# The Choice of Manufacturing and Assembly of Parts for Functional Prototypes on Milling Machines by Using Decision Centers

**Dr. Ali Hatra**[*]
**Dr. Tammam Salloum**[**]

**(Received 23 / 5 / 2019. Accepted 8 / 7 / 2019)**

## □ ABSTRACT □

This paper presents the manufacturing process for complex parts in the aim of building functional prototype mechanisms. Functional prototypes are used during testing in order to validate new product design. Their layouts are very similar to the final product, wherein lies the interest of testing many modifications. The mechanism must respect the functional geometrical requirements and be capable of withstanding forces or, for example, ensuring a tight seal. The principle being proposed consists of decomposing the complex parts into several simple ones that can then be manufactured on a five-axis, high-speed milling machine from thick (approximately 40 mm) sheets made of resistant materials, notably aluminum. The problem at hand is threefold: the choice of slicing in order to avoid cutting functional areas; the choice of both positioning mode and sheet fastening mode; and lastly, the choice of machining process.

**Keywords:** Rapid Prototyping, CNC, Decision centers, Assembly mode

[*] **Associate Professor – Design and Production Engineering Department - Faculty of Mechanical and Electrical Engineering - Tishreen University - Lattakia- Syria**
[**] **Assistant Professor – Industrial Engineering Department - Mechanical college - University Of Aleppo – Allepo- Syria.**

# اختيار طرق تصنيع و تجميع القطع النموذجية الوظيفية على آلات التشغيل المبرمجة بالاعتماد على مراكز القرار

**د. علي هتره***

**د. تمام سلوم****

**(تاريخ الإيداع 23 / 5 / 2019. قُبِل للنشر في 8/ 7 / 2019)**

## □ ملخّص □

تعرض هذه المقالة طريقة التصنيع السريع للنموذج Usinag Raide de Prototype URP من أجل تصميم وتصنيع القطع الميكانيكية المعقدة وذلك لإنتاج الميكانزمات النموذجية الوظيفية. تعتمد هذه الطريقة على تقسيم القطع المعقدة إلى عدة قطع بسيطة قابلة للتصنيع على آلات التشغيل المبرمجة ذات السرع العالية انطلاقا من قطع خام ذات سماكات مقبولة تقريباً 40 مم من مواد مقاومة و خاصة الألمنيوم. سوف نعرض في هذه المقالة كيفية اختيار نوع التوضع (السنترة) و التثبيت للشرائح المتعددة بعد اختيار مستويات التقطيع في المرحلة الاولى بعد ذلك سنوضح كيفية اختيار طرق التصنيع للشرائح على مثبتات قياسية على آلات التشغيل المبرمجة وقابلية التشغيل لهذه الشرائح.

**الكلمات المفتاحية:** النمذجة السريعة – وسائل التجميع– مراكز القرار – آلات التشغيل المبرمجة.

* **أستاذ مساعد – قسم هندسة التصميم و الانتاج– كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين –اللاذقية– سورية.**

** **مدرس – قسم الهندسة الصناعية – كلية الهندسة الميكانيكية – جامعة حلب – حلب–سورية.**

## مقدمة:

النموذج الوظيفي يجب أن يسمح بالتحقق أثناء التجارب من غالبية الشروحات (المدلولات) الوظيفية و القيود المشروحة في دفتر الشروط لكي تكون قادرة على الوضع في الحالة الوظيفية. الميكانزم يجب أن يحقق المتطلبات الهندسية الوظيفية و يجب أيضا أن يكون قادرا على تحمل القوى و الطاقة و يجب أيضا أن يضمن خاصية إحكام السد (منع التسرب ) على سبيل المثال حيث أنه في هذه الأيام القطع النموذجية المصنعة انطلاقاً من البودرة أو السوائل لاتملك خواص ميكانيكية كافية و لا حتى الدقة المطلوبة حتى توضع داخل ميكانزمات وظيفية. فالنمذجة السريعة هي تكنولوجيا تستند مباشرة إلى التصميم بمساعدة الحاسب التي تسمح بإنتاج نموذج فيزيائي صلب ثلاثي البعد انطلاقاً من موديل افتراضي ثلاثي البعد و حسب الطريقة المستخدمة فإن القطع يمكن أن تصنع باستخدام مواد متعددة مثل الورق، المواد البلاستيكية، الخشب و أيضا المعادن و لكن هذه القطع تصنع دائما من شرائح رقيقة. إذا كانت النماذج الافتراضية المستندة إلى الموديلات الرقمية ثلاثية البعد تسمح بتحقيق المحاكاة الرقمية فان النماذج الفيزيائية تسمح بالاستخدام الحقيقي و تصبح في مرحلة التطورات لتقنيات النمذجة السريعة أكثر فأكثر واصفة (مشابهة) للمنتج النهائي.

**الدراسات المرجعية**

وضع الباحث Lesprier طريقة تسمح بتصميم وإنتاج النماذج الثلاثية البعد باستخدام طريقتي النمذجة السريعة و طريقة التصنيع باستخدام آلات التشغيل المبرمجة [10] . اقترح الباحث Lauvaux عدة برامج تستخدم فقط لإنتاج القطع الفنية بواسطة النمذجة السريعة[7] . درس الباحث Yves Houtmann كيفية تقسيم الموديلات الثلاثية البعد إلى مناطق متعددة وكيفية اختيار مستويات التقطيع [5]. طور الباحث Claude Barlier طريقة الستراتو كونسوبسيون (Stratoconception) المعتمدة على شرائح ذات سماكات رقيقة بين 2 إلى 10 مم مع سطوح اتصال دائما مستوية. تقطيع المواد الخام يكون باستخدام التفريز ثلاثي المحاور الذي يؤدي إلى ظاهرة التدرج أو باستخدام التفريز خماسي المحاور[4]. وضح الباحث Benoit Delebecque كيفية التجميع للشرائح الناتجة عن التقطيع بواسطة اللصق او بواسطة طرق التعشيق او باستخدام وسائل السنترة [6]. شرح الباحث Prinz عدة طرق من اجل إنتاج نموذج معدني وذلك باستخدام أنظمة البثق المعدنية المقادة بواسطة الروبوتات. درس الباحث هور شكل جديد من نظام النمذجة السريعة والتي تستخدم كل من البثق والتصنيع. هذا النظام يقدم حل تصنيعي محسن باستخدام فوائد النمذجة السريعة و أنظمة التحكم الرقميCNC [3].

