مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(2) 2022

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (2) 2022

الأداء المستقل لأدوات آلات التحكم الرقمي CNC

د. م. محمد بسام الخباز*

(تاريخ الإيداع 5 / 9 /2021 . قُبِل للنشر في 3 /4 /2022)

□ ملخّص□

يدرس البحث تقنية متحكم جديد في أدوات الآلات ذات التحكم الرقمي CNC، ونصطلح اسم التقنية بـ (Tech–CNC). هذه التقنية يجب أن تحمل الخواص التالية: الوضوح، سهولة التنقل والاستنساخ، إعادة البرمجة، قابليتها للتطوير والتخصيص من قِبل المستخدم. كما تسمح (Tech–CNC) للعامل والآلة تحقيق إنتاجية عالية وأعلى جودة ممكنة للقطع المشغلة، في بيئة مستقلة تختصر كفاءة عمل الآلة. كما تساعد (Tech–CNC) بعمليات ذكية لأجل العاملين الأقل خبرة ليتمكنوا من إدارة أدوات آلية عالية الأداء على مستوى العامل الخبير. تم ضمن هذه الدراسة مزايا تصميمها وهندسة النظام الداخلة في العمليات المطورة لأداء (Tech–CNC) توصيفها ضمن هذه الدراسة.

الكلمات المفتاحية: التحكم الرقمي – (Tech–CNC) – متحكم مستقل – عمليات التشغيل– أداة الآلة.

*استاذ في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة دمشق.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (6) العدد(2) 2022

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (6) No. (2) 2022

Independent performance of CNC machine tools

Dr. MOHAMMAD BASSAM ALKHABBAZ*

(Received 5/ 9/ 2021 . Accepted 3/ 4/ 2022)

□ ABSTRACT □

The research studies a new controller technology in CNC machine tools، and we call the technology (Tech-CNC). This technology should have the following properties: clarity، ease of navigation and reproducibility، reprogramming، scalability and customization by the user. Tech-CNC also allows the worker and the machine to achieve high productivity and the highest possible quality of the machined parts، in an independent environment that reduces the efficiency of the machine's work. Tech-CNC also assists with intelligent processes for less experienced workers to be able to manage high-performance automated tools at the expert worker level. Its design features، system engineering، involved in Tech-CNC performance is described in this study.

Keywords: Numerical control - (Tech-CNC) - independent controller - operation processes - machine tool.

* Professor – Mechanical and Electrical Engineering – Damascus University .

1- المقدمة:

إن تطور أدوات آلات الـ (CNC) الحديثة يحقق دقة عالية في التعامل مع التفاصيل الدقيقة المطلوبة للمشغولة بالتزامن مع إنتاجية أفضل ، كما أنها تتأثر بعوامل عملية القطع ونوعها وظروف القطع.

