

Design Study for Modeling and Simulation of the Three-axis Programmed Lathe

Jenan Sakour*

(Received 9 / 5 / 2023. Accepted 29 / 10 / 2023)

□ ABSTRACT □

This research deals with a detailed study of the three-axis programmed lathes that are widely used in the industrial sector. This research enables us to identify the programmed lathes and know the benefits of this machine and its importance in the field of industry and the advantages and disadvantages of using it and what are the types of these machines and their areas of use. It has programmed lathes.

The research also presents engineering and mechanical models for the programmed lathes and assembling them together on the Solid Works program. Finally, the research presents the results of the theoretical and practical study and the recommendations that must be followed to ensure obtaining high accuracy and quality of the products manufactured on the machine, as well as the correct use methods to increase their life span and work with high efficiency.

Keywords Computer Numerical Control – Three –axis programmed lathes

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Academic Assistant, Second College of Science- Damascus University –Daraa branch – Daraa- Syria.
jenansakour@gmail.com

دراسة تصميمية بهدف نمذجة ومحاكاة عمل المخارطة المبرمجة ثلاثية المحاور

جنان صفور*

(تاريخ الإيداع 9 / 5 / 2023. قُبِلَ للنشر في 29 / 10 / 2023)

□ ملخص □

يتناول هذا البحث دراسة مفصلة للمخارط المبرمجة ثلاثية المحاور التي تستخدم بشكل واسع في قطاع الصناعة. يُمكننا هذا البحث من التعرف على المخارط المبرمجة ومعرفة فوائد هذه الآلة وأهميتها في مجال الصناعة ومحاسن ومساوئ استخدامها وما هي أنواع هذه الآلات ومجالات استخدامها وكذلك يقدم لنا هذا البحث دراسة لنموذج نظام التشغيل في الآلة ومعرفة مبدأ برمجة وانتقال أداة القطع على المشغولة وما هي البرامج التي تعمل عليها آلات المخارط المبرمجة. كما يقدم البحث نماذج هندسية وميكانيكية لآلة تشغيل المخارط المبرمجة وتجميعها مع بعضها على برنامج Solid Works. وأخيراً يقدم البحث نتائج الدراسة النظرية والعملية والتوصيات التي يجب اتباعها لضمان الحصول على الدقة العالية والجودة للمنتجات المصنعة على الآلة وكذلك طرق الاستخدام الصحيح لزيادة فترة عمرها والعمل بكفاءة عالية.

الكلمات المفتاحية: الآلات التشغيل المبرمجة - المخارط المبرمجة ثلاثية المحاور

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



CC BY-NC-SA 04

* قائم بالأعمال - كلية العلوم الثانية - جامعة دمشق - فرع درعا- درعا- سورية. jenansakour@gmail.com

مقدمة:

لقد كان ظهور تقنية التحكم الرقمي بمثابة التحول الجذري في طريقة التحكم في ماكينات العدد، وذلك استجابة لما بدا جلياً من وجود محدودية في إمكانيات هذه الماكينات، مما يفرض قيوداً ثقيلة على التصميمات الهندسية ومتطلباته المتصاعدة من حيث الدقة والتعقيد

ونحاول في هذا التمهيد عرض التطورات التاريخية التي لازمت تطور تقنية التحكم الرقمي والتعرف على الفروق بين ماكينات العدد التقليدية وماكينات العدد ذات التحكم الرقمي،

ومن المفيد أن نحدد من البداية أن التركيز سيكون بشكل كامل على تطبيق تقنية التحكم بالحاسب على ماكينات العدد (مخرطة).

لقد تم أول تطوير لتقنية التحكم الرقمي في الفترة ما بين 1947-1952 في معهد ماسوشوست لتقنية (MIT) بالتعاون مع شركة جون بارسونس للطائرات في مدينة متشجان بالولايات المتحدة الأمريكية. وترجع فكرة التحكم الرقمي في ذلك الوقت إلى ظهور حاجة ماسة لإنتاج قطع غاية في الدقة بأشكال هندسية معقدة تشكل أجزاء من الطائرات الحربية.

ومن ثم فقد نشأت فكرة التحكم الرقمي لتحقيق الأهداف التالية:

- (1) زيادة الإنتاج.
- (2) تحسين جودة ودقة القطع المصنعة.
- (3) تحقيق الثبات في تكاليف الإنتاج.
- (4) إمكانية تصنيع قطع معقدة التي يستحيل تصنيعها باستخدام مكائن تقليدية.

وتم في عام 1952 م تصنيع أول ماكينة للتحكم الرقمي وكانت ذات ثلاثة محاور وتعمل بواسطة منقب. وفي 1954 م تم الإعلان رسمياً عن تطبيق تقنية التحكم الرقمي وبعدها بحوالي ثلاثة سنوات تم أول إنتاج لهذه الماكينات وتركيبها لتكون جاهزة للاستخدام. وبحلول عام 1960 كانت تقنية التحكم الرقمي قد لقيت قبولاً واسعاً وأصبح في مقدور الجهات الراغبة في استخدامها الحصول عليها دون عوائق.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف هذا البحث إلى التعريف بالمخارط المبرمجة ثلاثية المحاور ومبدأ عملها وإجراء دراسة تصميمية لها ونمذجة ومحاكاة عملها على برنامج التصميم بمساعدة الحاسب SolidWorks و حساب المحركات المستخدمة للمحاور و تصميم أجزاء هذه المخرطة ودراسة الاجهادات و الانفعالات على محاورها والتوصية بالنتائج التي تم الحصول عليها

طرائق البحث ومواده:

تم في هذا البحث بداية التعريف بالمخارط ثلاثية المحاور المبرمجة و مبدأ عملها ثم قمنا بعد ذلك برسم قطع الالة على برنامج SolidWorks ثم بتجميع هذه القطع للحصول على الالة المجمع في بيئة التجميع في برنامج SolidWorks ثم قمنا بإجراء الحسابات التصميمية رياضياً ثم التحقق منها في بيئة النمذجة والمحاكاة على البرنامج وقمنا بحساب الاجهادات و الانفعالات ومعاملات الأمان.

