

ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI MÁY CÔNG CỤ ĐIỀU KHIỂN SỐ (ADAPTIVE CONTROL OF CNC MACHINE-TOOLS)

PGS. TS. Đào Văn Hiệp - Học viện KTQS

Tóm tắt nội dung

Trong vài thập kỷ gần đây số lượng các hệ CNC tăng vọt trong mọi lĩnh vực sản xuất. Nhược điểm chung của chúng là ở chỗ, các thông số công nghệ, như vận tốc cắt và lượng chạy dao được áp đặt bởi người lập trình và phụ thuộc vào kinh nghiệm, hiểu biết của anh ta. Ngược lại, ý tưởng chứa đựng trong điều khiển thích nghi là cải thiện năng suất hoặc chi phí gia công nhờ tính toán và thiết đặt các thông số công nghệ tối ưu ngay trong quá trình gia công. Trên thực tế, điều khiển thích nghi là sự phát triển có tính logic của CNC. Trong báo cáo này, chúng tôi mô tả hệ AC mới được thực hiện tại Bộ môn Máy và Robot, Học viện Kỹ thuật quân sự. Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên hệ này cũng được trình bày ở đây.

Abstract

In the past decades the number of CNC systems has grown tremendously in almost every field of manufacturing. A common drawback of these systems is that their operating parameters, such as cutting speeds and feedrates are prescribed by part programmer and depend on his experience and knowledge. By contrast, the main idea in adaptive control is the improvement of the production rate, or the reduction of machining cost, by calculation and setting of the optimal operating parameters in the machining process itself. In fact, the adaptive control of metal-cutting processes is presented as a logical extension of the CNC systems. In this paper we describe the AC system made in Department of Machine-tools and Robotics of Military Technical Academy. Some results of experimental studies based on this system are represented as well.

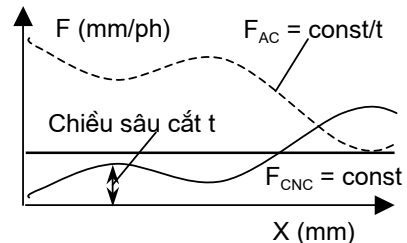
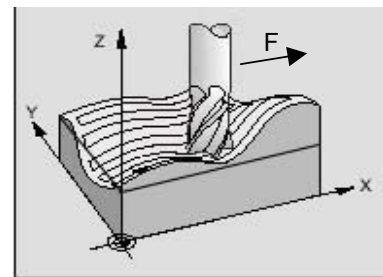
1. XUẤT XỨ CỦA VẤN ĐỀ ĐIỀU KHIỂN THÍCH NGHI MÁY CNC

Cho đến nay, khối lượng sản phẩm cơ khí phải qua gia công bằng cắt gọt cắt gọt vẫn chiếm tỷ lệ cao nhất trong các phương pháp gia công kim loại. Cắt gọt là phương pháp hàng đầu về khả năng đáp ứng độ chính xác kích thước, độ phức tạp về hình dạng và chất lượng bề mặt chi tiết gia công. Đó là lý do khiến các công nghệ tiên tiến, có trợ giúp của máy tính (CAD/CAM, CNC) phát triển sớm nhất và mạnh mẽ nhất trong lĩnh vực này.

Nhờ tích hợp được các thành tựu mới trong kỹ thuật điều khiển và máy tính mà các hệ CNC hiện đại có nhiều tính năng tuyệt vời và phát triển rất nhanh. Tuy nhiên về bản chất, điều khiển trên các máy CNC hiện nay vẫn chỉ là điều khiển "tĩnh" với các tham số hệ thống không đổi. Biểu hiện của nó về mặt công nghệ là tốc độ cắt và tốc độ chạy dao được thiết đặt cố định bởi lệnh trong chương trình NC và được duy trì cho đến khi có lệnh thiết đặt giá trị mới.

Trên thực tế, quá trình gia công là một quá trình thường xuyên biến động, ví dụ:

- Bề mặt phôi không bao giờ là một bề mặt lý tưởng. Vì vậy, chiều sâu cắt thực tế thay đổi một cách ngẫu nhiên;
- Trong vùng gia công có thể chứa các lỗ, khe hở, khi dao chạy qua đó thì không có chút vật liệu nào bị cắt;
- Vật liệu của phôi không đồng đều. Cơ tính của nó có thể thay đổi theo quy luật biết trước hoặc ngẫu nhiên;
- Khả năng cắt của dao thường xuyên bị thay đổi trong quá trình cắt (do mòn dao, lẹo dao, sự thay đổi chế độ cắt, do nhiệt độ cao,...);
- Sự rung động hoặc biến dạng của các thành phần trong hệ thống công nghệ;
- Sự biến động của môi trường xung quanh (nhiệt độ không khí, rung động của nền móng,...);



