

เทคโนโลยีเนอบส์กับการผลิตแม่พิมพ์ NURBS-Based Technology in Mould Processing

วิชาญ คงเกียรติไพบุลย์ และ ยุทธนา ชนุสร
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ถ.เชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพฯ 10530
โทรสาร 66(2) 988-3666 ต่อ 241, E-mail: kvichain@mut.ac.th

ดิลก ศรีประไพ
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
91 ถ.สุขสวัสดิ์ บางมด กรุงเทพฯ 10140

บทคัดย่อ

จากพื้นฐานของงานทางด้านทฤษฎีเส้นโค้งพาราเมตริก B-splines ได้นำมาซึ่งการพัฒนาและนำไปใช้ในงานทางด้าน CAD/CAM ด้วยรูปแบบของเส้นโค้ง เนอบส์ (NURBS) ซึ่งประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีภายใต้ความจริงบนพื้นฐานของกระบวนการออกแบบและผลิต กล่าวคือสามารถใช้สร้างรูปทรงทางเรขาคณิตที่แตกต่างกัน เช่น เส้นตรง วงกลม ภาควัดกรวย ทั้งที่เป็นมาตรฐานหรือรูปทรงอิสระต่างๆ ได้อย่างแม่นยำ ข้อมูลจากการออกแบบและผ่านการอิน เทอโพล (Interpolate) แล้วก็จะสามารถนำไปกำหนดเป็นเส้นทางการเคลื่อนที่ของมีดตัดบนเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงด้วยข้อมูลความเร็วสูง จึงมีผลกระทบต่อนขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์โดยเฉพาะกับการขัดแต่ง เพราะทำให้เครื่องจักรทำงานตามคำสั่งได้อย่างรวดเร็ว มีความเที่ยงตรงและคุณภาพผิวสำเร็จดี

บทความนี้ได้ทำการศึกษาวิธีการอิน เทอโพลและการควบคุมเส้นทาง เพื่อที่จะช่วยให้เกิดความเข้าใจและรวมไปถึงประโยชน์ที่จะได้รับจากการนำเทคโนโลยีเนอบส์ เข้ามาใช้งานซึ่งอาจกล่าวได้ว่าเป็นแนวทางในการพัฒนาเทคนิคการผลิตแม่พิมพ์เพื่อคุณภาพกับอุตสาหกรรมยุคใหม่ต่อไปในอนาคต

Abstract

This paper is to study the interpolation and control part methods with NURBS curve pattern by using the theory of B-splines parametric curve, which was developed, and use in CAD/CAM application. This study will help to understand the application of NURBS technology in developing technique of mould and die making industries.

1. บทนำ

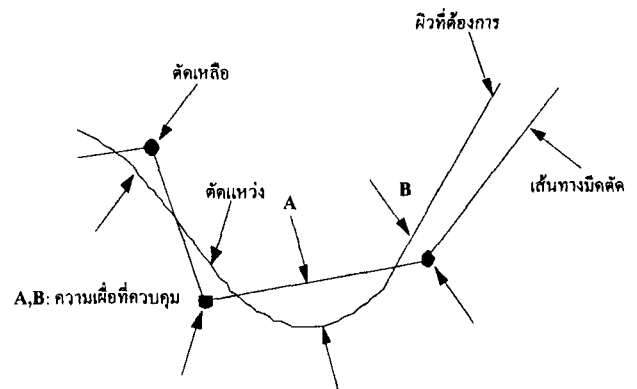
ในอดีต นับเป็นเวลากว่าสี่สิบปี ที่ได้มีการนำเทคโนโลยีเอ็นซี (NC) มาใช้ช่วยในการทำงานแทนคน โดยเฉพาะกับการทำแม่พิมพ์ และมักจะใช้ในขั้นตอนการตัดหยาบเป็นส่วนใหญ่ แต่ก็ไม่อาจทดแทนแรงงานมนุษย์ได้อย่างสมบูรณ์ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุสำหรับหลายประการ อาทิ เครื่องจักรมักมีข้อจำกัดของสมรรถนะในเรื่องความเร็ว ความเที่ยงตรง รวมไปถึงขีดจำกัดของซอฟต์แวร์และคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ จึงไม่อาจตอบสนองต่อการแปรเปลี่ยนรูปทรงของผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้องและทันเวลา ในช่วงทศวรรษปัจจุบัน เครื่องมือและอุปกรณ์ดังกล่าวได้มีการวิวัฒนาการก้าวหน้าอย่างรวดเร็วทั้งทางด้านความเร็วและความแม่นยำ ทำให้เทคโนโลยี