الدراسات المرجعية

شرح الباحث Merz [1] عدة طرق من أجل إنتاج نموذج معدني وذلك باستخدام أنظمة البثق المعدنية المقادة بواسطة الروبوتات والآت التشغيل المبرمجة. درس الباحث Hur [2] شكل جديد من نظام النمذجة السريعة والتي تستخدم كل من البثق والتصنيع على الآت التشغيل المبرمجة. هذا النظام يقدم حل تصنيعي محسن باستخدام فوائد النمذجة السريعة و أنظمة التحكم الرقمي CNC.

طور الباحث Claude Barlier [3] طريقة الستراتو كونسوبسيون (Stratoconception) المعتمدة على شرائح ذات سماكات رقيقة بين 2 إلى 10 مم مع سطوح اتصال دائماً مستوية. تقطيع المواد الخام يكون باستخدام التفريز ثلاثي المحاور الذي يؤدي إلى ظاهرة التدرج أو باستخدام التفريز خماسي المحاور. درس الباحث Yves Houtmann [4] كيفية تقسيم الموديلات الثلاثية البعد إلى مناطق متعددة وكيفية اختيار مستويات التقطيع وإمكانية التصنيع على الآلات المبرمجة. وضح الباحث Benoit Delebecque [5] كيفية التجميع للشرائح الناتجة عن التقطيع بواسطة اللصق او بواسطة طرق التعشيق او باستخدام وسائل السنتره بعد تصنيعها اما بالطباعة الثلاثية الابعاد او الآت التشغيل. اقترح الباحث Lauvaux [6] عدة برامج تستخدم فقط لإنتاج القطع الفنية بواسطة النمذجة السريعة. وضع الباحث Lesprier [7] طريقة تسمح بتصميم وإنتاج النماذج الثلاثية البعد باستخدام طريقتي النمذجة السريعة و طريقة التصنيع باستخدام آلات التشغيل المبرمجة.

الجانب العملي**أولاً : التصميم الميكانيكي:**

تم تصميم آلة المخرطة المبرمجة على برنامج Solid Works وحساب الإجهادات المؤثرة والعزوم على المشغولة وعلى المحور الدوار تحليلياً ومقارنة هذه النتائج مع نتائج دراسة الإجهادات والعزوم على برنامج Solid Works واختيار مواد تصنيع أدوات القطع لتلائم الوظائف المخصصة لها.

مبدأ عمل الآلة:

تستقبل الآلة الأوامر من وحدة تحكم خاصة وتقوم بتنفيذها. تقبل الآلة معلومات على شكل أكواد Coded Information من وحدات التحكم وتقوم بتنفيذها طبقاً للأوامر المرسله من برنامج Master CAM بعد إدخال البارامترات المطلوبة (من أبعاد القطعة الخام وسرعة الدوران وسرعة القطع والتغذية وتعريف الأدوات المستخدمة والدقة المطلوبة والعدد المطلوب من القطعة المشغلة ومعلومات خاصة لضبط محاور الماكينة).

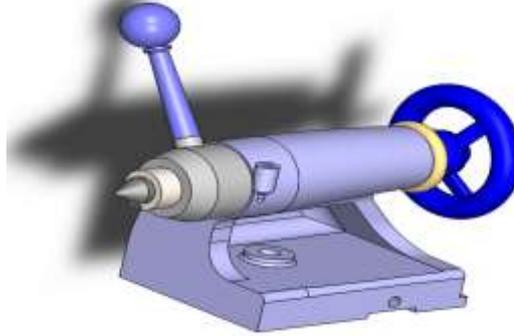
وبرنامج التحكم الرقمي يقوم بإرسال قائمة مرتبة منطقياً لتوجيه المحركات التي تقوم بدورها بتوجيه أجزاء الماكينة لتنفيذ جزء معين من تشغيل القطعة المطلوبة.



الشكل (1) المخرطة المبرمجة

أجزاء الماكينة:**الغراب المتحرك:**

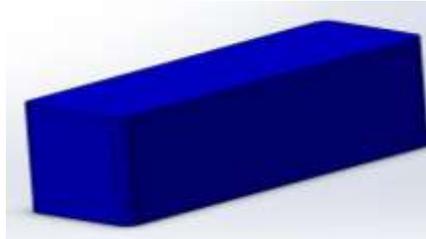
يتحرك على فرش المخرطة حركة مستقيمة ويستخدم في: تثبيت المشغولات في الطرف الثاني (سند المشغولات) مع الإبقاء على الحركة الدورانية للقطعة و إجراء عملية السنتره بواسطة ريشة السنتره و إجراء ثقوب داخلية و تنعيم الثقوب الداخلية و صناعة المخاريط الطويلة.



الشكل (2) الغراب المتحرك

القاعدة:

هي قاعدة الجسم السفلي للمخرطة، ويثبت عليها الفرش، ويستفاد منها أحياناً كخزان عدة وكمقر لوحدة سائل التبريد ويقوم الفرش بحمل الأجزاء الثابتة والمتحركة، حيث تنزلق الأجزاء المتحركة فوقها، وتكون مصنوعة عادةً من حديد الصب لتأمين استواء الآلة أي تمنعها من الاهتزاز من أجل القيام بعملية التشغيل بدقة.



الشكل (3) القاعدة

لوحة التحكم:

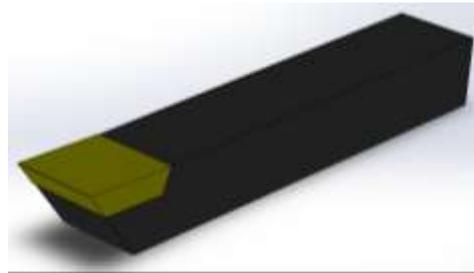
هي شاشة رقمية يتم من خلالها تشغيل وإطفاء الآلة وكذلك ضبط عمليات التشغيل يدوياً والتحكم ببارامترات القطع وتصفير الآلة.



الشكل (4) لوحة التحكم

قلم القطع:

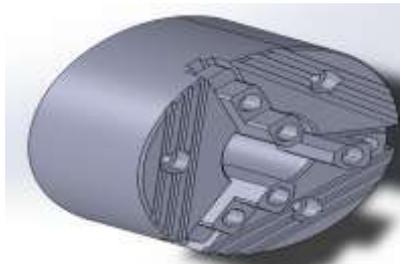
هو الذي يقوم بعملية القطع أثناء عملية تشغيل المعدن ويكون مصنوع من فولاذ السرعات العالية يحتوي على لقم كربيدية مصنوعة بواسطة ضغط عالٍ لخليط من السبائك المعدنية عالية القساوة مع حرارة من أجل تحمل قوى الاحتكاك والحرارة الناتجة عن عملية التشغيل.