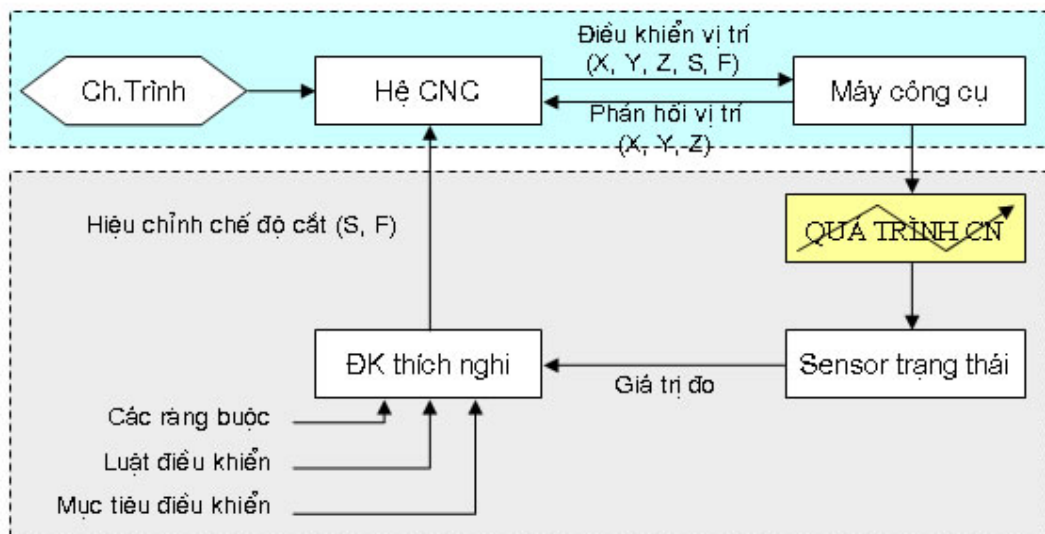
Hình 1: Tốc độ chạy dao F khi không và có áp dụng AC

Các đại lượng biến động trên gây nên sự biến động của các thông số ra, như lực cắt, công suất động cơ trục chính, nhiệt độ vùng cắt, biên độ rung động của dao hoặc phôi,... và cuối cùng là không những ảnh hưởng xấu đến chất lượng gia công mà còn có thể gây nên sự cố kỹ thuật.

Trong công nghệ cắt gọt kim loại, điều khiển thích nghi (*Adaptive Control - AC*) được hiểu là hệ thống có khả năng thường xuyên giám sát sự thay đổi của các thông số ra của quá trình, căn cứ vào đó để thay đổi các thông số công nghệ sao cho chúng luôn đạt giá trị cao nhất có thể mà vẫn không phá vỡ các điều kiện ràng buộc, đảm bảo cho hệ thống hoạt động bình thường.

Hình 1 minh họa một trường hợp điển hình làm nảy sinh ý tưởng điều khiển thích nghi. Bề mặt phôi gồ ghề dẫn đến sự thay đổi chiều sâu cắt t và lực cắt P (lực cắt là hàm của t). Trên máy CNC, để đảm bảo an toàn, người ta lập trình với tốc độ chạy dao F_{CNC} tương ứng với chiều sâu cắt lớn nhất. Mặc dù phần lớn thời gian máy gia công với chiều sâu và lực cắt nhỏ, thậm chí có vùng dao chạy qua không khí, hoàn toàn có thể tăng tốc độ chạy dao F nhưng CNC vẫn chỉ duy trì giá trị $F_{CNC} = \text{const}$.

Nếu bộ điều khiển có khả năng đo lực cắt trong thời gian thực và duy trì cho tốc độ chạy dao F đạt giá trị cao nhất có thể với điều kiện lực cắt không vượt quá giá trị đặt nào đó thì đồ thị $F \equiv F_{AC}$ sẽ thay đổi theo giá trị của t (giả định tỷ lệ nghịch với t). Khi t nhỏ, thì F_{AC} có thể lớn hơn nhiều so với F_{CNC} . Kết quả là tốc độ chạy dao trung bình sẽ lớn hơn giá trị sử dụng cho máy CNC thông thường (F_{CNC}). Đây chính là dạng thường gặp nhất của AC.



Hình 2: Sơ đồ nguyên lý máy CNC có điều khiển thích nghi

Trên hình 2 là sơ đồ máy CNC có AC. Vùng trên là hệ CNC thông thường. Đó là hệ điều khiển kín với các thông số điều khiển là các tọa độ X, Y, Z. Tốc độ cắt S và lượng chạy dao F được xác định từ chương trình NC và không được phản hồi trực tiếp. Quá trình công nghệ nằm ngoài vòng điều khiển nên bộ CNC không có khả năng phản ứng với những biến động của quá trình. Hệ AC được ghép thêm (vùng dưới), có nhiệm vụ đo các thông số trạng thái và hiệu chỉnh S, F theo các ràng buộc, mục tiêu và luật điều khiển định trước.

Như vậy là, trong khi CNC chỉ nhận tín hiệu phản hồi vị trí của dao, không có khả năng tự động hiệu chỉnh S, F thì AC thường xuyên giám sát sự biến động của kích thước và cơ tính của phôi, từ đó hiệu chỉnh S, F cho phù hợp. Khác với gia công CNC, trong đó năng suất gia công tăng chủ yếu nhờ giảm thời gian không gia công (thời gian chạy không, định vị, thay đổi chế độ cắt, gá đặt phôi, thay dao, đo kiểm,...), AC tăng năng suất gia công bằng cách giảm thời gian gia công (thời gian chính). Mục tiêu của hầu hết các hệ AC là tăng khối lượng cắt gọt trong gia công thô. Một số công trình nghiên cứu [1, 2] cho thấy, năng

suất gia công có AC tăng 20-80%, còn chi phí gia công chỉ bằng 40-50% so với gia công CNC thông thường. Lợi ích rõ nhất của AC thấy được khi gia công với chiều sâu cắt thay đổi trong phạm vi rộng.

2. NGHIÊN CỨU MỘT VÀI MÔ HÌNH AC ĐÃ CÓ

Bộ AC đầu tiên được thực hiện tại Bendix Research Laboratories vào khoảng năm 1962-1964, dưới sự bảo trợ của Không lực Mỹ. Vào khoảng thời gian đó, hãng Cincinnati Milacron cũng xây dựng một hệ tương tự. Cả hai nơi đều nhận ra rằng không thể tạo ra một hệ thống có khả năng đo trực tuyến chỉ tiêu hiệu quả (*Performance Index - PI*) của quá trình. Mặt khác các hệ AC này đều quá đắt để có thể ứng dụng trong công nghiệp. Các công trình nghiên cứu sau đó tập trung vào tìm kiếm các mô hình đơn giản, rẻ tiền hơn.

