عمليه الفولبه بالدوران

Rotational Moulding

– على الرغم من ان مصطلح "الفولبه بالدوران" قد لا يبدو مالوفا للكثيرين إلا ان المنتجات التي يتم تصنيعها بهذه الطريقه معروفه و مالوفه للغايه في مختلف نواحي حياتنا اليوميه , و تمكن هذه الطريقه المصنعين من إنتاج منتجات بلاستيكيه كبيرة الحجم و مجوفه بكميات كبيرة و متوسطه مثل خزانات المياه و الوقود و السوائل بكافه انواعها و باحجام متفاوته تصل إلى مائه الف لتر, حوايا حفظ الاغذيه المعزوله بطبقه داخليه من البولي يوريتان و غيره, إشارات المرور الضوئيه, معالف الحيوانات, الكراسي و الطاولات و المفروشات البلاستيكيه, فواصل الشوارع التي يمكن ملؤها بالماء, اجهزة البيع الاوتوماتيكيه, بعض الاجهزة الطبيه و الكراسي السنيه, قطع السيارات, اغلفه الالات, الكبائن و الغرف المتنقله للاستخدامات المدنيه و العسكريه, المراحيض المتنقله, العربات, حوايا النفايات, المانيكان, العاب الاطفال, الدمى, الكرات البلاستيكيه , ... إلخ., و تعتبر العمليه مثاليه للإنتاج بكميات صغيرة إلى متوسطه, و بالرغم من ان العمليه تاخذ وقتا اطول من عمليات التشكيل الاخرى (كالتشكيل بالنفخ او البثق), فإنها تتمتع بنقاط قوة اخرى مثل إمكانيه استخدام قوالب مؤلفة من عدة قطع, كما ان القطع التي يتم إنتاجها بهذه الطريقة تكون ذات سماكة جدران متجانسة و قويه و ذات زوايا لا تحوي اية إجهادات, كما يمكن اعتماد تصاميم ذات اضلاع تدعيم للحصول على المزيد من القوة.... و سنقوم بالدخول في هذه التفاصيل بصورة موسعة فيما بعد.

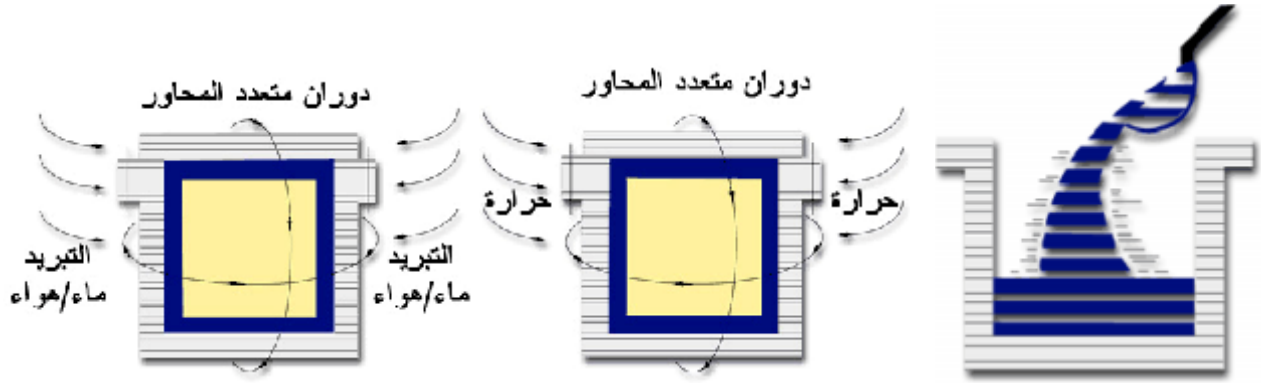
- تم تطوير هذه الطريقة في الاربعينيات من القرن الماضي, و لكنها لم تجذب الكثير من الاهتمام لكونها بطيئة و محدودة, لكن التطوير المستمر رفع من مستوى العملية ووسع مجالات استخدامها و حاليا تنتشر هذه العملية بكثرة و خصوصا في اوروبا في دول مثل الولايات المتحدة, إيطاليا و انكلترا و الدول الإسكندنافية و غيرها بصورة عامة و ذلك لقدرتها على تلبية احتياجات هذه الاسواق من المنتجات و بتكاليف مناسبة, و لهذا ظهرت العديد من الشركات المتخصصة في هذا المجال ويتم إجراء الابحاث بصورة مستمرة لإنتاج الات افضل و تطوير التقنيات المستخدمة للوصول لالات اوتوماتيكية بالكامل و قادرة على العمل بصورة متواصلة دون الحاجة للإشراف البشري.