การผลิตแม่พิมพ์และการตัดปาด ได้เปลี่ยนทิศทางไปสู่การทำงานด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติมากยิ่งขึ้น เพราะสามารถทำการขึ้นรูปตลอดจนเก็บรายละเอียดต่างๆ ของผิวสำเร็จได้เป็นอย่างดี เริ่มตั้งแต่การตัดหยาบไปจนกระทั่งถึงขั้นตอนการตัดละเอียดให้สำเร็จลุล่วงไปได้ในคราวเดียวกัน โดยไม่ต้องเคลื่อนย้ายชิ้นงานออกจากอุปกรณ์จับยึดแต่ประการใด ในกรณีนี้จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคการทำงานที่สอดคล้องกัน ซึ่งรู้จักกันในชื่อที่เรียกว่า เทคโนโลยีการตัดความเร็วสูง (High Speed Machining) ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยเพิ่มความสามารถในการทำงานให้รวดเร็วขึ้นด้วยเครื่องจักรกลสมัยใหม่ ที่ทำการตัดหรือทำการขึ้นรูปด้วยความเร็วตัด อัตราเร่ง และอัตราป้อนตัดที่สูงและเหมาะสมกับขีดจำกัดของวัสดุและมิติตัดแต่ละชนิด โดยมีองค์ประกอบสำคัญสามประการด้วยกัน คือ เครื่องจักร มิติตัดและซอฟต์แวร์ โดยเฉพาะกับกระบวนการสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของมิติตัด ที่อาศัยเทคโนโลยีเนอบส์เข้ามาทำการประมาณตำแหน่ง ควบคุมค่าความเผื่อ และควบคุมความเร็วของการทำงาน จึงช่วยให้การตัดแต่งรูปทรงหรือส่วนโค้งซับซ้อนต่างๆ สามารถกระทำได้อย่างถูกต้องตามความต้องการที่ได้ออกแบบไว้

