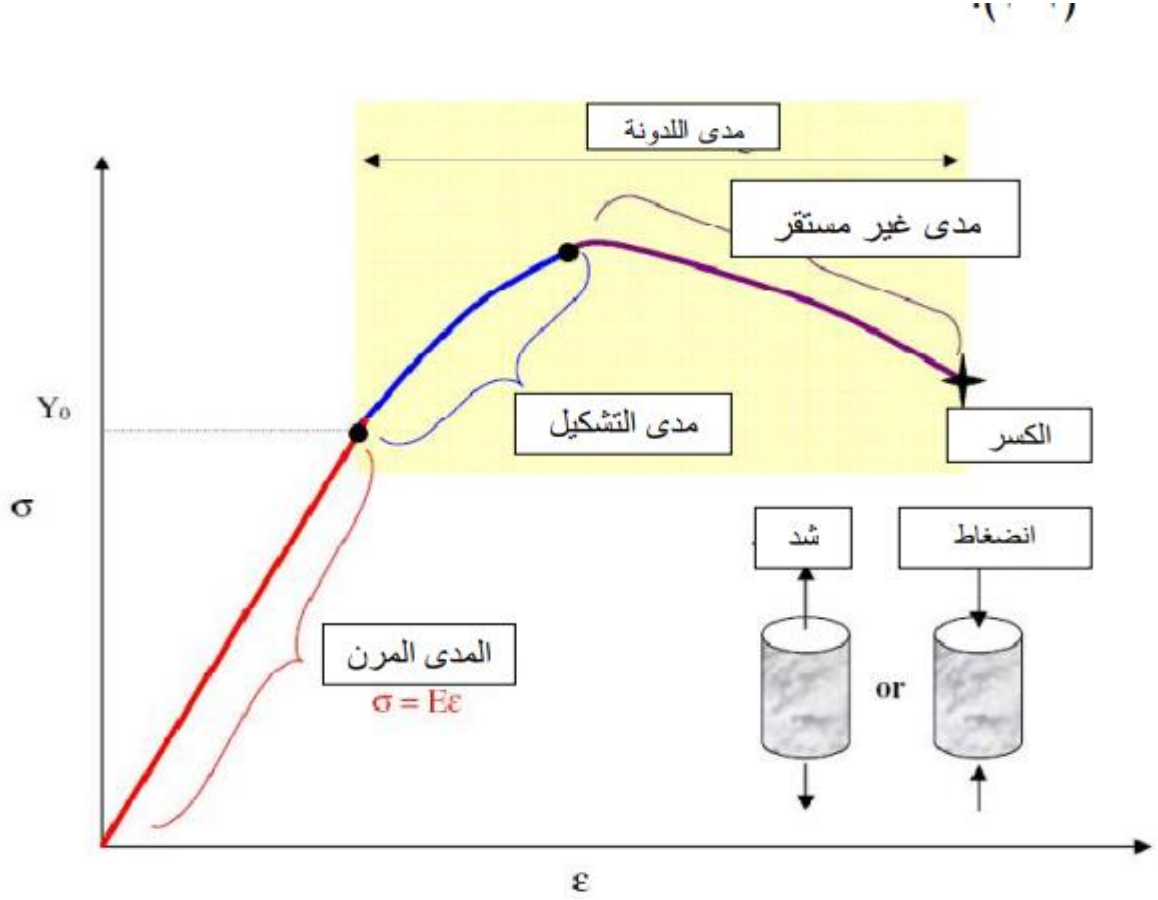
التشكيل الدافئ:

- عادة يتم بين (0.3-0.6) من درجة حرارة الانصهار
- عملية متوسطة بين التشكيل الساخن و البارد
- لا يحدث تغير في التركيب المعدني حيث لا يتعرض سطح المعدن للأكسدة
- من الممكن الحصول على ألياف مستمرة تزيد من مقاومة الجزء
- هذه العملية غير شائعة نسبيا
-

مبادئ عمليات التشكيل

1. لحدوث الجريان اللدن(plastic flow) للمعدن يجب أن يجهد بعد نقطة الخضوع(yield point)
2. تتضمن عمليات تشكيل المعادن تحليلات جهود معقدة لمركبات محورين او ثلاث محاور للحصول على جهد مباشر $\sigma(direct\ stress)$
3. Yield theory
4. مقارنة الجهود الحقيقية المسلطة على جزء ما مع بيانات جهد الخضوع(yield stress) المأخوذة من اختبار فحص الشد (tensile test)
5. مفهوم الخضوع مبنياعلى الجهود الرئيسية Principal stresses
6. الجهود الرئيسية: هي محصلة مركبات القوى المسلطة على سطوح محددة والتي تتكون عليها جهود القص مساوية للصفر.