## أهمية البحث وأهدافه:

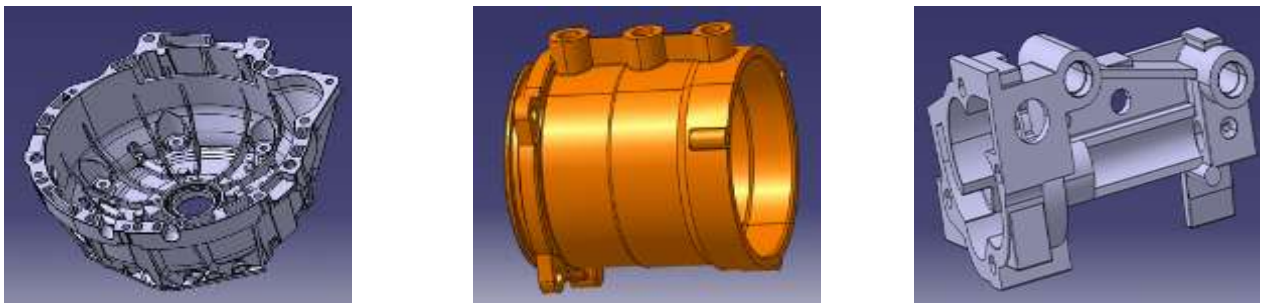
يهدف هذا البحث إلى وضع طريقة متكاملة لتصميم وتصنيع القطع النموذجية الوظيفية المستخدمة في الميكانزمات الوظيفية على آلات التشغيل المبرمجة حيث تهدف هذه الدراسة الى إختيار طريقة لتوضع وتثبيت الشرائح واختيار طريقة تصنيع هذه الطبقات واختبار قابلية التصنيع لهذه الشرائح التي تم الحصول عليها من المرحلة الاولى في مركز قرار الطريقة URP (**Usinag Raide de Prototype**) حيث أن هذه الطريقة المقترحة تسمح بتقسيم القطع النموذجية المراد إنتاجها إلى شرائح بحيث أن كل شريحة تكون قابلة للإنتاج بالتصنيع بسهولة. اتجاه التقطيع وسماكة الشرائح يتم اختيارهما من اجل إبقاء المناطق ( السطوح) الوظيفية داخل نفس الشريحة قدر الامكان و من اجل ضمان قابلية التصنيع. هذه القيود تقود دائما الى سطوح اتصال معقدة بين الشرائح ، حيث يهدف هذا العمل أيضاً إلى تطوير

ألية تقسيم القطعة إلى شرائح وكيفية اختيار وسائل التوضع و التثبيت لهذه الطبقات وكيفية تصنيعها على آلات التشغيل المبرمجة وذلك باستخدام مفهوم مراكز القرار.

## النتائج والمناقشة:

### النماذج الوظيفية

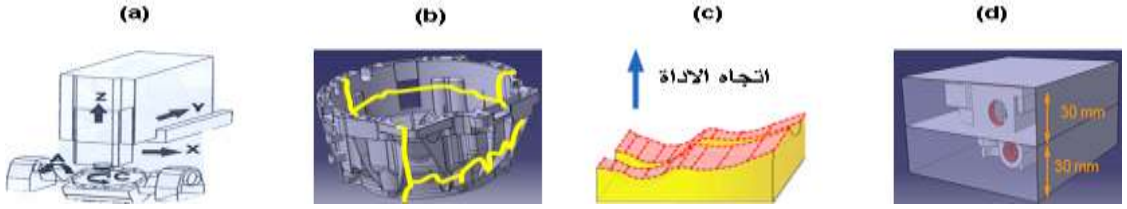
يجب أن يكون النموذج الوظيفي قادرا على تحمل القوى و القدرة ويجب أن يضمن خاصية إحكام السد (منع التسرب) و يجب أن يحقق الدقة المطلوبة لتلبية المتطلبات الوظيفية. تستخدم النماذج الوظيفية في طور التجارب من أجل التحقق من الأداء الجيد للميكانزم. هذه النماذج تصنع من المعادن أو من السبائك. شكل هذه النماذج و خصائصها يكونان قريبان من المنتج النهائي. هذه النماذج سوف تجمع داخل الميكانيزم و هذه النماذج تملك سطوحاً وظيفية و تتطلب تجميعاً عالي النوعية الذي لا يمكن أن نحصل عليه إلا بالتصنيع. هذه النماذج غالبا تكون معقدة و صعبة الإنتاج، حيث يتم إنتاجها عن طريق التشغيل فقط ومن قطعة خامة واحدة (شكل 1).



**الشكل(1) قطع صناعية مختلفة**

### التقطيع إلى شرائح وظيفية

الهدف من الطريقة URP هو إنتاج قطع ذات أشكال معقدة من أمثال القطع في الشكل 1 و ذلك بالتصنيع على آلات التشغيل المبرمجة و لكن بتقسيم كل قطعة إلى عدة شرائح مجمعة. القطع ستكون مصنعة من شرائح ذات سماكات تقريباً بحدود 40 مم سواء من مواد متوفرة في المخزن ( المنيوم أو فولاذ) أو من مواد مقترحة لهذه القطع تكون مقاومة للقوى الميكانيكية و التآكل. سوف يجري التصنيع على آلة تشغيل مبرمجة عالية السرع ذات تحكم رقمي وذات خمس محاور( شكل 2a ) الذي يفتح إمكانيات متعددة.




**الشكل (2) إنتاج القطع بالتقسيم إلى شرائح وظيفية**

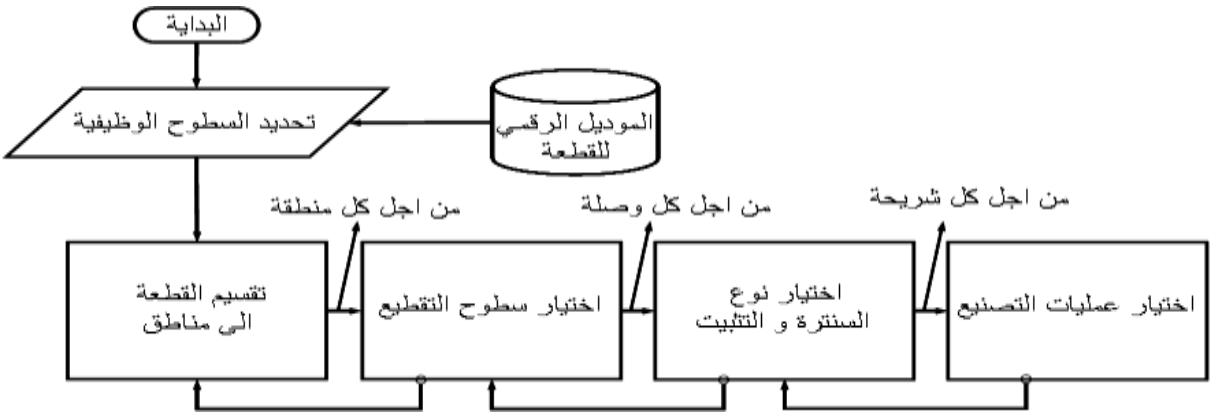
إن الطريقة URP تختلف عن الطرق الأخرى للستراتوكونسوبسيون (Stratoconception) بالخصائص التالية :

- التصنيع على آلات التشغيل المبرمجة ذات الخمس محاور( شكل 2a).
- الشرائح السميكة (ذات السماكات بحدود 40 مم) قابلة للتجميع في كافة الاتجاهات ( شكل 2b).
- سطوح الاتصال بين الشرائح ليست بالضرورة مستوية ( شكل 2c).
- التصنيع يكون أيضا داخل السماكات للقطع الخام (من على السطوح الجانبية) ( شكل 2d).

الهدف أيضا من هذا الموضوع هو أتمتة هذه الطريقة URP في بيئة التصميم بمساعدة الكومبيوتر (CAD) باستخدام برنامج CAPP (Computer Aided Process Planning).