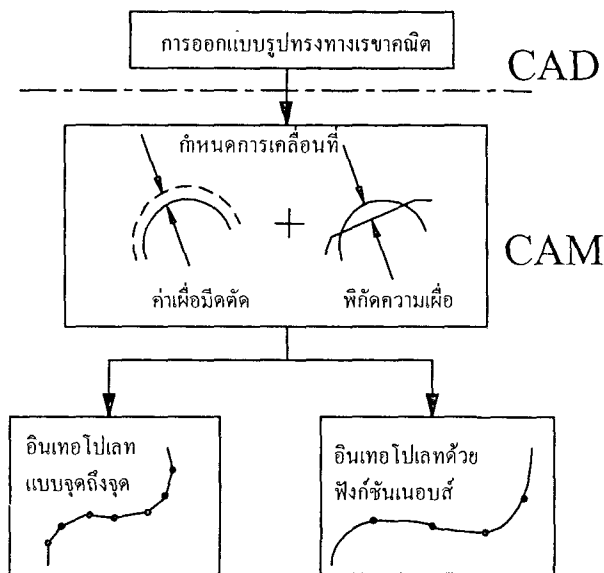
2. เนอบส์และพิกัดความเผื่อ

การขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์นั้น มีความหมายรวมไปถึงการแปลงข้อมูลจากรูปทรงซับซ้อนระดับสูง มาเป็นการประมาณตำแหน่งของเส้นทางเดินมิติตัด โดยใช้ความสามารถของระบบ CAD/CAM ทำการชอยแบ่งเส้นทางดังกล่าวออกเป็นระยะช่วงสั้นๆ ภายใต้ขีดจำกัดของพิกัดความเผื่อ ดังนั้น ไม่ว่าเส้นทางดังกล่าวจะรูปร่างอย่างไร เมื่อเปลี่ยนสภาพมาเป็นเส้นทางเดินของมิติตัดแล้ว เส้นทางนั้นก็จะประกอบขึ้นด้วยเส้นตรงระหว่างจุดดังแสดงในรูปที่ 1 ที่มีความต่อเนื่องกันตลอด แต่อย่างไรก็ตามจะเห็นได้อย่างชัดเจน เส้นที่เกิดจากการต่อจุดจะไม่สามารถเลียนแบบรูปร่างของผิวงานหรือเส้นทางที่ซับซ้อนตามความต้องการได้อย่างสมบูรณ์ และยังก่อให้เกิดค่าเบี่ยงเบนออกไปจากแนวที่ออกแบบไว้ ทำให้เกิดการตัดเหลือ (Over Cut) หรือตัดแหวน (Under Cut) เกินออกไปมากหรือน้อยตามความสามารถของตัวควบคุมและเทคนิคการประมาณตำแหน่งของเส้นทาง เป็นผลที่ทำให้ต้องกำหนดขนาดความเผื่อสำหรับการขัดแต่งในขั้นตอนสุดท้าย จากรูปที่ 1 แสดงให้เห็นถึงสิ่งที่เกิดขึ้นจากการเบี่ยงเบนของจุดต่อกล่าว คือ หากระยะต่อระหว่างจุดที่

ประกอบขึ้นเป็นทางนั้นมีขนาดสั้นลงเท่าใด ก็จะทำให้ผลที่ได้จากการตัดมีขนาดใกล้เคียงกันเส้นโค้งตามต้องการมากยิ่งขึ้น และยังสามารถกำหนดพิกัดความเผื่อให้แคบลงได้อีก ความเรียบผิวงานก็จะดีขึ้นการสร้างเส้นทางเพื่อกำหนดตำแหน่งการเคลื่อนที่นี้โดยปกติจะใช้วิธี อินเทอโพลเลท ทำการคำนวณหาตำแหน่งของมิติตัดโดยการประมาณค่าตำแหน่งของมิติจากจุดหนึ่งไปยังจุดถัดไป ความละเอียดและความเร็วของรอบของการอินเทอโพลเลทจึงขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ และเป็นปฏิภาคกับเวลาที่ได้ถูกกำหนดขึ้นในรูปอัตราป้อนตัดและความเร็วรอบ การคำนวณเส้นทางของตัวควบคุมโดยทั่วไปมักจะให้ผลลัพธ์เป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งของวงกลม ในกรณีที่ต้องการความซับซ้อนก็จะใช้วิธีการสร้างเส้นโค้งของวงกลมสัมผัสกันเป็นจำนวนมาก ในงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงมักจะหลีกเลี่ยงการอินเทอโพลเลทแบบวงกลม เพราะเนื่องจากการเกิดแรงตามแนวรัศมีของส่วนโค้งซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายกับมิติตัดหรือผิวสำเร็จของชิ้นงานขึ้นได้ โดยปกติคำสั่งการอินเทอโพลเลทนี้จะเห็นได้จากฟังก์ชันที่มีอยู่ในบล็อก (Block) ของรหัส NC และทำงานในลักษณะของฟังก์ชันที่เปลี่ยนไปมาตามบล็อกอย่างรวดเร็วแปรผันไปตามการอ่านค่าของตัวควบคุม และสิ่งนี้คือตัวปัญหาที่ทำให้เกิดความไม่เสถียรภาพของการตัด เพราะเหตุว่าในแต่ละช่วงของคำสั่ง มอเตอร์ต้นกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนจะต้องเร่งและหน่วงความเร็วให้สอดคล้องและทันกับฟังก์ชันการอินเทอโพลเลทของบล็อกคำสั่งอยู่ตลอดเวลา เทียบกับระยะทางในการเคลื่อนที่ที่สั้นมาก ดังนั้นฟังก์ชันของการอินเทอโพลเลทที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละบรรทัดของโปรแกรมจึงมีลักษณะเป็นสเต็ปฟังก์ชัน (Step-Function) โดยธรรมชาติ ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อเงื่อนไขและเสถียรภาพของการตัด อันเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ชิ้นงานมีคุณภาพทางกายภาพไม่ดี เสียเวลาในการขัดแต่งและต้นทุนสูง