الشكل (5) قلم القطع

الظرف الثلاثي:

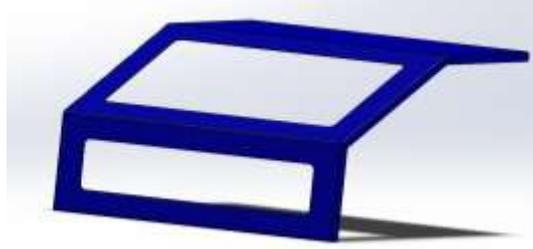
يستخدم هذا الظرف لتثبيت المشغولات ذات السطوح الأسطوانية أثناء دورانها على محور الدوران بواسطة الفكوك الثلاثية الموجودة داخل الظرف، وتكون هذه الظروف عادةً ذات نظام نيوماتي أو هيدروليكي في آلات المخارط الضخمة.



الشكل (6) الظرف الثلاثي

غطاء السلامة الوافي:

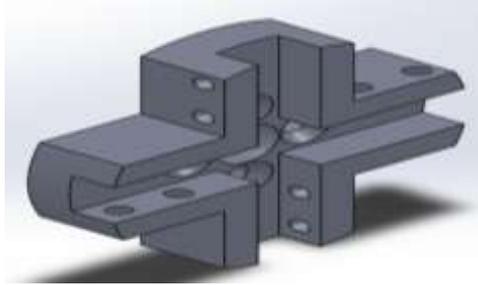
يستخدم من أجل حماية العامل من تطاير الرقائق وسائل التزيت أثناء عملية التشغيل.



الشكل (7) غطاء سلامة الواقي

البرج الحامل لعدة القطع:

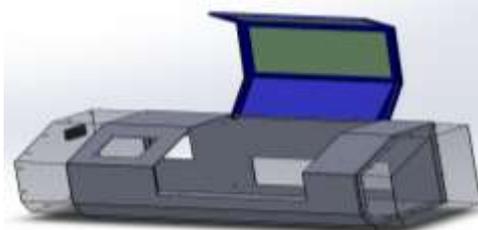
تقوم بدعم أدوات القطع وتثبيتها بأمان وذلك لنضمن عدم حدوث أي اهتزازات في قلم القطع أثناء عملية تشغيل المعدن، ومن أهم المواصفات التي يجب توافرها في مثبتات القطع هي الصلابة.



الشكل (8) البرج الحامل لعدة القطع

الهيكل الخارجي:

تستخدم لحماية أجزاء الآلة من العوامل الخارجية وحمل الأجزاء الداخلية وتوضع عليها لوحة التحكم وضوء الإشارة.



الشكل (9) الهيكل الخارجي

اللولب الكروي:

يقوم بنقل حركة المعدات بحركة خطية، ومثبت عليها صامولة حيث تحتوي الصامولة على كرات صغيرة مفسّات والتي تقوم بنقل الحركة بسرعة ويكون معامل الاحتكاك له صغير جداً ويتميز بأنه ماص للاهتزازات الناشئة أثناء عملية التشغيل.



الشكل (10) اللولب الكروي

محركات السيرفو:

وهي المحركات التي تسبب بحركة الآلة وتعطي الحركة في الاتجاهات الثلاثة للآلة.

وتتألف من نوعين: محرك سيرفو AC و محرك سيرفو DC والمحرك المستخدم في الآلة هو من نوع AC لأنه يمتلك قدرة أكبر بكثير من النوع الثاني ويوجد أربعة محركات في الآلة: المحرك الأول يؤمن الحركة الطولية للطاولة والمحرك الثاني يؤمن الحركة العرضية للطاولة والمحرك الثالث يؤمن الحركة الدورانية للظرف الثلاثي والمحرك الرابع يؤمن حركة لتبديل الأدوات.



الشكل (11) محرك سيرفو

المنزلاقات:

هي قطع مسطحة مصنوعة من المعادن لها حواف تمكنها من التعشيق مع أرضية أخرى بحيث تستطيع الانزلاق عليها مع وجود طبقة مشحمة من أجل تقليل الاحتكاك وتسهيل الانزلاق



الشكل (12) منزلة خطية

ضوء الإشارة:

تستخدم من أجل إعطاء تنبيهات أثناء عمليات التشغيل حيث: الضوء الأخضر: عملية أمان للآلة والضوء البرتقالي: الآلة تقوم بعملية التشغيل والضوء الأحمر: حدوث خطأ أثناء عملية التشغيل.



الشكل (13) ضوء الإشارة

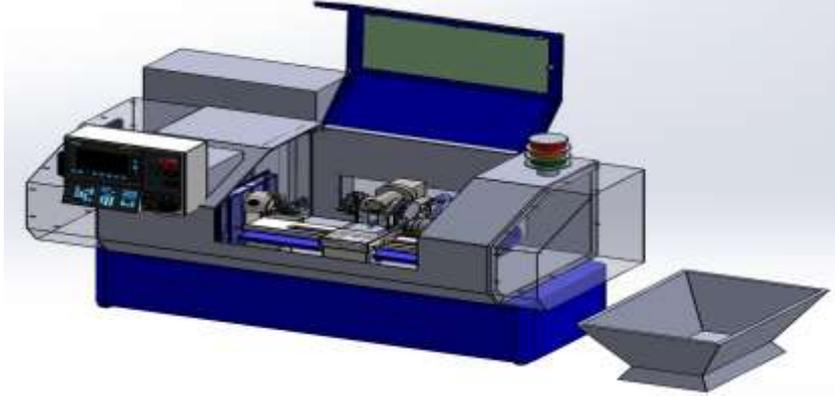
المحور الدوار:

و يقوم بنقل الحركة الدورانية من علبة السرعة إلى الظرف ويصنع عادةً من الفولاذ لتحمل الإجهادات والعزوم المطبقة عليه أثناء عملية التشغيل.