Có thể phân các hệ AC thành 2 loại: (1) điều khiển thích nghi tối ưu (*Adaptive Control With Optimization - ACO*) và (2) điều khiển thích nghi theo điều kiện giới hạn (*Adaptive Control With Constraints - ACC*). Hệ ACO điều khiển các thông số công nghệ theo PI xác định (thường là chỉ tiêu kinh tế), đồng thời thỏa mãn các điều kiện ràng buộc.

Hệ ACO được nhắc đến nhiều nhất là hệ Bendix. Hệ gồm có một máy phay NC, khối sensor và bộ AC. Khối sensor đo momen cắt, nhiệt độ lưỡi cắt và dao động của máy. Đó là các thông số đầu vào để xác định lượng chạy dao và tốc độ cắt tối ưu. PI được dùng trong hệ này là hàm của tỷ số giữa thể tích kim loại được cắt (MRR) với lượng mòn dao (TWR) trong một đơn vị thời gian.

$$PI = f(MRR/TWR)$$

Mục tiêu điều khiển là đảm bảo giá trị lớn nhất có thể được của PI mà không phá vỡ hệ điều kiện ràng buộc. Các ràng buộc của hệ Bendix là vận tốc cắt lớn nhất và nhỏ nhất, momen cắt lớn nhất, lượng chạy dao lớn nhất, nhiệt độ lớn nhất và biên độ dao động lớn nhất.

Gần đây, một hệ ACO mang tên MEL-Master được xây dựng tại phòng thí nghiệm cơ khí (*Mechanical Laboratory - MEL*) của Nhật [3], nhằm tự động hóa việc ra quyết định chế độ cắt thay cho kỹ thuật lập trình NC thông thường. Hệ gồm một trung tâm gia công CNC và 3 phân hệ để mô phỏng, cảm nhận trạng thái của quá trình (*Process Sensing*) và điều khiển số. Khi hệ thống nhận ra điều kiện làm việc không bình thường thì nó thông báo cho bộ CNC. Các thông số công nghệ sẽ được hiệu chỉnh theo một chiến lược do bộ CNC xác định. MEL-Master dùng hệ chuyên gia xử lý theo thời gian thực. Bộ mô phỏng làm việc Off-line, giúp cho người vận hành quyết định và kiểm tra chế độ gia công tối ưu.

Hệ MEL-Master tiến bộ hơn hệ Bendix về kỹ thuật tính toán. Các chức năng tính toán đơn lẻ đã được tập trung vào máy tính của bộ CNC. Khác với hệ Bendix, dùng phương pháp gradient để tính chế độ cắt tối ưu, hệ MEL-Master dùng trí tuệ nhân tạo và hệ chuyên gia.

Mục tiêu của hầu hết các hệ ACC là tăng năng suất cắt (MRR), nhờ cực đại hóa một hay nhiều thông số công nghệ trong một miền, được giới hạn bởi các ràng buộc. Hướng nghiên cứu được tiến hành nhiều nhất ở nước ngoài là làm cực đại lượng chạy dao với điều kiện lực cắt không vượt quá giới hạn cho phép.

Khó khăn lớn nhất trong ứng dụng thực tế của ACO là đo trực tuyến một số thông số để tối ưu hóa chế độ cắt, như lượng mòn dao, độ nhám bề mặt gia công,... Hy vọng rằng cùng với sự tiến bộ của kỹ thuật đo lường và điều khiển, các khó khăn trên sẽ dần được khắc phục. Khi đó, chắc chắn ACO sẽ được ưa chuộng. Tuy nhiên, cho đến nay, vì các lý do kinh tế và kỹ thuật nói trên mà hầu hết các bộ AC dùng trong công nghiệp là ACC và rất ít hệ có khả năng điều khiển quá 1 thông số [2].

3. NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG AC TẠI HỌC VIỆN KTQS

Về hình thức, hệ AC giống một hệ điều khiển có phản hồi ở chỗ một hay nhiều thông số ra được đo, làm căn cứ để điều khiển các thông số công nghệ. Về luật điều khiển, AC có nét giống như điều khiển tối ưu, vì các thông số công nghệ được điều khiển theo chỉ tiêu tối ưu và hệ điều kiện ràng buộc xác định. Cái khác cơ bản của AC so với 2 loại trên là hệ thống làm việc với các thông số môi trường biến động theo thời gian thực.

Để thiết kế và xây dựng một hệ AC cần giải quyết 3 vấn đề quan trọng:

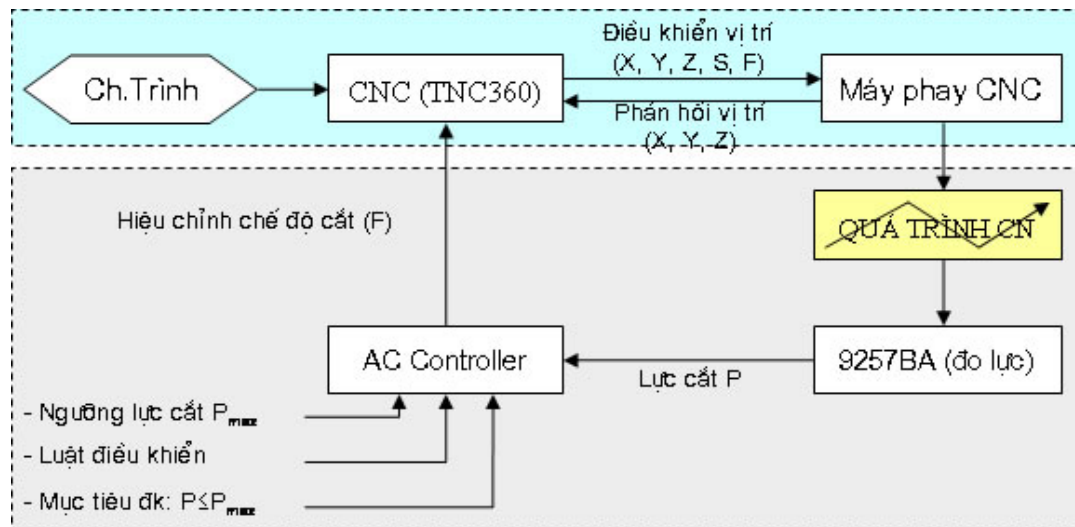
- Sensor để nhận biết sự biến động của thông số ra (thông số môi trường).
- Thuật toán, chương trình thu nhận, xử lý tín hiệu và điều khiển.
- Nối ghép phần cứng, làm cho AC hòa nhập và làm việc đồng bộ với CNC.

Sau gần 2 năm nghiên cứu, với lực lượng con người và cơ sở vật chất có hạn, chúng tôi đã giải quyết dần từng khâu và đến nay một hệ AC đã được lắp đặt, làm việc và cho kết quả ban đầu rất khả quan.

3.1. Mô tả hệ thống

Hệ thống (hình 3) tương tự một hệ AC điển hình trong hình 2, gồm:

- Một máy phay CNC với bộ điều khiển TNC360 của hãng Heidenhain (Đức). Đó là máy phay đứng, điều khiển 3 trục, được chuyển hệ từ máy phay vạn năng MFP320 của Hungary. Cả 3 trục chạy dao (X, Y, Z) dùng các hệ điều khiển động cơ servo, có phản hồi vị trí bằng 3 thước quang (linear encoder), cũng do Heidenhain sản xuất.



Hình 3: Sơ đồ hệ AC thực nghiệm

- Sensor đo lực được dùng là hệ thống đo lực cắt 3 thành phần 9257BA do Kistler (Thụy sĩ) sản xuất. Nhiệm vụ của nó là đo On-line giá trị lực cắt, chuyển thành tín hiệu điện áp để cung cấp cho bộ điều khiển (*AC Controller*).

- Chức năng *AC Controller* được thực hiện nhờ một PC, có cắm card thu nhận và xử lý tín hiệu PCL-812 PG do hãng Advantech (Đài loan) sản xuất và phần mềm trợ giúp thiết kế các modul thu thập, xử lý tín hiệu và điều khiển DASYLab của hãng Dasytec (Đức). Nhiệm vụ của cụm này là nhận tín hiệu lực cắt P, chuyển đổi A/D, tính toán, so sánh với giá trị đặt (ngưỡng P_{max}). Nếu $P \leq P_{max}$ thì lệnh cho CNC điều khiển máy gia công với lượng chạy dao bằng giá trị lập trình¹ ($F = F_{CNC}$). Nếu $P > P_{max}$ thì giảm F theo luật nhất định. Các chức năng suy luận logic và ra quyết định điều khiển nói trên được thực hiện bởi một khối các modul logic và một modul PID.

- Hệ được ghép với CNC qua một đường riêng để truyền lệnh điều khiển cho CNC. Bây giờ CNC phải nhận lệnh điều khiển từ 2 nguồn: chương trình NC và AC. Nó không chỉ điều khiển vị trí (X, Y, Z) như trước mà còn phải điều khiển cả tốc độ chạy dao F.

Vì, như trên đã nói, giám sát trạng thái hệ thống là vấn đề quan trọng bậc nhất của AC, trong bài này chúng tôi trình bày kỹ hơn về hệ thống này.

¹ Chú ý rằng giá trị lập trình F_{CNC} lúc này lớn hơn nhiều so với trường hợp không dùng AC.

3.2. Đo và xử lý tín hiệu lực cắt

Mọi phương pháp gia công cơ khí đều dựa vào sự tương tác vật lý giữa dụng cụ và đối tượng gia công. Sự tương tác đó được thể hiện bởi các đại lượng vật lý, như lực, momen, nhiệt độ,... Lực cắt là thông số quan trọng bậc nhất để khảo sát, tối ưu hóa, điều khiển quá trình công nghệ gia công cơ khí. Vì vậy một hệ AC không thể thiếu được sensor đo lực cắt. Nói cách khác, nếu hệ AC chỉ giám sát một thông số ra (đa số các hệ hiện nay là như vậy) thì thông số đó phải là lực cắt.

Hệ thống đo lực cắt (hình 4) mà chúng tôi sử dụng gồm:

1. Lực kế 3 thành phần đo lực cắt (P_x , P_y , P_z). Lực phải đo trong trường hợp này là lực động nên chúng tôi chọn sensor kiểu áp điện. Ngoài ưu thế tuyệt đối về khả năng đo lực động, sensor áp điện còn có các ưu điểm khác, như gọn, làm việc tin cậy, độ cứng vững cơ học cao, tần số dao động riêng cao, ít nhạy cảm với sự thay đổi nhiệt độ môi trường,... Vật liệu làm sensor ở đây là thạch anh (*quartz*). So với các vật liệu áp điện khác, các thông số chất lượng của thạch anh còn cao hơn, ví dụ theo [4]:

- Độ cứng vững cao. Modul đàn hồi vào khoảng $35 \div 40 \text{ N/m}^2$.
- Nhiệt độ làm việc đến $500 \text{ }^\circ\text{C}$. Nếu kỹ thuật gia công tốt, độ nhạy gần như không đổi trong khoảng -200 đến $350 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Độ cách điện cao, điện trở suất tới $10^{14} \Omega$.
- Độ tuyến tính cao và độ trễ không đáng kể.