รูปที่ 1 ความเบี่ยงเบนและพิกัดความเผื่อควบคุม



รูปที่ 2 การอินเทอโพลแบบจุดถึงจุดและการอินเทอโพลด้วยเนอบส์

การผลิตแม่พิมพ์ที่ต้องการความรวดเร็ว จึงควรเก็บรายละเอียดทุกซอกทุกมุมให้ครบถ้วนเรียบร้อยเสียก่อน ในขณะชิ้นงานยังอยู่บนเครื่องจักร ก่อนจะนำมาขัดแต่งด้วยมือ ในขั้นตอนสุดท้าย จึงจะได้ชิ้นคุณภาพอันประกอบไปด้วยความหยาบ ขนาดและพิกัดที่ถูกต้อง แต่การกระทำดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยความพร้อมและความสอดคล้องกันทั้งเครื่องจักร อุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม โดยเฉพาะกับการควบคุมเส้นทางการตัดที่ต้องการทั้งความแม่นยำและราบรื่นที่สุด สิ่งสำคัญก็จะต้องและยังคงรักษาสภาพเงื่อนไขการตัดที่เหมาะสมไว้อย่างสม่ำเสมอตลอดเวลาการทำงานด้วยการนำเทคโนโลยีเนอบส์ (NURBS: non-uniform rational B-spline) เข้ามาช่วยกำหนดและควบคุมการทำงาน จึงนับว่าเป็นวิธีการ ของทางเลือกหนึ่งในปัจจุบันที่นับว่าเหมาะสมกับตัวปัญหาดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพราะเส้นฟังก์ชันเนอบส์สามารถทำการประมาณค่าเส้นโค้งทางเรขาคณิตในกลุ่มวงกลม และภาคตัดกรวยได้ดี แม่นยำ และนอกจากนั้นฟังก์ชันเนอบส์ ก็ยังคงเป็นฟังก์ชันเดียวที่สามารถทำการอินเทอโพลจุดที่ไม่เป็นระเบียบได้เป็นอย่างดีอีกด้วย มีความเสถียรทั้งที่ไม่ได้เป็นฟังก์ชันอันดับสูงแต่ประการใด ดังนั้นการอินเทอโพลชนิดส่วนโค้งของวงกลมและเส้นตรงซึ่งมีลักษณะการทำงานแบบจุดถึงจุด จึงลดความสำคัญลงไป เมื่อต้องการขึ้นรูปแนวเส้นหรือพื้นผิวที่มีความซับซ้อน เนอบส์จะให้ความถูกต้องดีกว่าดังแสดงในรูปที่ 2 โดยปกติ ขั้นตอนการออกแบบในงาน CAD/CAM จะเริ่มจากการสร้างรูปทรงทาง