الشكل (14) المحور الدوار

بعد تجميع أجزاء الآلة نحصل على الشكل النهائي:



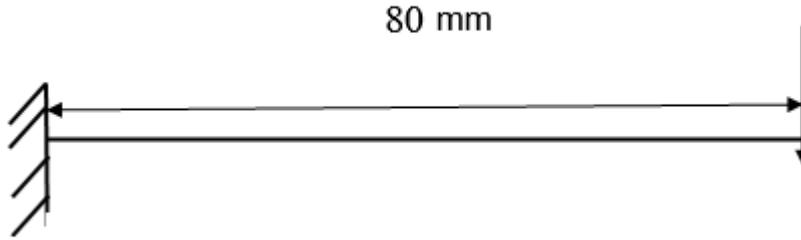
الشكل (15) تجميع الآلة

ثانياً: الدراسة التصميمية والنتائج ومناقشة النتائج

سوف نبدأ في دراستنا التصميمية من المشغولة المراد تشكيلها ويتم بتحديد مواصفات المشغولة الخام المراد تشكيلها بقطر $\phi = 32\text{mm}$ وهو يتكون من فولاذ الإنشاءات الكربوني ASTM A36 Steel ويكون حد الخضوع

$$\sigma = 85 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

حيث لدينا المشغولة التالية وافترضنا طولها 80mm التي تكون حرّة من طرف ومثبتة من طرف آخر بالظرف.



الشكل (16) تمثيل المشغولة على شكل جانز حر من طرف و مثبت من طرف آخر

يمكن تحليل قوى المقاومة للقطع R أثناء عمليات الخراطة إلى ثلاث قوى مركبة عمودية على بعضها ومؤثرة على القلم وهي F_z, F_y, F_x .

F_x : قوة محورية أو قوة التغذية وتعمل موازية لمحور المشغولة في اتجاه معاكس لاتجاه التغذية.

F_y : قوة قطرية تعمل في المستوي الأفقي عمودياً على محور المشغولة.

F_z : قوة القطع المماسية وتكون مماسة لسطح القطع وتتطابق مع اتجاه الحركة الأساسية للقطع.

محصلة القوى الثلاث R هي قطر متوازي المستطيلات وتساوي:

$$R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2 + F_z^2} \quad \{N\}$$

إن أكبر قوة من القوى الثلاث هذه هي قوة القطع المماسية وعندما يكون قلم القطع مشحوداً بشكل جيد تكون العلاقات بين هذه القوى على شكل التقريبي.

$$F_z : F_y : F_x = 1 : 0.4 : 0.25$$

أي أن قوة القطع المماسية تفوق قوة التغذية بأربع مرات والقوى القطرية بمرتين ونصف. ولحساب الضغط النوعي للقطع P ومعامل القطع K. من أجل تحديد قوة القطع في عملية الخراطة يمكن حساب القوة Fz بشكل تقريبي آخر بالعلاقة التالية:

$$Fz = C_F \cdot t \cdot S^{0.75} \text{ [kg]}$$

C_F: معامل يتعلق بالمعدن المشغل.

أما لحساب القوة Fz بشكل دقيق مع الأخذ بعين الاعتبار الظروف الخاصة للقطع أي إدخال معاملات التصميم في الحساب فإن العلاقة السابقة تكتب على الشكل التالي:

$$Fz = C_F \cdot t \cdot S^{0.75} \cdot K_{mFz} \cdot K_{yFz} \cdot K_{COFz} \text{ [N]}$$

K_{mFz}: معامل تصحيح يتعلق بالخصائص الميكانيكية للمعدن يزداد مع ازدياد متانة الشد σ_B والقساوة البرنيلية HB.

K_{yFz}: معامل تصحيح يتعلق بزاوية الجرف في القلم حيث أنه ينقص مع ازدياد زاوية الجرف.

K_{COFz}: معامل تصحيح يتعلق بنوعية سائل القطع.

لحساب قوة القطع Fz عند تشغيل صلب الإنشاءات الكربوني ذي مقاومة شد

$$\sigma_B = 85 \text{ [Kg/mm}^2\text{]}$$

بقلم قطع من صلب السرعات العالية P6M5 فيه $\gamma=10^0$ و $\varphi=45^0$ وباستخدام سائل قطع من الزيوت المعدنية علماً

$$S=0,5 \text{ [mm/r]} \ \& \ t=6 \text{ [mm]}$$

من الجداول:

$$C_F=180 \ \& \ K_{mFz}=1,23 \ \& \ K_{yFz}=1,03 \ \& \ K_{COFz}=0,95$$

$$Fz = C_F \cdot t \cdot S^{0.75} \cdot K_{mFz} \cdot K_{yFz} \cdot K_{COFz}$$

$$Fz = 180 \cdot 6 \cdot 0.5^{0.75} \cdot 1.03 \cdot 1.23 \cdot 0.95 = 773 \text{ [Kg]}$$

الجدول (1) اختيار قيم المعاملات C_v, C_F

زاوية الاقتراب الأفقية				المعامل	مادة قلم القطع	المعدن المشغل
90°	60°	45°	30°			
45	59	68	86	C _v	فولاذ السرعات	فولاذ الإنشاءات الكربوني (Kg/mm ²) $\sigma_B=85$
164	176	180	194	C _F	العالية	
212	241	262	296	C _v	كربيد سمنتيت	
253	268	285	308	C _F	T ₁₅ K ₆	

الجدول (2) اختيار قيم معاملات التصحيح K_{mv}, K_{mFz}

قلم القطع من فولاذ السرعات العالية				
معامل التصحيح		الخصائص الميكانيكية		المعدن المشغل
K _{mFz}	K _{mv}	مقاومة الشد σ_B (Kg/mm ²)	قساوة برنيل HB	

الجدول (3) اختيار قيم معاملات التصحيح K_{COFZ} ، K_{COV}

K_{COFZ}	K_{COV}	نوع سائل القطع
0.95	1.05	زيت معدني
0.9	1.1	زيت مكبرت
0.95	1.15	مستحلب مائي