**مراكز القرار**

مركز القرار هو عبارة عن مجموعة من القواعد التي تسمح باختيار فعل (حل) من بين مجموعة أفعال (مجموعة حلول) معروفة بشكل كامل (محددة بشكل كامل). مركز القرار هذا يحتوي على قواعد الإلغاء لكل فعل ( لكل حل) و يحتوي أيضا على ساحة (مجال) الحلول الذي يختار الفعل (الحل) الذي يجب وضعه (اختياره) من بين الحلول القابلة للتطبيق. مجال ( ساحة ) الحلول يكون مبني على تصنيف بسيط شرطي للحلول أو على تخمين متعدد المعايير( التكلفة و الوقت ) من اجل اختيار الحل الأكثر فاعلية حيث يوضح الشكل 3 المخطط الاجمالي لطريقة *URP*.




**الشكل (3) المخطط الإجمالي لطريقة التصنيع السريع للنموذج URP**

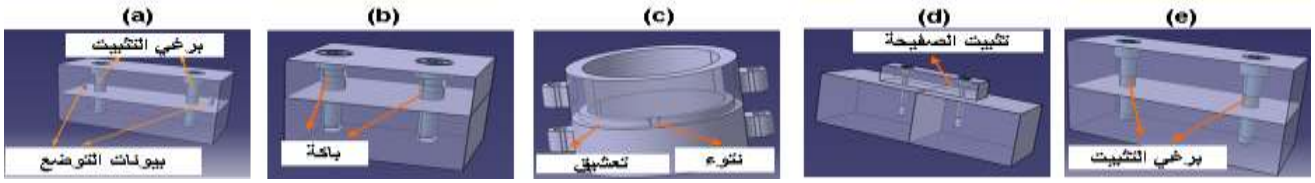
**تجميع الشرائح**

تجميع الشرائح مهم جدا لأنه يجب أن يضمن التوضع الدقيق للشرائح المختلفة ويجب أن يضمن نقل القوى والطاقة و بشكل أساسي يجب أن يضمن خاصية إحكام السد (منع التسرب). مفهوم النمذجة السريعة يسمح و يفرض أنظمة تجميع قياسية من اجل تقليل الأدوات الضرورية ( أدوات القطع المستخدمة لتجهيز وسائل التجميع) و لتقليل وسائل التجميع ( براغي و أوتاد و.....).

حسب طريقتنا المقترحة فان الشرائح يمكن أن تملك سطوح تجميع معقدة ويجب أن يكون جهاز التجميع قابل للإنتاج على الأقل في إحدى طوري التصنيع القياسي على آلة التشغيل المبرمجة ذات الخمس محاور، الشكل 4 يشرح الحلول الخمس الأساسية و التي تكون :

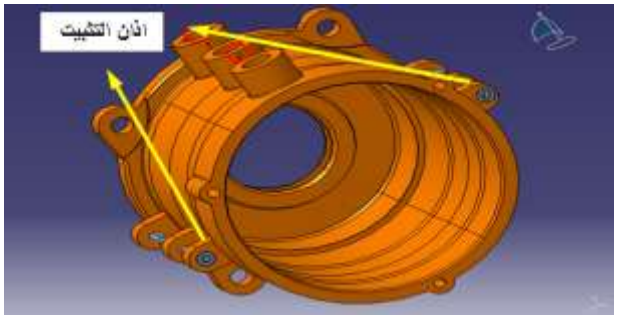
- تجميع القطع قطعتين قطعتين بواسطة براغي و نضمن التوضع ( السنترة) بواسطة البيونات شكل 4a
- التجميع باستخدام جلب (باكات) عدد 2 حول البراغي شكل 4b

- توضع القطع بواسطة تعشيق و نتوء من اجل التوجه إذا كان المحيط الخارجي دائري شكل 4c
- تثبيت القطعتين من على الجانب شكل 4d
- تجميع القطع قطعتين قطعتين بواسطة براغي شكل 4e



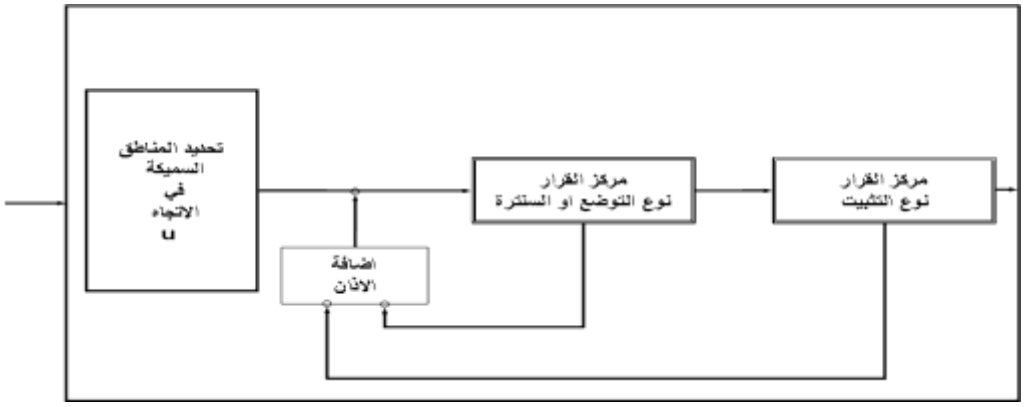

**الشكل (4) توضع و تثبيت الشرائح**

يوضح الشكل 5 انه يمكن أن نضيف آذان من اجل الحصول على سماكة كافية من اجل زرع البراغي أو من أجل غرس ( وسائل التثبيت). يمكن أن يتم تجميع قطعتين (شريحتين) أو يمكن أن يتم تجميع الشرائح بشكل كامل باستخدام مثبت على كامل الطول. و يمكن وضع الآذان للقطعة من الخارج أو من الداخل.

