

南京工程学院

毕业设计(论文)外文资料翻译

原文题目: Design of low cost compact modular
small scale(CMSS)-CNC lathe machine

原文来源: INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLIED
ENGINEERING RESEARCH • MARCH 2013

学生姓名: 宋春峰 学号: 231120526

所在院(系)部: 工业中心

专业名称: 机械设计制造及其自动化

低成本紧凑的模块化小型的设计 (CMSS) - 数控车床

国际杂志应用工程研究 03/2013

罗尼 Permana Saputra

廷顿弥散 Atmaja

摘要:新兴的微型工厂的技术鼓励发展数控机床成开发向小型化设计发展。它的目的是开发小型的机床,可以节省一些空间,降低生产成本,并降低能耗。在没有降低其精度等级的前提下,这项研究进行的数控车床的设计包括床头箱,主轴,X-Z轴,床身,工具保持架,和X-Z电动机执行器组成。该设计采用三爪卡盘夹持方法和无刷直流电机作为每个轴的电动致动器,额外的谐波齿轮用作传输系统。在提供的329×483毫米紧凑设计中,模块化设计组装由几个若干模块组成,并被认为即使是在低成本模块国内市场中都是具有高可用性的组件。有人算过这个紧凑型模块化的解决小型数控车床精度能够达到55.5纳米。据认为,这个设计将能够支持特别适用于多行业的那些谁需要小部分高精度低成本的生产。

关键词:数控机床,小规模,车床,结构紧凑,模块化,低成本。

引言

微型工厂是在这十年二十年内很多流行的新兴发展的技术之一^[1-9]。这种普及是因为需要的机械零部件是一个较小的尺寸,对于许多应用达到微或纳米尺度,如电子控制,汽车部件,医用部件等^[9]。

之前,大大小小的传统产业机械部件通过标准的大型设备生产。大型设备意味着更大空间和更高的能量消耗^[10]及增加新兴生产的成本。日本是最早提出加工尺寸的减小正比于所产生的部件尺寸的国家之一^[1,9]。这个建议是为了降低生产成本,节省能耗,提高空间,并保持每个资源对应生成^[9]成分的初始大小。此外,该概念可以促进更高的精度机制和更简单的设备比常规的机器。因此,这个概念适合用于高精度如行业对小型微型组件审查或微执行机构^[9]。本定义为降低生产成本的低成本微机械装置。

在近几年中,许多研究已进行开发了多个微机应用,甚至是在academics规模的实验室^[11-20]。在山中井野的文章中^[12],它是关于使用不同的经营和根据加工生产一部分的规模来使用几何精度车床的说明。详细说明指出,当机器的大小变化,精度也将被改变,并得出结论认为,制作一个小小的组件比使用一个高精密机床是更有利的^[11-12]。对大岛等人来说⁽²⁰⁰⁷⁾^[21],工具的位置的图形计算是采用CCD照相机指向工具端部的方法。这种技术允许位置反馈给控制单元和车床任何可能产生立体干扰的检测。由大岛进一步研究推出了采用电子显微镜和SEM(扫描电子显微镜)以提供更多的细节和更高的精度。后来他们的研究^[11]报告的定位误差校正的6微米的量级和150微米的顺序的切削深度。麦金托什考德尔和约翰逊^[22]还研究了生产植入组织工程与控制体系结构,可以满足生物活性的要求和塑造需求。Yarlagadda, Chandrasekharan Shyan^[23]协助细胞附着和生长在表面的相互作用。Dunn等^[24]讨论的条款体外相互作用和体内生物分布在一些动物模型探讨微植入药物输送。生物医学目的是一款显影段作为用于生产骨聚合物和骨陶瓷的复合植入物,以及特殊用途机器的发展(基