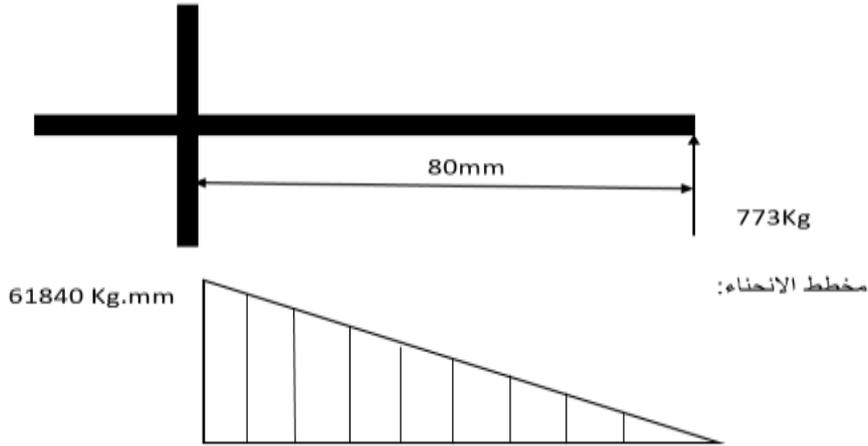
الجدول (4) اختيار قيمة معامل التصحيح K_{YFZ} حسب زاوية الجرف

زاوية الجرف γ								المعدن المشغل	مادة قلم القطع	
10-	0	+8	+10	+12	+20	+25	+30			
معامل K_{YFZ}										
		-	-	-	1.06	1	0.9	<50	مقاومة الشد	صلب
		-	-	1.1	1	0.9	-	50-80	5B	السرعات
		1.06	1.03	1	0.91	-	-	80-100	(Kg/mm ²)	العالية
		1	0.97	0.94	-	-	-	100-120		
1.25	1.15	1.07	1.04	1	0.94	-	-	<800	مقاومة الشد	الكرابيد
1.2	1.1	1.03	1	0.96	0.9	-	-	>800	5B	السمنتينية
									(Kg/mm ²)	

تأثير القوى Fz ، Fy ، Fx على قلم القطع

القوى Fx تحاول حني القلم عن ماسك القلم. القوى Fy تميل إلى دفع القلم بعيداً عن المشغولة. القوى Fz تحني القلم في مستوى عمودي. عزم الانحناء: $(Kg.mm)$ $M_b = F_z \cdot L$ حيث L : مسافة مسند القطع.

$$M_b = 773.80 = 61840 \quad (Kg.mm)$$



الشكل (17) : مخطط عزم الانحناء

عزم القص:

$$M_t = F_z \cdot L_o$$

L_o : المقطع العرضي للقلم.

$$M_t = 773.20 = 15460 \text{ (Kg.mm)}$$

أما القوة فإنها بالإضافة إلى الضغط تؤدي إلى انحناء طولي (تحدب) لقلم القطع. إن القوى المتولدة في نصاب القلم بفعل القوى F_z, F_y, F_x يجب ألا تتجاوز القوى المسموح بها لمعدن نصاب القلم ومن المتعارف عليه عملياً أن يؤخذ في الاعتبار فقط عزم الانحناء الذي تسببه القوى F_z وإهمال التشوه الناتج عن القوى F_y و F_x .

تأثير القوى F_z, F_y, F_x على المشغولة.

القوة F'_z :

إذا أثرت القوة F_z على القلم فإن القوة F'_z تؤثر على المشغولة عند النقطة التي يحدث عندها القطع مساوية بالقيمة للقوة F_z ومعاكسة لها بالاتجاه. بتركيب القوتين المتساويتين والمتعاكستين في مركز المشغولة نحصل على عزم مقاومة القطع M_{rc} .

$$M_{rc} = \frac{F'_z \cdot D}{2}$$

$$M_{rc} = \frac{773.32}{2} = 12368 \text{ (Kg.mm)}$$

لإنجاز القطع أي للتغلب على عزم مقاومة القطع فإن العزم المؤثر من آلة التشغيل يجب أن يكون عند السرعة المختارة أكبر أو على الأقل مساوية لعزم مقاومة القطع:

$$M_t \geq M_{rs}$$

$$15460 \geq 12368$$

ويتم حساب عزم آلة التشغيل من العلاقة التالية:

$$M_t = 975000 \cdot \frac{N_{sp}}{n} \text{ (Kg.mm)}$$

N_{sp} : القدرة المؤثرة عند محور الدوران KW

n : سرعة دوران محور آلة التشغيل r.p.m

$$15460 = 975000 \cdot N_{sp}$$

$$N_{sp} = 63.4 \text{ (KW)}$$

$$= N_{mot} \cdot \mu \text{ (KW)} \quad N_{sp}$$

N_{mot} : قدرة المحرك لآلة التشغيل.

μ : مردود آلة التشغيل.

$$63.4 = N_{mot} \cdot 0.85$$

$$N_{mot} = 74.58 \text{ (Kw)}$$

القوة F'_y

تحني القوة $F'y$ المشغولة في المستوى الأفقي إذا كانت القوة $F'Z$ مع القوة R التي تساوي:

$$R = \sqrt{F'z^2 + F'y^2}$$

$$F'y = 773.0,4 = 309 \quad (\text{Kg})$$

$$R = \sqrt{773^2 + 309^2} = 832,47 \quad (\text{Kg})$$

وتعطي عزم الانحناء الكلي المؤثر على المشغولة وعلى دقة السطح المشغل.

القوة $F'x$ تضغط المشغولة في اتجاه المركز المتحرك (الغراب الثابت).

$$F'x = 773.0,25 = 193,25 \quad (\text{Kg})$$

$$Mx = \frac{F'x \cdot D}{2}$$

$$Mx = \frac{193,25 \cdot 32}{2} = 3092 \quad (\text{Kg.mm})$$

الذي يميل إلى إبعاد المشغولة بعيداً عن المركز

$$F_x = F'x \quad F'y = F_y \quad F'Z = FZ$$

حساب قوة القمط (التثبيت أو المسك)

$$M_t = 3 \cdot \mu \cdot N \cdot R$$

$$15460 = 3 \cdot 0,85 \cdot N \cdot 16$$

$$N = 379 \quad (\text{Kg})$$

N : قوة رد فعل

R : نصف قطر المشغولة.