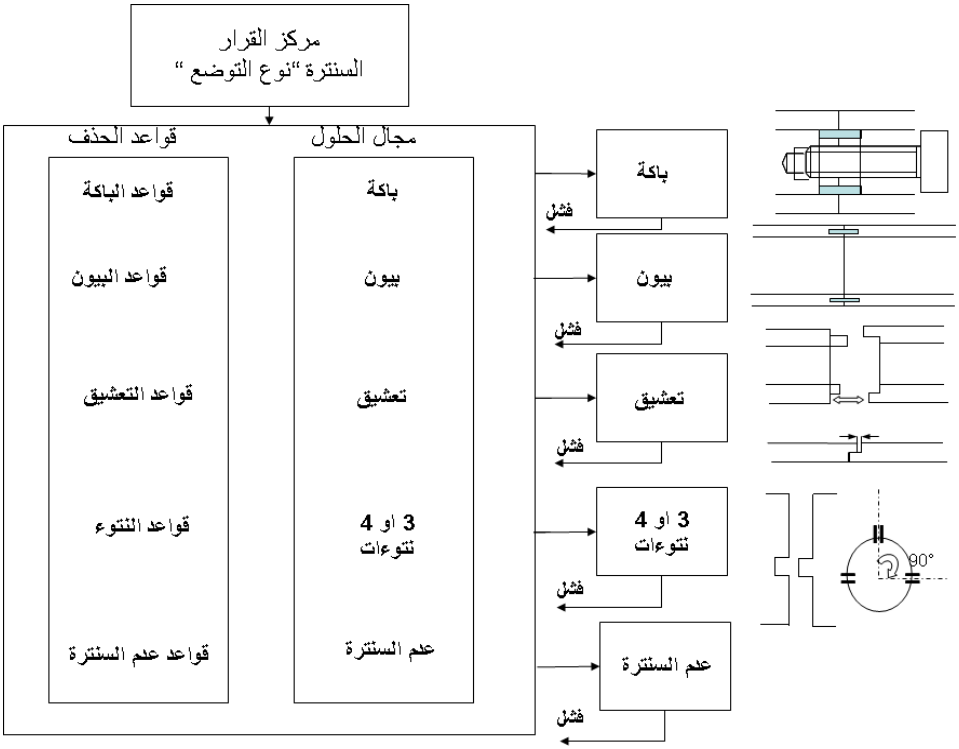



**الشكل (5) التجميع باستخدام مثبت على كامل الطول**

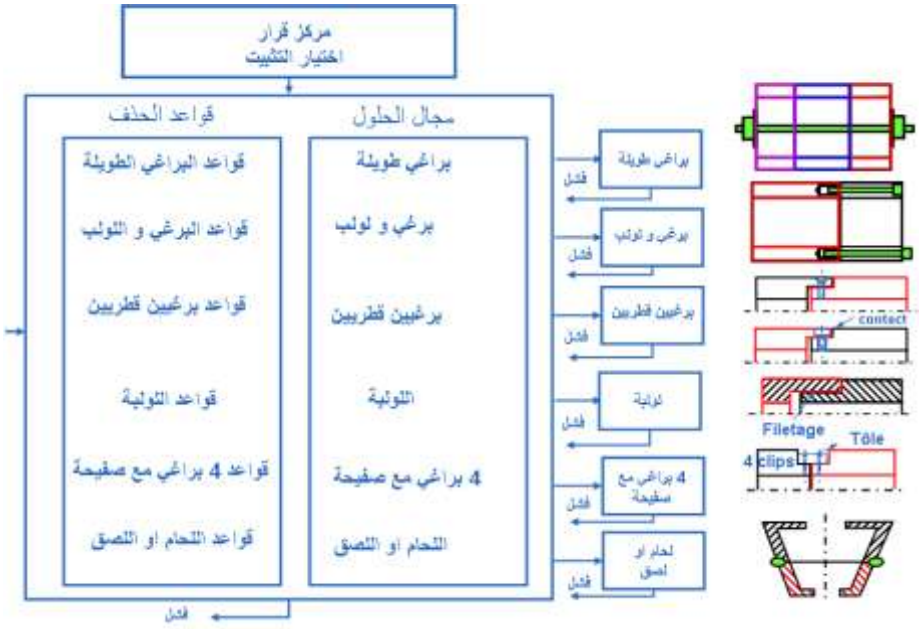
كما يوضح الشكل 6 المخطط الإجمالي لعملية تجميع الشرائح. المرحلة الأولى تحدد المناطق السميكة في مستوي التقطيع من أجل زرع وسائل التجميع. فإذا كان هناك مناطق ذات سماكات كافية فان مركز القرار" اختيار التوضع (السنترة)" و مركز القرار" اختيار وسائل التثبيت" يقترحان عدة حلول و بالمقابل فإذا لم توجد مناطق ذات سماكات كافية فانه يتوجب علينا إضافة معدن (آذان) من الداخل أو من الخارج من اجل إعطاء السماكة الكافية. الشكل 7 يوضح مركز القرار" اختيار التوضع (السنترة)" و الشكل 8 يوضح مركز القرار "اختيار وسائل التثبيت".




**الشكل (6) المخطط الإجمالي لتجميع الشرائح**



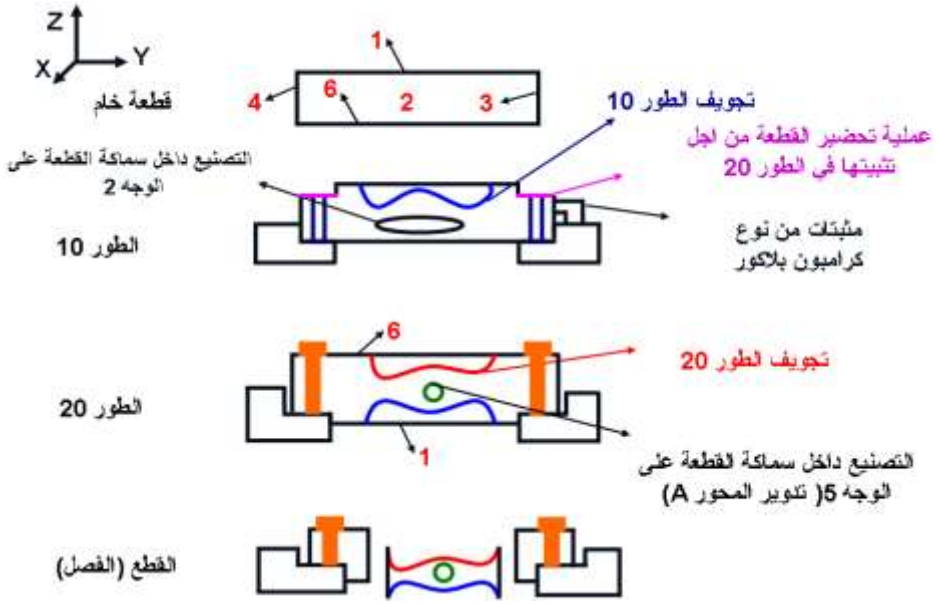

**الشكل (7) مركز القرار "توضع (سنترة) الشرائح"**




**الشكل (8) مركز القرار" تثبيت الشرائح"**

**مبدأ التصنيع**

الهدف هو إنتاج كل أنواع القطع وبشكل سريع حيث أن زمن التصنيع ليس معياراً أساسياً و لكن بالمقابل يجب استخدام مثبتات قياسية بشكل إجباري.



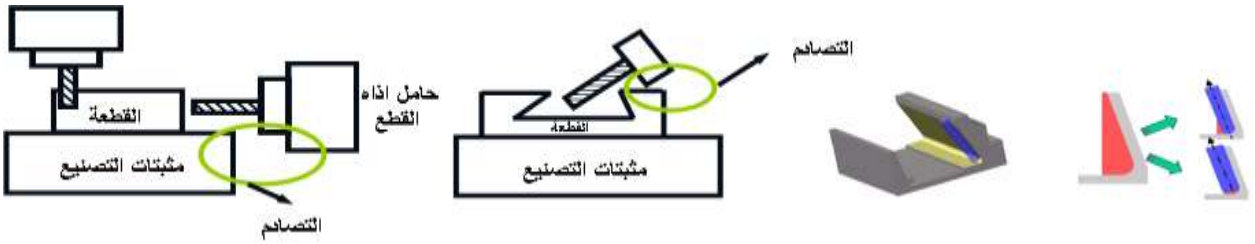

**الشكل (9) طريقة تصنيع لأربع وجوه من القطعة خلال طورين فقط**

و لكن سوف نبدأ بتحضير السطوح المرجعية من أجل استخدامها أثناء قلب ( تدوير) القطعة. القطعة الخام تكون مقطوعة بشكل بسيط من غفل (قضيب خام) أو من قطعة خام بشكل متوازي مستطيلات باستخدام القص. إن الطريقة المطبقة في هذه المقالة لا تتطلب أي تحضير للقطعة الخام قبل عملية التصنيع وذلك لأن القطعة الخام سوف تكون مثبتة باستخدام مثبتات من نوع ( برید أي يستخدم للتثبيت من الاعلى) أو مثبتات من نوع ( كرامبون بلاكور اي