เรขาคณิตหรือรูปทรงอิสระอื่นเสียก่อน หลังจากนั้นจึงกำหนดเงื่อนไขและรูปแบบแผนการเคลื่อนที่ การคำนวณค่าเผื่อมีดตัด (Offset) ค่าพิกัดความเผื่อควบคุม เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้อง จึงส่งข้อมูลเป็นรหัสมาตรฐานไปยังระบบปฏิบัติการของตัวควบคุมเครื่องจักร ข้อมูลนี้จะมีลักษณะเป็นจุดกำหนดเส้นทาง ตัวควบคุมจะทำการอินเทอโพลหาข้อมูลเหล่านี้ให้สอดคล้องกับเส้นทางดังกล่าว ความเที่ยงตรงแม่นยำจึงขึ้นอยู่กับจำนวนและความถี่ของจุดเหล่านั้น เพราะฉะนั้นหากต้องการสร้างเส้นโค้งอย่างถูกต้อง จึงจำเป็นต้องใช้จุดในการอินเทอโพลเป็นจำนวนมากและมักเป็นการอินเทอโพลแบบเส้นตรง ซึ่งต่างจากการอินเทอโพลจากฟังก์ชันเนอบส์โดยตรง ที่จะกำหนดเพียงจุดควบคุมเท่าที่จำเป็นแต่จะให้ความถูกต้องและความกลมกลืนของเส้นทางมากกว่าวิธีอื่น

3. การอินเทอโพลเส้นโค้งเนอบส์

ในทางคณิตศาสตร์ เนอบส์ เป็นฟังก์ชันโพลิโนเมียลแบบพาราเมตริกชนิดไม่ต่อเนื่องซึ่งกำหนดได้ด้วยค่าเวคเตอร์ ใช้ประโยชน์ในการสร้างเส้นโค้งผสมสามมิติหรือพื้นผิวซับซ้อน และได้ถูกพัฒนามาจากเส้นโค้งกระดูกงู ชนิด B-spline ซึ่งเป็นฟังก์ชันของเส้นโค้งโพลิโนเมียลชนิดหนึ่ง ที่ไม่สามารถทำการอินเทอโพลผ่านจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของส่วนโค้งได้ ดังนั้นโครงเส้นของเนอบส์จึงประกอบไปด้วย จุดควบคุมและฟังก์ชันมูลฐานของเส้นโค้งกระดูกงูที่มีอันดับต่างกัน และสามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการทั่วไป ในรูปแบบของค่าเวคเตอร์ของฟังก์ชันโพลิโนเมียลที่ไม่ต่อเนื่องกันดังแสดงในสมการที่ 1

$$C(u) = \frac{\sum_{i=0}^n w_i P_i N_{i,p}(u)}{\sum_{i=0}^n w_i N_{i,p}(u)} \quad (1)$$

พจน์ $N_{i,p}(u)$ นี้คือ ฟังก์ชัน B-spline อันดับ p ส่วนค่า w_i นั้นเรียกกันว่า เวก (Weights) หรือน้ำหนักถ่วงหรือพารามิเตอร์ของรูปร่าง ดังนั้นผลคูณของ $w_i N_{i,p}(u)$ หารด้วยเทอมของตัวส่วนในสมการที่ 1 จึงเป็นพจน์ของฟังก์ชันฐานที่ไม่ต่อเนื่องทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดพฤติกรรมของเส้นโค้งหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นตัวประกอบรูปทรง ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับจุดควบคุม p_i ตามปกติตัวแปร u_i ก็คือปม

(Knot) ซึ่งเป็นตัวสร้างสมการเวกเตอร์และจะเป็นตัวกำหนดค่าฟังก์ชัน $N_{i,p}(u)$ ให้มีค่าระหว่างขีดจำกัดระหว่างจุดควบคุมหรือปมสองค่าถ้ามีการกำหนดตำแหน่งช่วงระหว่างปมสองปมคือ u_i และ u_{i+1} ให้สอดคล้องกับสมการ $u_i \leq u < u_{i+1}$ แล้ว ก็จะทำให้ฟังก์ชันฐานของโคงกระดูก $N_{i,p}(u)$ มีค่าเท่ากับ 1 ในกรณีที่ $u_i \leq u \leq u_{i+1}$ และมีค่าเท่ากับ 0 สำหรับในกรณีอื่นๆ ส่วนฟังก์ชัน $N_{i,p}(u)$ สามารถนิยามได้ดังสมการที่ 2 และจากสมการนี้แสดงให้เห็นว่าค่าของฟังก์ชันจะมีค่าไม่เป็น 0 ในช่วง u_i และ u_{i+p+1} จึงทำให้จุดควบคุมเส้นโคงมีอิทธิพลเฉพาะภายใต้ขีดจำกัดระหว่างช่วงที่ถูกกำหนดขึ้นดังกล่าว แล้วเท่านั้น