حساب استطاعة محرك الظرف:

$$P = M_t \cdot W$$

$$P = \frac{15640,981}{1000} \cdot \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

$$P = \frac{15640,981}{1000} \cdot \frac{2\pi \cdot 4000}{60}$$

$$P = 63528 \quad (\text{w})$$

$$P = 63 \quad (\text{Kw})$$

حساب الإجهاد الأعظمي:

$$\sigma = \frac{32 \cdot M_b}{\pi d^3}$$

$$= \frac{32 \cdot 773 \cdot 80}{\pi \cdot 32^3}$$

$$= 19,22 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$= 19,22 \cdot 9,81 = 188 \quad \left(\frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \right)$$

حساب عامل الأمان:

$$F.s = \frac{\sigma y}{\sigma}$$

$$= \frac{460}{188}$$

$$= 2,44$$

لحساب الإزاحة المؤثرة:

$$\delta = \frac{F \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I}$$

$$\frac{773 \cdot 9,81 \cdot 80^3}{3 \cdot 205000 \cdot \frac{\pi \cdot 32^4}{64}}$$

$$= 0,13 \text{ (mm)}$$

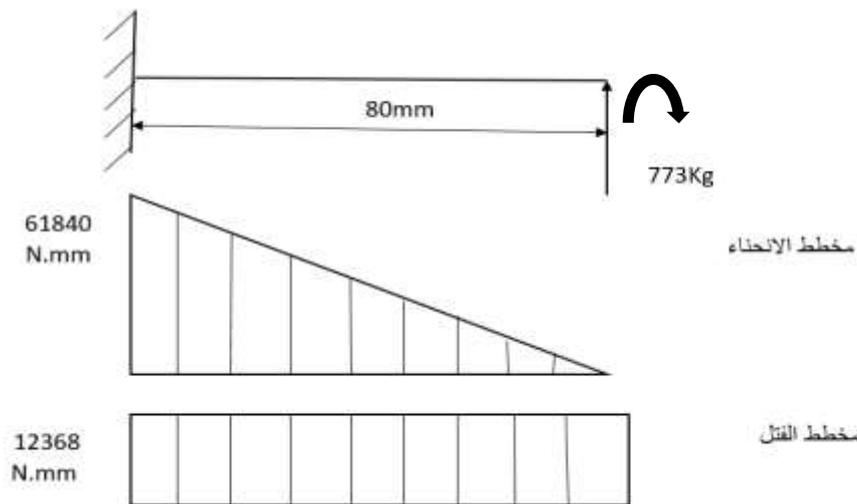
لحساب عزم فتل مع الانحناء:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\delta^2 + 3\zeta^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{32 \cdot Mb}{\pi \cdot d^3}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{16 \cdot Mt}{\pi \cdot d^3}\right)^2}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{32 \cdot 773 \cdot 9,81 \cdot 80}{\pi \cdot 32^3}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{16 \cdot 773 \cdot 9,81 \cdot 16}{\pi \cdot 32^3}\right)^2}$$

$$= 191,38 \text{ (MPa)}$$

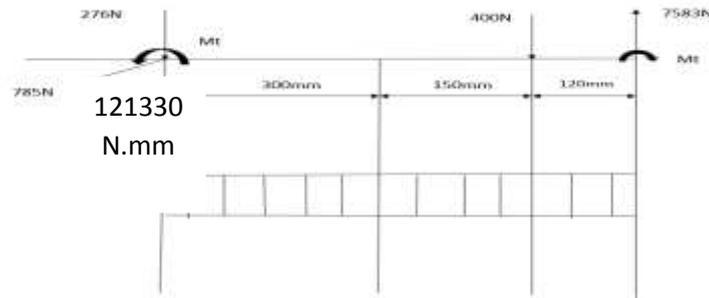


الشكل (18) : مخطط عزم الانحناء وعزم الفتل

حساب الإجهادات المؤثرة على محور:

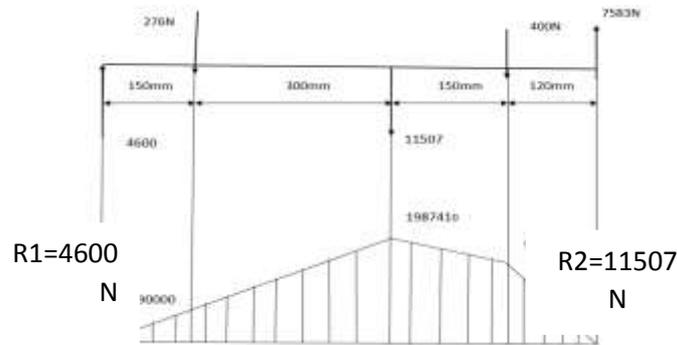
$$= 123 \frac{N}{mm^2} \zeta_y = \frac{\sigma_y}{2}$$

مخطط عزم الفتل:



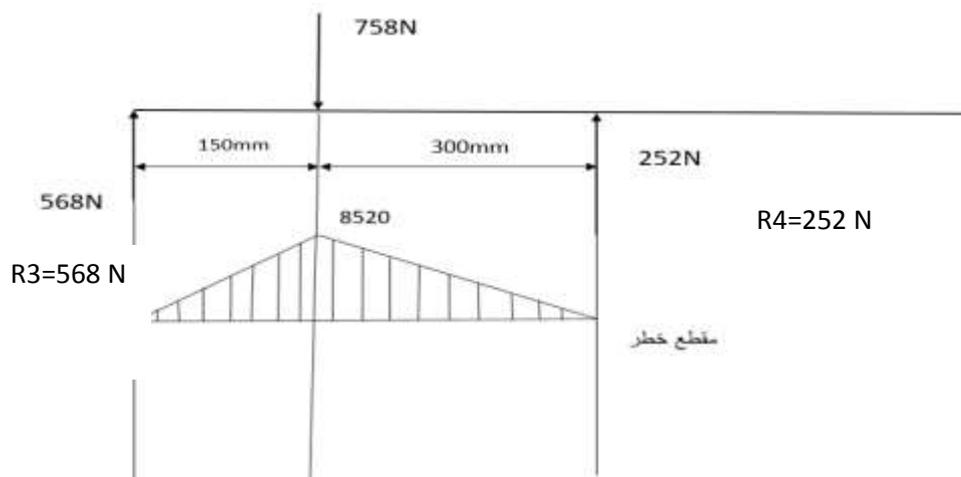
الشكل (20) : مخطط عزم الفتل

مخطط عزم الانحناء الشاقولي:



الشكل (21) : مخطط عزم الانحناء الشاقولي

مخطط عزم الانحناء الأفقي:



الشكل (22) : مخطط عزم الانحناء الأفقي

$$M_t = 121330 \text{ [N.mm]}$$

$$M_b = \sqrt{(1987410)^2 + 0^2} = 1987410 \text{ [N.mm]}$$

نحسب عامل الأمان:

$$\frac{16}{\pi * 120^3 * \left[1 - \left(\frac{100}{120}\right)^4\right]} \sqrt{(2.1987410)^2 * (2.121330)^2} = \frac{123}{2 * f.s}$$