يستخدم للتثبيت من الجوانب) أو تكون مثبتة على ملزمة ذات قياس كاف. إن طريقة التصنيع تعتمد على عدد الأوجه الواجب تصنيعها من القطعة. الشكل 9 يعرض نموذج من طريقة التصنيع في طورين من اجل التصنيع المحوري العمودي على الأوجه 1, 2, 5, 6 . القطعة الخام توضع على المثبت في الطور 10 و تكون مثبتة بواسطة المثبتات من نوع (كرامبون بلاكور). الأوجه 1 و 2 سوف يتم تصنيعهما. الوجه 2 سوف يكون مقدور الوصول إليه على جانب القطعة باستخدام المحور A للآلة. في هذا الطور سوف يتم تحضير القطعة (تحضير السطوح المرجعية) من أجل الطور التالي وسوف يتم تحضير الثقوب من أجل مرور براغي تثبيت القطعة في الطور 20. في الطور 20 يتم تدوير القطعة حول المحور X و توضع على المثبتات باستخدام السطوح المرجعية التي تم تحضيرها في الطور 10 و باستخدام البراغي. السطوح 5 و 6 سوف يتم تصنيعها و عملية القطع النهائية تفصل القطعة و ذلك بترك وسائل التثبيت على المثبتات.

**قابلية التصنيع**

قام Hu بشرح طريقة تقسيم القطع بالأخذ بعين الاعتبار قابلية الوصول لأداه القطع و سماكة الشرائح و عدد الشرائح و ذلك على آلة تشغيل ذات ثلاث محاور[1]. الشكل 10 يعرض الصعوبات التي اعترضتنا من أجل إمكانية وصول أداه القطع في حالة الآلات ذات الخمس محاور. يجب تجنب التصادم بين أداه القطع و القطعة من جهة و بين أداه القطع و المثبتات من جهة أخرى. لان أداه القطع تكون قصيرة ويجب أن تكون بشكل كامل قياسية لكي تستطيع المرور بشكل سريع من قطعة إلى أخرى. بعض الأجزاء من القطعة لا يمكن أن تكون مرئية من قبل أداة القطع ( يعني أن أداه القطع لايمكن أن تصل إلى هذه الأماكن).

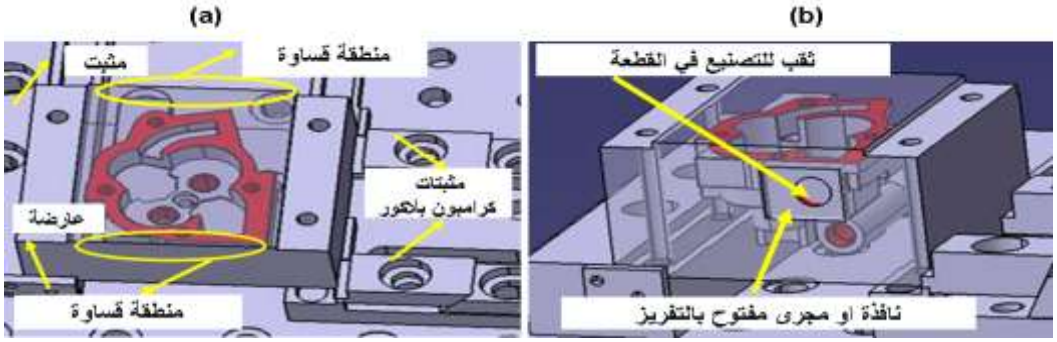



**الشكل (10) قابلية وصول أداه القطع و التصادم بين الاداه و المثبت**

وهذه الأجزاء تتطلب توضع جديد على آلة التشغيل (أي أنه يجب تشغيلها في أطوار إضافية) أو يجب إعادة النظر بالتقطيع (اختيار مستوي التقطيع ) من اجل ضمان وصول أداه القطع إلى هذه الأماكن.

**صياغة ( تشكيل) القواعد**

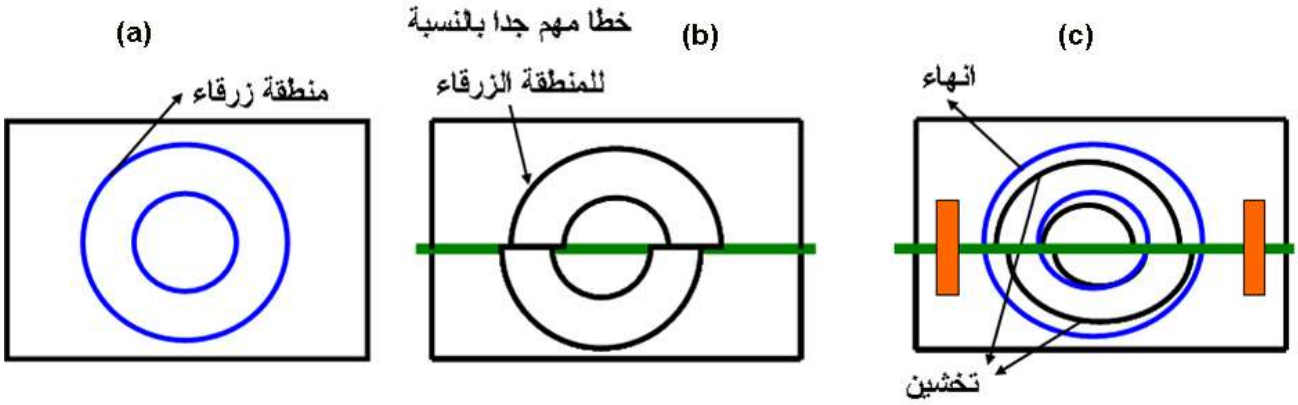
قواعد اختيار عمليات التصنيع متعددة ويتم تشكيلها باستخدام مبدأ مراكز القرار. الشكل 11 يعرض صعوبة اختيار مثبتات نوع (كرامبون بلاكور) و الحل المقترح. في الطور 10 فان المثبتات من نوع ( كرامبون بلاكور) تولد قوة ضغط عالية على القطعة . يجب عدم إضعاف القطعة وذلك بالتصنيع بترك حواجز رفيعة وذلك سوف يشوه القطعة. من اجل تصنيع قطعة مجوفة يجب ترك منطقة قساوة على كل جانب. هذه المنطقة سوف يتم تصنيعها في الأطوار التالية شكل 11a. في هذه الحالة سوف يكون من الصعب انجاز التصنيع المعقد على جانب القطعة لذلك يجب في بعض الأحيان فتح تجويف ( نافذة) عن طريق التصنيع الدوراني من اجل الوصول إلى القطعة شكل 11b .




**الشكل (11) منطقة القساوة و التصنيع على جانب القطعة**

**عمليات الإنهاء للمناطق الناتجة عن مستويات التقطيع**

إذا كانت المنطقة الوظيفية كبيرة فإنها سوف تكون مقطوعة ( يعني أن مستوي التقطيع سوف يمر بهذه المنطقة) شكل 12a.