❖ **مبدا العمليه :**

- تعتمد العملية على الجاذبية الارضية بالإضافة لقوالب تشكيل دوارة حول عدة محاور في ان واحد, و تعتبر بديلا لعمليات التشكيل بالنفخ لإنتاج الاشكال الكبيرة و المجوفة, و يتم خلال العملية التحكم بدرجة الحرارة و سرعة الدوران و زمن التبريد للحصول على افضل المنتجات.

1. يتم وضع وزن محدد من البودرة او البلاستيك السائل في القالب المركب على الذراع, ثم يتم إغلاق القالب.
2. يتم تسخين القالب في الفرن مع الدوران حول محورين في ان واحد حتى تتلدن المواد بالكامل و تلتصق بجدران القالب متحركه بما يتناسب مع الحركه المعقدة الدورانيه التي يقوم بها القالب , مما يؤدي لتشكل طبقه متجانسة السماكات على جدران القالب الداخلية , و تختلف مدة التسخين و التدوير تبعا لطبيعه المواد و الشكل النهائي للمنتج و تصميمه و في حال استمرت العملية وقتا اكثر من اللازم ستنخفض جودة البلاستيك و تنخفض مقاومه الصدمات للمادة, و في حال كانت المدة اقصر من اللازم فإن المواد لن تذوب بصورة كامله مما سيؤدي إلى تشكل الفقاعات ما يؤثر على الخواص الميكانيكية للمنتج.

   عند انتهاء الزمن اللازم للتشكيل (طبقه واحدة او عدة طبقات) يتم انتقال الذراع إلى محطه التبريد (مع استمراره في الدوران للحفاظ على سماكه جدران متجانسه).
3. يتم تبريد القالب بواسطة مراوح هوائية او بواسطة در الماء لمدة محددة, و تستغرق هذه العملية وقتا حيث يجب تبريد القوالب إلى درجة حرارة مناسبة تسمح عندها بتصلب المنتجات دون تقلص او انكماش يشوه المنتج وما يمكن من إخراجها من القالب بامان , و في العادة تستغرق العملية حوالي 10 دقائق, حيث يتقلص المنتج عند التبريد و ينفصل عن القالب مما يسمح بإخراجه بسهولة, و يجب ان تتم عملية التبريد بصورة تدريجية خلال فترة زمنية محددة حيث يتسبب التبريد السريع و المفاجئ بحدوث تشوهات في المنتج.
4. بمجرد ان يصبح المنتج بارد بدرجة كافية يتم تحريك القوالب إلى اقسام التفريغ حيث تتم إزالة المنتجات.



- القوالب المستعملة في الالات القولبة بالدوران ارخص بكثير من تلك المستخدمة في الالات التشكيل بالنفخ او الحقن, و لكن بالمقابل فإن زمن الشوط اطول حيث يصل إلى 10 دقائق و لذا يتم استعمال عدة قوالب على الالة الواحدة في الالات التشكيل بالقولبة الدورانية, و تصنع القوالب إما من الفولاذ او الستانلس ستيل او الالمنيوم, حيث تكون قوالب الالمنيوم اسمك بعدة مرات مقارنة بالقوالب المصنوعة من الفولاذ كونه اقل صلابة إلا ان هذا الامر لا يؤثر على زمن العملية نظرا لكون الالمنيوم يتمتع بدرجة عالية من الموصلية الحرارية, كما ان قوالب الالمنيوم تكون اغلى سعرا و تستعمل عندما تكون المنتجات ذات تسامحات دقيقة .