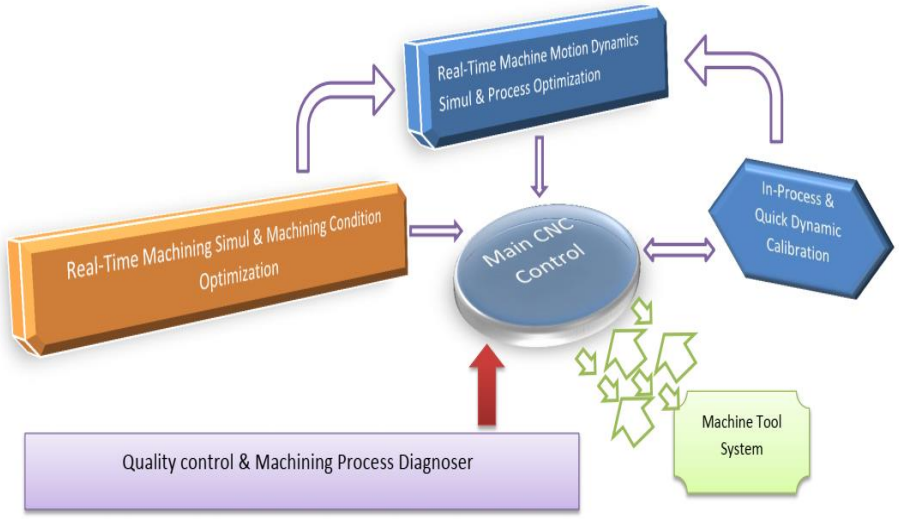
ويعتمد مبدأ التطور على معرفة الإعدادات المثلى لعوامل القطع، وعلى آلية القطع حيث الإجهاد الأقل مع الحركة عالية السرعة للآلية والدقة المتأثرة بنوع التغذية وعمل التغذية الراجعة[1]، و التحسين التكنولوجي والكفاءة في أدوات الآلات العالية السرعة، ولكن تفعيل أداة الآلة عالية السرعة مع توظيف أدائي كامل في بيئة معينة مثل (حداثة الآلة ومبدأ عملها، وجود طاقم عاملين، أدوات، تجهيزات ، متحكمات....إلخ) لازال مشكلة بالنسبة إلى المستخدم النهائي للآلة ،وذلك لقلة الخبرات والمهارات المحددة والمختلفة للمستخدم عن منهج عمل الماكينات أو الآلات المتعارف عليه (سرعة عادية مع قطع ذو إجهادٍ عالٍ نسبياً).ولحل المشكلة، تم طرح متحكم (CNC) مستقل الأداء في البنى الأساسية المركزية للآلة وملائم لأنظمة الآلة وأدواتها، يساعد المستخدم على اختلاف مستواه.

2- هدف البحث:

اصطلاحاً، سيُشار إلى المتحكم المقترَح أو النظام وتسلسل عملياته بـ (Tech-CNC)، حيث سيلعب دوراً مهماً، ليس فقط بتغذية وتأمين تحكم ذكي لحركة أداة الآلة وآلية عملها فحسب، بل ويعطي الأثر الإيجابي على خشونة أو نعومة السطح المنتَج ،كما ويغذي بشكل فعال كل المعلومات المتوفرة حيال المتحكم والموارد أو المعلومات الواردة والمتعلقة به، لإعادة استخدامها في نطاق مع بداية كل عملية تشغيلية ،والتقنية المقترحة ستكون ضمن ما يسمى بالدارة المفتوحة[2]، وهي مناسبة وجيدة لتطبيق منظومة (Tech-CNC) فيها، وذلك أن الأبحاث الحالية في هذا المضمار قليلة وترتكز على كيفية تصميم وصنع المتحكم تحت مفهوم الدارة المغلقة إلى الآن.

ومما تتميز به أدوات هذه الماكينات التشغيل الآلي بدون إنسان (كالطيار الآلي) مما يوفر في التكاليف ويسمح لمشغل واحد بالإشراف على العديد من الآلات، وكذلك تتميز بسرعة الانتقال بين عمليات القطع والتغيير التلقائي للأداة مما يؤدي إلى تقليل وقت القطع وإجراء سلسلة من العمليات بسرعة أكبر وهذا ما تتفوق به على الآلات اليدوية[3]، والشكل (1) يوضح علاقات دارة تحكم الـ CNC.

لم تعطي الأبحاث التي تم طرحها في هذا المجال بشكل كاف نوعية العمليات المحددة التي يجب تطبيقها من قِبل مصممي الأدوات الآلية والمستخدمين النهائيين، فما هي العمليات التقنية للمتحكم CNC؟.



الشكل (1) علاقاتادارةتحكمالـCNC

الأبحاث التي تم طرحها في هذا المجال ،لم تعطي بشكل كاف نوعية العمليات المحددة التي يجب تطبيقها من قِبل مصممي الأدوات الآلية والمستخدمين النهائيين، فما هي العمليات التقنية للمتحكم CNC؟.

3- طرائق البحث ومواده

3-1- الأسس والعمليات في المتحكم الـ (Tech -CNC):

الأساس في نظام العمل يجب أن يكون واضح المعالم وقابل للنقل والاستنساخ، سهولة الاستخدام والمراجعة للمستخدم النهائي.