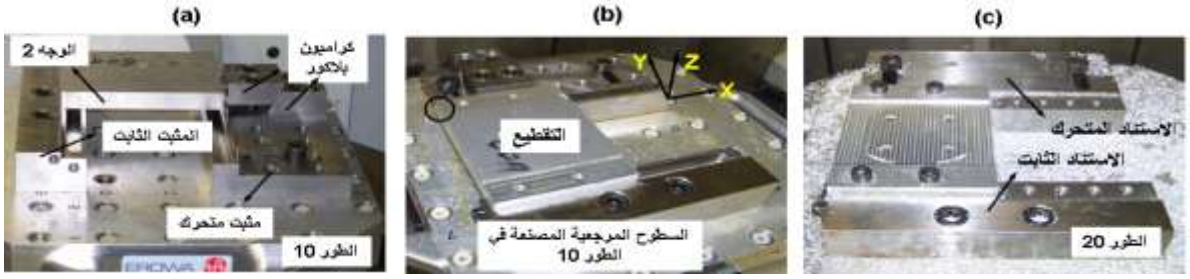



**الشكل (12) عمليات الإنهاء للمناطق الناتجة عن مستويات التقطيع**

دقة التصنيع و التجميع لا تسمح بضمان الشكل الهندسي النهائي الكافي شكل 12b. في هذه الحالة يجب إجراء عمليات التخشين للسطوح الوظيفية بشكل منفصل لكل شريحة. لحل هذه المشكلة سوف نقوم بتجميع الشريحتين قبل إجراء عملية الإنهاء للمنطقة الوظيفية.

**مثبتات التصنيع**

في مفهوم النمذجة السريعة يجب طرح مثبتات تصنيع خاصة تسمح بإنتاج القطع في طورين. الآلة المستخدمة هي آلة تشغيل مبرمجة ذات سرع عالية من النوع Mikron UCP710. المرحلة الأولى من العمل تألفت من اقتراح مثبت التصنيع التالي شكل 13. إن التصنيع في الطور 10 يجب أن يتجاوز القطعة لذلك فهو من الضروري رفع القطعة بالنسبة للطاولة EROWA مثبت التصنيع في هذا الطور مؤلف من قطعتين شكل 13a. القطعة الثابتة تكون مثبتة بواسطة بيونين للتوضع و بواسطة برغيين للتثبيت. القطعة المتحركة و التي تتحرك في الاتجاه Y عكس القطعة الواجب تصنيعها يتم تثبتها بواسطة براغي موضوعة في المجاري. و المثبت نوع كرامبون بلاكور يتم شده من أجل تثبيت و شد القطعة الخام. الوجه 2 يكون قابل للتصنيع بتدوير المحور A للآلة بمقدار 90° . وذلك لأن القطعة تكون على طرف طاولة آلة التشغيل. في الطور 10 نقوم بعملية تحضير السطوح المرجعية للقطعة من أجل الطور 20 شكل 13b



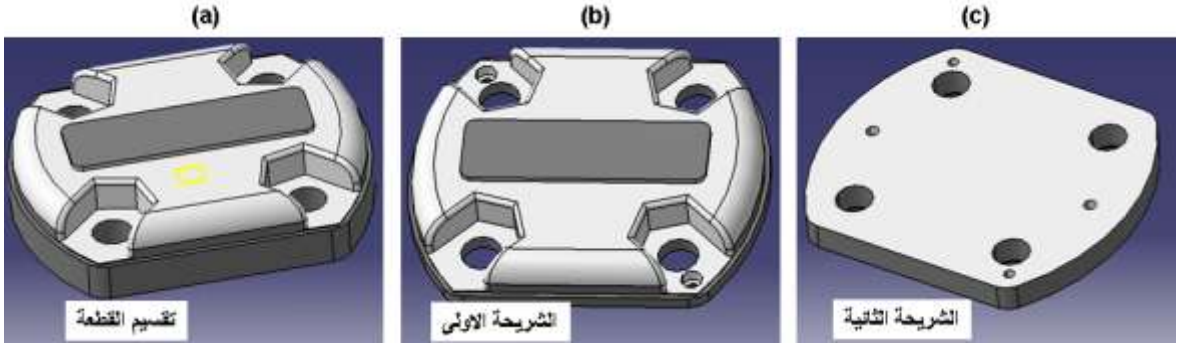

**الشكل (13) مثبتات التصنيع**

في الطور 20 شكل13c. المثبت (الاستناد الثابت) يكون متوضع على الطاولة باستخدام مسماري سنترة ويكون مثبت بواسطة برغيين. الاستناد المتحرك ينزلق على القطعة ثم يتم تثبته على الطاولة . السطوح المرجعية للقطعة و التي تم تحضيرها في الطور 10 تكون في حال اتصال ( تماس) مع قطع المثبتات. الثقوب التي تم تحضيرها في الطور 10 تكون مواجهة للثقوب الملولبة الموجودة في قطع المثبتات.

**تطبيق على قطعة ميكانيكية (غطاء مضخة هيدروليك)**

**اختيار مستوي التقطيع و تجميع الشرائح**

الهدف من هذا التطبيق هو التحقق من صحة طريقة التصنيع المقترحة والتحقق من مثبتات التصنيع التي قمنا بتصميمها و تصنيعها. لقد قمنا باختيار مستوي تقطيع أفقي. الشكل 14b و 14c يوضح القطع الناتجة عن التقطيع بواسطة هذا المستوي الأفقي.في الطور 10 القطعة توضع على المثبت الموضح بالشكل 13.

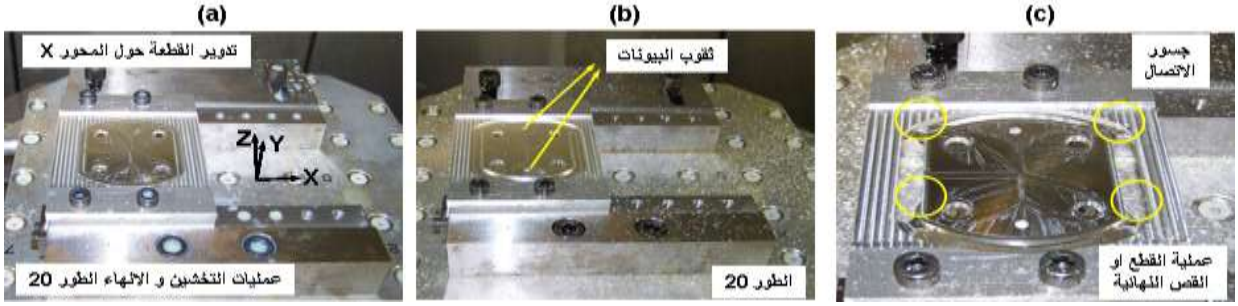



**الشكل (14) التقسيم إلى شرائح**

توجه الطاولة A=C=0° يسمح بإمكانية الوصول إلى الوجه 1. طريقة التخشين تم تنفيذها باستخدام أداه اسطوانية ذات قطر 6 مم شكل 15a . منطقة القساوة تم حفظها على كل جهة من أجل تحمل قوى الشد الناتجة عن المثبتات من نوع كرامبون بلاكور. إن التصنيع تم تحديده على عمق أعظمي 7.5 مم و الذي يساوي نصف ارتفاع القطعة الخام. السطوح المرجعية وثقوب التثبيت التي سوف تستخدم في الطور 20 تم تصنيعها شكل 15b. عملية الإنهاء تم تنفيذها باستخدام أداتين كرويتين الأولى بقطر 6 مم و الثانية بقطر 3مم. في الطور 20 القطعة يتم تدويرها حول المحور X ويتم تثبيت هذه القطعة على المثبتات باستخدام السطوح المرجعية التي تم تحضيرها في الطور 10. و عملية التثبيت تمت باستخدام 4 براغي