❖ القوالب :

- تتالف القوالب بصورة عامه من هياكل معدنيه متراكبه بطريقه معينه لتشكل حاويه مغلقه كما يمكن للقالب ان يكون مزودا بإطار خارجي و نظام إغلاق, وظيفه القالب هي إعطاء المنتج الشكل النهائي و يقوم القالب بنقل الحرارة اللازمه لتليين المواد و السماح بتنظيم الضغط الداخلي اثناء عمليات التسخين و التبريد بالإضافه لعدم تغير شكله خلال مراحل العمليه و ذلك مع المحافظه على حدود للوزن, كما توجد عدة انواع للقوالب مثل قوالب الالمنيوم المصنعه بالات CNC, القوالب المصنعه من الالواح الفولاديه بالتشكيل الكهربائي و قوالب الالمنيوم الصب.

تعتبر قوالب الالمنيوم الصب الافضل من حيث جودة المنتج و تسمح بإنتاج اشكال معقدة و احجام مختلفه , و تتمتع هذه القوالب بالميزات التالية :

- مدة صناعه القوالب تتراوح بين اسبوع إلى اسبوعين لقوالب إنتاج النماذج, و من اسبوع لستة اسابيع لقوالب المنتجات الصغيرة و المتوسطة الحجم.
- تستخدم هذه القوالب للمنتجات ذات التفاصيل الدقيقه.
- يتم استخدام الالمنيوم 365 في هذه القوالب, و يتمتع بافضل ناقلية حرارية, القوة, الطروقية (مما يسمح بتشكيل القالب بسهولة و تلميعه بالإضافة لسهولة إدخال التعديلات على القالب).

❖ المواد المستخدمه :

- يمكن استخدام انواع مختلفه من المواد البلاستيكيه في الات التشكيل بالقولبه الدورانيه على ان تكون بشكل بودرة مطحونه بنعومة معينه , 80% من المواد المستعمله في هذه الالات هي من البلاستيك اللملدن بالحرارة Thermoplastics, 20% من Thermosets, و يعتبر البولي إتيلين PE اكثر المواد استخداما بالإضافه لمواد اخرى مثل PVC, النايلون, البولي

بروبلين, ABS, البولي يوريتان, Acrylics Phenolics, acetals و حتى تعتبر المادة مناسبه للاستخدام في هذا النوع من الالات فيجب ان تحقق عدة مواصفات :

- إمكانية إنتاج المادة بصورة بودرة و بتكلفة اقتصادية.
- سرعة التحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة لتجنب حدوث تكتل للمواد في القالب, بالإضافة للقدرة على تغطية سطح القالب بصورة متساوية في الحالة السائلة دون حدوث انخفاض في اللزوجة او الجريان بصورة حرة اكثر من اللازم.
- يجب ان تكون المواد في الحالة السائلة قادرة على احتمال درجات حرارة مرتفعة و لفترات زمنية طويلة نسبيا دون حدوث انخفاض في النوعية او الخواص.

انواع الالات :

- هناك عدة انواع لالات التشكيل بالقولبه الدائريه :

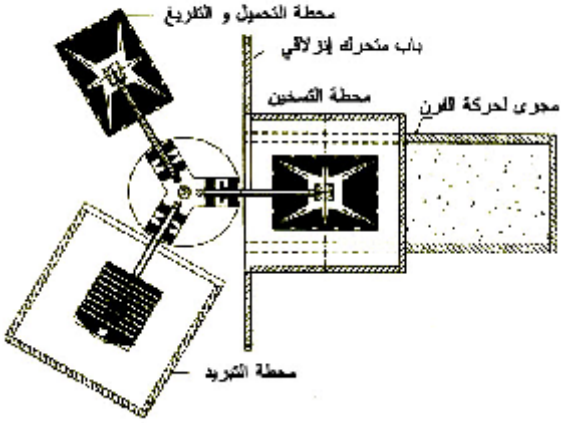
1) Shuttle Machine :