罗加，2004 年^[25]；罗德里格斯和罗哈斯，2004 年^[26]；内拉，2005 年^[27]；克韦多，罗哈斯和 Sanabria 的，2006 年^[28]）。罗哈斯 2002 年 11 月 29 日有报道关于人类骨折为加入生产指定螺杆或其他医疗应用程序需要先进的复合生物材料制造。杰克逊等人，（2005）^[30]，也在研究以谨慎处理适当的生物相容性微束的表面微加工。Jackson 等人使用 70 微米直径旋转与多达 360,000 转的速度，在 50 至 100 微米的切削深度为 0.3 米/分钟进给工具和切削的 100 米/分钟的速度，在一个层状型结构，以产生芯片与高致变形率是一致的。它创建了一个最佳的表面纹理和增加刀具的速度高达 1 百万转。整个先前的研究证明微加工开发支持许多应用程序是很重要的。

本文提出的设计是一个紧凑型模块化小型（CMSS）- 数控车床两轴和准确的顺序一根主轴模块可达 2 微米。指定机器将在 100-300 微米^[29]验证医疗建筑水平的可加工性。

数控车床系统设计

车床系统是一台机器，使工件旋转打击工具，以产生圆柱形或圆锥形部件，也可以用于钻井过程中或在圆柱形零件^[31-32]镗孔。计算机化数字控制（CNC）是控制在基于来自操作员的数值数据的车床加工用工具的每个马达制动器的位置和速度的一种方法。因此，数控车床是一个电脑数控车床系统的数控车床，主要由车头，主轴，X-Z 轴，床，工具保持架，和 X-Z 电动机制动器组成。

车头

车头是数控车床机的一部分，用于保持电动马达和传动。它的作用是控制主轴和主轴转向和转速。

主轴

主轴是车床的一部分用来保持工件并与加工工件一起旋转。主轴旋转的角速度是通过传输系统搭载可调的电动马达来调节的。工件有多种夹紧方式，即三个爪卡盘，夹头，四爪卡盘（如图在图 1）^[31]。在目前的设计，使用夹紧工件的方式是三个爪卡盘，因为它的具有国内市场的高可用性，简单，定心过程更加容易的优点。

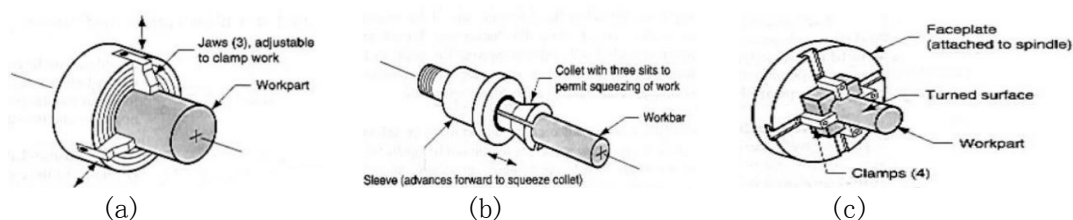


图 1. 工作片保持车床的类型；（a）三爪卡盘；（b）夹头；（c）四爪卡盘。

X 轴和 Z 轴平台

轴平台是数控车床刀架的基础组件，可移动两个轴为：x 轴和 z 轴。两个轴是通过电动机在沿其相应的轴线线性轨迹移动。实现每个轴的沿线性运动时，需要调度从旋转运动的运

动转换器沿工作轴线线性平移。此外,还需要一个电机驱动器,以实现更精确和更硬的运动。该轴使用滚珠丝杠和直线导轨,实现指定运动。图 2 是直线导轨和滚珠丝杠组件。



图 2. 组件, 用于将电机的旋转运动变为直线 X-Z 轴运动 (a) 滚珠丝杠; (b) 直线导轨。

刀柄

刀架附着在 X-Z 轴平台 (滑架), 用作本车床机上的切削工具的基体。这部分是沿着 x z 轴车床过程中运动的平台。

床身

这部分是支持部分, 需要的数控车床机设计提供一个坚实的基础来保存整个机器并消除任何可能的干扰振动。

电机驱动器

在 CMSS-CNC 车床的设计过程中, X 轴和 Z 轴的运动是从东方电机直流电机无刷供电。这种方法使用电机是因为它有利的特征, 即^[33]:

- 1) 高效率, 因为使用永久磁铁的转子和具有较少二次损失
- 2) 可还原转动惯量和高速响应。
- 3) 由于其高效率, 所以可以降低电动机的尺寸。
- 4) 能力波动其速度甚至轻微的负荷变化。