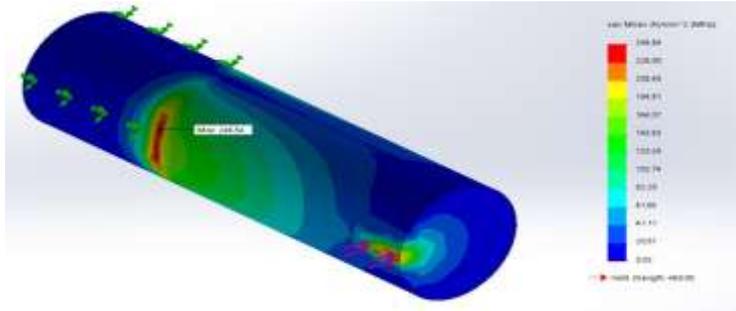
$$f.s = 5.8$$



حساب النتائج على برنامج Solid Works بالنسبة للمشغولة:

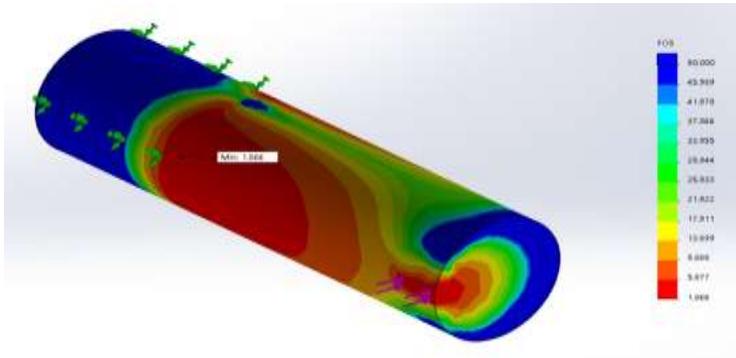
حساب الإجهادات الأعظمية:

حيث تم تطبيق قوة 7583 N على سطح المشغولة كما هو موضح في الشكل (23)



الشكل (23) توزيع الإجهادات على المشغولة

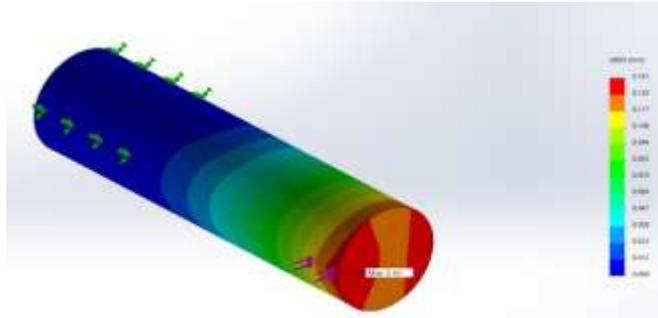
يوضح الشكل أن الحد الأقصى للإجهاد هو 246.5 MPA وهو مركز عند نهاية المشغولة. أما عامل الأمان موضح في الشكل (24).



الشكل (24) عامل الأمان

يوضح الشكل (24) أن الحد الأدنى لعامل الأمان هو 1.866

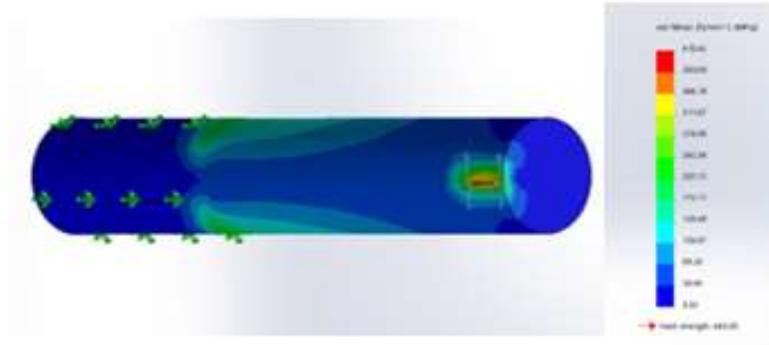
أما الإزاحة الحاصلة نتيجة تطبيق هذه القوة موضحة في الشكل (25).



الشكل (25) مكان توزيع الإزاحة

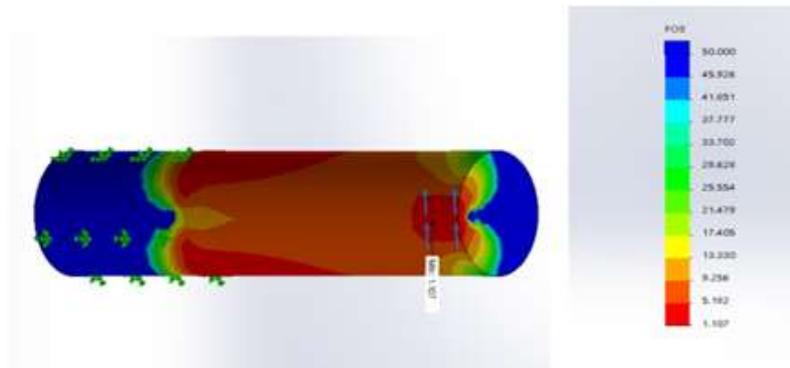
يوضح الشكل (25) أن الحد الأقصى للإزاحة هو 0.141 mm وهي مركزة في بداية المشغولة. حساب الإجهادات عند تطبيق عزم الفتل:

حيث تم تطبيق عزم فتل 121330 N على سطح المشغولة كما هو موضح بالشكل (26)



الشكل (26) توزيع الإجهادات على المشغولة

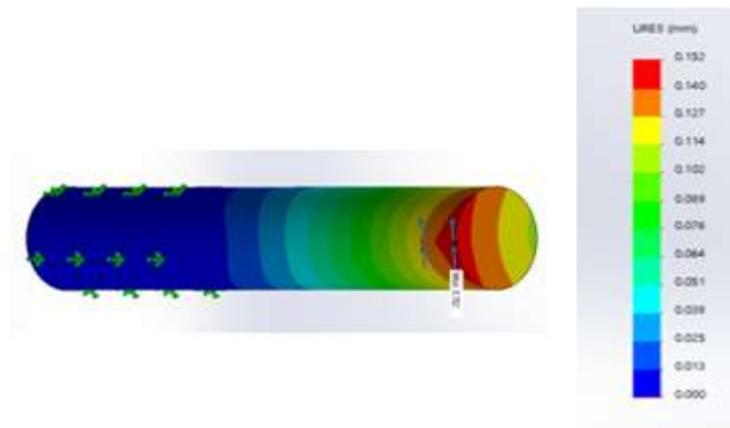
حيث يوضح الشكل (26) أن الحد الأقصى للإجهاد هو 415.4 MPA وهو مركز عند بداية المشغولة. أما عامل الأمان عند تطبيق العزم موضح بالشكل (27):



الشكل (27) عامل الأمان عند تطبيق العزم

يوضح الشكل (27) أن الحد الأدنى لعامل الأمان هو 1.107

أما الإزاحة الحاصلة نتيجة تطبيق هذا العزم موضح في الشكل (28).