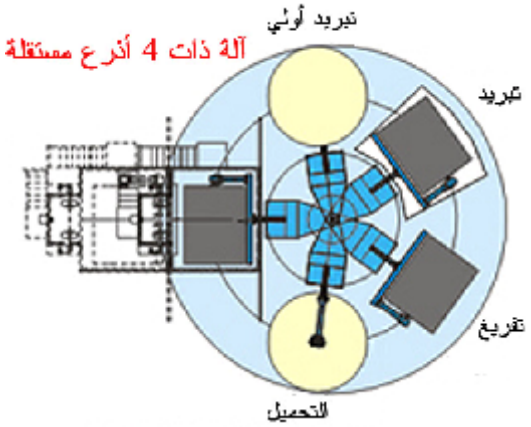
- تعتمد هذه الاله بنيه خطيه مع فرن متوضع في المركز و دراعي حمل حيث يتم إدخال الادرع مع القوالب إلى الفرن و من تم إلى محطه التبريد للتبريد و إخراج القطع, و لا يحتاج هذا النوع لمساحات كبيرة و يتمتع بسعه حموله كبيرة لادرع حمل القوالب, و يمكن لدراع واحدة العمل بصورة مستمرة في حين تكون الدراع الاخرى متوقفه عن العمل لتغيير القالب او إجراء الفحوصات متلا, كما تتميز هذه الالات بالتصميم الخاص للافران ذات الالواح الثابته.

2) Carrousel :

- مزودة ببرج مركزي و تؤمن افضل اداء و سهوله في العمل و مناسبه للإنتاج بكميات كبيرة للمنتجات باحجام مختلفه طالما انها تتمتع بنفس المدة الزمنيه لعمليه الإنتاج, كما ان التصميم المتماسك للاله و الحاجه المنخفضه لعمليات الصيانه تعتبر من اهم ميزات هذا النوع, و يمكن تزويد الاله بثلاث او اربع ادرع حسب الرغبه, و تقوم الادرع بتغيير المحطات في نفس الوقت و بالتالي تستمر الاله بالعمل طوال الوقت, بالإضافه للعديد من اختيارات التعديل (تحميل/تفريغ مزدوج, تبريد اولي...إلخ).