除了上述所有的技术考虑, 实惠的价格也成为首要考虑的问题之一。根据所有这些特点, 这种电机的价格与其他电机相比是算便宜的。表 1 示出在相同的马达直流无刷电机步进, 以及马达伺服的比较功率。

表 1. 电机无刷直流, 步进电机和伺服电机的比较

功能	无刷直流	步进	交流伺服
功率	30 瓦	30 瓦	30 瓦
速度控制	可用	可用	可用
位置控制	N / A	可用	可用
反馈信号	可用	N / A	可用

预测价格	IDR	IDR	IDR
------	-----	-----	-----

变速器（谐波齿轮）

连接到数控车床的 X 和 Y 轴，由马达致动器产生的动力通过传输系统传递。传输系统作用是根据发射的功率，降低速度，增加扭矩，并升级沿 Z 轴的移动精度。在此要使用的可能的传输类型设计是蜗轮，齿轮小齿轮，皮带轮，和谐波齿轮。图 3 示出这四个透射型的描述。谐波齿轮传动式之所以选择这个设计，因为它的优势，即更严格的，大比例小巧的体积，极低的反弹，低损失等。

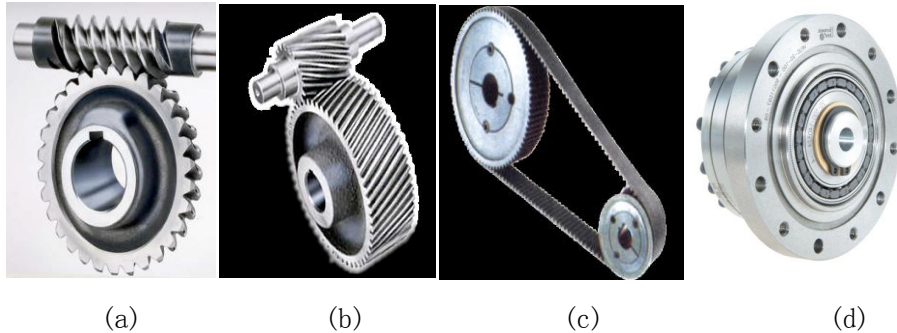


图 3 的传输系统的类型；（a）蜗轮；（b）小齿轮；（c）皮带轮；（d）谐波齿轮。

CMS-CNC 车床原型结果与讨论

CMS-CNC 车床目前的设计是产生了一个技术原型由车头，主轴，X Z 轴平台，主轴电机，刀具定位马达制动器，工具架，和床身组成的车床。这 CMS-CNC 车床的设计是基于模块化概念匹配小规模工厂，能够实现微纳米级精度。纳米级精度由具有高刚性和缓慢的振动来实现。

紧凑的设计

CMS-数控车床的紧凑设计意味着其维度优化设计与生产的工件尺寸的大小相兼容。在目前的设计中，CMS-数控车床只有 A4 纸大小（330 毫米×483 毫米）。设计 CMS-数控车床的尺寸的详细规格机示于表 2 中。

表 2. CMS-数控车床的尺寸规格

规格	尺寸	单位
长度	440	mm
宽度	230	mm
高度	200	mm
重量	27	kg
X 轴最大行程	60	mm
Z 轴最大行程	60	mm

模块化设计

可以被描述的模块化设计，整个模块可以分成几个较小的模块，可以在不同的系统下独立工作^[34]。这种原型设计，其中可以容易地组装到 CMS-数控车床的一个模块的几个单独模

块。此外，本 CMSS-数控车床的每个单独的模块可以由其它模块取代，加电时，可以扩大，并且还可以配置服务于另一个不同的系统。图 4 显示了 CMSS-CNC 车床构建的分解图在它的复合材料部件。图 5 示出从另一单元的另一配置用铣刀切削工具模块更换主轴箱主轴单元，并能还与工件夹持器模块更换刀架模块。事实证明，重新配置可以升级这个 CMS-CNC 车床成多轴。图 6 显示了 CNC 的完整的技术原型车床。