$$N_{i,p}(u) = \frac{u - u_i}{u_{i+p} - u_i} N_{i,p-1}(u) + \frac{u_{i+p+1} - u}{u_{i+p+1} - u_{i+1}} N_{i+1,p-1}(u) \quad (2)$$

โดยปกติการสร้างเส้นโคงเนอบส์สามารถกระทำได้สามวิธีด้วยวิธี ได้แก่ การสเก็ตขึ้นโดยตรงจากรูปเหลี่ยมควบคุม (Control Polygon) หรือการอินเทอโพลเลชันผ่านกลุ่มของจุด และการประมาณค่าเส้นโคงด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least-squares Fitting) และเนื่องจากเนอบส์เป็นฟังก์ชันของเส้นโคงพารามิเตอร์ระหว่างปมสองชุดที่ต่อเนื่องกัน แต่ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน จึงทำให้ไม่อาจใช้ฟังก์ชันผสมตัวเดียวกันได้ตลอดย่าน แต่สามารถแปรค่าในระหว่างช่วงได้ การเคลื่อนที่ของมิตต์ไปบนเส้นโคงพารามิเตอร์นี้ คอมพิวเตอร์จะต้องทำการอินเทอโพลเลชันกลุ่มข้อมูลที่ประมาณได้จากขั้นตอนการออกแบบแล้วนำมากำหนดเป็นตำแหน่งของมิตต์ด้วยตัวแปรซึ่งเป็นพารามิเตอร์ของเส้นโคงอันสัมพันธ์กับจุดควบคุมจากฟังก์ชัน B-splines ที่ประกอบขึ้นมาจากจุดควบคุมและพารามิเตอร์ต่างๆ ดังแสดงไว้ในสมการที่ 3 ซึ่งเป็น

$$Q_k = C(u_k) = \sum_{i=0}^n P_i N_{i,p}(u_k) \quad (3)$$

สมการทั่วไปของกลุ่มข้อมูล Q_k กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวแทนของรูปทรงเส้นโคง $C(u_k)$ หรือเส้นเนอบส์นั่นเอง โดยมีพารามิเตอร์ u_k ซึ่งเป็นค่าที่ไม่เปลี่ยนแปลง และ k จะแปรค่าตั้งแต่ 0 จนถึง n สอดคล้องกับ Q_k ในทางปฏิบัติจะต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ทั้งหมดให้ครบถ้วน เช่น ข้อมูลของจุด เวกเตอร์ของปม อันดับของสมการ ซึ่งอาจมี

อันดับ 2 หรืออันดับ 3 ก็เพียงพอกับการประมาณค่าส่วนโคงอย่างถูกต้อง ดังนี้ขั้นตอนการทำงานต่อไปนี้เป็น

1. ทำการคำนวณค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นจากข้อมูลและเวก

2. จากค่าของพารามิเตอร์ในข้อ 1 ทำการหาเวกเตอร์ของปมที่กระจายสอดคล้องกับพารามิเตอร์นั้น

3. แก่สมการที่ 3 จะได้สัมประสิทธิ์ของเมตริกที่ระบบสมการเชิงเส้น

4. กำหนดเวกเตอร์สัมผัส (Tangent Vector) โดยเพิ่มการดิฟเฟอเรนเชียลเพื่อหาเส้นโคงในแต่ละช่วงต่อเนื่องกัน