وأما معنى كونه "قابل للنقل"، أي إمكانية استخدامه، أو استخدام أي قطعة من نظام التحكم في أي موقع أو مكان آخر (الاستخدام عن بعد)، كأي حاسوب شخصي مستقل، وهو مبدأ يعمل فيه بنظام CAD-CAM،وهكذا أيضاً ميزة"الاستنساخ" حيث يمكن تجهيز النظام واستخدامه ضمن أي نظام أحدث متوافق[4].

ومن الأسس والعمليات أيضاً، أن يكون نظام تحكم الأدوات الآلية ضمن الأنظمة والتجهيزات القديمة "قابل للتجديد" عن طريق تبديل جزء من التحكم بعناصر حديثة المنشأ، كما أن عمليات التحكم يجب أن تكون "قابلة للتخصيص من قِبل المستخدم" بشكل مستقل بما يتناسب مع حاجات المستخدم المخصصة، بمعنى آخر يجب أن يكون النظام بأكمله "قابل للتطوير renewable" أثناء فترة حياة النظام الكليّة[2،5].

3-2- متطلبات وشروط تصميم النظام في الـ (Tech-CNC):

لكي يكون النظام المقترح فعال يجب أن يكون هناك استخدام فعال لخبرات العمل على الآلة والمكننة المطلوبة وأهمها:

- ✓ التحكم الكيفي أو التغيير التلقائي للأداة ،وذلك بناء على المعلومات المخزنة في قاعدة بيانات عن الآلية ونظام عملها، لاستخدمها وتفعيلها بكفاءة لتشغيل مستقلّ وآلي في المستقبل، وذلك لتقليل وقت الإعداد وتحسين الأداء.

- ✓ تفقّد وتحديث فعال لمصادر الخبرات والتحقق الدائم من المعلومات المخزنة ضمن قاعدة البيانات إن كانت البيانات بحاجة للتحديث بالتزامن مع ظهور تقنيات جديدة من أجل أداء تشغيلي أفضل.
- ✓ تفقّد فعالية المكننة الفورية وبأقل نسبة تدخل بشريّ وتخفيض أعمال العاملين، وإجراء معايرة قياسية مستقلة أثناء العمل.
- ✓ تقليل ما أمكن نسبة التفاوتات المسموح بها، باعتماد مبدأ تشخيص مستقل لمعايرة جودة المنتج وفعالية عملية التشغيل، باستخدام نتائج تفقُّد الجودة للحكم على نسبة القبول في جودة العمل، وتشخيص أداء العملية الآلية (الأتوماتيكية) [6].
- ✓ إجراء محاكاة لنموذج واقعي، للتأكد من صحة العملية الآلية الأوتوماتيكية لتكون دقيقة وآمنة، وذلك للتنبؤ بسلوك الأداة الآلية وعملية التشغيل، ومراقبتها أثناء العمل ،وأخيراً إرسال هذه البيانات بشكل نتائج أو تعريفات إلى المتحكم.

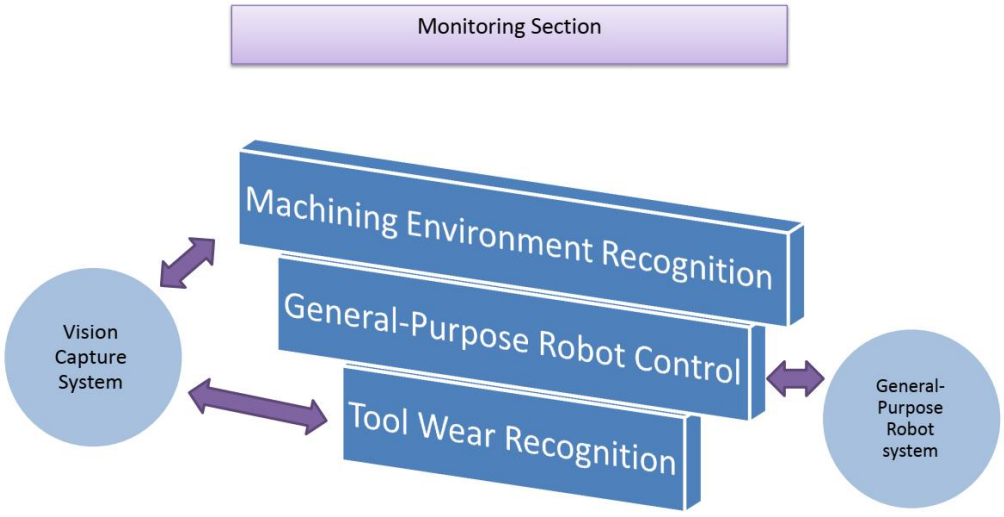
3-3- التصميم العملي في الـ (Tech-CNC) وبعض الأمثلة من نتائج التطوير:

بدأت أعمال التصميم في الـ (Tech-CNC) كالخطوات التي تجري لإنتاج المشغولات، وهي: الرسم والتخطيط ،التحليل والتحديد ،التحكم بالعمليات، التحكم بالجودة والتشخيص، وخدمة المعلومات.

3-3-1 قسم الرسم التخطيط:

قدم هذا القسم النموذج المنتج المفترض، اعتمد من خلال عملية تصميم باستخدام نظام تصميم حاسوبي ،وحدَّد الشكل المبدئي للمنتج بأبعاده، والمطلوب من (Tech-CNC) تخطيط تسلسل العمليات في قسم التخطيط مع مراعاة الموارد المتوافرة.

ثم في هذا القسم – كما أعمال التصميم المبدئية – طرح دراسات عديدة في مجال المنتج المطلوب، لأنه ليس من السهل مباشرة أتمته التخطيط بالكامل بشكل عملي لأيّ هندسة تم تصميمها. لهذا يفترض بقسم التخطيط أن يكون ضمن نظام قابل للإدارة البشرية، بعملية شبه تفاعلية وتبادلية بين نظام التطور الذاتي ضمن قاعدة البيانات، ويجب أن تكون نتائج القسم في قائمة الإجراءات العملية ،وقائمة الأدوات التي ستستخدم، ونظام الـ (CNC) الذي سيتم إرساله إلى قسم تحكم الـ (CNC) [7،8]، والشكل (2)يوضح المخطط الهيكلي الأساسي لنظام المراقبة.



الشكل (2)المخطط الهيكلي الأساسي لنظام المراقبة

3-3-2 قسم التحليل والتحديد:

حلّل هذا القسم وبشكل مستقل العملية التشغيلية (المكننة)الناجحة ،أو الأفضل من عدة عمليات ممكن طرحها لتنفيذ المنتج، جمعت النتائج المفيدة من قاعدة بيانات المعلومات والعمليات السابقة للآلة. وحالما تمّت العملية بشكل ناجح مع المعطيات الموجودة (قائمة إجراء العملية، قائمة الأدوات، نظام الـ (CNC)، ونموذج العمل)، تم تحليل المعطيات المدخلة وتم تصنيف النتائج إلى خمسة أصناف:

- ✓ قائمة تصنيف سلسلة العملية ونوعها.
- ✓ قائمة الأدوات المستخدمة
- ✓ قائمة حالة القطْع وعمليات التغذية.
- ✓ قائمة عناصر المكننة.
- ✓ نموذج المنتج أو المشغولة.

يمكن رؤية هذه العملية كهندسة عكسية لنظام (CNC) مع معلومات هندسة الأداة ومكان العمل على الآلة. إذا كان هناك الكثير من برامج الـ (CNC) الناجحة قد تم استخدمها مسبقاً على آلة محددة من أجل أعمال تشغيلية ناجحة، يمكن بناء قاعدة بيانات معلومات غنية بسرعة عن طريق إدخال برامج الـ (CNC) السابقة هذه [9].