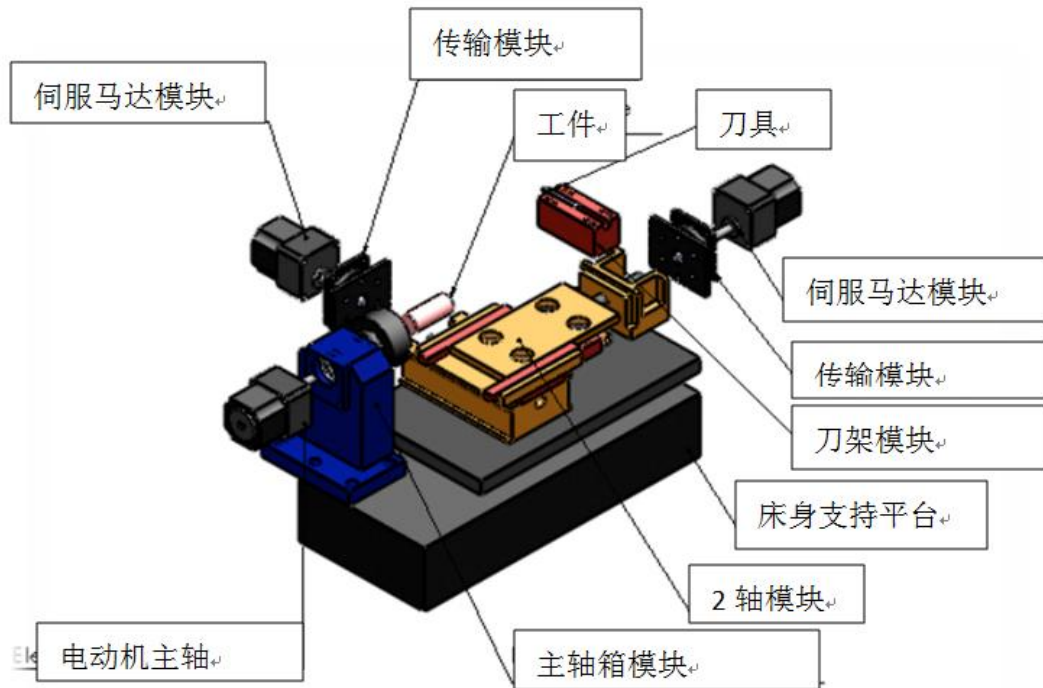


图 4. CMSS-数控车床机系统的分解图编译单元

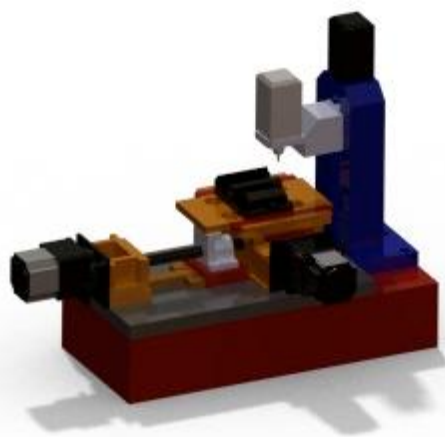


图 5. 采用模块化的 CMSS-数控车床的另一种可能的配置设计成为 3 轴移动铣床



图 6. 数控车床完整的技术原型

小型解决方案

关于此 CMSS-数控车床设计的最小移动分辨率计算用公式 (1)。表 3 显示了 CMSS-CNC 组件的决议和比例规范。

$$R_m = M_R \times T_R \times C_R \quad (1)$$

其中：R_m=机器分辨率/机器精度（毫米）

M_R=电机分辨率/马达精密（RAD）

T_R=传动比（弧度/ RAD）

C_R =转换率（毫米/弧度）

表 3. CMSS-CNC 组件的规格

组件类型	参数	规格
直流无刷电机	电机分辨率	$2\pi \text{ rad} / 30$
谐波齿轮	传动分辨率	$1/600 \text{ rad/rad}$
滚珠丝杠	转换器分辨率	$10 \text{ mm} / 2\pi \text{ rad}$