آلة قولبة بالدوران ثنائية المحاور
ذات ثلاثة أذرع



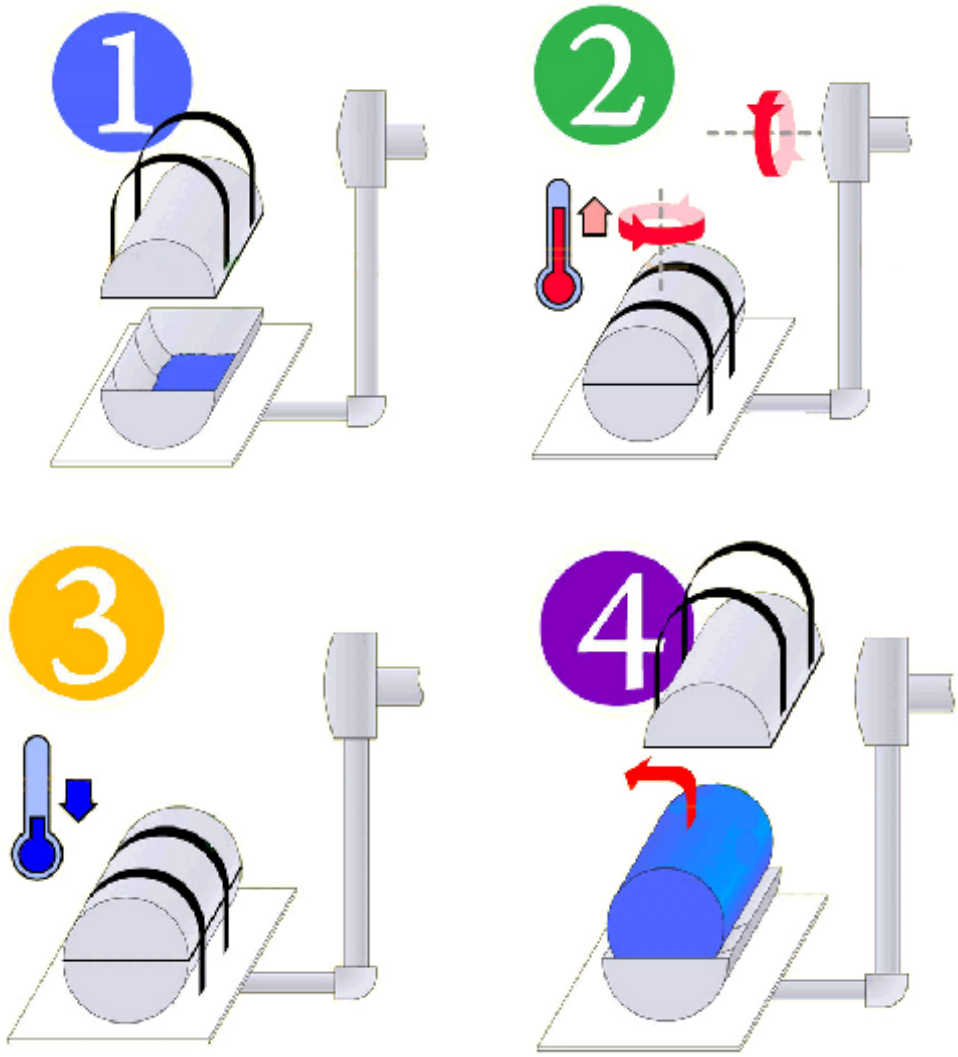


3)
4) **Rock and Roll** :

- يعتبر هذا النوع مثالي لعمليات الإنتاج العالية للقطع الكبيرة الحجم تصل لمائة الف لتر , و تتالف الالة من 3 محطات متتالية (محطة تسخين و محطتي تبريد منفصلتين) بالإضافة لفرن متحرك مزود بـــ 3- 5 مناطق تسخين منفصلة, و النقطة المميزة لهذا النوع هي ان الالة مزودة بذراعي حمل منفصلين للقوالب يتناوبان العمل في مراحل التسخين و التبريد.
- تشبه هذه الالة كثيرا "حماصه القهوة" حيث يتوضع القالب من طرفيه و بشكل افقي اعتمادا على محوري دوران ضمن حيز مفتوح او مغلق و بينما يدور القالب يتارجح ايضا يمنه و يسرة متعرضا للهب مباشر او غير مباشر بغرض تلدين المواد البلاستيكيه بداخله , و يتم تبريد القالب باستخدام الهواء البارد او رذاذ الماء حتى يبرد المنتج و يتماسك.

❖ مثال عملي : **إنتاج خزانات المياه البلاستيكيه بطريقه التشكيل بالقولبه الدورانيه** :

- يتم طحن المواد الاوليه إلى حجم 35 mesh لضمان جريان البودرة بصورة تامه إلى كافه زوايا و تفاصيل القالب, و يعتمد حجم الحبيبات المختار على خواص الجريان للمادة و على شكل القطعه المراد إنتاجها, و كلما كانت جدران القطعة ارق كلما تتطلب الامر ان تكون الحبيبات انعم.
- الحبيبات المتاليه تكون ذات شكل منتظم و سطح ناعم, و يتم تسخين الحبيبات في قالب مغلق مع تدوير القالب حول محورين (افقي و عمودي) في نفس الوقت و تتراوح درجه الحرارة بين 205- 315 م° عن طريق التسخين , و العامل الرئيسي في تحديد الحجم الاقصى للمنتج هو حجم الفرن, و يتم فصل القالب عن الذراع و ينقل القالب إلى المحطات الاخرى ضمن دورة العمليه.



- تستغرق العمليه بين 6- 10 دقيقه, و قد تم تحقيق زمن وصل إلى 2 دقيقه للعمليه في بعض الحالات, اما في حاله المنتجات الكبيرة ذات الجدران السميكه فقد تستغرق العمليه حتى 15 دقيقه مع دوران للاله على سرعات ابطا (من 0- 40 دورة/دقيقه على المحور الثانوي, 0- 12 دورة/دقيقه على المحور الرئيسي) و تعتبر نسبه الدوران 4:1 الاكثر شيوعا و لا تسمح بعض الالات بتغيير هذه النسبه, و لكن من الممكن الحصول على سرعات مختلفه و نسب مختلفه
- تعتمد بعض الالات مرحله تخمير بين مرحلتي التسخين و التبريد و ذلك لإحداث تشابك جزيئي كيميائي للمواد, بينما تقوم الات اخرى بحقن غازات خامله خلال عمليه التسخين لمنع حدوث انخفاض في خواص المواد بالإضافه لمنع حدوث تغيرات في اللون و التخلص من الروائح الكريهة في بعض الحالات, في حين يتم حقن غاز بارد داخليا لتسريع تبريد القطع السميكة.
- تصنع القوالب المستخدمة في العملية من الالمنيوم المسبوك او صفائح الفولاذ الرقيقة او النحاس المشكل كهربائيا لضمان اعلى مستويات الناقلية الحرارية خلال جدران القالب, و ينصح باعتماد سماكة جدران للقالب 0.25 إنش للالات التي تعمل بالهواء الساخن