الشكل (28) توزيع الإزاحة نتيجة تطبيق العزم

يوضح الشكل 28 أن الإزاحة الأعظمية هي 0.152 mm وهي مركزة في بداية المشغولة.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

قمنا بإجراء تصميم ميكانيكي للآلة على برنامج Solid Works.

قمنا بتجميع قطع الآلة وشرح مبسط لآلية عملها.

تم اختيار أجزاء ماكينة المبرمجة CNC بحيث تؤمن المقدرة اللازمة لعملية التشغيل وتحملها لقوى الاحتكاك والحرارة الناتجة وتحملها للصدمات.

تم استخدام محركات السيرفو باستطاعات حيث تؤمن هذه المحركات السرعة والعزم الكافي لعملية قطع المعادن والإنتاج الكمي وهي مناسبة للتغلب على قوى مقاومة القطع.

تم اختيار محور الدوران للظرف الذي يحمل علبة السرعة لنقل الحركة إلى الظرف الثلاثي ليؤمن الدوران للمشغولة بأقطار مناسبة ليوفر للمحرك الدوران بشكل مناسب ويوفر المقطع العرضي قوة وصلابة عالية للانحناء والتي هي من مادة الفولاذ الذي يوصف بقوة شد ومقاومة الزحف فيه.

تم اختيار مساند لنقل حركة قلم القطع بشكل متوازٍ وبنفس الوقت حمل الغراب المتحرك وتؤمن التوازن لمبدل الأدوات.

تحليل القوى المقاومة لعملية القطع بتطبيق قوانين نظرية القطع تم الحصول على نتائج هذه القوى لنوع المعدن.

تم اختيار لولب كروية التي تصل فعاليتها إلى 98% بدلاً من الجريدة المسننة وبذلك يكون قد تخلصنا من مشاكل الاحتكاك وتحتوي هذه اللولب على كرات مقسّات من أجل تصغير ردود الأفعال وهي على خلاف نظام التحميل التدريجي في الجريدة المسننة فإن هذا النظام لا يسبب الانزلاق ولا يزيد من الاهتراء بشكل كبير

التوصيات:

قمنا من خلال هذا البحث بإنجاز دراسة تصميمية لأجزاء المخرطة الآلية وهي قادرة على تشغيل محاور بأقطار مختلفة وإعطائها الشكل المطلوب للحصول على المنتج النهائي وبناءً على ذلك نقدم التوصيات التالية:

تجنب كودات التشغيل التي تسبب حمل كبير وإجهادات عالية على الآلة مما يؤدي إلى اهتراء أدوات نقل الحركة أو تحطم أداة القطع.

تدريب الفنيين على التعامل بشكل حريص مع الآلة والمحافظة عليها.

استخدام محركات سيرفو بدلاً من المحركات الخطوية التي تعطي مقدرة أكبر وسرعة أعلى.

جاهزية المنتج المقدم من خلال هذا المشروع وذلك لأنها حققت جميع الأهداف التي حددناها في بداية المشروع وكذلك قدرة هذا المنتج على تلبية متطلبات المصنع.

هذا المنتج يمكننا صنعه في أسواقنا المحلية وهو أقل تكلفة من أي منتج آخر مستورد وبنفس الوثوقية للمنتجات المستوردة.

استخدام اللولب الكروية بدلاً من الجريدة المسننة لأن معامل الاحتكاك لها أقل وقادرة على تحمل إجهادات أكثر.

يجب العناية والإهتمام بتثبيت محركات السيرفو بشكل جيد لأنها تتعرض إلى إجهادات واهتزازات أثناء تشغيلها.

استخدام وسائل التبريد أثناء القطع يقلل من الحرارة الناتجة عن الاحتكاك بين أداة القطع والمشغولة ويضمن نجاح العملية.

وضع مخدات للاهتزاز على البرج الحامل لأدوات القطع وتثبيت المشغولة بشكل جيد على الظرف لضمان عدم اهتزاز

القطعة والحصول على سطوح ذات جودة عالية.

إجراء صيانة وقائية دورية للآلة لضمان سلامتها.

References:

- [1].K.HATMAN, K.KRISHNAN, R.MERZ "Robotic-assisted shape deposition manufacturing " IEEE International Conference on Robotics and Automation, San Diego, May1994
- [2]. J.HUR, K.HU, Z.KIM, " Hybrid rapid prototyping system using machining and deposition Computer-Aided Design 34(10):741–754 2002
- [3]. C.BARLIER, SHAN PING LIAN, Hu SHENG SUN, " 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
- [4]. 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
- [5]. 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
- [6]. 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
- [7] T. LESPRIER " Conception et Fabrication de Prototypes Modulaires à fonctionnalités évolutives ", . Ecole Centrale de Nantes and Université de Nantes 2005
- [8] CNC Turning CNC Milling Information and Work Sheets.
- [9] Modell Zur CNC – Ausbildung Gummers Bach /Wuppertal, Frühjahr 1998 CNC – Grundausbildung 'Angstfreier Einstieg in die CNC-technik'.
- [10] CNC – Contouring Control System Sinumerik 820 T.
- [11] Drehmaschin Enmitsinumerik 820 T Programmier-und Bedienungshilfe.
- [12] MAHO LATH CNC 332 Schulung Sunterlagen.
- [13] Software description EMCO Win NC Fanuc31 I, Ref.No. EN 2016 Edition C2013
- [14] Machine Description, Emco PC TURN 155, Ref.-NO. EN 4345 Edition A2001-04