工作设计的 CMS-数控车床机的分辨率可通过从表 3 进入规格数据到等式 (1) 中得到：

$$R_m = \left(\frac{2\pi \text{ rad}}{30} \right) \times \frac{1}{600} \times \frac{10 \text{ mm}}{2\pi \text{ rad}}$$

$$R_m = 5.55 \times 10^{-5} \text{ mm}$$

$$R_m = 55.5 \text{ nm}$$

这表明，从理论上说，这个分辨率设计的 CMS-数控车床可以达到直到 55.5 纳米的精度。据认为，它可以被称为纳米加工。

低成本

经济方面的分析表明，该软件可以是自行开发和出现的主要成本是用于便携式个人计算机作为主处理单元和硬件。表 4 是价格表，表示这数控车床机的组件的可用性。

表 4. 组件价格表和可用性

组件	价格	可用性
1 主处理硬件	3.000.000 IDR	可在国内市场
2 主要处理软件	N / A	可以是自主开发
3 二次加工五金	2.000.000 IDR	可在国内市场
4 二次加工软件	N / A	可以是自主开发
5 机械原料	5.000.000 IDR	可在国内市场
6 机械加工过程	5.000.000 IDR	可在国内市场
7 X-Y 驱动器	8.000.000 IDR	可在国内市场
8 主轴驱动器	4.000.000 IDR	可在国内市场
9 传动系统	8.000.000 IDR	可在国内市场
总额	35.000.000 IDR	

总体而言，在整个处理系统的成本是 3500 万 IDR, 可用性较高，即使在国内市场。这种生产成本算低的，因为它可以实现微观尺度上的精度，甚至纳米级精度。数控车床的平均成本为微观尺度为其他品牌约 30 亿，增加至 5000 万纳米级的机器。所以，这样的设计可以节省大约 1500 至 2000 万 IDR，当它的量产时, 可以节省更多。

结论

这项研究的结论是，CMSS-数控车床的设计包括车头，主轴，X-Z 轴，床身，工具保持架，和 X-Z 电动机制动器。这种设计有很多优点，如紧凑型设计，模块化机生产成本低，而且能够执行精度达到 55.5 纳米的加工。这种设计可升级成 3 轴移动铣床或甚至更多的轴。该生产成本低，因为它只有约 3,500 万 IDR，它的成分在国内市场有很高的可用性，所以它不会需要任何额外的报关费。当分辨率达到纳米尺度，进一步研究将需要减少任何环境中的干扰。

感谢

作者要感谢印尼东丽科学基金会 (ITSF) 2011 年的研究资助, 并为电力研究中心和机电一体化提供支持和便携式的设备完成数控的研究。作者还要感谢滇 Andriani 国际资源巨大的持续支持。作者还希望感谢各方支持这项研究。

参考文献

- [1] Kitahara T. Ishikawa Yu., "Present and Future of Micromechatronics," in Int. Symposium on Micromechatronics and Human Science, 1997, pp. 13-20.
- [2] Naotake Ooyama, Shigeru Kokaji, Makoto Tanaka and others., "Desktop Machining Microfactory," in Proceedings of the 2-nd International Workshop on Microfactories, Switzerland, 2000, pp. 14-17.