Tính năng kỹ thuật chính của lực kế 9257BA như sau:

Giới hạn đo				Độ nhạy	P_x, P_y P_z	mV/N	10 5
Dải 1	P_x, P_y P_z	kN	$-0,5 \div 0,5$ $-1 \div 1$				
Dải 2	P_x, P_y P_z		$-1 \div 1$ $-2 \div 2$	Độ trễ		%FSO	$\leq 0,5$
				Cross talk		%	$\leq \pm 3$
Dải 3	P_x, P_y P_z^2		$-2 \div 2$ $-5 \div 5$	Độ cứng vững	C_x, C_y C_z	kN/ μm	> 1 > 2
Dải 4	P_x, P_y P_z		$-5 \div 5$ $-5 \div 10$	Dao động riêng	$f_o(x, y)$ $f_o(z)$	kHz	$\approx 2,0$ $\approx 3,5$
Quá tải cho phép	P_x, P_y	kN	$-7,5/7,5$ $-7,5/15$	N. độ làm việc		$^\circ\text{C}$	$0 \div 60$
	P_z			Độ trôi (ở $25 \text{ }^\circ\text{C}$)		N/s	$\leq 0,01$

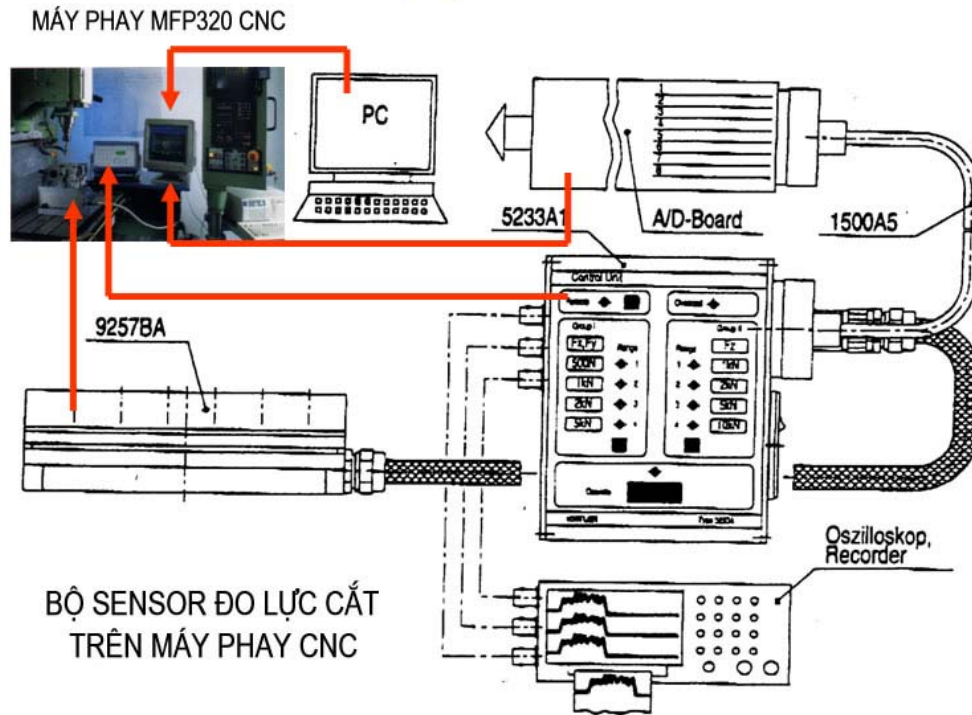
2. Control Unit 5233A1. Khối điện tử đảm nhiệm chức năng của bộ khuếch đại điện tích (*Charge Amplifier*), chuyển đổi thành điện áp và phân kênh. Từ đây, tín hiệu lực cắt (điện áp) có thể đưa vào máy tính (thông qua card thu nhận và chuyển đổi tín hiệu - A/D Board) hoặc đưa ra Oscillograph.

3. A/D Board hiện dùng là kiểu PCL-812 PG của Advantech (Đài Loan). Nó có 16 kênh Analog Input (A/D Converter), 2 kênh Analog Output (D/A Converter) với độ phân giải 12 bit, 1 kênh Digital Input và 1 kênh Digital Output 16 bit. Ngoài ra có Programmable Timer/Counter trên cơ sở bộ Intel 8253. Tốc độ lấy mẫu tối đa là 35 kS/s .

4. Modul phần mềm thu thập, xử lý tín hiệu được thiết lập trên cơ sở phần mềm DASYLab của nhóm DASYTEC[®] (Đức). DASYLab là viết tắt của **D**ata **A**cquisition **S**ystem **L**aboratory. Đây là môi trường, cho phép tạo các modul thu nhận tín hiệu, tính toán, hiển thị, xuất tín hiệu điều khiển,... theo yêu cầu cụ thể.

