

Metamolds: Computational Design of Silicone Molds

งานวิจัยนี้เกี่ยวกับการ **fabricate** แม่พิมพ์(mold) ซิลิโคนด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อการทำซ้ำอย่างมีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนคือ
คำนวณองศาที่ดึง mold ออกง่าย -> คำนวณวาร์รอยผ่า Mold อยู่ตรงไหน -> 3d printing metamold with ventilation
pipe -> เอา meta mold หล่อ silicone mold -> นำ Mold ไปใช้ได้!

ปัญหาของงานก่อน ๆ

Mold Design

1. การทำ mold แข็งให้ Free form shape บางที่เป็นไปไม่ได้เลยต้องแก้ไข model ผลลัพธ์อีกทั้งแก้แล้วบางที่
ตอนหล่อยัง deform เพิ่ม
2. Flex mold ทำมาเพื่อข้อ 1 โดยการใช้ TPU บางที่ flexible ปริ้นท์ด้วย laser sintering แล้วตัดเป็นซี่ก
ข้อเสียคือบางที่ใส่ในร้วตอนหล่อทำให้หล่อของเล็ก ๆ ไม่ได้ + อ่อนแอทำให้หล่อของใหญ่มาก ๆ ไม่ได้

Silicone mold สามารถแก้ไขปัญหาก็กล่าวมาข้างต้นได้

Segmentation

3. การ segmentation (จะแบ่ง mold) ที่ใกล้เคียงกับเปเปอร์นี้คือ label แต่ละ triangle บน mesh ว่าจากมุม
หนึ่งๆสามารถถอด mold ได้มัย

งานวิจัยนี้พัฒนาโดยพิจารณาเป็น moldability cost แทนที่จะเป็น discrete

อธิบายคร่าวๆ

Segmentation:

ดูที่ geometry ไม่ได้คำนวณพวกแรงในการดึง เนื่องจาก silicone mold นั้น flexible เลย assume ว่าดึงแบบ
ไหนก็ได้ การพิจารณาว่าตัดตรงไหนจึงไม่ได้มองแบบ binary คือดึงได้-ไม่ได้ แต่มองว่าดึงยาก-ง่าย โดย label แต่ละ face
ด้วย moldability cost สำหรับแต่ละมุมถอดพิมพ์แล้วทำพิมพ์โดยเพิ่มรูระบายอากาศด้วย

integer linear program: จำลองปัญหาด้วยการ sample มุม

Moldability cost:

คำนวณจาก (face ที่ไม่ถูกบัง) + (ความห่างของ face ที่ถูกบังกับที่ไม่ถูกบังแบบ geodesic สำหรับรูปทรงปกติและ
แบบ weighting Euclidean arc-length by scalar function สำหรับทรงแบบ tubular ซึ่งต้อง aware ด้วยว่าส่วนไหน
เป็น tubular)

Regularization factor:

1. ดูจาก moldability ไม่พอจะได้ผลที่ไม่ค่อย smooth ต้องคำนึงถึงของเพื่อนรอบๆด้วยเป็น smooth factor
2. เพิ่ม Label cost สำหรับการ label เพิ่มทำให้ไม่ต้อง label เยอะเกินไป

Two-stage optimization:

การคำนวณที่เดียวมัน mesh costly เกินเลยทำสองขั้น ขั้นแรกแบ่ง mesh เป็น anisotropic clustering ที่ feature คล้ายๆกัน ขั้นสองคำนวณ parting surface ด้วย smoothing term จาก mesh และ molding direction candidate จาก cluster

แก้ปัญหา positive-genus:

บาง model ที่มี genus สูงๆทำ mold แล้วจะถอดไม่ได้เช่นโดนัท ต้องทำการลด genus โดยใส่แผ่นบาง ๆ ลงไปแทนรูซึ่งแกะออกได้หลังหล่อ หาด้วย Reeb graph แล้ว remesh ทำ cut

Fabrication the mold:

ได้รอยตัดแล้วหาเส้นที่ตั้งฉากกับรอยตัดบนผิวเพื่อทำ parting surfaces แล้วทำ metamold และเพิ่มรูระบาย อากาศด้วยการคำนวณ Local maximum บน surface wrt. Gravity direction แล้ว prune ออกเพื่อไม่ให้เยอะเกิน

หลังจากได้โมเดลแล้วก็เอาไปปρί้นเป็น metamold แล้วหล่อ silicone เป็น mold ต่อไป

Support-Free Volume Printing by Multi-Axis Motion

เกี่ยวกับการ 3d ปρί้นด้วยแกนกลซึ่งเคลื่อนที่ได้หลายแกนกว่า โดยงานวิจัยเสนออัลกอริทึมที่แปลง Model เป็น tool-path ให้แกนกลสำหรับปρί้นโครงสร้างที่ซับซ้อนและมี genus สูงๆได้โดยแทบไม่ใช้ support structure หรือไม่ใช้เลย

Algorithm process

Step 1: คำนวณ material accumulation field จาก model แบบ voxel

Step 2: สร้าง curve layer จาก field โดยคำนึง isosurface แล้ว trim layer ด้วยโมเดลจริงเพื่อให้มีรูปทรงที่ถูกต้อง

Step 3: เปลี่ยน curve layer ให้เป็นเส้น spiral ต่อเนื่องเพื่อ generate tool path

ทิศของหัวฉีด filament กับการตั้งค่าแกนกลต้อง optimize เพื่อให้ได้การเคลื่อนไหวที่ smooth ซึ่งเพิ่มคุณภาพของการปρί้น