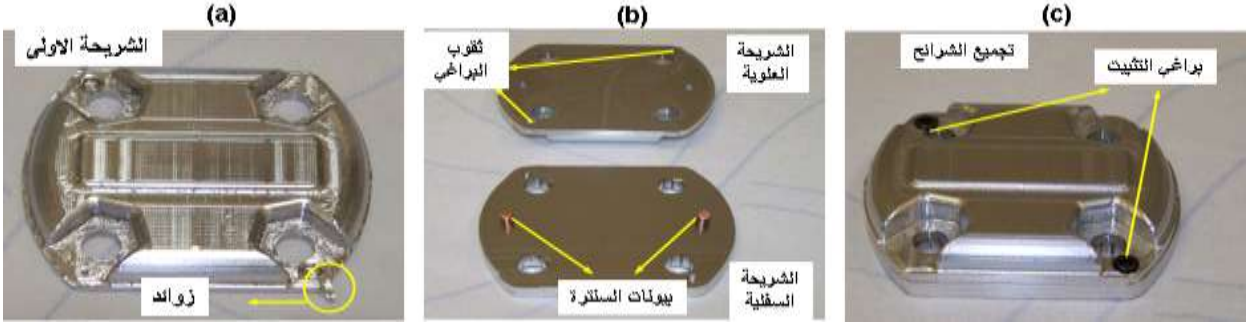
**الشكل (15) عمليات التصنيع في الطور 10**

.عملية التخشين تمت باستخدام أداه اسطوانية ذات قطر 6 مم . عملية الإنهاء تم تنفيذها باستخدام أداه كروية ذات قطر 6 مم شكل 16a. الثقبين المستخدمين لسنترة ( توضع) الشريحتين تم تصنيعهما باستخدام أداه كروية ذات قطر 2مم شكل 16b و ذلك باستخدام دورة تفريز دائري بقطر 3 مم. عملية التقطيع الخارجي شكل 16c تم تنفيذها و ذلك بترك أربع جسور صغيرة شكل 16c. في النهاية يتم تقطيع (قص) هذه الجسور وتسقط القطعة داخل مثبتات التصنيع. عملية التقطيع الأخيرة تترك على القطعة زوائد عند نقاط الجسور شكل 17a . هذه الزوائد يمكن إزالتها باستخدام مبرد بسيط. الشريحة الثانية تم تصنيعها بتطبيق نفس الطريقة السابقة.




**الشكل (16) عمليات التصنيع في الطور 20**

الشكلين 17b و 17c يظهران تجميع الشريحتين باستخدام بيونين بقطر 3مم و برغيين M3 من اجل الحصول على القطعة النهائية.




**الشكل (17) عملية التجميع**

بعد تجميع الشريحتين لاحظنا انزياح بسيط بمقدار 0.3 مم بين هاتين القطعتين. هذا الانزياح دفعنا لإجراء دراسة حول نوعية القطع التي نحصل عليها بعد تجميع الشرائح المصنعة شكل 18.

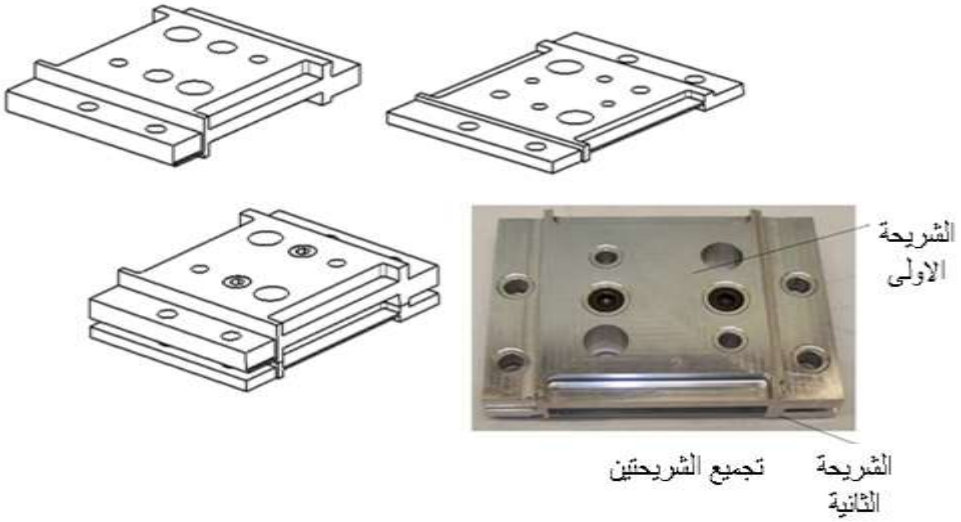
**الشكل (18) الانزياح الناتج عن تجميع الشرائح**

**النوعية و الجودة الهندسية للشرائح المصنعة**

الهدف من هذا الجزء هو تحليل الأخطاء الناتجة عن التصنيع و إجراء القياسات على قطعة الاختبار. النتائج يجب أن تسمح بتحديد :

- الدقة التي نستطيع الحصول عليها بعد تصنيع و تجميع الشرائح
- البروتوكولات التي يجب وضعها من أجل تحديد هذه الأخطاء

قطعة الاختبار مؤلفة من شريحتين حيث أن أبعاد الشرائح هي على التوالي (18*100 * 130) و (7*100*130) الشكل 19 يوضح الموديل الثلاثي البعد لكلا الشريحتين و تجميع هاتين الشريحتين و التصنيع الحقيقي لقطعة الاختبار.




**الشكل (19) الموديل الثلاثي البعد للشريحتين و تجميع هاتين الشريحتين**

كل شريحة مؤلفة من 4 ثقوب و 4 مجاري. ثقبين بقطر 16 مم ويكونان مصنعان باستخدام أداه 10 مم وثقبين بقطر 8 مم و مصنعان باستخدام أداه 6مم. هذه الثقوب تكون متوضعة بشكل متناظر . الهدف من هذا التوضع للثقوب هو من اجل معرفة ( تخمين) تأثير أخطاء( انزياحات) التوجه. الثقوب ذات القطر 16 مم تكون مصنعة في طور واحد

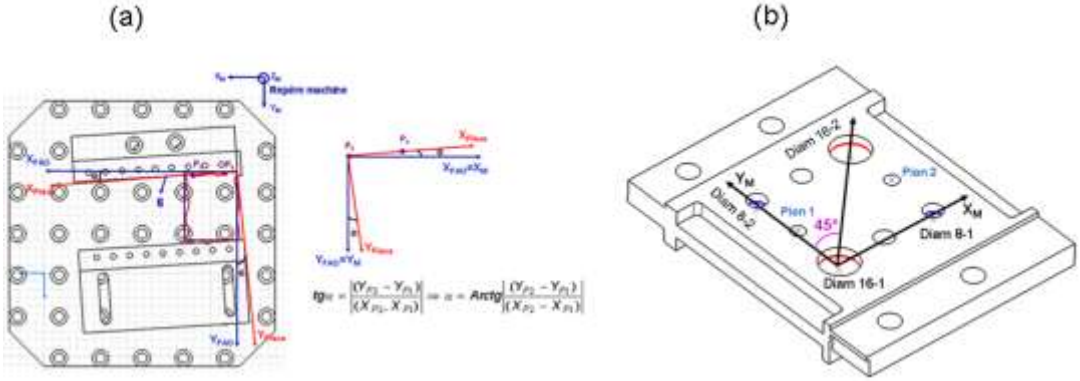
وهذا يسمح لنا بدراسة تأثير عملية التجميع. الثقوب ذات القطر 8 مم يكونان مصنعان في طورين و الذي يسمح لنا بدراسة تأثير تغير الطور( تدوير أو قلب القطعة) و تأثير عملية التجميع.