مبادئ عمليات التشكيل



المدى المرن

مدى التشكيل

مدى اللدونة

اقصى قوة شد او انضغاط

الكسر

الدرفلة

الخصائص العامة للدرفلة:

- هي العملية الأولى في تحويل المواد المسبوكة الى منتجات مشكلة نهائيا
- من الممكن ان تكون عملية الدرفلة خاصة على البارد عملية نهائية لأجزاء الهياكل
- تعد عملية الدرفلة من ناحية الانتاج الكمي العملية الأكثر شيوعا من بين عمليات التشكيل
- الدرافيل عادة مكلفة و باهظة

الدرفلة

عمليات الدرفلة العامة:

- درفلة ساخنة لانتاج الاشكال القياسية لأجزاء الهياكل و تستعمل لانتاج مقاطع الهيكل
- الدرفلة الباردة: للصفائح و يستعمل للحصول على دقة و مقاومة و انهاء سطحي أفضل

الطرق

هي عملية تشكيل لدن للمعدن بواسطة قوى ضاغطة تنتج باستخدام مكابس او مكائن طرق و بمساعدة مجموعة متنوعة من القوالب

استعمالات الطرق: يستعمل الطرق بصورة واسعة لانتاج اجزاء المركبات و محركاتها التي تتعرض لجهود عالية مثل عمود الحدبات و ذراع التوصيل

صورة لعمود الحدبات مصنع بعملية الطرق

الطرق

الخصائص العامة للطرق :

- ينتج أجزاء معقدة
- يمكن السيطرة على جريان المعدن و التركيب الحبيبي في عملية الطرق
- يمكن انجاز الطرق في الحالتين الساخنة او الباردة

الطرق

عمليات الطرق الرئيسية:

- **طرق القالب المفتوح:** في هذه العملية، تتم عملية الطرق بواسطة ضغط المعدن بين قوالب مفتوحة، حيث لا يكون هناك قالب مغلق يحدد الشكل النهائي للمنتج.
- **طرق القالب المغلق:**في هذه العملية، يتم وضع المعدن داخل قالب مغلق، حيث يتم تشكيله بواسطة ضغط القوالب على المعدن.
- **الطرق المضغوط:**تعتمد هذه العملية على ضغط المواد المراد تشكيلها داخل قالب مغلق. يتم تطبيق ضغط عالي على المادة لتشكيلها وتكوينها.
- **الطرق المقلوب:**هذه العملية تتضمن تحليل واستنساخ منتج موجود بالفعل بغرض إنتاج نسخة مطابقة له.

البثق

البثق:-هو عبارة عن تسليط قوة على كتلة من المعدن ذات مساحة مقطع قيمتها Ao لتمر خلال قالب التشكيل منتج بمساحة مقطع أقل قيمتها A_f

يستعمل البثق لانتاح المقاطع المنتظمة الشكل مع خصائص ميكانيكية جيدة تدخل في المواد الانشائية و هياكل المركبات.

البثق

انواع عملية البثق:

- **البثق الأمامي:** في هذه العملية، يتم دفع المواد عبر فتحة ماتريكس أو قالب باستخدام المكبس. يحدث التشكيل بتدفق المادة إلى الأمام خلال الفتحة، ويتم تشكيلها بشكل مستمر. تُستخدم هذه العملية عادة في تشكيل المعادن.
- **البثق الخلفي:** تتم هذه العملية عكس اتجاه البثق الأمامي، حيث يتم دفع المادة بعكس اتجاه الحركة، أي من الجزء الخلفي للمادة نحو الجزء الأمامي. يمكن استخدام هذه العملية في تشكيل المعادن بشكل دقيق
- **البثق الصدمي:** تتم هذه العملية عن طريق تطبيق قوة ضغط على المادة الموجودة داخل قالب مغلق، ثم يتم إطلاق المكبس بسرعة عالية لدفع المادة خارج القالب.

السحب

عملية السحب

هي عملية سحب المعدن خلال قالب لتقليل مساحته من مساحة اولية الى مساحة نهائية

متغيرات العملية:

- نسبة التقليل في مساحة المقطع العرضي
- زاوية القالب
- قوة السحب و سرعة السحب

السحب

طرق سحب الأنابيب

- **بدون عامود:**في هذه الطريقة، يتم سحب الأنبوب من خلال القالب بدون استخدام أي عمود لدعمه. يتم سحب الأنبوب بواسطة القوى الميكانيكية المطبقة عليه مباشرة
- **مع عمود موقعي:**في هذه الطريقة، يتم وضع عمود (قائمة) في الجزء الداخلي من الأنبوب أثناء عملية السحب.
- **باستعمال عمود عائم:**في هذه الطريقة، يكون العمود الذي يدعم الأنبوب مثبتًا على سطح السائل مثل الزيت أو الماء.
- **باستعمال العمود المتحرك:**في هذه الطريقة، يكون العمود الذي يدعم الأنبوب متحركًا بحيث يمكن تغيير موقعه أثناء عملية السحب

السحب

خصائص سحب السلك

- اقل قطر سلك ممكن الحصول عليه 5مم لذلك يتم استعمال السحب للحصول على أقطار أصغر.
- لا يمكن سحب المواد اللدنة بسهولة
- يتم تشغيل رأس القضيب بالخراطة ابتداءا قبل ادخاله الى قالب السحب قبل سحبه خلال القالب.
- تصنع القوالب عادة من كاربيد التنجستن
- من الممكن اجراء عملية السحب على عدة مراحل و بسلسلة من القوالب.

خاتمة

تصنيع منتجات الفولاذ يشمل سلسلة من العمليات المترابطة التي تتطلب تنسيقًا دقيقًا ومراقبة عالية لضمان جودة المنتج النهائي. من خلال استخدام مبادئ عمليات التشكيل المختلفة مثل الدرفلة والطرق والبثق والسحب، يمكن تشكيل المعادن لتلبية احتياجات مختلف الصناعات والتطبيقات.