3-3-3 قسم التحكم بالعمليات:

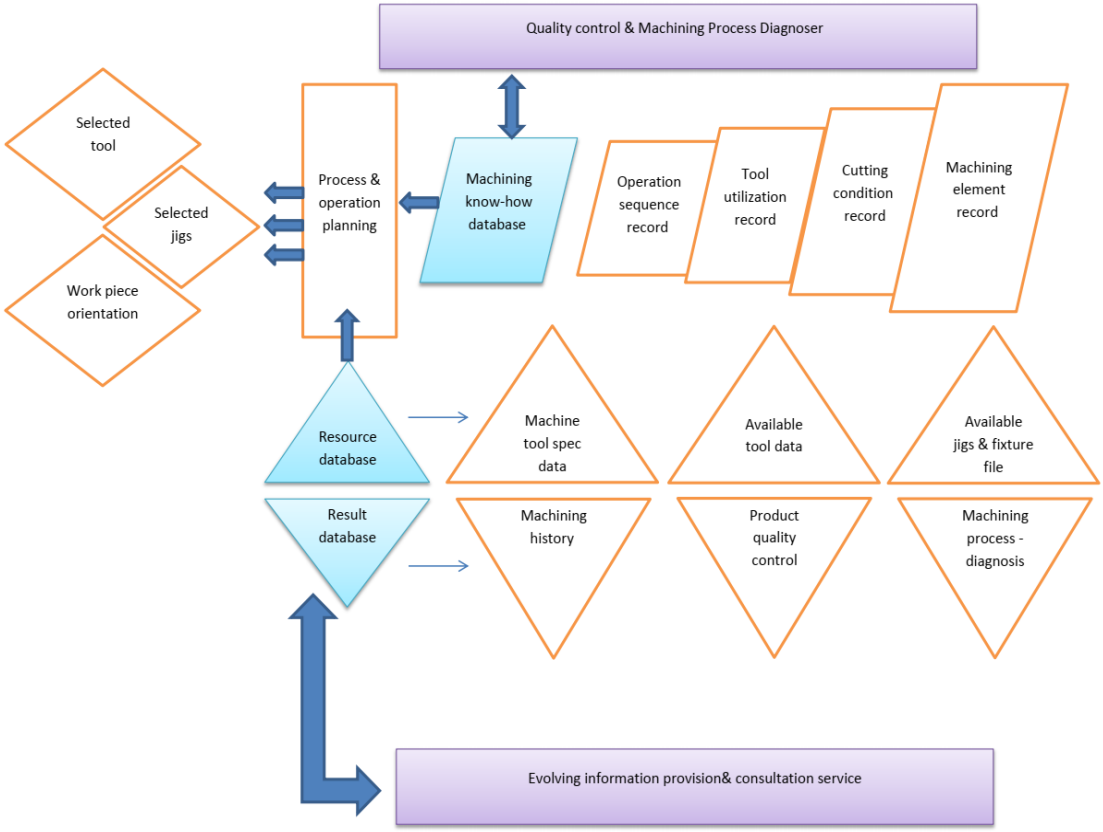
وظيفة –هذا القسم بعد اعتماد منظومة العمل بسائر عمليات التشغيل اللازمة للمنتج أو قطعة التشغيل، ضبط فعلي لمنظومة الـ(CNC) مع مجموعة عمليات من توقف وتعويض في الوقت الحقيقي بالإضافة إلى نتائج التي ظهرت على المحاكاة. ونعني بكلمة "الوقت الحقيقي real time" أنه يمكن تنفيذ المحاكاة بشكل أسرع من حركة الأداة الفعلية [10]. ويعتبر التغير الديناميكي في هندسة مكان العمل على الآلة، هو المحاكاة للوقت الحقيقي، بينما تتحرك الأداة وفقاً لبرنامج الـ (CNC). كما تُستخدم تقنيات المحاكاة ذاتها في قسم التحليل لتسجيل طريقة استعمال الأدوات، كما تعطي وبشكل فوري حركة مكان العمل ومعدل إزالة المواد للأداة القاطعة، وتوازن معدل إزالة المواد بالمقارنة مع الحدّ

المسموح به، وإذا تتطلب الأمر تقوم بتعديل تغذية الأداة حيث يبقى معدل إزالة المواد دائماً بالقرب من الحدّ المسموح به.