- [3] Clavel R., Breguet J-M., Langen H., Pernette E. Bleuler H., "Issues in Precision Motion Control and Microhandling.," in Proc. of the 2000 IEEE Int. Conference On Robotics & Automation, San Francisco, pp. 959-964.
- [4] Kitahara Tokio. Okazaki Yuichi, "Micro-Lathe Equipped with Closed-Loop Numerical Control," in Proceedings of the 2-nd International Workshop on Microfactories, Switzerland, Oct.9-10, 2000, pp. 87- 90.
- [5] Ruiz L., Caballero A., Kasatkina I., Baydyk T. Kussul E., "CNC Machine Tools for Low Cost Micro Devices Manufacturing," in The First Int.Con. on Mechatronics and Robotics, St.-Petesburg, Russia, 2000, pp. 98-103.
- [6] Komoriya K. Maekawa H., "Development of a Micro Transfer Arm for a Microfactory," in Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation, Seoul, Korea, May 2001, pp. 1444-1451.
- [7] Ashida K., Tanaka M. Mishima N., "Development of Machine Tools for the Microfactory," in Proceedings of International Workshop on Microfactories, 2000, pp. 137-140.
- [8] Rachkovski D., Baidyk T. and Talayev S. Kussul E., "Micromechanical Engineering: a Basis for the Low Cost Manufacturing of Mechanical Microdevices Using Microequipment," J. Micromech. Microeng, vol. 6, pp. 410-425, 1996.
- [9] T. Baidyk, L. Ruiz-Huerta, A. Caballero-Ruiz, G. Velasco E. Kussul, CNC Micro Machine Tool: Design & Metrology Problems.
- [10] L. Ruiz-Huerta, Basis For Micro-Factory: CNC Micromachine Tools.
- [11] Daniel a. Rangel, Fabio a. Rojas, and Néstor a. Arteaga, "Development of a CNC Micro-Lathe for Bone Microimplants," Escuela de Ingeniería de Antioquia, no. 15, pp. 113-127, July 2011.
- [12] Yamanaka, M.; Hirotsu, S. and Inoue, K., "Evaluation of size effect on micromachine-tools design for microfactory," in Proceedings of the 35th International

MATADOR Conference, London: Springer, 2007, pp. 301-304.

[13] T.D. Atmaja and A. Muharam, "Open Source Software Implementation at Three Axis

Table Control Algorithm for Three Dimensional Scanner Mechanism," in Proc. of National Seminar of Open Source Software III, Bandung, Nov 2009, pp. B31-B36.

[14] D.G. Subagio and T.D. Atmaja, "The Use of Open Source Software for Open Architecture System on CNC Milling Machine ," Journal of Mechatronics, Electrical

Power and Vehicular Technology, vol. 2, no. 2, pp. 105-112, December 2011.

[15] Roni Permana Saputra, Anwar Muqorrobin, Arif Santoso, Teguh P Purwanto, "Desain dan Implementasi Sistem Kendali CNC Router Menggunakan PC untuk Flame Cutting Machine," Journal of Mechatronics, Electrical Power and Vehicular Technology, vol. 2, no. 1, pp. 41-50, July 2011.

[16] Wei Dong Yang and Jiang Chang, "An Open CNC System Based on Motion Controller," Applied Mechanics and Materials, vol. 44 - 47, pp. 956-959, Dec 2010.

[17] James N., Keraita, and Kyo-Hyoung Kim , "PC-based low-cost CNC Automation of

Plasma Profile Cutting of Pipes," ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, vol. 2, no. 5, 2007.

[18] Surya Kommareddy, Yamazaki Kazuo, and Kagawa Yoshihito, PC-Based Oper Architecture Servo Controllers for CNC Machining.

[19] Zhiming, G. , "Development of PC-based Adaptive CNC Control System," Automated Material Processing Group, Automation Technology Division, SIMTech Technical Report (AT/01/043/AMP) 2001.

[20] Onwubolu, G.C. , "Development of a PC-based computer numerical control drilling

machine," Journal of Engineering Manufacture, vol. 21, no. 6, p. 1509, 2002.

[21] H. Ojima, K. Saito, L. Zhou, and H. Shimizu J. and Eda, "Visual feedback control of

a micro lathe," in Towards synthesis of micro-/nano-systems. Part. 2, A6., New York,

Springer 2007, pp. 133-137.

[22] L. McIntosh and J. M. and Johnson, A. J. Cordell, "Impact of bone geometry

on

effective properties of bone scaffolds," *Acta Biomaterialia*, vol. 5, no. 2, pp. 682-692,

February 2009.

[23] Prasad K. Yarlagadda and Margam and Shyan, John Yong Ming Chandrasekharan, "Recent advances and current developments in tissue scaffolding," *Bio-Medical Materials and Engineering*, vol. 15, no. 3, pp. 159-177, 2005.

[24] Susan E. Dunn, Allan G. A. Coombes, Martin C. Garnett, Stanley S. Davis, and

Martyn C. and Illum, Lisbeth Davies, "In vitro cell interaction and in vivo biodistribution of poly (lactide-co-glycolide) nanospheres surface modified by poloxamer and poloxamine copolymers," *Journal of Controlled Release*, vol. 44, no.