– يمكن إنتاج اي شكل او حجم باستخدام هذا النوع من الالات (باستثناء بعض الحالات) بسماكه تتراوح بين 15- 500 مم و لا يتجاوز التغير في سماكة جدران القطعة +5 % القيمه المطلوبه كما يمكن الحصول على سطح خارجي مطابق تماما للمطلوب و ذلك بناء على الإنهاء الداخلي للقالب, كما تكون الزوايا خالية من الإجهادات لعدم استخدام اي ضغط اثناء التشكيل, و يمكن بهذه الطريقه إنتاج خزانات بسعات تتراوح بين 100- 10000 لتر و حتى بسعات تصل إلى 50000 لتر.

❖ **ميزات القولبه بالدوران :**

- عملية اقتصادية بحيث يمكن إنتاج كميات قليلة و التشغيل لوقت قصير
- كلفة الالة و القوالب و التشغيل و المواد الاولية اقتصادية.
- مرونة التصميم (من البسيط إلى المعقد و من الصغير إلى الكبير)
- بنية المنتجات تكون بقطعة واحدة خالية من اللحام و بدون إجهادات (فالمنتج الذي يتالف من عدة قطع يمكن إنتاجه بهذه الطريقه بقطعة واحدة و بوزن اخف مما يحقق وفرا كبيرا)
- يمكن تثبيت قطع معدنيه في القالب " مثل فتحة التصريف " و من تم تكون تلك القطعة جزءا من المنتج.
- سماكة جدران متماثلة في المنتجات (و يمكن ضبطها و تغييرها عند الحاجة)
- يمكن إنتاج منتجات بعدة طبقات و الوان منها طبقات عازلة للحرارة .
- عمر طويل , مقاومه كبيرة للتاكل و الاهتراء و الإجهاد .حيث لا يوجد إجهاد للمواد اثناء الإنتاج فإن المنتجات تكون اقوى
- لا تتطلب القوالب تصميما خاصا لتحمل الضغوط العالية (مثل قوالب الحقن)
- يتم تغيير القوالب بسرعه
- يتم استخدام 100% من المواد و بالتالي لا يوجد " سكراب" او توالف.

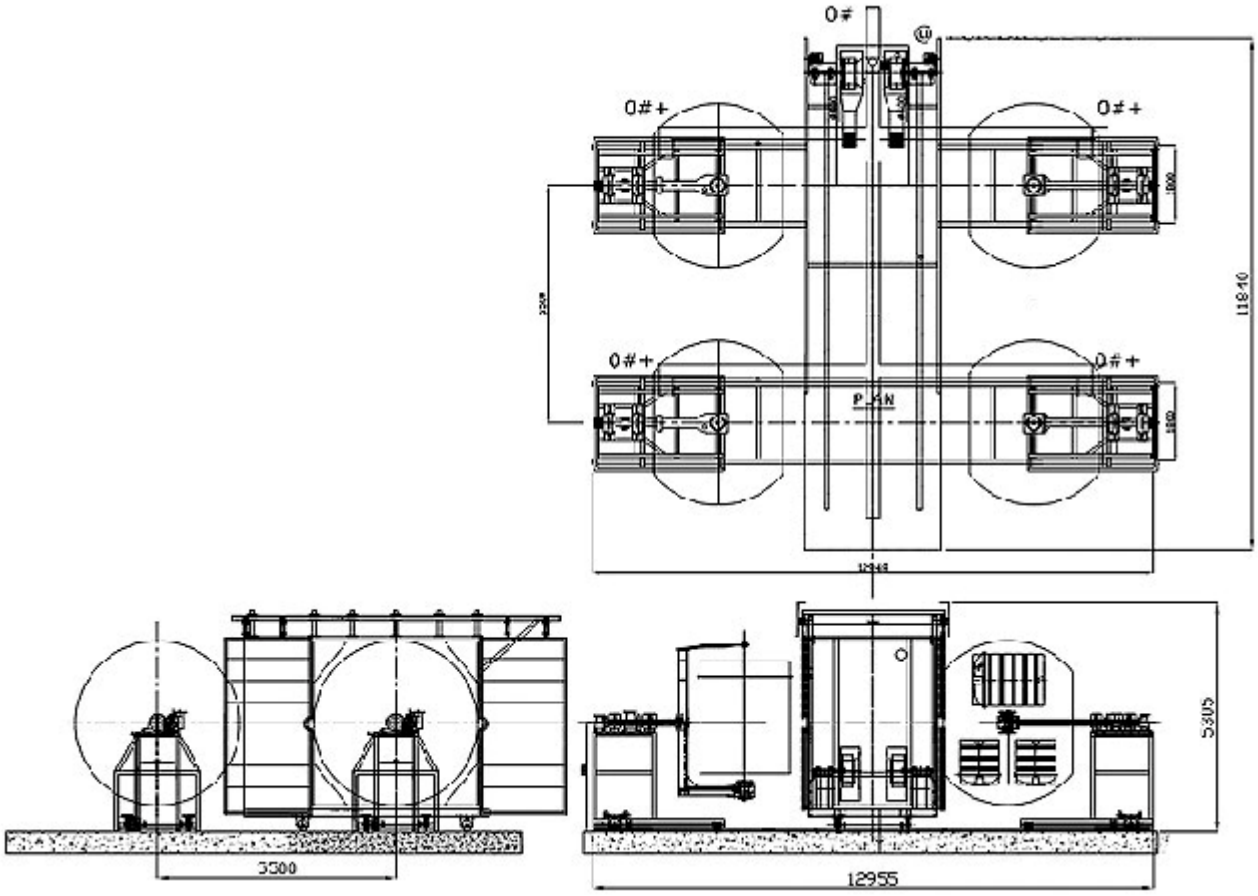
❖ **المقارنه مع عمليه التشكيل بالنفخ :**