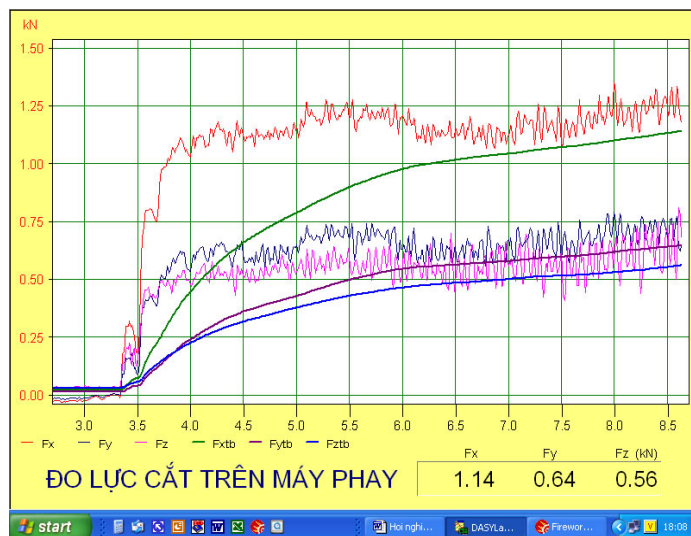
Với hệ thống phần cứng và phần mềm hoàn thiện nói trên, có thể đo lực cắt trên các loại máy phay, khoan, mài, tiện, đột dập, uốn, cắt, hàn,...

² Với điều kiện F_x và $F_y \leq 0,5F_z$



Hình 4: Sơ đồ nối ghép bộ sensor 3 thành phần đo lực cắt

Trên hình 5 là màn hình hiển thị kết quả đo 3 thành phần lực cắt trên máy phay³. Trong quá trình cắt gọt, nhất là quá trình phay, thường xảy ra rung động rất lớn. Giá trị tức thời của lực ít có ý nghĩa trong việc tính toán biến dạng của hệ thống công nghệ. Càng không thể dùng chúng để điều khiển quá trình. Vì vậy rất cần tính giá trị lực cắt trung bình. Trên đồ thị, ngoài giá trị tức thời của các thành phần P_x , P_y , P_z , còn hiển thị giá trị trung bình (P_{xtb} , P_{ytb} , P_{ztb}) của các đại lượng trên. Chúng còn được hiển thị trên đồng hồ hiện số (*Digital Meter*) dưới đáy màn hình.



Hình 5: Màn hình hiển thị kết quả đo lực cắt trên máy phay

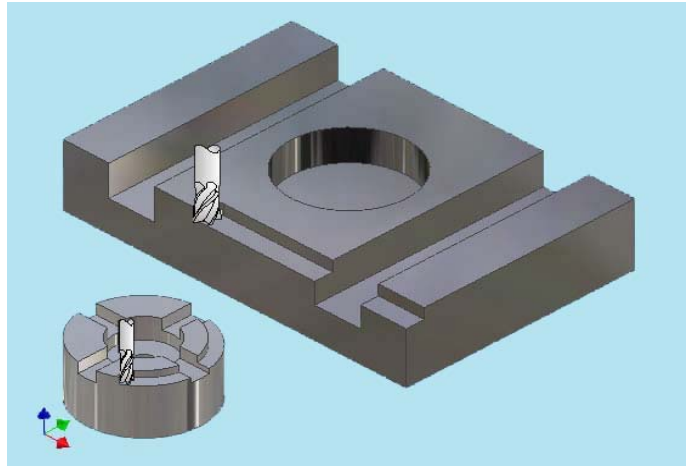
³ Được thực hiện tại nhà máy Diesel Sông Công vào ngày 18-01-2001.

3.3. Thử nghiệm với AC

Hệ AC mô tả ở trên đã được thử nghiệm tại Bộ môn Máy và Robot, Học viện KTQS bằng các loại phôi khác nhau. Phần lớn các phôi đều được tạo trước các hốc, rãnh để tạo ra sự không đồng đều về kích thước, như trên hình 6.

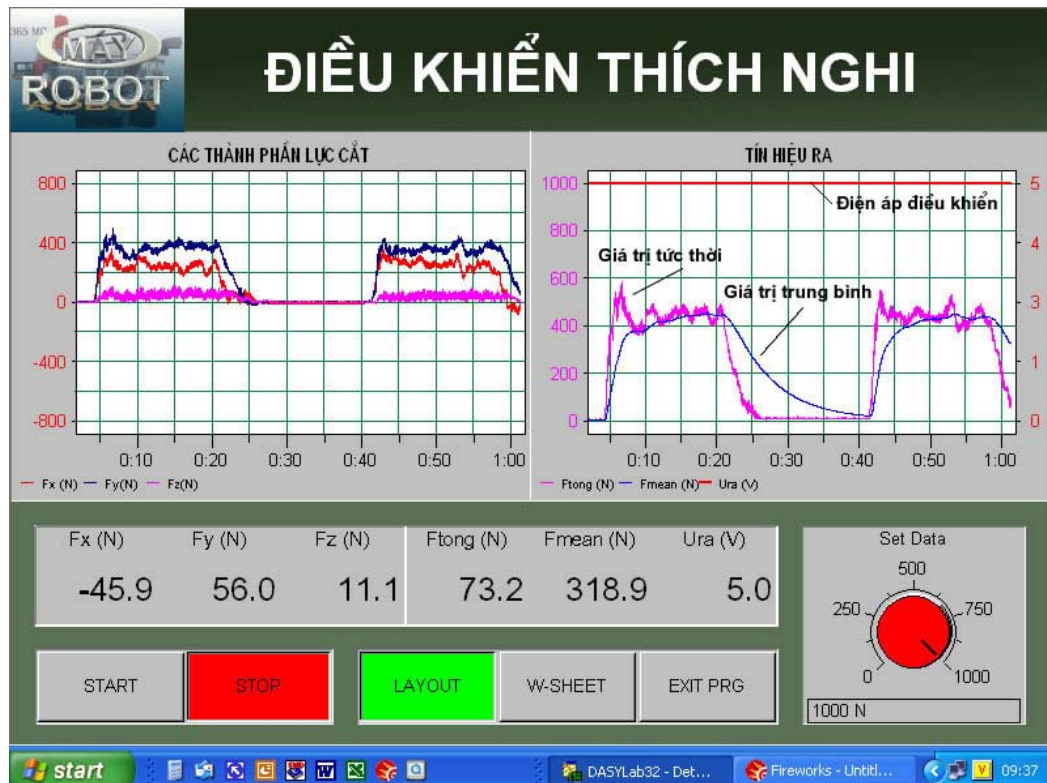
Các thông số công nghệ thử nghiệm như sau:

- Vật liệu phôi: thép 45 không nhiệt luyện, độ cứng HRC 35.
- Dao thép gió D=10.
- Tốc độ trục chính S = 1000 v/ph.
- Chiều sâu cắt danh định 2 mm.
- Giá trị đặt lực thay đổi được nhờ con trượt, khi cần có thể hiệu chỉnh ngay trong quá trình gia công.