1, pp. 65-76, (February 1997).

[25] Gabriel. Quiroga, "Fabrication of lyophilized bone microimplants," Universidad de

los Andes, Dept. of Mechanical Engineering, Bogotá, Undergraduate project 2004.

[26] J. Rodríguez and F. Rojas, "Mechanical and physical properties of three-dimensional

printed elements from bone powder," in III Conferencia Científica Internacional de

Ingeniería Mecánica, COMEC, Las Villas, Cuba, November 9-11 (2004).

[27] E. Neira, "Fabricación de polvo de hueso cortical por técnicas de mecanizado,"

Universidad de los Andes: Department of Mechanical Engineering, Bogotá D. C., Undergraduate project 2005.

[28] Sandra Quevedo and Fabio y Sanabria, Argemiro. Rojas, "Desarrollo de una metodología, para la fabricación de injertos compuestos de polvo de hueso y un biopolímero," *Ingeniería y Desarrollo*, no. 20, pp. 45-63, julio-diciembre 2006.

[29] F.A. Rojas, "Fabricação de implantes ortopédicos a partir da usinagem de osso

humano," Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis Brasil, Ph.D. Thesis

2002.

- [30] M. J. Jackson, G. M. Robinson, H. Sein, and W. and Woodward, R. Ahmed, "Machining cancellous bone prior to prosthetic implantation," *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 14, no. 3, pp. 293-300, June 2005.
- [31] King Fahd University of Petroleum and Minerals, "Lathe Machine," Hafr Al-Batin Community College, Handout #13.
- [32] Zin Ei Ei Win, Than Naing Win, Jr., and Seine Lei Winn, "Design of Hydraulic Circuit for CNC Lathe Machine Converted from Conventional Lathe Machine," *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 18, pp. 401-405, 2008.
- [33] Shirahata, Kazuya. (2013, Jan.) "Speed Control Methods of Various Types of Speed Control Motors". [Online].
www.orientalmotor.com/technology/articles/pdfs/USA_RENGA_No166_1E.pdf
- [34] US Government, Net-Centric Enterprise Solutions for Interoperability, September 2007., "Glossary (Modular Design)".
- [35] Andrey A. Loukianov, Hidenori Kimura, and Masanori Sugisaka, "Implementing distributed control system for intelligent mobile robot," in the *8th International Symposium on Artificial Life and Robotics*, Oita, Japan, January 2003, pp. 24 - 26.
- [36] Laurent Cauffriez, Joseph Ciccotelli, Blaise Conrard, and Mireille Bayart, "Design of intelligent distributed control systems: a dependability point of view," *Reliability Engineering and System Safety*, vol. 84, pp. 19-32, 2004.
- [37] Damien Trentesaux, "Distributed control of production systems," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 22, pp. 971 - 978, (2009).
- [38] Masuzawa, T. , "State of the art of micromachining," *Annals of the CIRP*, vol. 49, no. 2, pp. 473-488, 2000.

[39] Atmel. (2010, July) Atmel Website. [Online]. <http://www.atmel.com>

[40] Atmel, "8-bit Microcontroller with 16K Bytes In-System Programmable Flash (ATMega16/16L)," Atmel, Datasheet Rev. 2466T - AVR - 07/10, 2010.

[41] Atmel, "8-bit Microcontroller with 128K Bytes In-System Programmable Flash (ATMega128/128L)," Atmel, Datasheet Rev. 2467X - AVR - 06/11, 2011.

[42] Digi-Ware. (2013, Feb.) DigiWare Unlimited Innovations. [Online].
<http://digiware.com>

com

[43] Alibaba Corp. (2013, Feb.) Alibaba Website. [Online].
maxwellelectric.en.alibaba.com

[44] AMCI Corp. (2013, Feb.) AMCI Advanced Micro Controls Inc. [Online].
amci.com/rotary-encoders/nr25-profibus-dp-absolute-multi-turn-rotary-encoder.asp

[45] Oriental Motor. (2013, Feb.) Oriental Motor Website. [Online].

<http://catalog.orientalmotor.com>