5. ทำการคำนวณซ้ำจากข้อ 1

ดังนั้นเส้นทางที่ได้จากเนอบส์จึงให้ความราบรื่นโดยไม่ต้องใช้จุดควบคุมมากนัก เพราะเนื่องจากได้ใช้ตัวประกอบรูปทรงเข้ามาช่วยบังคับให้ผลการอินเทอโพลเลชันเป็นไปตามเส้นทางที่ต้องการโดยอัตโนมัติ สำหรับเทคนิคการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรด้วยเส้นโคงพารามิเตอร์นี้มีความสำคัญมาก เพราะปริมาณขจัดของระยะทางจะแปรค่าตามพารามิเตอร์ ดังนั้นจึงต้องพยายามทำการรักษาความแม่นยำของเส้นทาง และความเร็วไว้ให้สม่ำเสมอตลอดเวลาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งโดยปกติจะใช้วิธีคำนวณหาความยาวส่วนโคงพารามิเตอร์ในรูปของฟังก์ชัน ประกอบกับความสัมพันธ์ระหว่างของเวลากับความเร็ว ภายใต้ความเร่งหรือความเร็วที่คงที่แล้วแต่กรณี โดยอาศัยหลักการควบคุมดังนี้

1. ทำการคำนวณซ้ำจากข้อ 1

2. ควบคุมตำแหน่งและความเร็วไปพร้อมๆ กันภายในเวลาที่กำหนดตลอดความยาวของส่วนโคงในแต่ละช่วง

ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้เทคโนโลยีเนอบส์ สามารถอินเทอโพลเลชันเส้นทางที่มีจุดควบคุมระยะห่างกันได้มากขึ้น โดยยังคงรักษาความถูกต้องของเส้นทางเอาไว้ได้ ผลจากการที่ปริมาณระยะทางระหว่างจุดควบคุมมีมากขึ้นนี้จะทำให้มอเตอร์ต้นกำลังมีเวลาในการขับเคลื่อนด้วยอัตราเร่งจนมีความเร็วสูงสุดได้มากขึ้น ส่งผลให้ทำให้ความเร็วเฉลี่ยของการตัดสูงกว่าการอินเทอโพลเลชันแบบวงกลมและเส้นตรง

4. บทสรุป

เป้าหมายของการผลิตแม่พิมพ์ในวงการอุตสาหกรรมเพื่อให้ประสบผลสำเร็จก็คือ ความสามารถในการทำการผลิตแม่พิมพ์ให้เกิดความรวดเร็ว เที่ยงตรง แม่นยำ มีความน่าเชื่อถือ