Hình 6: Dạng chi tiết thử gia công trên máy CNC có AC

Trên hình 7 là ảnh mặt máy dùng cho AC. Đồ thị bên trái là giá trị tức thời của 3 thành phần lực cắt, chưa qua xử lý. Đồ thị bên phải là các tín hiệu đã xử lý, gồm giá trị tức thời của lực tổng hợp (đường màu hồng), giá trị trung bình đã làm trơn (đường màu xanh), điện áp ra cấp cho bộ CNC (đường đỏ). Bên dưới 2 đồ thị là các khung hiển số tương ứng. Nút đỏ phía dưới, bên phải dùng để đặt ngưỡng lực cắt điều khiển.

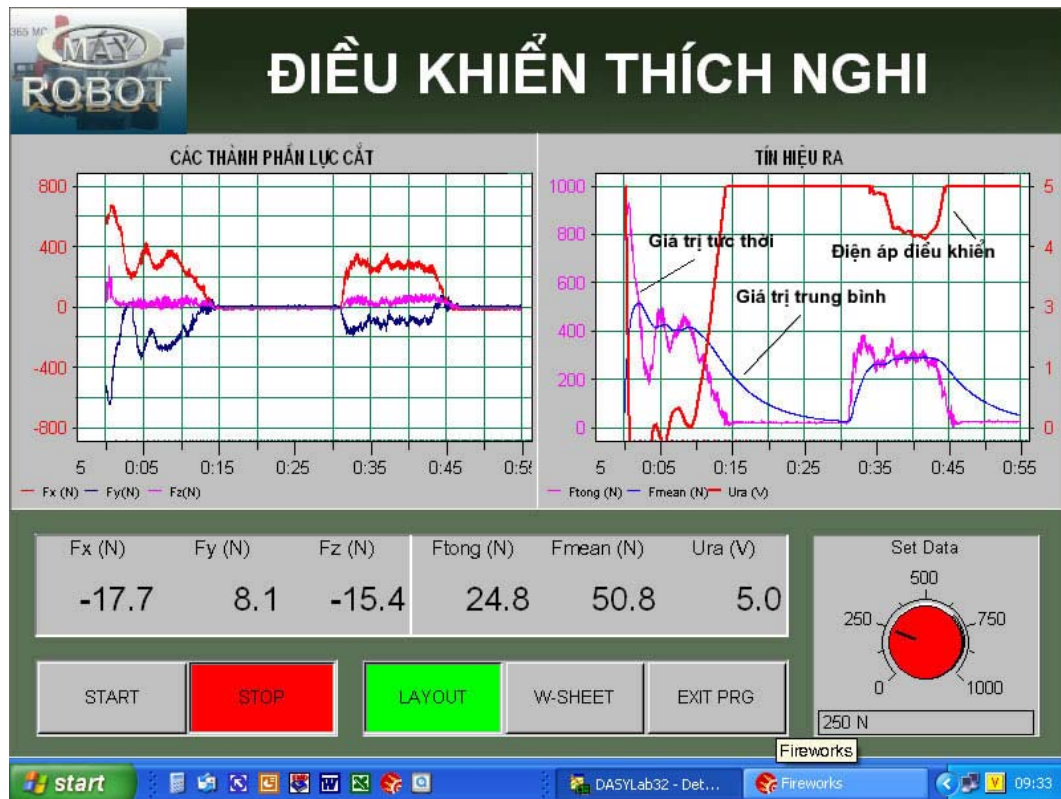


Hình 7: Mặt máy dùng cho AV trong chế độ khóa AC: $F_{CNC} = 60$ mm/ph.

Thử nghiệm được tiến hành ở 2 chế độ.

Cắt không dùng AC: Cắt với phôi tròn, lượng chạy dao lập trình là $F_{CNC} = 60$ mm/ph (xem hình 7). Khóa AC bằng cách đặt ngưỡng điều khiển lực lên cao (1000 N), vì vậy điện áp điều khiển được duy trì ở giá trị tối đa, bằng 5V. Nhìn trên đồ thị, ta thấy khi dao bắt đầu ăn vào phôi, lực cắt tăng đột biến (tới 500 N), sau đó giữ ổn định ở giá trị khoảng 420 N. Độ dài một chu kỳ cắt khoảng 37 giây.

Cắt có dùng AC: Mở khóa AC bằng cách đặt ngưỡng lực cắt bằng 250 N (xem hình 8). Lượng chạy dao lập trình $F_{CNC} = 90$ mm/ph. Nhìn đồ thị lực cắt bên phải ta thấy, lúc đầu xung lực rất lớn, tới trên 900 N (đường màu hồng). Sau khoảng 1 giây, điện áp điều khiển giảm nhanh tới, lực cắt giảm xuống 500 N và ổn định dần ở 400 N. Trong đoạn không cắt, lực cắt giảm tới gần 0 và điện áp điều khiển tăng nhanh lên 5V, cho phép tốc độ chạy dao tối đa. Trong chu kỳ sau, lực cắt được duy trì ở giá trị dưới 300 N. Chu kỳ cắt lần này là 32 giây, giảm 5 giây so với trường hợp khóa AC.