لكل شريحة مجريان يكونان مصنعان في الطور 10 والمجريان الآخران يكونان مصنعان في الطور 20 . و في كل طور احد المجريين يكون مصنع باستخدام أداه 10 مم و الأخر باستخدام أداه 6مم. الهدف من استخدام أداتين مختلفتين أثناء تصنيع المجاري هو لمعرفة الأخطاء الناتجة عن ضبط ( تعير) أداه القطع. الهدف من المجاري الأربعة هو تخمين أخطاء التوازي و أخطاء التعامد لكل شريحة و أثناء عملية التجميع.

الشريحتين ذات سماكات مختلفة. سماكة الشريحة الثانية يجب ان تسمح بالتحقق بشكل سهل من تأثير التشوه الناتج عن قوى الشد الناتجة عن المثبتات من نوع كرامبون بلاكور.

بعد تصنيع الشريحتين و تجميعهما تم إجراء عمليات القياس لكل شريحة و للقطعة المجمعة على آلة القياس. ثم بعد ذلك تم تحليل نتائج القياس و ركزنا في تحليل النتائج على تحليل أخطاء الاستواء ⏥ و على تحليل أخطاء التوازي // و على تحليل أخطاء التوضع ⌖. و بعد تحليل كل هذه النتائج قمنا باقتراح بروتوكولين من أجل الحد و السيطرة على هذه الأخطاء.

- البروتوكول الأول يقترح إجراء عمليات الضبط اليدوي للمثبت . هذا الضبط يتألف من وضع المثبت الثابت في الطور 20 بحيث نضمن أن يكون السطح 6 موازي للمحور X للآلة. إذا كان الضبط اليدوي غير ممكن سوف نستخدم في برنامج الآلة تعليمة الانزياح الزاوي ( التابع ROT في التحكم الرقمي) شكل 20a.
- البروتوكول الثاني يقترح بأن ننسب جملة إحداثيات التصنيع في الطور20 إلى المناطق التي تم تصنيعها في الطور 10 شكل 20b.




**الشكل (20) البروتوكولات المقترحة للحد من الأخطاء**

## الاستنتاجات و التوصيات:

- ✓ أن استخدام الطريقة المقترحة URP (التصنيع السريع للنموذج) سمحت بإنتاج القطع المعقدة من اجل تصنيع الميكانيزمات الوظيفية النموذجية
- ✓ باستخدام مراكز القرار تم التوصل الى اختيار نوع التجميع للقطع المعقدة

- ✓ باستخدام مثبتات التصنيع التي تم تصميمها و تصنيعها تم التوصل الى طريقتين (نموذجين) للتصنيع من أجل تصنيع القطع بطورين على الات التشغيل المبرمجة
- ✓ امكانية التحقق من قابلية تصنيع الشرائح ( طول اداة القطع، التداخل....) بوضع عدة معايير ، حيث تم تصنيع قطعة بسيطة من شريحتين ولقد لاحظنا أخطاءً هندسية الأمر الذي قادنا لتحديد بروتوكول على قطعة اختبار من اجل تحليل الدقة التي نحصل عليها بعد تصنيع و تجميع الشرائح، و قد تم وضع عدة طرق من أجل الحد و السيطرة على هذه الاخطاء

**التوصيات**

- ✓ تشكيل (صياغة) قواعد الالغاء الموجودة في مراكز القرار من اجل اختيار طريقة التصنيع و التجميع.
- ✓ العمل من اجل الحصول على حل برمجي في بيئة التصميم بمساعدة الحاسب باستخدام الطريقة CAPP (Computer Aided Process Planning).
- ✓ إجراء اختبارات الدقة لتجميع الشرائح و القيام من جديد بقياس قطعة الاختبار بعد تطبيق بروتوكول ضبط و تعيير الآلة.
- ✓ التوليد الأوتوماتيكي لعمليات تصنيع الشرائح.

## المراجع:

[1] Z. HU *" Concave edge-based part decomposition for hybrid rapid prototyping* ", Int J Mach Tools Manuf 45:35–42. 2005

[2] A. CHEP *" A knowledge based-representation and a decision based-approach for advanced manufacturing systems* ", . Proceedings from the 30th International MATADOR Conference. Manchester, March 1993

[3]. J.HUR, K.HU, Z.KIM, " *Hybrid rapid prototyping system using machining and deposition* Computer-Aided Design 34(10):741–754 2002

[4]. C.BARLIER, SHAN PING LIAN, Hu SHENGSUN, " *Procédé de réalisation de pièces mécaniques, en particulier de prototypes, par décomposition en strates avec retournement, strates élémentaires obtenues selon le procédé et pièces mécaniques ainsi obtenues*", brevet n°98 14688 1998

[5]. Y.HOUTMANN " *Décomposition avancée de modèles numériques CAO pour le procédé de Stratoconception Développement des outils associés* ", Ph.D. thesis, Université Henri Poincaré Nancy 2007

[6]. B. DELEBECAUE " *Intégration de fonctions avancées à l'inter-strate de pièces réalisées par le procédé de Stratoconception, Méthodologie et développement des outils associé* ", Ph.D. thesis, Université Henri Poincaré Nancy 2007

[7]. G. LAUVAUX " *La réalisation d'œuvres d'art par prototypage rapide avec le procédé de Stratoconception.*", Ph.D. thesis, Université de Reims Champagne-Ardenne 2005

[8] B. JAME "*Contoured edge slice generation in rapid prototyping via 5-axis machining* ", . Robot Comput-Integr Manuf 17(1–2):13–18 2001

[9] S. DHALIWAL *" A feature based approach to automated design of multi-piece sacrificial molds* ", . ASME J Comput Inform Sci Engng 1(3):225–234 2001

[10] T. LESPRIER *" Conception et Fabrication de Prototypes Modulaires à fonctionnalités évolutives* ", . Ecole Centrale de Nantes and Université de Nantes 2005

[11].K.HATMAN, K.KRISHNAN, R.MERZ "*Robotic-assisted shape deposition manufacturing* " IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Diego, May1994
[12] B. ANSLMETTI *" A decision-based approach: application to the automatic design of process planning* ", Prod Plan Control 6(4):345–351 1995
[13]. A.BERNARD and G. TAILLANDIER*" Le prototypage rapide "* HERMES,Paris 1998