وقد ظهر لدينا مشهداً لتنفيذ تحكم تكيّفي بمعدل تغذية بناء على محاكاة الوقت الحقيقي وتم تطويره لأجل (Tech-CNC). حيث بعد إجراء المحاكاة، يتم إرسال معدل التغذية الأقصى فوراً إلى محاكاة حركة الآلة الديناميكية في الوقت الحقيقي ،ويتم تفقد المحور الفرديّ الحساس وحركة متعدد المحاور المقترن، ويتم بعدها إجراء التعديلات والتعويضات الضرورية لأوامر الحركة لتقليل مجال خطأ الحركة المتوقعة [11].

ويجب التنويه أنه في قسم التحكم توجد "معايرة ديناميكية سريعة أثناء عملية التشغيل". وهو نظام معايرة يعتمد مبدأ الشعاع الخطيّ بدلاً من استخدام طول الموجة. الـ (IQDC) هو نظام معايرة كامل أثناء العملية والذي يراقب دوماً الأثر لعمل أي محور حركة ضمن الآلة، يعطي أو يرسل قيمة معينة عن الحركة الخاطئة التي تم تحديدها إلى المتحكم الـ (CNC) الرئيسي من أجل التعويض.

الشكل (3)يوضح كيفية الربط بين المعالجة والعمليات والقواعد والأجزاء المسؤولة عن ذلك.



الشكل (3) الربط بين المعالجة والعمليات والقواعد والأجزاء المسؤولة عن ذلك

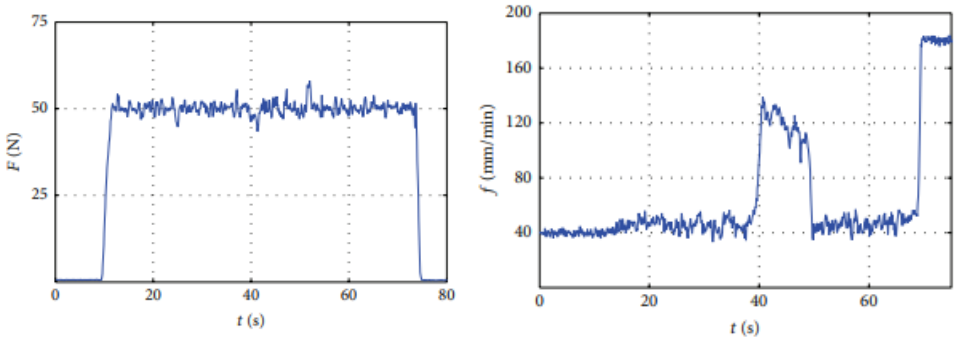
3-3-4 قسم التحكم بالجودة والتشخيص:

اعتمد هذا القسم على معلومات قسمي التخطيط والتحليل، حيث يتعرف وبشكل دائم على مكان أو جزء من حيّز العمل للمشغولة من مكان العمل المفعّلة، وعادة ما يحتاج هذا الجزء من العمل للقياس المستقل، ليسمح بإنشاء سريع لعمليات تقويم مستقل مباشر، بالاعتماد على برامج الخطوط والآلات ذات الإنشاء الآلي

لبرنامج الـ (CMM)، مع أقل تدخّل بشري ممكن. وقسم التحكم بالجودة وظيفته متابعة ومراقبة وتشخيص العملية التشغيلية لحالة القطَع ومراقبة سلوك العملية بشكل إحصائي لتشخيص أسباب الخطأ في نظام الآلي المعتمد. لذلك يجب أن يتضمن هذا القسم رسوم ومخططات الأبعاد المستقلة الخاصة بآلة القياس بعد انجاز العمل أو خروج المنتج، مثل آلة تنسيق القياس.