ถือสูงและส่งผลได้ทันเวลา ในขณะที่มีจุดบกพร่องหรือจุดที่จะต้องทำการแก้ไขน้อยที่สุด ซึ่งหมายถึงความพึงพอใจในการเอาใจใส่โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยเข้ามาช่วยในการผลิต เพื่อกระทำการถ่ายทอดข้อมูลจากขั้นตอนการออกแบบไปยังเครื่องจักรโดยตรงอย่างไม่ผิดเพี้ยน ทำให้ช่วยลดขั้นตอนการดำเนินงาน บังเกิดผลงานที่ต้องตามแบบอย่างถูกต้อง ตลอดจนมีผิวสำเร็จที่ให้ความละเอียดเพียงพอ ช่วยประหยัดแรงงานและลดเวลาในขั้นตอนการขัดแต่งด้วยมือลงไปได้อีกด้วย ความได้เปรียบจากการนำเทคโนโลยีเนอบส์มาใช้ทั้งทางด้านงานออกแบบและในการอินเทอโพลเลชันเส้นทางเดินมีดตัดเพื่อควบคุมเครื่องจักร นอกจากจะให้ผลดีโดยรวมส่วนความถูกต้องเที่ยงตรงของรูปทรงและพื้นผิวที่ซับซ้อนต่างๆ แล้ว ยังช่วยลดเวลาในการทำแม่พิมพ์โดยเฉพาะกับขั้นตอนการขึ้นรูปรวมไปถึงขั้นตอนการขัดแต่งและประกอบได้เป็นอย่างดี ทั้งยังสอดคล้องกับฟอร์แมตมาตรฐานการเชื่อมโยงข้อมูล ไม่ว่าจะเป็นระบบ STEP หรือ IGES หรืออื่นๆ อย่างไรก็ดีตาม เส้นโค้งเนอบส์เองก็ยังคงมีขอบเขตในการนำไปใช้งานอยู่พอสมควร โดยเฉพาะกับการควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องจักร CNC แบบเรียลไทม์ และการคำนวณฟังก์ชันเนอบส์ที่มีอันดับสูงถึงอันดับสาม เพราะตัวควบคุมส่วนใหญ่มักจะถูกจำกัดไว้ให้ทำงานได้ไม่เกินสามแกน จึงไม่สามารถควบคุมอัตราป้อนตัด ขนาดความเพื่อให้เป็นไปได้อย่างถูกต้องตามความประสงค์ ดังนั้นความสำเร็จในการนำเทคโนโลยีเนอบส์เข้ามาใช้ในงานแม่พิมพ์จะสมบูรณ์หรือไม่ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยองค์ประกอบหลายประการด้วยกัน อาทิ ซอฟต์แวร์การออกแบบ ซีดความสามารถของเครื่องจักรและตัวควบคุม รวมไปถึงวัสดุที่ถูกเลือกใช้ทำมีดตัด เทคนิคและการใช้เงื่อนไขการตัดอย่างถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

1. I.D. Faux and M.J. Pratt, "Computational Geometry for Design and manufacturing", Ellis Horwood, England, 1979.
2. Y.Koren, "Computer control of Manufacturing Systems", McGraw-Hill, Singapore, 1983.
3. M. Weck, "automation and Controls", Handbook of Machine Tools Vol. 3, John Wiley & Sons, England, 1984.
4. G.Farin, "curves and Surfaces for computer Aided Geometric Design", 2nd, Academic Press, Inc., CA, 1990.
5. D.F.Rogers and J.A. Adams, "Mathematical Elements for computer Graphics", 2nd, McGraw-Hill, singapore, 1990.
6. M.E. Mortenson, "Geomtric Modeling", 2nd, Hohn Wiley and Sons, Inc., New York, 1997
7. R.S. Pressman and J.E. Williams, "Numerical control and Computer-Aided Manufacturing", John Wiler & Sons, Inc., New York, 1997
8. L.Piegl, "On NURBS : A Survey", IEEE Computer Graphics & Applications, Jan. 1991, pp. 55-71.
9. D.N. Moreton, D.B. Parkinson and W.K. Wu, "The application of birac technique in CNC machining", Computer-aided Engineering Journal, April 1991, pp.54-60.
10. K.Kanda and S. Ito, "Intensive process technology for innovative Die and Mould Making", MEN, Mar./Apr. 1994, pp.33-38.
11. G.Farin, "From Conics to NURBS: A Tutorial and Survey", IEEE Computer Graphics & application, Sep. 1992, pp.78-86.
12. Y.S. Suh and K.Lee, "NC milling tool path generation for arbitrary pockets defined by sculptured surfaces", Computer-aided Design, Vol.22 No 5, Jun. 1990, pp. 273-284.
13. A.C. Lin and S.Y.Lin, "Computer-aided mould engraving: for point-data smoothing, NC machining, to accuracy checing" J. of Mat. Processing, Elsevier Science S.A., 86(1990), pp. 101-114.
14. J.W. Park and S.U. Lee, "Recovery Corrupted Image Data Base on the NURBS Interpolation", IEEE Trans. On circuits and systems for video tech., Vol. 9, No. 7, Oct. 1999, pp. 1003-1008.