Hình 8: Trạng thái hệ thống khi dùng AC: $P_{set} = 250$ N, $F_{CNC} = 90$ mm/ph.

3.4. Đánh giá kết quả nghiên cứu

Lượng thực nghiệm chưa đủ để đánh giá về hiệu quả của việc dùng AC. Tuy nhiên, với các kết quả ban đầu, chúng tôi đánh giá kết quả như sau:

- Hệ AC xây dựng trên cơ sở máy phay MFP320 CNC và bộ sensor đo lực 9257BA đã được thực hiện thành công. Hệ làm việc ổn định, tin cậy và cho kết quả đúng như dự đoán.
- Phần mềm giám sát và xử lý tình huống đúng như thuật toán đã xây dựng, có giao diện hợp lý và dễ sử dụng.
- Với độ cứng vững cao (tới 2 kN/ μ m) và tần số dao động riêng cao (tới 3 kHz), việc lắp sensor hầu như không ảnh hưởng đến quá trình cắt gọt. Không nhận thấy có sự giảm sút về chất lượng bề mặt gia công.

Với phần cứng và phần mềm nói trên, hệ đã thể hiện đầy đủ tính năng của một ACC.

Tuy nhiên, hệ còn cần được cải thiện một số chỉ tiêu, như tăng độ nhạy, giảm sai số tĩnh. Nói vậy, nhưng điều đó không dễ thực hiện. Như thấy trên hình 5, trong quá trình cắt gọt, giá trị lực cắt dao động rất lớn, không thể lấy giá trị tức thời của lực cắt để điều khiển. Việc lấy trung bình và là hằng số hiệu lực sẽ gây nên sai số và tăng độ trễ của hệ thống.

4. KẾT LUẬN

AC là sự phát triển logic của công nghệ gia công CNC và là giải pháp thích hợp nhất để giải quyết nhiệm vụ điều khiển các quá trình công nghệ có nhiều biến động không lường trước được. Trong các tình huống như vậy, so với CNC, AC thể hiện được các ưu điểm cơ bản là cho năng suất cắt gọt cao, tăng tuổi bền của dao, giảm biến dạng hệ thống công nghệ, tăng độ chính xác gia công, đơn giản hóa việc tính toán chế độ công nghệ và lập trình NC, hạn chế các sự cố do quá tải,...

Tuy nhiên, cho đến nay việc ứng dụng AC vào công nghiệp còn bị hạn chế. Các nguyên nhân chính là chúng làm hệ thống điều khiển thêm phức tạp, dễ mất ổn định, đắt tiền. Một trong những yếu tố quan trọng trong AC là thiết bị đo và xử lý tín hiệu. Vì khó khăn về đo lường mà một số hệ AC không tìm được ứng dụng trong công nghiệp.

Bị hấp dẫn bởi các ưu điểm của AC, đồng thời muốn nâng cao hiểu biết của mình về công nghệ CNC, chúng tôi đã mạnh dạn đi vào một lĩnh vực mà cho đến nay thế giới vẫn cho là khó và ở Việt Nam cho đến thời điểm này chưa có nơi nào khác thực hiện. Đó là nghiên cứu ứng dụng AC để tăng hiệu quả sử dụng máy CNC.

Kết quả quan trọng nhất mà chúng tôi đạt được sau khi đã xây dựng thành công bộ AC này là *hiểu thế nào là AC, hiểu được phần nào những điều mà các nhà khoa học đi trước đã nói về nó*. Thiết bị và kiến thức thu nhận được trước mắt sẽ thúc đẩy hơn nữa nhiệm vụ NCKH và giảng dạy tại Bộ môn. Mặt khác, chúng tôi cũng vững tin hơn để tiếp tục nghiên cứu về AC với mục tiêu đưa chúng vào công nghiệp.

Trên cơ sở kết quả ban đầu này, chúng tôi dự định sẽ nghiên cứu tiếp các nội dung:

- Về phần cứng, thay thế thiết bị đo hiện nay bằng loại rẻ hơn, đồng thời có khả năng đáp ứng linh hoạt hơn các nhiệm vụ của công nghiệp.
- Về phần mềm, nghiên cứu thêm các thuật toán khác để tăng hiệu quả và đáp ứng các yêu cầu thực tế khác nhau.
- Giải quyết một cách cơ bản và có hệ thống vấn đề chất lượng điều khiển của AC.

Trong bối cảnh phát triển như vũ bão của CAD/CAM, CNC, cần nhận thức lại sự cần thiết của tối ưu hóa quá trình công nghệ. Với năng lực của thiết bị đo và của máy tính hiện nay, có thể giải quyết không chỉ mô hình tĩnh mà cả mô hình động của bài toán tối ưu hóa chế độ cắt. Từ đó có thể đề xuất giải pháp về ACO.

Để giải quyết tiếp các vấn đề trên, chúng tôi rất cần sự hợp tác với các cơ sở bạn và các đồng nghiệp có cùng mối quan tâm về ***tối ưu hóa động, điều khiển tối ưu và điều khiển thích nghi quá trình công nghệ*** cắt gọt trên máy CNC.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Mikell P. Groover: Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing. Printice-Hall, 1987.
2. Yoram Koren: Computer Control of Manufacturing Systems. McGraw-Hill, 1983.
3. Japanese National Research Institute: Mechanical Engineering Laboratory. Annual Report 1993/1994.
4. R. Kail, W. Mahr: Piezoelectric Measuring Instruments and their Applications. Messen und Prüfen, Volume 20 (1984).