3-3-5 قسم المراجعة والتطوير:

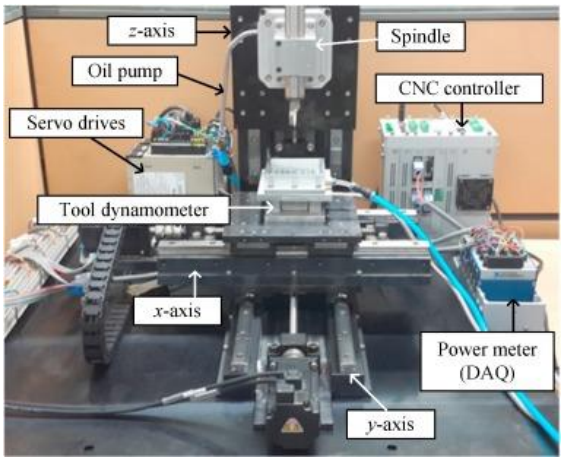
اعتمد في عمليات قسم المراجعة والتطوير على المعلومات المخزنة في قاعدة البيانات المعتمدة للنظام وتكون معلومات دقيقة ومفيدة، يمكن اعتمادها لأهداف مستقبلية عديدة، ومنها ما يعود على سجلّ استخدام الآلة بالفائدة لتبرير الاستخدام الفعال لأداة الآلة، وقد يكون سجلّ استخدام الأداة مفيداً في تحديد فعالية منهج تركيبة من المكننة لآلة معينة ومكان العمل، ومنها ما يساهم فعلاً في الاستخدام الفعال للبيانات في الورشة أو المصنع بتحسين إدارة أداة الآلة، حيث يوجد استخدام فعال أكثر للبيانات المسجلة ،وهو أن يتم تقديم هذه البيانات للشركاء الاختصاصيين في كل مجال تقني وتلقّي الاستشارة أو النصائح منهم بناءً على ذلك. يُظهر الشكل (4) مثالاً قريباً على النتائج المكتسبة من تحليل استخدام الأداة في (Tech-CNC) الذي يعطي نتائج القوة مع الزمن وسرعة الأداء مع الزمن.



الشكل (4)النتائج المكتسبة من تحليل استخدام الأداة

3-4 استخدام النظام في تطوير المعدات:

رغم أن قابلية تطبيق الـ (Tech-CNC) على كلّ من مركز المكننة والمخرطة ،فقد تم تطوير دراسة موائمة لمنصة الآلة في (Tech-CNC) بناءً على مركز المكننة في الـ (CNC) الأفقي عالي السرعة، وتم تجهيز الآلة بمتحكم (CNC) حيث كانت كل مكونات المعدات والنظام البدئي منتجات شائعة. بما أن المتحكم يتسم بصفة متحررة، يمكن تنفيذ العمليات التي تم تطويرها في (Tech-CNC) بسهولة ضمن التحكم ، والشكل (5) يوضح العناصر الأساسية لآلة الـ (CNC).



الشكل (5) العناصر الأساسية لإحدى آلات الـ (CNC)

يمكن دمج كل الأقسام المسبق وصفها ضمن المتحكم المستقل ،ويمكن دمج البعض منها، ولكن ظروف العمل ونوع المنتج وخبرات ومهارات المستخدم، هي من تحكم على إجراء هذا الدمج أم لا.

وأخيراً يجب التأكيد، أن الـ (Tech–CNC) يفترض أن النظام سيعمل في بيئة تحكم العمارة المفتوحة المحَوسَبة(OAC: Open Architecture Controller) [12] ،وأن جميع أجزاء النظام قابلة للنقل، وهذاما يجعل العمل في الآلات التحكم الرقمي تحت ما يسمى "البنية مركزية التحكم في الـ (CNC)" على (Tech–CNC) [13].