- **الميزات :**
  - التشكيل بالقولبة الدورانية يسمح بتخفيض التكاليف لعمليات الإنتاج و تكاليف القوالب مما يسمح بإنتاج عدد محدود من المنتجات .
  - يمكن إنهاء عمليات التصميم و البدء بالإنتاج خلال 3 اشهر, في حين تبلغ هذه المدة 6 اشهر لالات التشكيل بالحقن و النفخ مما يعني سرعة في وصول المنتج للاسواق بتكلفة اقل و خصوصا لمعدلات إنتاج اقل من 10,000 قطعة.
  - سماكة ثابتة للجدران للمنتج بالإضافة لسماكة إضافية لزوايا المنتج مما يمنحه المزيد من القوة و خلو المنتج من اي نوع من الإجهادات التي تنتج عند التشكيل بالنفخ.
- **المساوئ :**
  - المواد الممكن استخدامها في الات التشكيل بالقولبه الدورانيه محدودة مقارنه بالعمليات الاخرى.

- غير مناسبة لعمليات الإنتاج الكمي الضخمه للقطع الصغيرة, حيث يصبح التشكيل بالنفخ اكثر اقتصاديه و قدرة على المنافسة.
- تكلفة المواد اعلى بسبب الحاجة لطحن المواد ليمكن استخدامها في الالات.
- عملية تعبئة القوالب بالمواد و من تم إخراج المنتجات تحتاج إلى عدد لا باس به من العمال مقارنه بالعمليات الإنتاجية الاخرى و خصوصا للتصاميم المعقدة.
- صعوبة إضافة اضلع و عناصر تقويه للمنتجات حيث يتطلب الامر من المصممين عمليات دراسة و تصميم للحصول على اجزاء قاسية.

❖ خاتمة :

– هذه التقنية مناسبة للإنتاج الاقتصادي لكل اشكال المنتجات البلاستيكية كبيرة الحجم , المجوفة و المتناظرة و قد انتشرت في البلاد العربيه و الخليج بشكل مقبول جدا فيما يتعلق بخزانات المياه حيث حلت بديلا صحيا و طويل العمر لخزانات الفيبر و الخزانات الفولاذية و غيرها , إلا انه و للاسف لا يقوم المصنعون بإنتاج اشكال اخرى نظرا لربحية الخزانات و كثرة الطلب .


0#
0#+
0#+
0#+
0#+
11840
12955
5305
3300

TANK

مع اطيب التحيات

المهندس سعيد نحاس