4– الخاتمة:

يجب القول مما تقدم، أن الدقة والعمل والأداء العالي المتميز والفعال لأدوات الآلات العالية الأداء، يمكن تنفيذه بتطوير بنية تحكم تحتية لـ (CNC) بمتحكم مستقل (Tech–CNC)، يعطي النتائج التالية:

1. تحليل مشاكل الاستخدام الفعال لأدوات آلات الـ (CNC) عالية الأداء ،من خلال تصميم نظام لـ (Tech–CNC).
2. النظام المقترح والمصمَّم يعتمد خطوات التصميم الأساسية لأي عمل تصميمي وهي: الرسم التخطيط، التحليل والتحديد، التحكم بالعمليات، التحكم بالجودة والتشخيص، قسم المراجعة والتطوير.
3. يمكن دراسة ومراجعة عمل كل قسم، والتقنيات المستخدمة والتي سيتم تطويرها، إن دعت الحاجة.
4. إجراء عمليات تشغيل، يتم فيه التغييرات بمعدل تغذية مع أدنى تأخير زمني ممكن [14].
5. يمكن اعتماد مركز المكننة عالي السرعة ذات المتحكم الـ (CNC) المفتوح بوصفه منصة لتطبيق وتحقيق دراسة أقيمت على الـ (Tech–CNC).
6. تحليل عمليات التحضير التكنولوجي لإنتاج الأجزاء ذات التشكيل الجانبي المعقد باستخدام أنظمة CAM
7. تطوير طريقة لتقليل وقت المعالجة للأسطح المعقدة الشكل بناءً على التغييرات الديناميكية في ظروف القطع للأجزاء الدقيقة.

5- الآفاق المستقبلية:

تطوير طريقة لتحديد تسارع الأجزاء المتحركة في آلات CNC لاستخدامها لاحقاً في سياق تحسين معالجة الأسطح والمعقدة في محاكاة افتراضية لتحديد وقت الآلة، فتكون تقنية التصنيع وفق مرحلتين بهدف تحسين حركات الأدوات العاملة لآلات الـ CNC لمعالجة الأسطح المعقدة خلال العمل، لتحسين مؤشرات المعالجة المضمنة في برنامج التحكم الرقمي NC من خلال إنشاء نماذج افتراضية لأدوات الآلة لتحديد زمن الانتاج.

الاختصارات:

CNC: Computer Numerical Control
CAM:Computer Assisted Manufacturing
CAD: Computer Assisted Design
IQDC: In-Process Quick Dynamic Calibration
CMM: Coordinate-Measuring Machine
PC-Based Open Architecture Controller
Controller-Centered CNC Infrastructure
Tech-CNC:technical، transportable،revivable-CNC

المراجع:

[1]Salo ,M., et al., Application of high speed milling in die /mold conference.

[2] FORD،D G، CAD/CAE design of machine tool. Hepworth Engineering Industrial report 1988.

[3] Koren،Y.، et al.،1992 ،advanced controllers a challenge for feed Drives، Annals of the CIRP.

[4] Chu A. My and Nguyen V. Cong. Transformation of CAM Data for 5-Axis CNC Machine Spinner U5-620. 2020 Int. J. Mech. Eng. Rob. Res.

[5]K. Yamazaki, et al ., 1990,real. Time model reference adaptive control of 3-D sculptured surface machining , Annals of the CIRP.

[6] ALLEN، P. General approach to CNC machine tool thermal error reduction، University of Huddersfield 1977.

[7] k. yamazaki, et al. 1995,autonomous process planning with real. Time machining for productive sculptured surface manufacturing based on automatic recognition of geometric features, annals of the CIRP.

[8] ELMaraghy، H . A ، 1993. Evolution and Future Perspectives of CAPP، Annals of theCIRP.

[9] Gitman, A.M. Optimization of processing modes on metal cutting machines / A.M. Guilman, - M.: Mechanical Engineering. 2020.

[10] Tlusty,j,1993 ,high speed machining .annals of the cirp.

[11] Lukina S.V. Ivannikov S.N. Manaenkov I.V. Methodology for the formation and selection of the optimal configuration of the multi-axis shaping system, Izvestia MGTU 'MAMI' No. 2 (16), 2013, vol. 2.

[12] Analysis of open CNC architecture for machine tools, July 2002.

[13] Pritschow، G.، et al.، 1993، Open System Controllers A Challenge for the Future of the Machine Tool Industry، Annals of the CIRP.

[14] FILIZ،H. LEANEY.P، The CAD of feed drive control system. Conference of machine tool design and research UMIST 1981.